

กรมทางหลวง

ข้อกำหนดคุณสมบัติหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัว 360° (องศา)
(Specification for 360° retroreflective road markers)

1. ขอบข่าย

- 1.1 ข้อกำหนดนี้ครอบคลุมเฉพาะหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัว 360° (องศา) ที่ใช้สำหรับติดตั้งบนผิวทาง เพื่อให้ผู้ขับขี่มองเห็นช่องทางเดินรถและแนวเส้นจราจรได้ดีในเวลากลางคืนหรือขณะหมอกกลางจัดหรือขณะฝนตกหรือในสภาวะที่ทัศนวิสัยการมองเห็นไม่ดี
- 1.2 ข้อกำหนดนี้ไม่ครอบคลุมถึงหมุดสะท้อนแสงรูปสี่เหลี่ยม

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในข้อกำหนดผลิตภัณฑ์นี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 หมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัว 360° (องศา) (360° retroreflective road markers) ซึ่งต่อไปในข้อกำหนดนี้จะเรียกว่า "หมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัว" หมายถึงเครื่องหมายจราจรที่ใช้ยึดติดกับผิวทางเพื่อความปลอดภัยซึ่งมีลักษณะเป็นแก้วแบบเทมเปอร์และสามารถสะท้อนแสงได้ทุกทิศทางรอบตัวหรือ 360° (องศา)
- 2.2 การสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ (retroreflection) หมายถึงการสะท้อนกลับของแสงที่ทิศทางของแสงสะท้อนย้อนกลับไปยังทิศทางที่ใกล้กับทิศทางของแสงตกกระทบ
- 2.3 จุดกึ่งกลางของตัวอย่าง (center of road markers) หมายถึงจุดศูนย์กลางวงกลมด้านนอกสุดของหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวที่เสมอกับผิวทาง
- 2.4 สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (coefficient of retroreflection, R') หมายถึงอัตราส่วนระหว่างความเข้มแห่งการส่องสว่าง (luminous intensity, I) ของตัวอย่างกับผลคูณของค่าความส่องสว่างที่พื้นผิวจุดกึ่งกลางของตัวอย่างบนระนาบตั้งฉากกับทิศทางของแสงตกกระทบ (E_s) กับพื้นที่รับแสงของตัวอย่าง (A) ตามสมการที่ 1

$$R' = \frac{I}{E_s \times A}$$

สมการที่ 1

$$I = E_r d^2$$

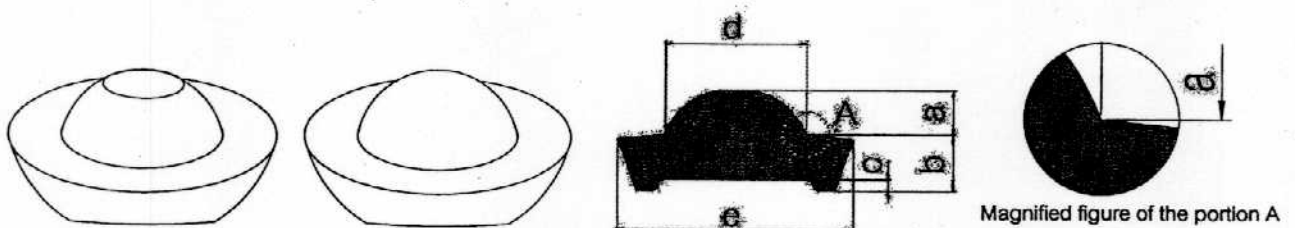
โดยที่	R'	=	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ($\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)
	I	=	ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของแสงสะท้อนกลับในทิศทางของการวัด (cd)
	E_s	=	ค่าความส่องสว่างที่พื้นผิวจุดกึ่งกลางของตัวอย่างบนระนาบตั้งฉากกับทิศทางของแสงตกกระทบ (lx)
	A	=	พื้นที่รับแสงของตัวอย่าง (m^2)
	E_r	=	ค่าความส่องสว่างที่อุปกรณ์รับแสงบนแนวแกนของการวัด (lx)
	d	=	ระยะทางระหว่างจุดกึ่งกลางของตัวอย่างและอุปกรณ์รับแสง (m)

3. ชนิดและสี

- 3.1 หมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่
 - 3.1.1 ชนิดครึ่งทรงกลม
 - 3.1.2 ชนิดครึ่งทรงกลมหัวตัด
- 3.2 หมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวแบ่งออกได้เป็น 3 สี ได้แก่
 - 3.2.1 หมุดแก้วใส (flint glass)
 - 3.2.2 หมุดแก้วสีเหลือง (yellow glass)
 - 3.2.3 หมุดแก้วสีแดง (red glass)

4. วัสดุ มิติ และโครงสร้าง

- 4.1 หมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวเป็นแก้วที่ผ่านกระบวนการเทมเปอร์ (tempered glass)
- 4.2 ผิวด้านล่างและด้านข้างของหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวต้องเคลือบด้วยฟิล์มโลหะสะท้อนแสง
- 4.3 หมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวประกอบด้วยส่วนฐานกลมและส่วนด้านบนมีลักษณะคล้ายครึ่งทรงกลมหรือครึ่งทรงกลมหัวตัด โดยแสงจะตกกระทบที่วัสดุแก้วด้านบนแล้วหักเหลงไปสะท้อนที่ฟิล์มโลหะสะท้อนแสงและจะสะท้อนกลับไปยังทิศทางตรงกันข้ามกับแสงตกกระทบ
- 4.4 หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นเมื่อทดสอบตามข้อ 7.1 ตัวอย่างทุกตัวต้องมีมิติเป็นไปตามรูปที่ 1 และมีค่าเฉลี่ยที่ได้จากวัดตามตารางที่ 1



รูปที่ 1: รูปภาพแสดงมิติของหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัว

ตารางที่ 1: มิติของหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัว

รายละเอียด	ขนาด (มิลลิเมตร)	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (มิลลิเมตร)
ความสูงของครึ่งทรงกลม/ครึ่งทรงกลมหัวตัดถึงส่วนบนสุด (a)	19	0 ถึง -3
ความสูงของฐานกลม (b)	≥ 25	-
ความสูงของส่วนเว้าที่ฐานกลม (c)	≥ 5	-
เส้นผ่านศูนย์กลางของครึ่งทรงกลม/ครึ่งทรงกลมหัวตัด (d)	60	± 3
เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนฐานกลม (e)	100	0 ถึง +3

5. คุณลักษณะที่ต้องการ

5.1 ลักษณะปรากฏแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

5.1.1 ส่วนบนของเนื้อแก้วของหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวต้องไม่มีตำหนิ เช่น รอยร้าว หรือ ฟองอากาศ

5.1.2 ฟิล์มโลหะสะท้อนแสงที่เคลือบหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวต้องมีผิวเรียบ รอบนอกที่บิไม่มีรอยขีดข่วนหรือจุดเล็กๆ ที่ผิว

5.2 ความทนแรงกด

เมื่อทดสอบตามข้อ 7.2 แล้ว หมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวต้องรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่า 245 กิโลนิวตัน (25,000 กิโลกรัมแรง) โดยตัวอย่างต้องไม่เกิดการแตกหรือร้าว

5.3 ประสิทธิภาพของการสะท้อนแสง

เมื่อทดสอบตามข้อ 7.3 แล้ว หมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (R') ที่มุมที่แสงตกกระทบและมุมของการวัดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: เกณฑ์ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

มุมที่แสงตกกระทบ (องศา)	มุมของการวัด (องศา)	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ($\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^2$)		
		หมุดแก้วใส	หมุดแก้วสีเหลือง	หมุดแก้วสีแดง
0.5	0.4	≥ 30	≥ 21	≥ 6
2	2	≥ 6.6	≥ 4.7	≥ 1.4

6. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

6.1 รุ่นในที่นี้หมายถึงหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวชนิดและสีเดียวกัน ที่ทำการส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

- 6.2 หมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวในแต่ละรุ่นจะถูกแบ่งเป็นชุด โดยหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวไม่เกิน 3,000 ตัวต่อสลับเป็นหนึ่งชุด หากเศษที่เหลือของรุ่นมีจำนวนตั้งแต่ 500 ตัวขึ้นไปให้นับเพิ่มเป็นอีกหนึ่งชุด ในกรณีที่จำนวนหมุดแก้วสะท้อนแสงรอบตัวในแต่ละรุ่นมีไม่ถึง 500 ตัว อนุญาตยกเว้นการส่งตัวอย่างทดสอบได้ โดยที่ผู้รับจ้างต้องแสดงเอกสารรับรองผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ ยี่ห้อ ชนิด สี และรุ่นการผลิตเดียวกันที่เคยผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดที่ ทล.-ก. 610/2557 โดยผลการทดสอบต้องมีอายุไม่เกิน 1 ปี นับจากวันที่ระบุไว้ในเอกสารรับรองผลการทดสอบ และต้องเป็นผลการทดสอบจากหน่วยงานรัฐหรือสถาบันที่เชื่อถือได้
- 6.3 จำนวนตัวอย่างที่ซึ่กสำหรับการทดสอบจากแต่ละชุดมี 4 ตัว และนำไปทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3: จำนวนตัวอย่างที่ซึ่กสำหรับการทดสอบแต่ละประเภท

คุณสมบัติที่ตรวจสอบ	จำนวนตัวอย่าง
มิติ (ข้อ 4.4)	3 ตัวจากแต่ละชุด*
ความทนแรงกด (ข้อ 5.2)	3 ตัวจากแต่ละชุด*
ประสิทธิภาพของการสะท้อนแสง(ข้อ 5.3)	1 ตัวจากแต่ละชุด
* ตัวอย่างสำหรับมิติและความทนแรงกด ใช้ตัวอย่างเดียวกันโดยการทดสอบความทนแรงกดจะทำภายหลังการตรวจสอบมิติแล้ว	

7. การทดสอบ

7.1 การทดสอบมิติ

7.1.1 เครื่องมือ

เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (vernier caliper) ที่มีความละเอียดอย่างน้อย 0.5 มิลลิเมตร หรือเครื่องมือ

อื่นที่เทียบเท่า

7.1.2 วิธีการทดสอบ

ทำการวัดมิติต่างๆของตัวอย่างทดสอบตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4: จำนวนค่าที่วัดมิติต่างๆ ของตัวอย่างเพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ย

มิติของตัวอย่าง	จำนวนค่าที่วัดเพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ย
ความสูงของครึ่งทรงกลม/ครึ่งทรงกลมหัวตัดถึงส่วนบนสุด (a)	4*
ความสูงของฐานกลม (b)	4*
ความสูงของส่วนเว้าที่ฐานกลม (c)	4*
เส้นผ่านศูนย์กลางของครึ่งทรงกลม/ครึ่งทรงกลมหัวตัด (d)	2**
เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนฐานกลม (e)	2**
* การวัดแต่ละครั้งต้องมีระยะห่างเท่ากัน	
** การวัดแต่ละครั้งทำมุมห่างกัน 90° (องศา) และความแตกต่างระหว่างสองค่าที่วัดต้องไม่เกิน 4 มิลลิเมตร	

7.2 การทดสอบความทนแรงกด

7.2.1 เครื่องมือ

7.2.1.1 เครื่องกดตัวอย่างระบบไฮดรอลิกที่มีความละเอียดอย่างน้อย 0.1 กิโลนิวตัน (10.2 กิโลกรัมแรง) และน้ำหนักกดสูงสุดไม่น้อยกว่า 294 กิโลนิวตัน (30,000 กิโลกรัมแรง)

7.2.1.2 แผ่นเหล็กกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร และมีความหนาไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

7.2.2 วิธีการทดสอบ

วางกระดาษหนังสือพิมพ์ที่พับห้าทบบนแท่นกดแล้ววางตัวอย่างบนกระดาษหนังสือพิมพ์ หลังจากนั้นนำกระดาษหนังสือพิมพ์ที่พับห้าทบอีกชุดหนึ่งวางบนกึ่งกลางของตัวอย่าง แล้วจึงวางแผ่นเหล็กบนกระดาษหนังสือพิมพ์ชุดบน อัตราการกดจะต้องอยู่ในช่วง 49 – 68.6 กิโลนิวตันต่อนาที (5,000 – 7,000 กิโลกรัมแรงต่อ นาที) เมื่อแรงกดถึง 245 กิโลนิวตัน (25,000 กิโลกรัมแรง) จึงหยุดการทดสอบ แล้วตรวจพินิจ

7.3 การทดสอบสภาพการสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ

7.3.1 เครื่องมือ

7.3.1.1 แหล่งกำเนิดแสง (projector) ตามมาตรฐาน CIE illuminant A (อุณหภูมิสี 2,856 K) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำแสงไม่เกิน 26 มิลลิเมตร

7.3.1.2 อุปกรณ์รับแสง (receptor) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่รับแสงไม่เกิน 26 มิลลิเมตร

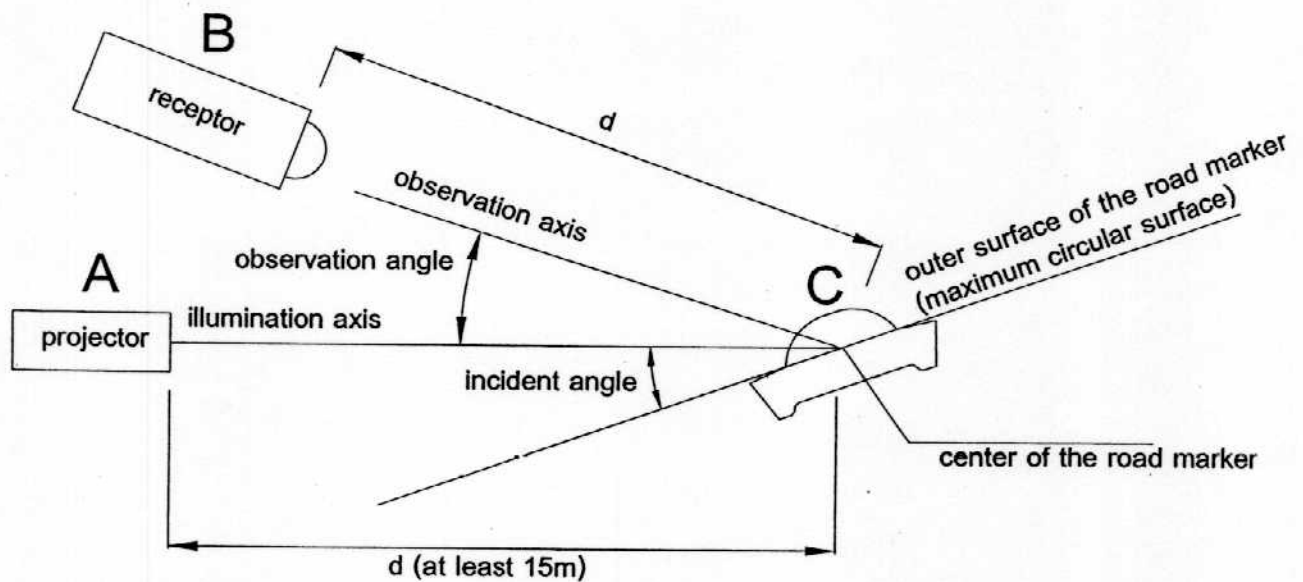
7.3.2 วิธีการวัดค่าความส่องสว่างที่พื้นผิวจุดกึ่งกลางของตัวอย่างบนระนาบตั้งฉากกับทิศทางของแสงตกกระทบ (E_s)

วางตัวอย่างทดสอบห่างจากแหล่งกำเนิดแสงอย่างน้อยที่สุด 15 เมตร โดยวางด้านของตัวอย่างที่เป็นเนื้อแก้วหาแหล่งกำเนิดแสง แล้วจึงวัดค่าความส่องสว่างซึ่งก็คือค่าความส่องสว่างที่พื้นผิวจุดกึ่งกลางของตัวอย่างบนระนาบตั้งฉากกับทิศทางของแสงตกกระทบ (E_s)

7.3.3 วิธีการวัดค่าความส่องสว่างที่อุปกรณ์รับแสงบนแนวแกนของการวัด (E_r)

จัดวางอุปกรณ์และตัวอย่างตามรูปที่ 2 เพื่อวัดค่าความส่องสว่างที่อุปกรณ์รับแสงบนแนวแกนของการวัด (E_r) โดยที่ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับตัวอย่างอย่างน้อย 15 เมตร และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รับแสงกับตัวอย่างอย่างน้อย 15 เมตรเช่นกัน และใช้มุมที่แสงตกกระทบ (entrance angle) และมุมของการวัด

(observation angle) ตามที่แสดงในตารางที่ 2 การวัดค่าจะต้องวัด 6 ตำแหน่งรอบตัวอย่าง โดยแต่ละตำแหน่งห่างกัน 60° (องศา) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 2: วิธีการวัดสภาพการสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ

7.3.4 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (R')

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (R') สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

8. เอกสารอ้างอิง

- 8.1 The Bureau of Standards, Metrology and Inspection, Chinese National Standard, CNS Designation: 13762 (2004)
