สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง



คู่มือแนะนำ

การติดตั้งอุปกรณ์กั้นและสิ่งอำนวยความปลอดภัย

คำนำ

ในรอบสิบปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2544 - 2553) มีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุในประเทศไทยสูงถึง 115,620 คน หรือหมายความว่าในแต่ละวันจะมีคนไทยเสียชีวิตบนถนนถึง 31 คน แม้ในรอบหลายปีที่ผ่านมา หลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ดำเนินมาตรการต่างๆ เพื่อจะลดปัญหาดังกล่าวและมีแนวโน้มที่จะลดลงนั้น แต่ในปี พ.ศ.2553 กลับมีจำนวนผู้เสียชีวิตสูงถึง 13,776 คน ส่งผลให้ปัจจุบันประเทศไทยมีอัตราการเสียชีวิตอยู่ที่ 21.60 คนต่อประชากร 100,000 คน

สิ่งที่น่าสนใจประการหนึ่งคือ นโยบายและมาตรการที่ผ่านมาเน้นไปที่การรณรงค์ให้ความรู้แก่ประชาชนเป็นส่วนใหญ่ แต่การแก้ปัญหาเฉพาะผู้ขับขี่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถเปลี่ยนแปลง “จำนวนผู้เสียชีวิต” จากอุบัติเหตุทางถนนได้ ซึ่ง Dr. William Haddon ศาสตราจารย์ทางด้านความปลอดภัยทางถนน เคยกล่าวไว้ว่า มาตรการที่มีประสิทธิภาพที่สุดที่จะลดความสูญเสียจากอุบัติเหตุทางถนน คือ การบังคับใช้กฎหมายและการปรับปรุงสภาพถนน เพราะจะมีผลโดยตรงต่อพฤติกรรมผู้ขับขี่ เช่นเดียวกันกับนโยบายของคณะกรรมการการขนส่งประเทศออสเตรเลีย ได้เสนอไว้ในแผนยุทธศาสตร์ความปลอดภัยทางถนนระดับประเทศว่า ปัจจัยที่จะลด “จำนวนผู้เสียชีวิต” ลงได้มากที่สุด คือ การยกระดับความปลอดภัยของถนน ซึ่งจะสามารถลดจำนวนผู้เสียชีวิตได้ถึง 50%

ในปี พ.ศ.2554 ประเทศไทยในฐานะประเทศสมาชิกของสหประชาชาติหรือ UN (United Nations) ได้ประกาศให้ปี พ.ศ.2554 - 2563 เป็น “ทศวรรษแห่งความปลอดภัย” หรือ “Decade of Action for Road Safety” เพื่อให้ผู้ใช้รถใช้ถนนตระหนักถึงปัญหาอุบัติเหตุทางถนนและเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมกันพัฒนามาตรการเพื่อความปลอดภัยอย่างถนนอย่างเป็น “รูปธรรม” อันมีเป้าหมายที่จะลดอัตราการเสียชีวิตลงอย่างน้อย 50%

ในประเทศไทย จากสถิติอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางหลวงในปี พ.ศ.2550 - 2552 พบว่ากว่า 40% เป็นอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับอันตรายข้างทาง ซึ่งรวมทั้งอุบัติเหตุจากการชนวัตถุข้างทางและการพลิกคว่ำเมื่อรถเสียหลักหลุดออกจากถนน ส่งผลให้มีสัดส่วนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุประเภทดังกล่าวมากกว่าหนึ่งในสามของอุบัติเหตุทั้งหมด นอกจากนั้น ยังพบว่าปัญหาในการป้องกันอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับอันตรายข้างทางบนทางหลวงในประเทศไทย มีสาเหตุมาจากการขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเขตปลอดภัย (Clear Zone) ความจำเป็นและประสิทธิภาพของอุปกรณ์กั้น รูปแบบการติดตั้ง และการบำรุงรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหลายพื้นที่ที่มีอุบัติเหตุอันตรายข้างทางเกิดขึ้น แต่ยังไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเป็นรูปธรรม ทำให้เกิดอุบัติเหตุถึงขั้นเสียชีวิตอยู่บ่อยครั้ง

จากปัญหาดังกล่าว สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง และศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (TARC) สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและความเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุที่เกิดจากอันตรายข้างทาง จึงได้เสนอ “โครงการศึกษาอันตรายข้างทางเพื่อยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ทาง” เพื่อเป็นการยกระดับความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ทางในประเทศไทย โดยมีเป้าหมายหลัก คือ เพื่อพัฒนามาตรฐานความปลอดภัยของการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย คือ 1) อุปกรณ์กั้น: ราวกันอันตรายและกำแพงคอนกรีต 2) อุปกรณ์ข้างทาง: ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง สัญญาณไฟจราจร เสาป้าย และหลักนำทาง 3) อุปกรณ์ลดความรุนแรง เพื่อลดโอกาสและความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับอันตรายข้างทาง และเพิ่มทัศนวิสัยการมองเห็นของผู้ใช้ถนนในยามค่ำคืน ให้เป็นไปตามหลักมาตรฐานสากล

“คู่มือการเลือกใช้และติดตั้งอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย” ฉบับนี้ ถือเป็นผลจากการศึกษาในโครงการดังกล่าว ทางสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง และศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย หวังว่าจะเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการยกระดับความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ทาง และจะเป็นก้าวย่างสำคัญของกรมทางหลวงที่จะมุ่งไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงสภาพแวดล้อมบริเวณข้างทางให้มีความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้นในอนาคต

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล 1-2
1.2 เป้าหมายและวัตถุประสงค์ 1-4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1-5

บทที่ 2 การออกแบบสภาพข้างทางที่ปลอดภัย

2.1 แนวทางในการป้องกัน/ลดอุบัติเหตุอันตรายข้างทาง 2-2
2.2 ตรวจสอบระยะเขตปลอดภัย (Clear Zone) 2-3
2.3 สภาพคันทางที่สามารถควบคุมและไม่สามารถควบคุมรถได้ 2-6
2.4 รื้อ/ย้าย/ปรับปรุงวัตถุข้างทาง 2-8

บทที่ 3 อุปกรณ์กั้น

3.1 เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น 3-2
3.2 ประเภทอุปกรณ์กั้น 3-8
3.3 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์กั้น 3-23
3.4 การออกแบบและติดตั้งปลายอุปกรณ์กั้น 3-47
3.5 การออกแบบและติดตั้งราวสะพานและจุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กั้นและราวสะพาน 3-62
3.6 การตรวจสอบและบำรุงรักษา 3-73

บทที่ 4 อุปกรณ์ลดความรุนแรง

4.1 เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง 4-2
4.2 ประเภทอุปกรณ์ลดความรุนแรง 4-4
4.3 การติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง 4-17
4.4 การบำรุงรักษา 4-21
ภาคผนวก ตัวอย่างอุปกรณ์ลดความรุนแรงแต่ละประเภท 4-26

บทที่ 5 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

5.1 บทนำ 5-2
5.2 เหตุอันควรในการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง 5-5

5.3 วัสดุและอุปกรณ์ 5-8
5.4 ข้อกำหนดการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง 5-14
5.5 ประเภทหลอดไฟสำหรับงานไฟฟ้าแสงสว่าง 5-22
5.6 ชนิดของการกระจายแสง 5-28
5.7 รูปแบบการติดตั้งดวงโคม 5-34
5.8 ข้อจำกัดในการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง 5-41
5.9 การตรวจสอบความปลอดภัยอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง 5-43
5.10 การซ่อมแซมและบำรุงรักษาไฟฟ้าแสงสว่าง 5-45

บทที่ 6 สัญญาณไฟจราจร

6.1 บทนำ 6-2
6.2 เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร 6-4
6.3 ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร 6-24
6.4 วัสดุและอุปกรณ์สัญญาณไฟจราจร 6-26
6.5 รูปแบบดวงโคมสัญญาณไฟจราจร 6-29
6.6 ตำแหน่งติดตั้งดวงโคมสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก 6-34
6.7 ข้อกำหนดการติดตั้งเสาสัญญาณไฟจราจร 6-45
6.8 ข้อจำกัดในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร 6-47
6.9 การตรวจสอบและบำรุงรักษาสัญญาณไฟจราจร 6-48

บทที่ 7 ป้ายจราจร

7.1 บทนำ 7-2
7.2 ป้ายจราจรแบบแขวนสูง 7-3
7.3 มาตรฐานและรูปแบบแผ่นป้ายจราจร 7-5
7.4 ข้อแนะนำสำหรับการเลือกรูปแบบ ขนาดในการติดตั้งเสาป้ายจราจร 7-13
7.5 หลักในการติดตั้งป้ายจราจรทั่วไป 7-22
7.6 ระบบการบริหารจัดการป้ายจราจร 7-31
7.7 ข้อจำกัดในการติดตั้งป้ายจราจร 7-38
7.8 การซ่อมแซมและบำรุงรักษาป้ายจราจร 7-39

บทที่ 8 หลักนำทาง

8.1 บทนำ 8-2
8.2 การเลือกชนิดหลักนำทาง 8-6
8.3 หลักการติดตั้งหลักนำทางทั่วไป 8-7
8.4 ข้อจำกัดในการติดตั้งหลักนำทาง 8-12
8.5 การซ่อมแซมและบำรุงรักษาหลักนำทาง 8-13

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

จากสถิติอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีการประมาณกันว่า ในทุกๆ หนึ่งชั่วโมงจะมีผู้เสียชีวิตบนถนนถึง 3 คน ทำให้สถิติจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในแต่ละปีสูงถึงกว่า 13,000 รายต่อปี (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2553) ก่อให้เกิดความสูญเสียถึงชีวิตในกลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงานเป็นอันดับที่หนึ่ง และเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับห้าในทุกกลุ่มอายุ รองจากโรคเอดส์ โรคเส้นเลือดในสมองแตก โรคหัวใจ และโรคเบาหวาน (WHO, 2006)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ดำเนินมาตรการเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยให้กับผู้ใช้รถใช้ถนนอย่างเต็มที่ แต่ตัวเลขผู้เสียชีวิตดังกล่าวยังคงสูงอย่างต่อเนื่อง สิ่งที่น่าสนใจอย่างหนึ่งคือ นโยบายและมาตรการหลายๆ ด้านเน้นไปที่การรณรงค์และการให้ความรู้ประชาชน แต่ที่ผ่านมายังพบว่าการแก้ปัญหาเพียงเฉพาะผู้ขับขี่เพียงอย่างเดียว ยังไม่สามารถสร้างความเปลี่ยนแปลงในแง่ของจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนได้ ซึ่งในเรื่องนี้ Dr. William Haddon ศาสตราจารย์ทางด้านความปลอดภัยทางถนน เคยกล่าวไว้ว่า มาตรการที่ดีที่สุดที่จะลดความสูญเสียจากอุบัติเหตุทางถนน คือ การบังคับใช้กฎหมายและการปรับปรุงสภาพถนน (O'Neill, 2002) เช่นเดียวกันกับนโยบายของคณะกรรมการการขนส่งประเทศออสเตรเลีย ได้เสนอไว้ในแผนยุทธศาสตร์ความปลอดภัยทางถนนระดับประเทศว่า ปัจจัยที่จะลดจำนวนผู้เสียชีวิตลงได้มากที่สุด คือ การยกระดับความปลอดภัยของถนน เพราะจะสามารถลดจำนวนผู้เสียชีวิตได้ถึง 50% (ATC, 2001)

จากสถิติอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางหลวงในปี 2553 พบว่ากว่า 40% เป็นอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับอันตรายข้างทาง เช่น อุบัติเหตุจากการชนอุปกรณ์ข้างทาง อุบัติเหตุจากการพลิกคว่ำเมื่อรถหลุดออกจากถนน ฯลฯ แม้อุบัติเหตุประเภทนี้จะมีสาเหตุมาจากผู้ขับขี่เป็นหลัก แต่การป้องกันไม่ให้รถพลิกคว่ำหรือชนอุปกรณ์ข้างทางก็ถือเป็นสิ่งจำเป็น โดยสิ่งที่ควรคำนึงถึงประการแรกคือ ทำอย่างไรเพื่อไม่ให้รถหลุดออกจากถนน และในกรณีที่รถหลุดออกจากถนนแล้ว จะมีวิธีการอย่างไรเพื่อลดความรุนแรงให้ได้มากที่สุด

นอกจากนั้น ผลการศึกษาเรื่องอันตรายข้างทางใน "โครงการพัฒนาและเผยแพร่องค์ความรู้ด้านความปลอดภัยทางถนน โดยศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย" พบว่า ปัญหาในการป้องกันอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับอันตรายข้างทางบนทางหลวงในประเทศไทย มีสาเหตุมาจากการขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเขตปลอดภัย (Clear Zone) ความจำเป็นและประสิทธิภาพของอุปกรณ์กั้น รูปแบบการติดตั้ง และการบำรุงรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในหลายพื้นที่ที่มีอุบัติเหตุอันตรายข้างทางเกิดขึ้น แต่ยังไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเป็นรูปธรรม ทำให้เกิดอุบัติเหตุถึงขั้นเสียชีวิตอยู่บ่อยครั้ง

จากปัญหาดังกล่าว สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง และศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (TARC) สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและความเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุที่เกิดจากอันตรายข้างทาง จึงได้เสนอ “โครงการศึกษาอันตรายข้างทางเพื่อยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ทาง” เพื่อเป็นการยกระดับความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ทางในประเทศไทย

1.2 เป้าหมายและวัตถุประสงค์

เป้าหมายหลักของโครงการนี้ คือ เพื่อพัฒนามาตรฐานความปลอดภัยของการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย คือ 1) อุปกรณ์กั้น: ราวกันอันตรายและกำแพงคอนกรีต 2) อุปกรณ์ข้างทาง: ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง สัญญาณไฟจราจร เสาป้าย และหลักนำทาง 3) อุปกรณ์ลดความรุนแรง เพื่อลดโอกาสและความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับอันตรายข้างทาง และเพิ่มทัศนวิสัยการมองเห็นของผู้ใช้ถนนในยามค่ำคืน ให้เป็นไปตามหลักมาตรฐานสากล พร้อมทั้งมีวัตถุประสงค์ย่อย ดังนี้

1. เพื่อประเมินสถานการณ์ในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับอันตรายข้างทาง และระบบความปลอดภัยของอุปกรณ์กั้น อุปกรณ์ข้างทาง และอุปกรณ์ลดความรุนแรงของกรมทางหลวงในปัจจุบัน
2. เพื่อศึกษาประเภทของอุปกรณ์กั้น อุปกรณ์ข้างทาง และอุปกรณ์ลดความรุนแรง ที่เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพและระดับชั้นของทางหลวงในประเทศไทย
3. เพื่อทดสอบติดตั้ง พร้อมทั้งติดตามและประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์กั้น อุปกรณ์ข้างทาง และอุปกรณ์ลดความรุนแรงต่างๆ
4. เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะถึงรูปแบบ วัสดุ และความเหมาะสมของตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์กั้น อุปกรณ์ข้างทาง และอุปกรณ์ลดความรุนแรง แก่โครงข่ายทางหลวงในประเทศไทย พร้อมทั้งจัดทำข้อเสนอแนะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบ ตรวจสอบ และบำรุงรักษาอุปกรณ์กั้น อุปกรณ์ข้างทาง และอุปกรณ์ลดความรุนแรงดังกล่าว

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

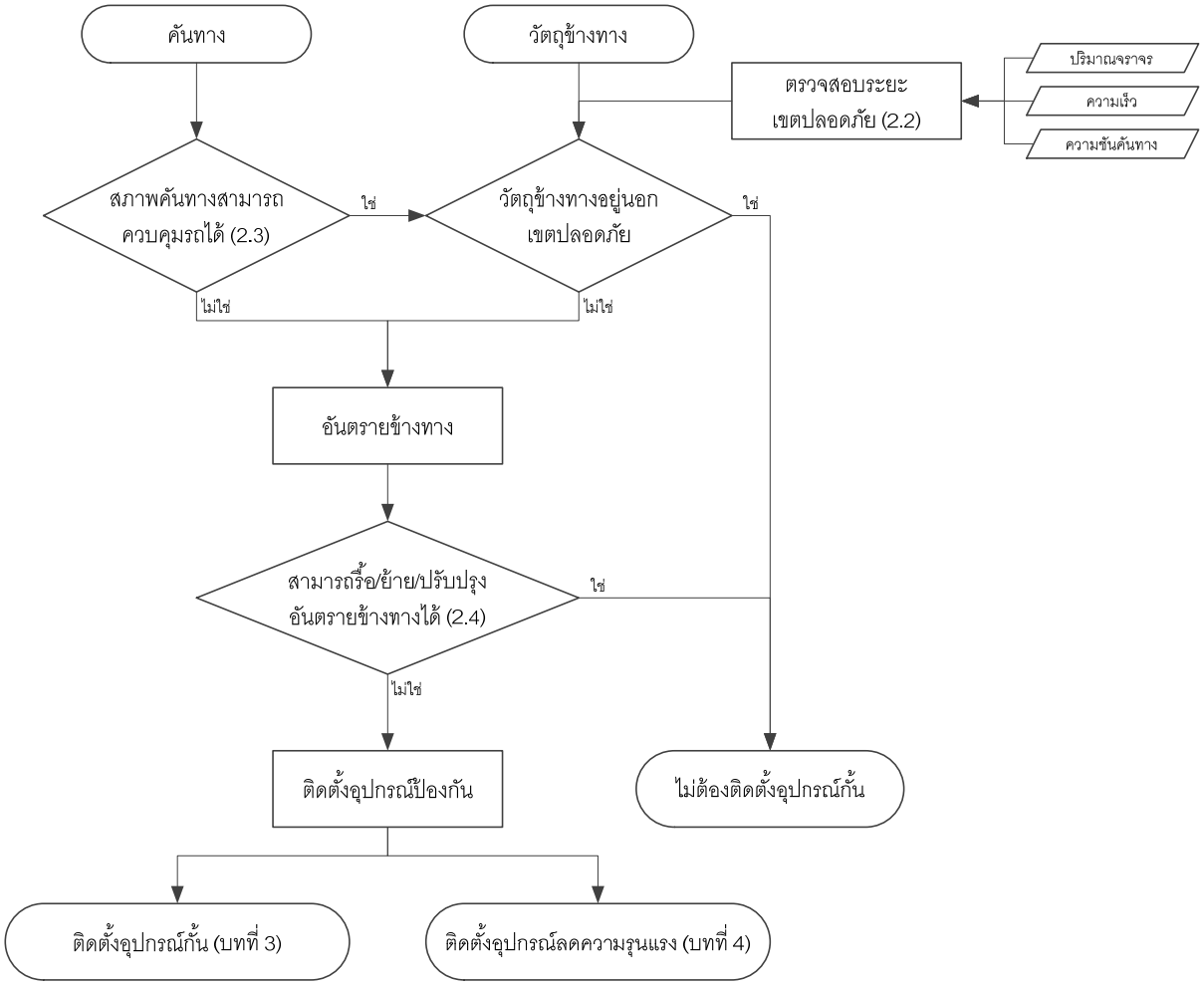
- จำนวนผู้เสียชีวิตและ/หรือผู้บาดเจ็บสาหัสจากอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับอันตรายข้างทางลดลง
- เกิดการพัฒนาต้นแบบของอุปกรณ์กั้น อุปกรณ์ข้างทาง และอุปกรณ์ลดความรุนแรง รวมถึงการออกแบบการติดตั้งที่ได้มาตรฐานในระดับสากล
- การพัฒนาองค์ความรู้แก่เจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงในเรื่องความปลอดภัยทางถนน
- กรมทางหลวงมีแผนการดำเนินงานในการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว ในพื้นที่ที่มีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุประเภทนี้เกิดขึ้นบ่อยครั้ง พร้อมทั้งระบบประเมินผลที่เหมาะสม
- จัดทำมาตรฐานการออกแบบ วัสดุอุปกรณ์ และแบบมาตรฐานของตำแหน่งการติดตั้ง อุปกรณ์กั้น อุปกรณ์ข้างทาง และอุปกรณ์ลดความรุนแรง เพื่อความเหมาะสมกับสภาพของถนนและปริมาณการจราจรในปัจจุบัน
- กรมทางหลวงสามารถยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางในโครงข่ายทางหลวง

บทที่ 2

การออกแบบสภาพข้างทางที่ปลอดภัย

2.1 แนวทางในการป้องกัน/ลดอุบัติเหตุอันตรายข้างทาง

แนวทางในการป้องกันและ/หรือลดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดัง**รูปที่** 2-1 โดยเริ่มจากการพิจารณาว่าคันทาง (Roadside Slope) และวัตถุข้างทาง (Roadside Object) จะเป็นอันตรายข้างทาง (Roadside Hazards) หรือไม่ มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณา คือ สภาพคันทางสามารถควบคุมรถได้หรือไม่และ/หรือมีวัตถุข้างทางนั้นอยู่ในหรือนอกเขตปลอดภัย



รูปที่ 2-1 แนวทางในการป้องกันและลดอุบัติเหตุอันตรายข้างทาง

2.2 ตรวจสอบระยะเขตปลอดภัย (Clear Zone)

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) ได้ให้คำจำกัดความของเขตปลอดภัยไว้ใน Roadside Design Guide (2006) ว่า

> *"Clear Zone คือ สภาพข้างทางที่ปลอดภัยไม่เป็นอันตรายต่อผู้ขับขี่และไม่มีวัสดุกีดขวาง (Fixed Objects) ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ขับขี่ ติดตั้งอยู่ในเขตนั้น"*

Guide for Selecting Location and Designing Traffic Barriers ของ AASHTO (2006) ได้ให้ข้อแนะนำเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างขอบถนนกับอุปกรณ์ข้างทางหรือที่เรียกอีกอย่างว่าเขตปลอดภัยดังแสดงใน **ตารางที่** 2-1 ซึ่งแสดงถึงระยะของเขตปลอดภัยที่เหมาะสม โดยพิจารณาจาก 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณจราจรออกแบบต่อวัน ความเร็วออกแบบ และลักษณะพื้นที่ข้างทาง ในทางกลับกัน ผู้ออกแบบยังสามารถใช้แผนภาพดังกล่าวในการกำหนดความเร็วหรือปริมาณจราจรตามระยะของเขตปลอดภัยได้ในกรณีที่มีระยะข้างทางจำกัด หรือไม่สามารถปรับปรุงพื้นที่ข้างทางได้มากกว่านี้แล้ว อย่างไรก็ตาม เขตปลอดภัยตามข้อแนะนำในตารางที่ 2.1 สามารถพิจารณาใช้ได้ในกรณีที่เป็นถนนแบบทางตรงเท่านั้น จากผลการศึกษาการทดสอบการชน (Crash Test) พบว่ารถที่หลุดออกจากถนนในช่วงทางโค้งจะเกิดความรุนแรงมากกว่ารถที่หลุดออกจากถนนทางตรงที่ความเร็วในระดับเดียวกัน ดังนั้น เขตปลอดภัยในช่วงทางโค้งควรมีการเว้นเขตปลอดภัยมากกว่าทางตรง โดยใช้ค่าปรับแก้เขตปลอดภัยสำหรับทางโค้งจาก AASHTO (2006) ดังแสดงใน**ตารางที่** 2-2 เป็นตัวปรับแก้สำหรับหาเขตปลอดภัยในบริเวณทางโค้ง

โดยทั่วไปแล้ว อุบัติเหตุอันตรายข้างทางจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบข้างทางของถนนอยู่ 2 อย่าง คือ คันทาง (Embankment) และอุปกรณ์ข้างทาง (เสาป้าย เสาไฟฟ้า ต้นไม้ ฯลฯ) หากอุปกรณ์ข้างทางเหล่านี้อยู่ใกล้กับขอบทางมากเกินไป โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางก็จะมากขึ้นด้วย ดังนั้น เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้ทาง อุปกรณ์หรือวัตถุข้างทางเหล่านี้ควรอยู่ห่างจากขอบทางในระยะที่เหมาะสม

ตารางที่ 2-1 เขตปลอดภัยที่ความชันคันทางในระดับต่าง ๆ (เมตร)

ความเร็วออกแบบ หรือความเร็วจราจรที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ (V_{85}) (กม./ชม.)	AADT	ถนนเดิม		ถนนก่อสร้างใหม่และปรับปรุง			
		1V:4H หรือชันน้อยกว่า	1V:3H หรือชันมากกว่า	1V:6H หรือชันน้อยกว่า	1V:5H	1V:4H	1V:3H หรือชันมากกว่า
น้อยกว่า 60	น้อยกว่า 750	2.0	พิจารณาติดตั้งอุปกรณ์กั้น	2.0	2.0	3.0	พิจารณาติดตั้งอุปกรณ์กั้น
	750 - 1,499	3.0		3.0	3.5	4.5	
	1,500 - 6,000	3.5		3.5	4.5	5.0	
	มากกว่า 6,000	4.5		4.5	5.0	5.5	
70	น้อยกว่า 750	3.0		3.0	3.5	4.0	
	750 - 1,499	3.5		4.5	5.0	5.5	
	1500 - 6,000	4.0		5.0	6.0	6.5	
	มากกว่า 6,000	4.5		6.0	7.5	8.0	
80	น้อยกว่า 750	3.5		3.5	4.0	4.5	
	750 - 1,499	4.0		5.0	5.5	6.0	
	1,500 - 6,000	4.5		5.5	7.0	8.0	
	มากกว่า 6,000	5.0		6.5	8.0	8.5	
90	น้อยกว่า 750	3.5		3.5	4.5	5.5	
	750 - 1,499	4.5		5.0	6.0	7.5	
	1,500 - 6,000	5.0		6.0	7.5	9.0	
	มากกว่า 6,000	5.5		6.5	8.0	10.0	
100	น้อยกว่า 750	4.5		5.0	6.0	7.5	
	750 - 1,499	5.0		6.0	8.0	10.0	
	1,500 - 6,000	5.5		8.0	10.0	12.0	
	มากกว่า 6,000	6.0		9.0	11.0	13.5	
110	น้อยกว่า 750	5.0		5.5	6.0	8.0	
	750 - 1,499	5.5		7.5	8.5	11.0	
	1,500 - 6,000	6.0		8.5	10.5	13.0	
	มากกว่า 6,000	7.0		9.0	11.5	14.0	
120	น้อยกว่า 750	5.5		6.0	6.5	8.5	
	750 - 1,499	6.0		8.0	9.0	11.5	
	1,500 - 6,000	7.0		9.0	11.0	14.0	
	มากกว่า 6,000	8.0		9.5	12.0	14.5	

ตารางที่ 2-2 ค่าปรับแก้เขตปลอดภัยในกรณีที่เป็นทางโค้ง (AASHTO, 2006)

รัศมีโค้งของถนน (ม.)	ความเร็วออกแบบ (กม./ชม.)						
	60	70	80	90	100	110	120
900	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
700	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4
600	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5
500	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	
450	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	
400	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	-	
350	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	-	
300	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	-	
250	1.3	1.3	1.4	1.5	-	-	
200	1.3	1.4	1.5	-	-	-	
150	1.4	1.5	-	-	-	-	
100	1.5	-	-	-	-	-	

2.3 สภาพคันทางที่สามารถควบคุมและไม่สามารถควบคุมรถได้

คันทาง (Embankment) เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญอย่างหนึ่งของถนน ซึ่งมีทั้งแบบดินตัด (Cut Slope) และแบบดินถม (Fill Slope) ในด้านของความปลอดภัยนั้น แม้ความรุนแรงของอุบัติเหตุรถหลุดออกจากถนน (Run-Off-Road) จะมีองค์ประกอบจากความเร็วและทิศทางที่รถหลุดออกจากถนน แต่การออกแบบคันทางให้มีความเหมาะสมเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุรถชนกับคันทางหรืออุบัติเหตุรถพลิกคว่ำจากการหลุดออกนอกเส้นทางตามความชันคันทาง ดังนั้น ความสูงหรือความลาดชันของคันทางจึงเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดเขตปลอดภัยหรือความจำเป็นในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น

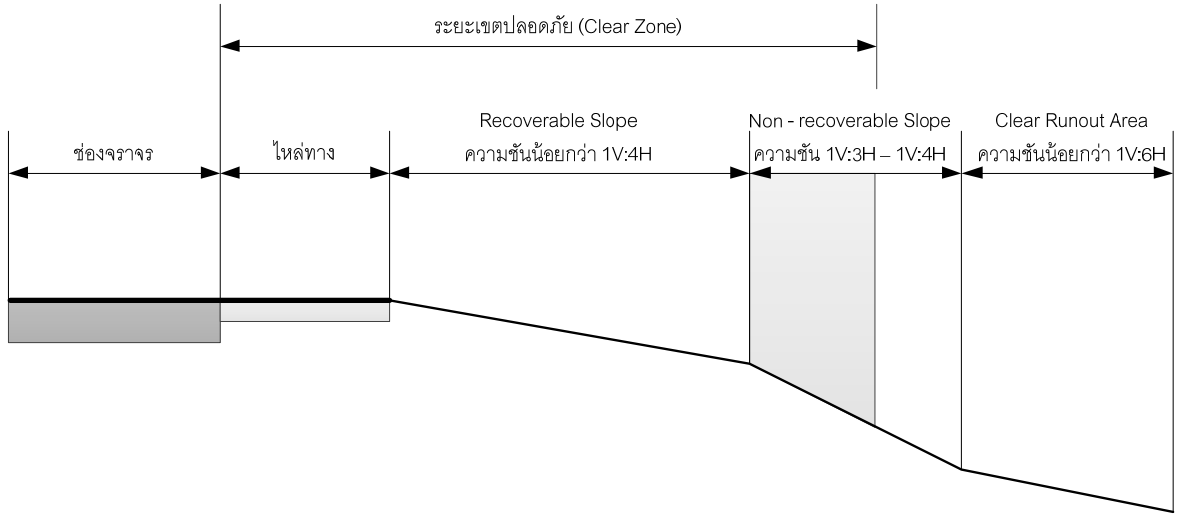
ความรุนแรงเมื่อเกิดอุบัติเหตุจะขึ้นอยู่กับระดับความชันคันทาง คันทางแบบดินตัดที่มีความชันน้อยกว่า 1V:3H และไม่มีอุปกรณ์ข้างทางอยู่ในเขตปลอดภัย ถือว่ามีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ทาง แต่ในกรณีที่ความชันคันทางมากกว่า 1V:3H (เช่น 1V:2H หรือ 1V:1H) หรือมีอุปกรณ์ข้างทางติดตั้งอยู่ในเขตปลอดภัย ควรทำการปรับปรุงเขตปลอดภัย โดยการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ข้างทาง ปรับความชันคันทาง หรือติดตั้งอุปกรณ์กั้น

ส่วนคันทางแบบดินถม (Fill Slope) สามารถแบ่งระดับความชันออกตามช่วงระดับความอันตรายดังแสดงใน**ตารางที่** 2-3 จะเห็นได้ว่าคันทางที่มีความชันน้อยกว่า 1V:4H เป็นคันทางที่ผู้ขับขี่สามารถควบคุมรถและขับกลับเข้าสู่เส้นทางได้อย่างปลอดภัยหากไม่ใช้ความเร็วสูง ซึ่งบริเวณด้านบนของคันทางควรออกแบบให้ดินคันทางมีลักษณะหยาบเพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะเมื่อรถหลุดออกจากถนน รวมถึงอาจมีการเพิ่มดินหยาบบริเวณด้านล่างของคันทางเพื่อลดความเร็วในกรณีที่รถใช้ความเร็วสูง การจัดการเขตปลอดภัยของคันทางที่มีความชันน้อยกว่า 1V:4H สามารถใช้ข้อแนะนำจาก Roadside Design Guide (2006) โดยอาศัยข้อมูลความเร็วออกแบบ ปริมาณการจราจร และความชันคันทางมาพิจารณา ซึ่งเขตปลอดภัยตามคำแนะนำใน**ตารางที่** 2-1 เป็นระยะทางเขตปลอดภัยที่เหมาะสม กล่าวคือ เป็นระยะที่ไม่ควรมีอุปกรณ์หรือวัตถุข้างทางอยู่ในเขตนั้นๆ

ตารางที่ 2-3 ข้อแนะนำในการแก้ไขอันตรายจากคันทางที่ความชันระดับต่าง ๆ (AASHTO, 2006)

ระดับความรุนแรง	ระดับความชัน	ข้อแนะนำ
1. Recoverable slope	น้อยกว่า 1V:4H	จัดการเขตปลอดภัยตามคำแนะนำใน**รูปที่ 2-2** (แผนผัง)
2. Non-recoverable slope	1V:3H – 1V:4H	เพิ่มเขตปลอดภัยบริเวณปลายคันทาง ปรับความชันคันทางให้น้อยลง หรือปรับให้ดินด้านล่างเป็นดินหยาบ
3. Critical slope	มากกว่า 1V:3H	จัดการเขตปลอดภัยใหม่ โดยการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ข้างทาง หรือติดตั้งอุปกรณ์กั้น

ในกรณีที่คันทางมีความชันอยู่ในช่วง 1V:3H – 1V:4H จัดว่าเป็นคันทางที่อันตรายในระดับกลาง คันทางด้านล่างควรเป็นดินหยาบเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับล้อรถ และควรมีการเพิ่มระยะของเขตปลอดภัยโดยปรับความชันคันทางบริเวณด้านบนหรือด้านล่าง หรือทั้งด้านบนและด้านล่าง **รูปที่ 2-2** แสดงตัวอย่างในการจัดการเขตปลอดภัยของคันทางแบบ Non-Recoverable Slope โดยการปรับระดับความชันทั้งด้านบนและด้านล่างให้น้อยลง ซึ่งระยะทางด้านบนและด้านล่างของความชันที่ถูกปรับปรุงต้องมีค่ารวมกันไม่น้อยกว่าเขตปลอดภัยแนะนำ (**ตารางที่ 2-1**) ในกรณีที่คันทางมีความชันมากกว่า 1V:3H ถือว่าเป็นความชันที่เป็นอันตราย โดยส่วนใหญ่แล้วจะพิจารณาให้มีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อลดความรุนแรงของอุบัติเหตุ หากมีรถหลุดออกจากถนนแล้วตกลงไปในคันทางที่มีความชันระดับนี้



รูปที่ 2-2 เขตปลอดภัยของคันทางที่มีความชัน 1V:3H – 1V:4H (Non-recoverable Slope) (AASHTO, 2006)

2.4 รื้อ/ย้าย/ปรับปรุงวัตถุข้างทาง

อันตรายข้างทางบนถนนประกอบด้วยอันตรายข้างทางแบบเดี่ยว (Point Hazards) หมายถึงวัตถุข้างทางที่อยู่ในเขตปลอดภัยที่มีขนาดเล็กและติดตั้งอยู่เพียงจุดเดียว เช่น เสาสะพานลอย เสาโครงสร้างต่างระดับ เสาไฟสัญญาณจราจร เสาป้ายจราจร หลักกิโลเมตร หรือต้นไม้เดี่ยว เป็นต้น และอันตรายข้างทางแบบต่อเนื่อง (Continue Hazards) หมายถึงวัตถุข้างทางที่อยู่ในเขตปลอดภัยและมีความยาวต่อเนื่องตลอดแนวถนน เช่น เสาไฟฟ้า เสาไฟส่องสว่าง คันทางที่มีลักษณะสูงชัน หลักนำทาง แนวก้อนหิน หรือต้นไม้กลุ่ม เป็นต้น

ความรุนแรงที่เกิดจากการชนวัตถุข้างทางเหล่านี้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับความเร็วของรถขณะชนแล้ว ยังขึ้นอยู่กับประเภทของอุปกรณ์ข้างทางด้วยเช่นกัน **ตารางที่** 2-4 แสดงถึงระดับความรุนแรงที่เกิดจากการชนกับวัตถุข้างทางประเภทต่างๆ โดยแบ่งระดับความรุนแรงออกเป็น 3 ระดับที่ความเร็วในการชนเท่ากัน ซึ่งโดยธรรมชาติแล้ว อุปกรณ์ข้างทางที่มีความแกร่ง เช่น คอนกรีต เช่น ก้อนหิน หรือต้นไม้ขนาดใหญ่ จะก่อให้เกิดความรุนแรงในระดับสูง

ตารางที่ 2-4 **ระดับความรุนแรงจากการชนกับอุปกรณ์ข้างทางแต่ละประเภท** (Barrier Warrants, 2005)

ประเภทวัตถุข้างทาง	ระดับความรุนแรง		
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ตอม่อสะพาน คอสะพาน			✓
ก้อนหิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 0.3 เมตร		✓	
ก้อนหิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.3 เมตร			✓
เสาไฟฟ้าส่องสว่าง เสาป้ายชนิด Non-Breakaway		✓	
ต้นไม้ต้นเดี่ยว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 10 - 20 ซม.		✓	
ต้นไม้ต้นเดี่ยว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 20 ซม.			✓
ต้นไม้กลุ่ม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแต่ละต้นมากกว่า 10 ซม.			✓
หลักนำทาง		✓	

หากพบว่าวัตถุข้างทางเป็นวัตถุอันตราย ควรมีการปรับปรุงความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางตามแนวทางดังนี้

<u>รื้อถอน/รื้อย้าย</u> โดยทั่วไปแล้ว อุปกรณ์ข้างทางเหล่านี้จะติดตั้งเพื่อประโยชน์แก่ผู้ใช้รถใช้ถนนหรือเพื่อสาธารณูปโภคอื่นๆ แต่หากพิจารณาแล้วว่าวัตถุดังกล่าวไม่มีความจำเป็นต่อการใช้งานหรือไม่จำเป็นที่จะต้องติดตั้งในบริเวณดังกล่าว ควรจะทำการรื้อถอน/รื้อย้ายวัตถุเหล่านั้น นั่นหมายความว่า หากเป็นการรื้อถอนจะทำให้รถที่หลุดออกจากถนนไม่มีโอกาสที่จะไปชนวัตถุเหล่านั้นได้เลย แต่หากพิจารณาแล้วว่า

วัตถุดังกล่าวจำเป็นจะต้องติดตั้งอยู่ข้างทางแต่สามารถรื้อย้ายให้ห่างออกไป จะสามารถลดโอกาสที่รถจะไปชนวัตถุเหล่านั้นได้ ดังแสดงใน**ตารางที่** 2-5

ตารางที่ 2-5 **การลดลงของอุบัติเหตุรถชนวัตถุข้างทางเมื่อมีการย้ายตำแหน่งให้ห่างออกไป** (Zegeer and Cynecki, 1984)

ตำแหน่งเดิม (เมตร)	ตำแหน่งใหม่ (เมตร)								
	1.8	2.4	3.0	3.6	4.5	5.2	6.1	7.6	9.1
0.6	50%	58%	64%	68%	72%	74%	77%	80%	82%
0.9	35%	46%	53%	58%	64%	67%	70%	74%	77%
1.2	22%	35%	44%	50%	57%	60%	65%	69%	73%
1.5	11%	26%	36%	43%	51%	55%	59%	65%	69%
1.8	–	17%	28%	36%	45%	49%	54%	61%	65%
2.1	–	8%	20%	29%	39%	44%	50%	57%	62%
2.4	–	–	13%	23%	33%	39%	45%	53%	58%
3.0	–	–	–	11%	23%	29%	37%	45%	52%
3.4	–	–	–	5%	18%	25%	33%	42%	49%
3.7	–	–	–	–	14%	20%	29%	39%	46%
4.0	–	–	–	–	9%	16%	25%	35%	43%
4.3	–	–	–	–	4%	12%	21%	32%	40%
4.6	–	–	–	–	–	8%	17%	29%	37%

<u>ใช้วัสดุที่สามารถแตกหักได้</u> หากวัตถุเหล่านั้นเป็นอุปกรณ์ถนน โดยเฉพาะอุปกรณ์ประเภทเสา และไม่สามารถรื้อย้ายหรือรื้อถอนได้ ควรจะได้รับการออกแบบให้สามารถแตกหักได้เมื่อเกิดการปะทะจากรถที่พุ่งเข้าไปชนเพื่อลดความรุนแรงของอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสม ดังนี้

- ติดตั้งอยู่ในเขตปลอดภัย
- ไม่สามารถรื้อถอนหรือรื้อย้ายได้ หรือไม่มีความคุ้มค่าที่จะรื้อถอนหรือรื้อย้าย
- เป็นเสาขนาดเล็กที่ไม่จำเป็นต้องรับน้ำหนักของอุปกรณ์อื่นๆ มากนัก
- มีพื้นที่หลังการชนที่ปลอดภัย
- เป็นพื้นที่ที่ไม่มีผู้ใช้ถนนอื่นหรือคนเดินเท้ามากนัก
- ตำแหน่งของเสาและ/หรือสายไฟฟ้าหลังจากชนจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายแต่ผู้ใช้ถนนอื่น
- ไม่มีความคุ้มค่าในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น

ทั้งนี้ ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาถึงผลกระทบอื่นในภาพรวมหากอุปกรณ์เหล่านั้นเกิดความเสียหายเนื่องจากอุบัติเหตุ และพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการนำอุปกรณ์เหล่านี้มาใช้บนท้องถนนจริง

นอกจากนี้ ยังมีวิธีการอื่นๆ ที่จะช่วยลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุรถชนวัตถุข้างทางหรือลดความรุนแรงของอุบัติเหตุประเภทนี้ลง เช่น เพิ่มการมองเห็นให้กับผู้ขับขี่ (Delineation) มาตรการลดความเร็ว การลดจำนวนเสา หรือการใช้ระบบสาธารณูปโภคใต้ดิน เป็นต้น ผู้ออกแบบสามารถศึกษาเพิ่มเติมจากคู่มือการออกแบบและการศึกษาที่น่าสนใจ เช่น

- NCHRP Report 500: Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan (2004) โดย Transportation Research Board
    - Volume 03: A Guide for Addressing Collisions with Trees in Hazardous Locations
    - Volume 06: A Guide for Addressing Run-Off-Road Collisions
    - Volume 08: A Guide for Reducing Collisions Involving Utility Poles
    - Volume 14: Reducing Crashes Involving Drowsy and Distracted Drivers
- Transportation Research Board State of the Art Report 9: Utilities and Roadside Safety (2004) โดย Transportation Research Board
- European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads (2005) โดย Chalmers University of Technology ในฐานะตัวแทนของ Roadside Infrastructure for Safer European Road (RISER)
- Roadside Design Guide (2010) โดย American Association of State Highway and Transportation Officials
- Guide to Road Design Part 6: Roadside Design, Safety, and Barriers (2010) โดย Austroads

บทที่ 3

อุปกรณ์กั้น

3.1 เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น

ในการออกแบบสภาพข้างทางที่มีความปลอดภัยมากที่สุดนั้น ควรถือหลักเกณฑ์ในการกำหนดไม่ให้มีวัตถุอันตรายต่างๆ อยู่ในระยะเขตปลอดภัย โดยอาศัยหลักการในการออกแบบทางชนิดให้อภัย (Forgiving Highway Concepts) ซึ่งมีแนวทางปฏิบัติอยู่ด้วยกันหลายวิธี แนวทางแรกก็คือการกำหนดเขตปลอดภัย แต่เมื่อใดก็ตามที่มีวัตถุอันตรายตั้งอยู่ในเขตปลอดภัย ให้พิจารณาแนวทางอื่นๆ ในการป้องกันโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางซึ่งมีอยู่ 5 วิธี ได้แก่

- การรื้อย้ายวัตถุอันตรายเหล่านั้นออกไปจากเขตปลอดภัย (Remove)
- การออกแบบการติดตั้งวัตถุอันตรายใหม่ให้มีความปลอดภัยมากขึ้น (Redesign) เช่นการออกแบบความชันคันทางที่ปลอดภัยมากขึ้น การออกแบบเสาไฟฟ้าหรือเสาป้ายจราจรแบบชนแล้วล้ม (Breakaway Poles)
- การเคลื่อนย้ายวัตถุอันตรายไปยังบริเวณที่ไม่เป็นอันตราย เช่น เคลื่อนย้ายออกไปนอกเขตปลอดภัย (Relocate)
- การติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันการชนกับวัตถุอันตรายข้างทาง (Shield) เช่น การติดตั้งการ์ดเรล (Guardrail) หรือกำแพงคอนกรีต (Concrete Barrier) หรือการติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง (Impact Attenuator)
- การทำเครื่องหมายที่วัตถุอันตรายข้างทางเพื่อให้เป็นที่สังเกตได้อย่างชัดเจน (Delineation) เช่น การทาสี หรือติดเครื่องหมายเตือน

แต่ในกรณีที่ไม่สามารถรื้อย้ายหรือปรับปรุงวัตถุอันตรายข้างทางออกจากเขตปลอดภัยได้ วิศวกรผู้ออกแบบทางต้องพิจารณาว่าควรมีการป้องกันวัตถุอันตรายข้างทางโดยใช้อุปกรณ์กั้น (Longitudinal barrier) หรืออุปกรณ์ลดความรุนแรง (Crash cushion) หรือไม่ การพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์กั้นนั้น จะต้องคำนึงถึงความรุนแรงที่เกิดขึ้นหากรถยนต์พุ่งเข้าชนกับอุปกรณ์กั้น ว่าควรมีความรุนแรงน้อยกว่าเมื่อรถยนต์ชนกับวัตถุอันตรายข้างทาง

มีหลายกรณีที่ทางเลือกในการป้องกันอันตรายข้างทางมีอยู่เพียง 2 ทางเลือก คือ การติดตั้งอุปกรณ์กั้นหรือการไม่ติดตั้งอุปกรณ์กั้นใดๆ เลย ซึ่งในหัวข้อนี้จะระบุเหตุอันควรในการติดตั้ง (Warrants) ที่เหมาะสมสำหรับการพิจารณาการติดตั้งอุปกรณ์กั้นในประเทศไทย โดยเหตุอันควรดังกล่าวจะพิจารณาจากประเภทอันตรายข้างทาง ปริมาณจราจร ลักษณะทางกายภาพของถนน และระยะห่างระหว่างอันตรายข้างทางถึงขอบถนนเป็นหลัก

เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันอันตรายข้างทางสำหรับประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

1. เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นข้างทาง (Roadside Barrier Warrant)
2. เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นบริเวณเกาะกลาง (Median Barrier Warrant)

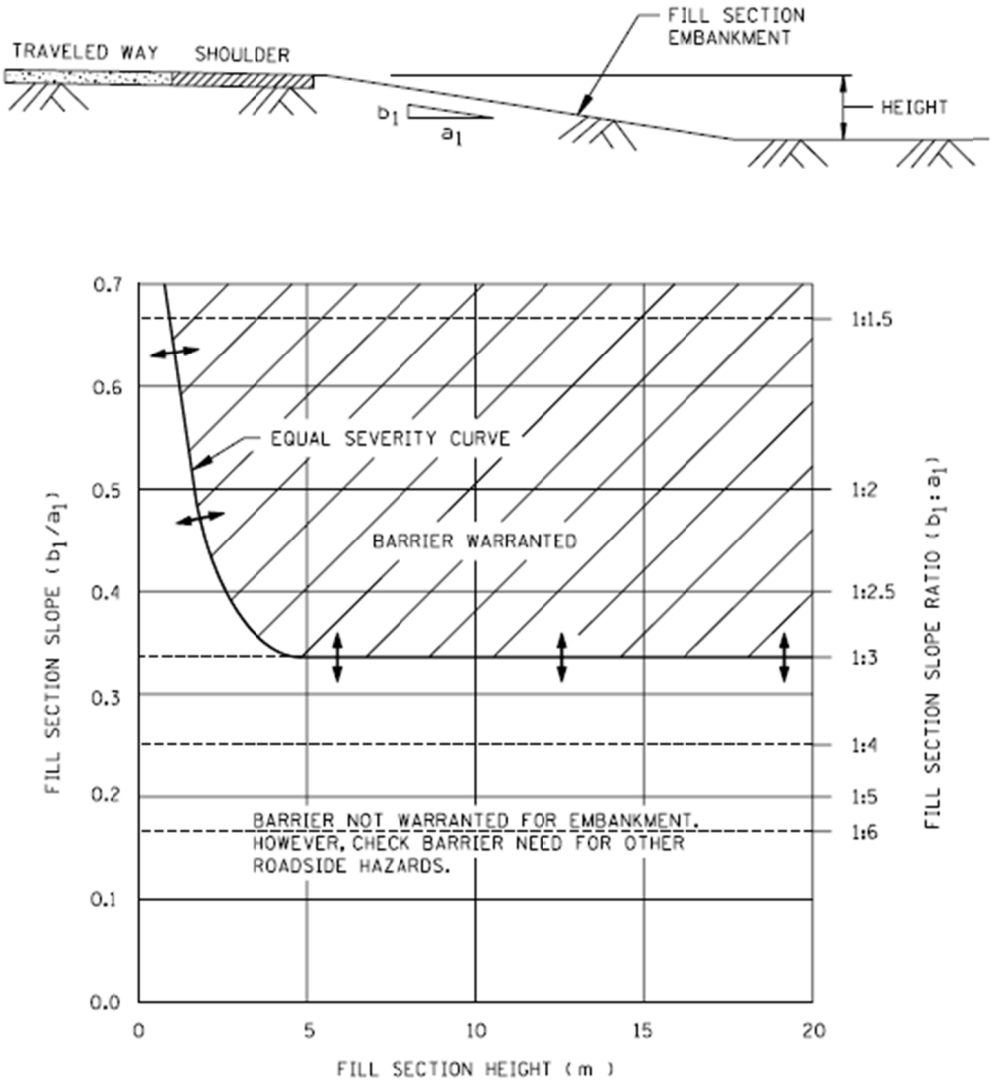
3.1.1 เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นข้างทาง (Roadside Barrier Warrant)

เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นข้างทาง (Roadside Barrier Warrant) แยกได้เป็น 2 กรณี คือ การพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์กั้นข้างทางสำหรับป้องกันสภาพข้างทางที่ไม่ปลอดภัย และสำหรับป้องกันวัตถุอันตรายข้างทาง โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับป้องกันสภาพข้างทางที่ไม่ปลอดภัย

สภาพข้างทางที่ไม่ปลอดภัยนั้น สามารถพิจารณาได้จากลักษณะทางกายภาพข้างทาง ซึ่งเกิดจากการออกแบบทางหรือสภาพข้างทางที่ไม่ปลอดภัย เช่น ทางโค้งที่มีรัศมีโค้งแคบ หรือความชันคันทางที่ไม่ปลอดภัย โดยปกติแล้วความชันคันทางจะถูกพิจารณาเป็นสำคัญ โดยสภาพคันทางที่มีความชันมากกว่า 1V:3H ได้ถูกกำหนดให้เป็น “สภาพคันทางวิกฤติ (Critical Slopes)” เพราะรถที่เสียหลักหลุดลงไปในสภาพคันทางลักษณะนี้จะไม่สามารถควบคุมรถให้กลับมาสู่ผิวทาง หรือไม่สามารถหยุดรถได้ และมีแนวโน้มที่จะเกิดการพลิกคว่ำได้ง่าย ในการออกแบบสภาพข้างทาง ควรหลีกเลี่ยงสภาพคันทางวิกฤติ ที่อยู่ติดกับขอบทาง แต่เมื่อมีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ข้างทางและจำเป็นต้องมีการก่อสร้างสภาพคันทางวิกฤติ ความสูงคันทางที่ปลอดภัยก็จะถูกพิจารณาเป็นลำดับต่อมา เช่น หากความชันคันทางอยู่ในสภาพคันทางวิกฤติที่มีความชัน 1V:2H เหมือนกัน คันทางที่มีความสูงคันทางมาก (2.5 เมตร) จะเกิดการพลิกคว่ำที่อันตรายมากกว่าคันทางที่มีความสูงคันทางน้อย (0.5 เมตร)

ดังนั้น ความชันและความสูงของคันทาง จึงเป็นสองปัจจัยหลักที่ต้องพิจารณาในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น จากการพิจารณาสภาพข้างทางและพื้นที่จำกัดของทางหลวงในประเทศไทยทั้งในพื้นที่ทางหลวงที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันและพื้นที่ที่กำลังออกแบบสำหรับก่อสร้างใหม่ พบว่าความชันคันทางและความสูงคันทางมีสภาพที่แตกต่างกัน ดังนั้น **รูปที่** 3-1 แสดงเหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับสภาพคันทางที่ไม่ปลอดภัย อ้างอิงจาก Roadside Design Guide 2006 (AASHTO 2006) โดยพิจารณาถึงความเสี่ยงที่รถยนต์จะเสียหลักตกลงไปในคันทาง



รูปที่ 3-1 เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับสภาพคันทางที่ไม่ปลอดภัย

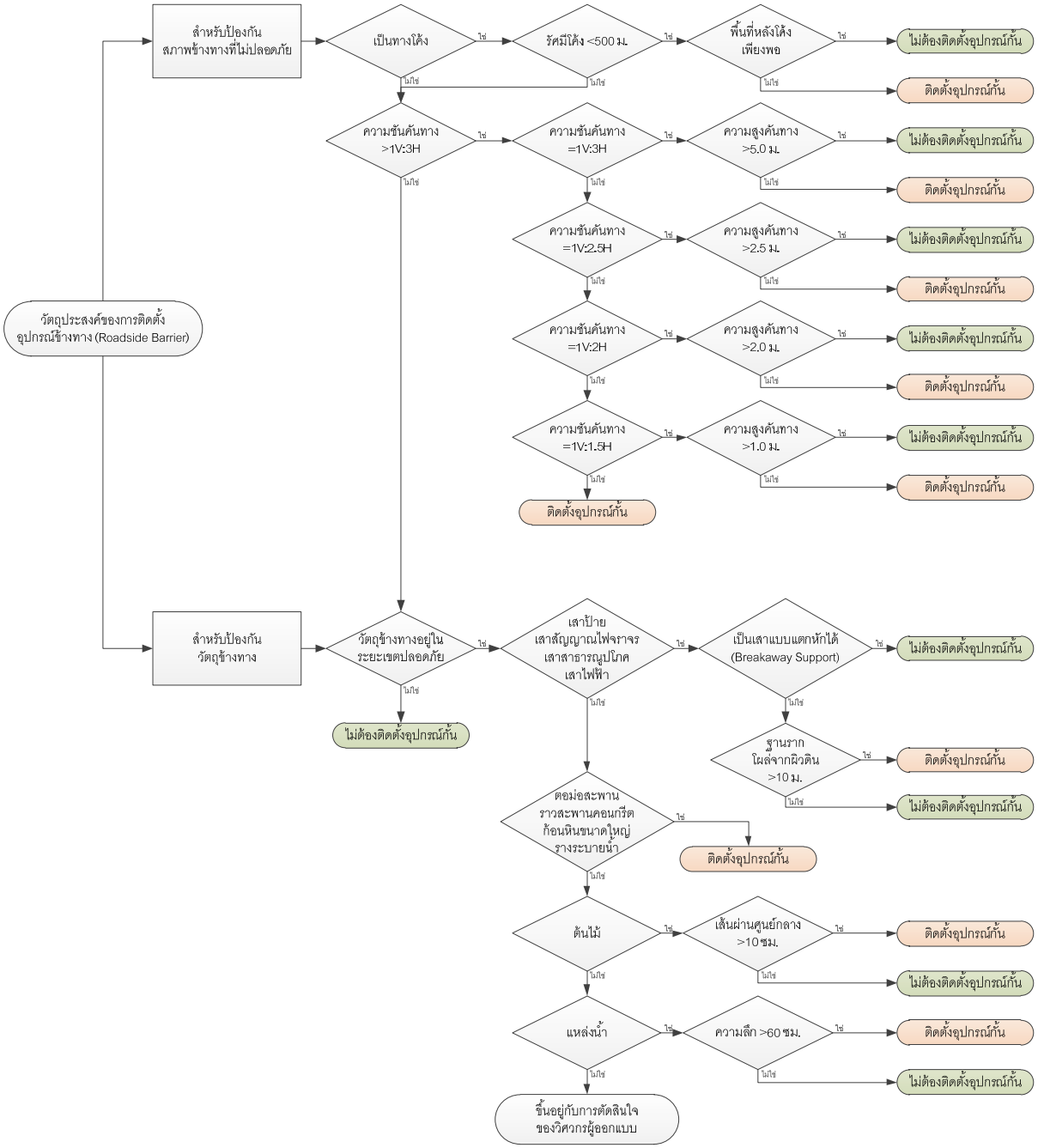
เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับป้องกันวัตถุอันตรายข้างทาง

อุปกรณ์กั้นใช้สำหรับป้องกันวัตถุอันตรายข้างทางที่อยู่ในเขตปลอดภัย หรือสภาพข้างทางที่ไม่ปลอดภัย **ตารางที่** 3-1 สรุปประเภทของวัตถุอันตรายข้างทางและสภาพข้างทางที่ควรติดตั้งอุปกรณ์กั้น โดยพิจารณาจากเหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นจากหลายประเทศ และจากข้อค้นพบที่มีอยู่เดิมจากการทบทวนแนวทางการติดตั้งอุปกรณ์กั้นในประเทศไทย

ตารางที่ 3-1 สรุปประเภทของวัตถุอันตรายข้างทางและสภาพข้างทาง ที่สมควรให้มีการติดตั้งอุปกรณ์กั้น

อันตรายข้างทาง	วิธีการป้องกัน
อันตรายข้างทางต่อเนื่อง	
สภาพคันทางที่เป็นดินถม	ติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับสภาพคันทางที่มีความชันมากกว่า 1V:3H
สภาพคันทางที่เป็นดินตัด	พิจารณาโอกาสในการชน และความชันของสภาพดินตัด
ท่อ หรือทางระบายน้ำ	พิจารณาขนาดของท่อ หรือทางระบายน้ำ
ต้นไม้กลุ่ม	ติดตั้งอุปกรณ์กั้น ในกรณีที่ต้นไม้กลุ่มอยู่ในเขตปลอดภัยและต้นไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 ซม.
แหล่งน้ำ	ติดตั้งอุปกรณ์กั้น ในกรณีที่แหล่งน้ำอยู่ในเขตปลอดภัยและมีความลึกของแหล่งน้ำมากกว่า 0.60 ม.
อันตรายข้างทางตำแหน่งเดี่ยว	
ต้นไม้เดี่ยว	ติดตั้งอุปกรณ์กั้น ในกรณีที่ต้นไม้อยู่ในเขตปลอดภัยและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 ซม .
ตอไม้หรือฐานรากเสาคอนกรีต	ติดตั้งอุปกรณ์กั้น ในกรณีที่ตอไม้หรือฐานรากเสาคอนกรีตอยู่ในเขตปลอดภัยและมีความสูงโผล่เหนือจากผิวดินมากกว่า 10 ซม .
เสาสาธารณูปโภค เสาป้าย เสาไฟฟ้า	ติดตั้งอุปกรณ์กั้น ถ้าเสาสาธารณูปโภค/เสาป้าย/เสาไฟ อยู่ในเขตปลอดภัยและไม่สามารถทำการรื้อหรือย้ายได้ นอกจากนี้ต้องแน่ใจว่าเมื่อรถยนต์ชนกับอุปกรณ์กั้นจะอันตรายน้อยกว่าชนกับเสาสาธารณูปโภค/เสาป้าย/เสาไฟ ที่ไม่มีการป้องกัน
เสาสัญญาณไฟจราจร	ติดตั้งอุปกรณ์กั้นในกรณีที่มีการติดตั้งเสาสัญญาณไฟจราจรในเขตปลอดภัยบนทางหลวงที่รถมีการใช้ความเร็วสูง แต่ในทางปฏิบัติมักไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้น
เสาหรือตอม่อสะพาน	ติดตั้งอุปกรณ์กั้น
ก้อนหินขนาดใหญ่ข้างทาง	พิจารณาโอกาสในการชน ถ้ามีการชนเกิดขึ้นบ่อยครั้ง ควรติดตั้งอุปกรณ์กั้น
ทางโค้ง	ติดตั้งอุปกรณ์กั้นในกรณีที่รัศมีโค้งน้อยกว่า 500 ม. และมีพื้นที่หลังโค้งไม่เพียงพอ

จากข้อพิจารณาในเบื้องต้นทั้งหมด สามารถกำหนดเหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นข้างทาง (Roadside Barrier Warrant) สำหรับประเทศไทยได้ดัง**รูปที่** 3-2



รูปที่ 3-2 เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นข้างทาง (Roadside Barrier Warrant)

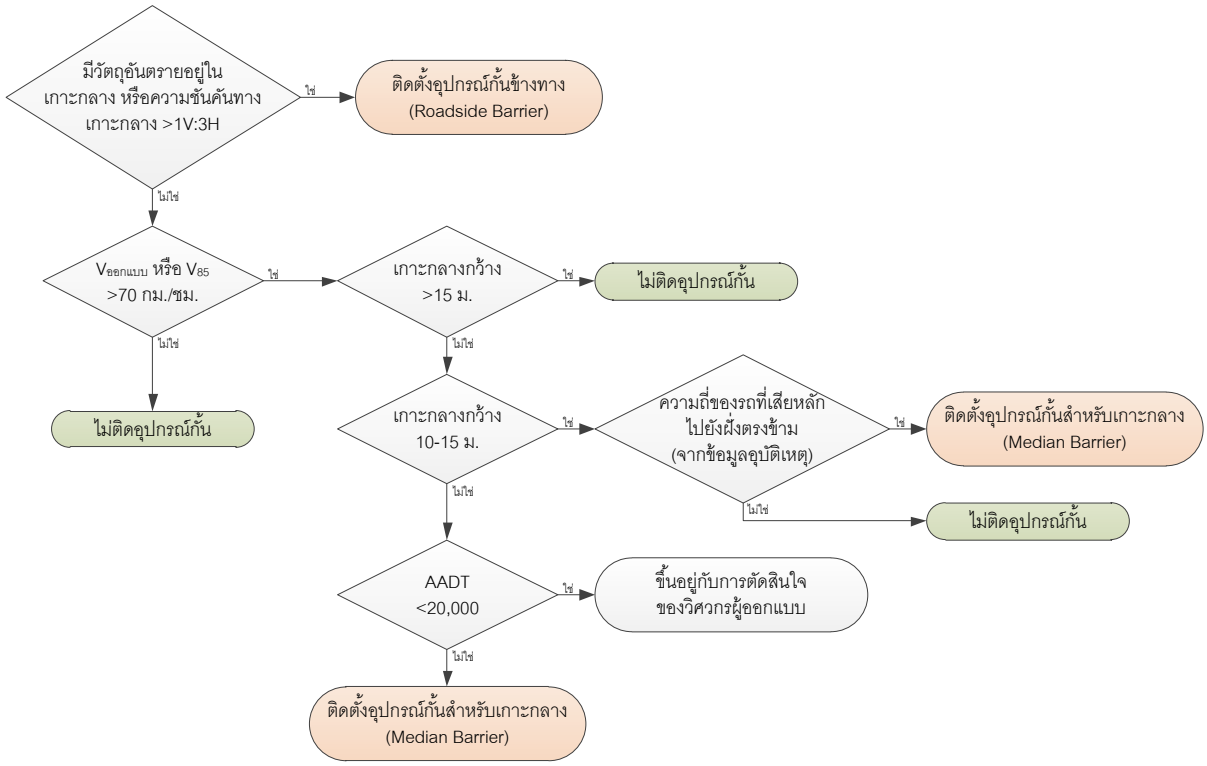
3.1.2 เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลาง (Median Barrier Warrant)

ข้อควรพิจารณาในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางถนนนั้น จะคล้ายกับการติดตั้งอุปกรณ์กั้นข้างทางสำหรับป้องกันสภาพข้างทางที่ไม่ปลอดภัยและวัตถุอันตรายข้างทางที่อยู่ในบริเวณเกาะกลาง แต่ควรมีการพิจารณาความเสี่ยงและโอกาสของรถที่อาจเสียหลักพลิกคว่ำข้ามไปยังฝั่งตรงข้าม และชนกับรถที่มาจากทิศทางจราจรฝั่งตรงข้าม อุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางถนน มักใช้ในบริเวณที่ต้องการควบคุมการเข้าออกผ่านเกาะกลางถนนอย่างสมบูรณ์ (Full Access Control) เช่น ป้องกันไม่ให้มีการกลับรถหรือตัดผ่าน

ของกระแสจราจร มักใช้สำหรับถนน 4 ช่องจราจรขึ้นไป มีปริมาณจราจรสูง และเป็นถนนที่ใช้ความเร็วมากกว่า 70 กม./ชม.

Roadside Design Guide (AASHTO 2006) ได้แนะนำเหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางซึ่งพิจารณาปริมาณจราจร (ADT) และความกว้างของเกาะกลางถนนเป็นหลัก เพราะหากปริมาณ ADT ต่ำ ความน่าจะเป็นที่รถจะเสียหลักข้ามเกาะกลางถนนก็จะน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้น จึงได้กำหนดไว้ว่าหากปริมาณ ADT ต่ำกว่า 20,000 คันต่อวันและความกว้างของเกาะกลางมากกว่า 10 เมตร อาจไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์กั้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุรถเสียหลักข้ามเกาะกลาง และความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นด้วย

ในคู่มือฉบับนี้ ได้กำหนดเหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลาง (Median Barrier Warrant) ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยได้ดัง**รูปที่** 3-3



รูปที่ 3-3 เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลาง (Median Barrier Warrant)

ส่วนตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางที่เหมาะสม ควรพิจารณาถึงสภาพคันทางบริเวณเกาะกลางเป็นสำคัญ โดยสภาพคันทางที่ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลาง (Median Barrier) ไม่ควรมีความชันสูงกว่า 1V:6H แต่ถ้าสภาพความชันคันทางบริเวณเกาะกลางสูงกว่า 1V:3H หรือเป็นสภาพคันทางวิกฤตควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นข้างทาง (Roadside Barrier)

3.2 ประเภทอุปกรณ์กั้น

จากการทบทวนและศึกษาประเภทอุปกรณ์กั้นที่ใช้ตามมาตรฐานสากล พบว่าอุปกรณ์กั้นข้างทางแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ อุปกรณ์กั้นแบบยืดหยุ่น (Flexible Systems) อุปกรณ์กั้นแบบกึ่งแข็ง (Semi-Rigid Systems) และอุปกรณ์กั้นแบบแข็ง (Rigid Systems) ซึ่งในแต่ละประเภทประกอบไปด้วยรูปแบบอุปกรณ์กั้นที่ต่างกัน และมีความเหมาะสมสำหรับใช้งานบนถนนที่มีลักษณะต่างกัน โดยอุปกรณ์กั้นทุกประเภทที่นำมาใช้ ได้ผ่านการทดสอบการชนที่ความรุนแรงต่างๆ ตามมาตรฐานการทดสอบการชนที่กำหนด แต่เมื่อมีการศึกษารูปแบบของอุปกรณ์กั้นที่ใช้สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน กลับพบว่ามีการเลือกใช้อุปกรณ์เพียง 2 ประเภท ได้แก่ ราวกันอันตรายรูปตัว W โดยใช้เสาแบบอ่อน (Weak Post W-Beam Guardrail) ซึ่งไม่มีประวัติว่าผ่านการทดสอบการชนมาก่อน และกำแพงคอนกรีตชนิด New Jersey (Concrete Barrier: New Jersey Shape)

คู่มือแนะนำการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเล่มนี้จึงรวบรวมประเภทอุปกรณ์กั้นข้างทาง (Roadside Barrier) และอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลาง (Median Barrier) ที่มีความเหมาะสมสำหรับประเทศไทย หรือมีความเป็นไปได้ในการนำเข้าจากต่างประเทศหรือสามารถผลิตเองได้ภายในประเทศ เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีการพัฒนามาตรฐานการทดสอบการชน (Crash Test) ภายในประเทศไทย ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์กั้นสำหรับประเทศไทย อุปกรณ์กั้นดังกล่าวควรต้องผ่านมาตรฐานการทดสอบการชนที่น่าเชื่อถือได้ โดยอาศัยหลักเกณฑ์การทดสอบอ้างอิงจาก 2 สถาบันหลักที่ทำการทดสอบการชนของอุปกรณ์กั้นหรือเทียบเท่า ได้แก่

1. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP 350) ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. European Barrier Performance Criteria (EN 1317) สหภาพยุโรป

รายละเอียดของอุปกรณ์กั้นที่ควรนำมาใช้ในประเทศไทย ประเภทต่างๆ มีดังต่อไปนี้

3.2.1 ประเภทอุปกรณ์กั้นข้างทางสำหรับประเทศไทย

3.2.1.1 ราวกันอันตรายรูปตัว W โดยใช้เสาแบบอ่อน (W-Beam Weak Post Guardrail)

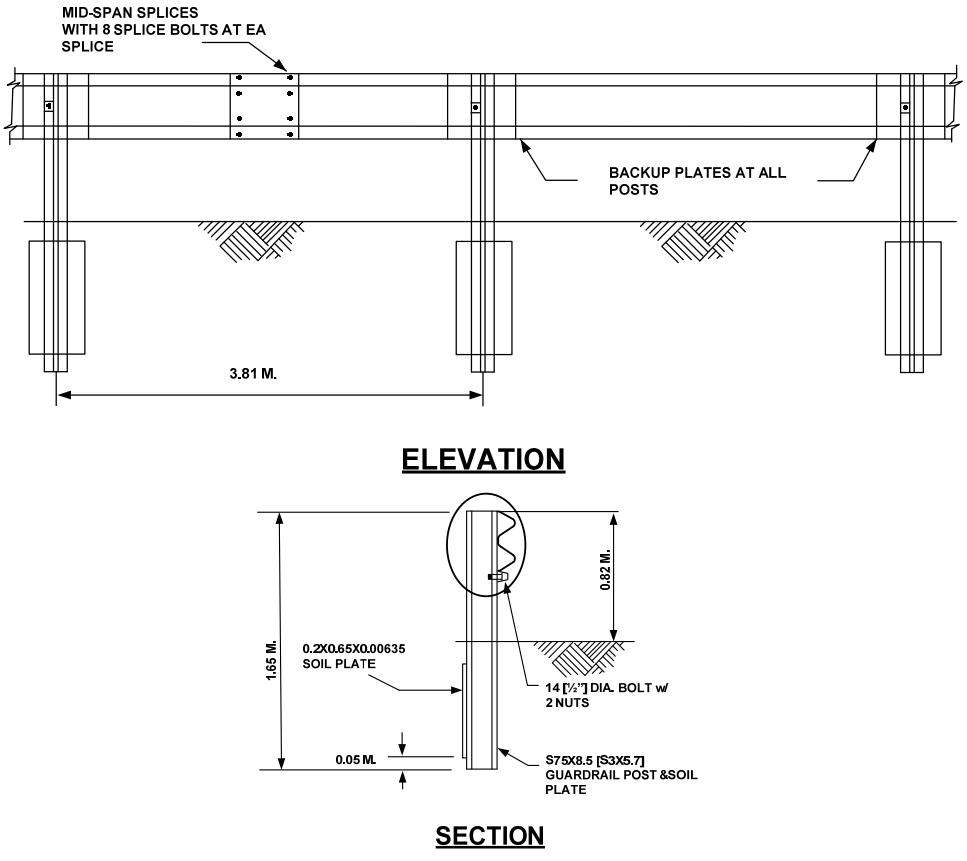
ราวกันอันตรายประเภทนี้ ถูกจัดให้อยู่ในประเภทอุปกรณ์กั้นแบบยืดหยุ่น (Flexible System) ซึ่งผ่านมาตรฐานการทดสอบการชนอ้างอิงจาก NCHRP 350 ที่ระดับการชน TL-2 ราวกันอันตรายประเภทนี้มีการใช้เสาเหล็กชนิด S75x8.5 และมีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ประมาณ 3.81 ม. ความสูงจากตำแหน่งกึ่งกลาง W-Beam ถึงพื้นดิน (Rail Height) อยู่ที่ 55 ซม. ความสูงของเสาเท่ากับ 1.65 เมตร โดยส่วนของเสาที่อยู่ใต้

ผิวดินควรมีแผ่นเหล็กต้านแรงกระทำจากดิน (Soil Plate) ขนาด 200 x 650 x 6.35 มม. ระยะต่อทาบระหว่างราวกันอันตรายจะใช้ตัว Bolts ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ซม. ความยาว 5 ซม. จำนวน 8 ตัว เป็นตัวยึด

3.2.1.2 ราวกันอันตรายรูปตัว W แบบเพิ่มประสิทธิภาพ โดยใช้เสาแบบอ่อน (Modified W-Beam Weak Post Guardrail)

ราวกันอันตรายแบบเพิ่มประสิทธิภาพนี้ เป็นอุปกรณ์กั้นแบบยืดหยุ่น ที่ผ่านมาตรฐานการทดสอบการชนอ้างอิงจาก NCHRP 350 ที่ระดับการชน TL-3 **รูปที่ 3-4** แสดงรูปตัดและรายละเอียดของราวกันอันตรายรูปตัว W แบบเพิ่มประสิทธิภาพ โดยใช้เสาแบบอ่อน ราวกันอันตรายประเภทนี้มีรายละเอียดที่คล้ายกับราวกันอันตรายรูปตัว W ปกติ เพียงแต่มีการเพิ่มระยะความสูงจากตำแหน่งกึ่งกลาง W-Beam ถึงพื้นดิน (Rail Height) อยู่ที่ 82 ซม. และมีการใช้แผ่นเหล็ก (Backup Plates) เพิ่มความแข็งแรงที่เสาแต่ละต้น

ราวกันอันตรายรูปตัว W แบบเพิ่มประสิทธิภาพ โดยใช้เสาแบบอ่อน ที่ใช้สำหรับอุปกรณ์กั้นตรงเกาะกลาง (Median Barrier) ก็จะมีลักษณะคล้ายกัน เว้นแต่ว่าความสูงจากตำแหน่งกึ่งกลาง W-Beam ถึงพื้นดิน (Rail Height) จะเพิ่มขึ้นเป็น 83.5 ซม.

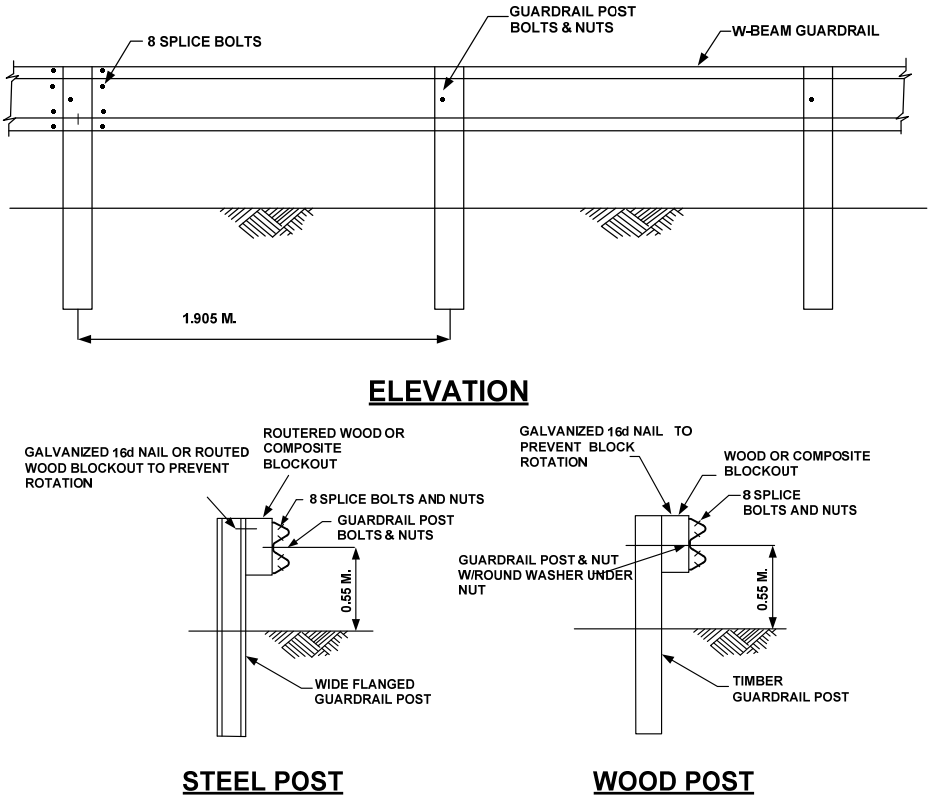


รูปที่ 3-4 รูปตัดและรายละเอียดของราวกันอันตรายรูปตัว W แบบเพิ่มประสิทธิภาพ โดยใช้เสาแบบอ่อน

3.2.1.3 ราวกันอันตรายรูปตัว W โดยใช้เสาแบบแข็ง
(W-Beam Strong Post with Wood Block Guardrail)

ราวกันอันตรายแบบใช้เสาแข็งนี้เป็นอุปกรณ์กั้นแบบกึ่งแข็ง (Semi-Rigid System) ผ่านมาตรฐานการทดสอบการชนอ้างอิงจาก NCHRP 350 ที่ระดับ TL-3 การใช้เสาแบบแข็งคือการใช้ตัว Blockout เสริมด้านหลังระหว่าง W-Beam และเสาแต่ละต้น เพื่อป้องกันไม่ให้รถยนต์ชนเสาล้ม และช่วยรักษาระดับความสูงของราวกันอันตรายหลังมีการชนเกิดขึ้น เพราะถ้าราวกันอันตรายสามารถรักษาระดับความสูงของราวได้มากพอ จะป้องกันไม่ให้รถยนต์พุ่งข้ามราวกันอันตรายออกไปด้านหลังได้ ซึ่งการพุ่งข้ามราวกันอันตรายออกไปมักพบบ่อยเมื่อใช้เสาแบบอ่อนที่ล้มลงทันทีหลังจากรถยนต์พุ่งเข้าชน

เสาแบบแข็งนี้อาจเป็นเสาเหล็กหรือเสาไม้ก็ได้ หากเป็นเสาเหล็ก ควรเป็นเสาเหล็กประเภท W 150 x 13 มีความสูงของเสา 1.83 หรือ 1.98 เมตร ความสูงของเสาที่โผล่พ้นผิวดินควรอยู่ที่ประมาณ 73 ซม. ถ้าเป็นเสาไม้ ควรเป็นเสาไม้ขนาด 20 x 15 ซม. หรือเป็นเสากลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 ซม. ความสูงของเสาไม้อยู่ที่ 1.83 หรือ 1.98 เมตร และความสูงของเสาที่โผล่พ้นผิวดินอยู่ที่ประมาณ 73 ซม. เช่นเดียวกันกับเสาเหล็ก ราวกันอันตรายประเภทนี้จะมีความสูงจากตำแหน่งกึ่งกลาง W-Beam ถึงพื้นดิน (Rail Height) ประมาณ 55 ซม. และมีการใช้ตัว Blockout ที่ทำจากไม้ขนาดความยาว 36 ซม. เสริมที่ระหว่างเสาและราวกันอันตราย (**รูปที่** 3-5)



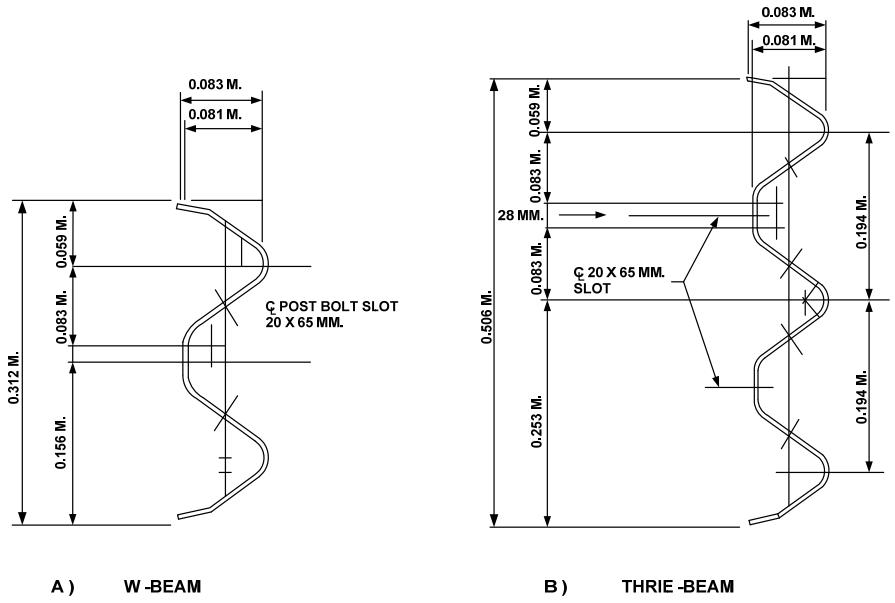
รูปที่ 3-5 รูปตัดและรายละเอียดของราวกันอันตรายรูปตัว W โดยใช้เสาแบบแข็ง

ราวกันอันตรายรูปตัว W โดยใช้เสาแบบแข็งนี้ อาจไม่จำเป็นต้องใช้ตัว Blockout แต่อาจมีการออกแบบเพิ่มความแข็งแรงของเสาในลักษณะอื่น อย่างไรก็ตาม ราวกันอันตรายประเภทนี้ควรผ่านมาตรฐานการทดสอบการชนที่ระดับ TL-3 เป็นอย่างต่ำ เพื่อป้องกันการล้มของเสาได้

ราวกันอันตรายรูปตัว W โดยใช้เสาแบบแข็ง ที่ใช้สำหรับอุปกรณ์กั้นตรงเกาะกลาง (Median Barrier) จะมีลักษณะคล้ายกัน แต่จะประกอบไปด้วย W-Beam ทั้งสองด้านของเสาและมีความสูงจากตำแหน่งกึ่งกลาง W-Beam ถึงพื้นดิน (Rail Height) เพิ่มขึ้นเป็น 61 ซม.

3.2.1.4 ราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam โดยใช้เสาแบบแข็ง (Strong Post Thrie-Beam Guardrail)

ราวกันอันตรายประเภทนี้ประกอบไปด้วยการใช้ Thrie-Beam ซึ่งเป็นแผ่นเหล็กรีดที่มีรูปตัดลักษณะเป็น 3 ลอน ขนาดความกว้าง 50.6 ซม. ความลึก 8.3 ซม. ระยะต่อทาบระหว่างแผ่น Thrie-Beamจะใช้ Bolts ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 ซม. จำนวน 12 ตัว เป็นตัวยึด **รูปที่ 3-6** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปตัดของ W-Beam และ Thrie-Beam

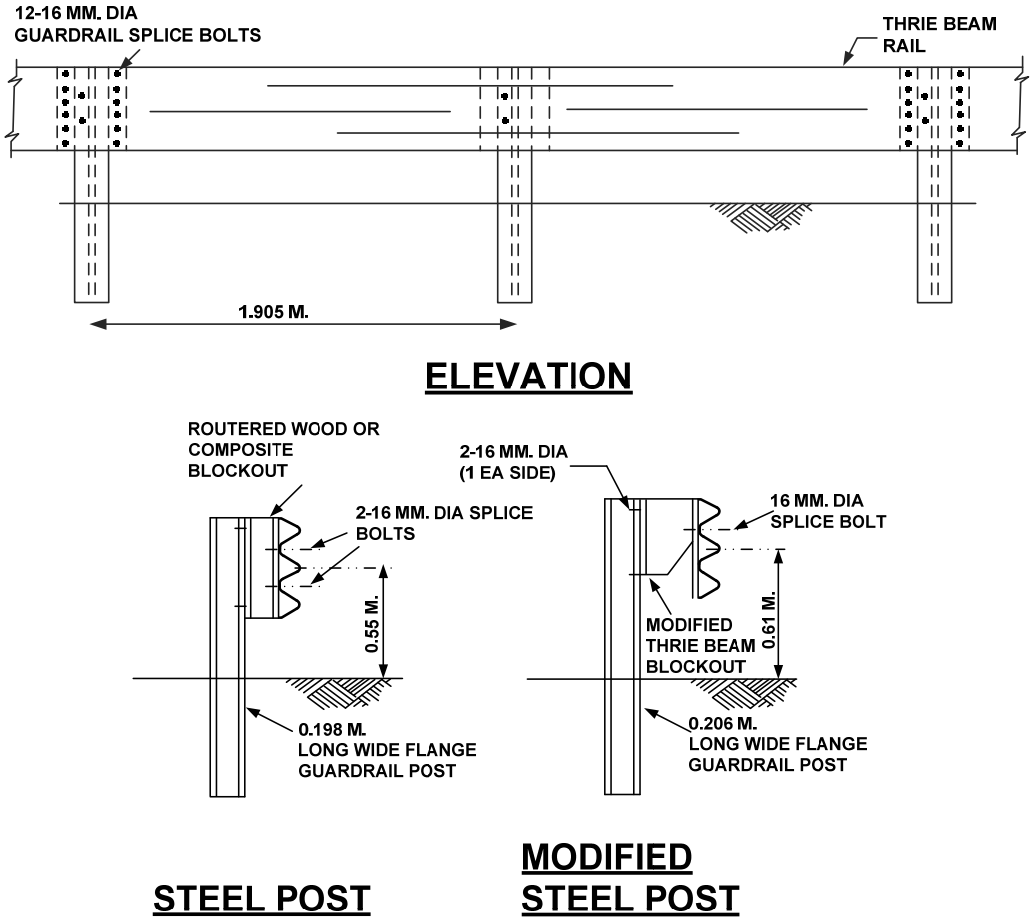


รูปที่ 3-6 การเปรียบเทียบระหว่างรูปตัดของ W-Beam และ Thrie-Beam

เมื่อเปรียบเทียบกับ W-Beam ที่มีลักษณะ 2 ลอนและมีขนาดความกว้าง 31.2 ซม. นั้น จะเห็นได้ว่า Thrie-Beam มีความกว้างมากกว่าทำให้สามารถป้องกันรถขนาดใหญ่ข้ามราวกันอันตรายและสามารถป้องกันรถขนาดเล็กมุดลอดใต้ราวกันอันตรายได้ดีกว่า ทั้งนี้ยังมีความแข็งแรงในระดับที่สูงกว่าราวกันอันตรายรูปตัว W ซึ่งราวกันอันตรายประเภทนี้สามารถผ่านมาตรฐานการทดสอบการชนอ้างอิงจาก NCHRP 350 ที่ระดับ TL-4

เสาแบบแข็งที่ใช้สำหรับราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam อาจเป็นเสาเหล็กหรือเสาไม้ก็ได้ หากเป็นเสาเหล็ก ควรเป็นเสาเหล็กประเภท W 150 x 13.5 มีความสูงของเสา 1.98 เมตร ถ้าเป็นเสาไม้ ควรเป็นเสาไม้ขนาด 15 x 20 ซม. ความสูงของเสาไม้อยู่ที่ 1.98 เมตร เช่นเดียวกันกับเสาเหล็ก ราวกันอันตรายประเภทนี้จะมีความสูงจากตำแหน่งกึ่งกลาง W-Beam ถึงพื้นดิน (Rail Height) ประมาณ 55 ซม. และมีการใช้ตัว Block out ที่ทำจากไม้ขนาดความยาว 43 ซม. เสริมที่ระหว่างเสาและราวกันอันตราย

ราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam โดยใช้เสาแบบแข็ง ที่ใช้สำหรับเป็นอุปกรณ์กั้นตรงเกาะกลาง (Median Barrier) จะมีลักษณะคล้ายกัน แต่จะประกอบไปด้วย Thrie-Beam ทั้งสองด้านของเสา **รูปที่** 3-7 แสดงรูปตัดและรายละเอียดของราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam โดยใช้เสาแบบแข็ง



รูปที่ 3-7 **รูปตัดและรายละเอียดของราวกันอันตรายแบบ** Thrie-Beam **โดยใช้เสาแบบแข็งและราวกันอันตรายแบบ** Thrie-Beam **แบบเพิ่มประสิทธิภาพ โดยใช้เสาแบบแข็ง**

3.2.1.5 **ราวกันอันตรายแบบ** Thrie-Beam **แบบเพิ่มประสิทธิภาพ โดยใช้เสาแบบแข็ง** (Modified Thrie-Beam Strong Post Guardrail)

ราวกันอันตรายแบบเพิ่มประสิทธิภาพนี้ เป็นอุปกรณ์กั้นที่ผ่านมาตรฐานการทดสอบการชนอ้างอิงจาก NCHRP 350 ที่ระดับ TL-4 ราวกันอันตรายประเภทนี้มีรายละเอียดที่คล้ายกับราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam โดยใช้เสาแข็งปกติ เพียงแต่มีการเพิ่มระยะความสูงจากตำแหน่งกึ่งกลาง W-Beam ถึงพื้นดิน (Rail Height) เป็น 61 ซม. และมีการใช้ตัว Blockout เหล็กขนาด M 360 x 25.6 หรือ W 360 x 32.9 ความสูง 35.5 ซม. เสริมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงที่เสาแต่ละต้น เมื่อมีการเสริม Blockout แล้วจะทำให้ระยะห่างระหว่างเสาและราวกันอันตรายอยู่ที่ 36 ซม. ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ล้อรถใหญ่ชนเข้ากับตัวเสา ส่วนตัว Blockout จะมีการตัดมุมความลึกประมาณ 15 ซม. ทำมุม 40 องศาที่ด้านล่างของตัว Blockout เพื่อลดความรุนแรงขณะที่รถขนาดเล็กพุ่งชนเสาแข็งประเภทนี้ **รูปที่** 3-7 (ด้านบน) แสดงรูปตัดและรายละเอียดของราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam แบบเพิ่มประสิทธิภาพ โดยใช้เสาแบบแข็ง

3.2.1.6 **กำแพงคอนกรีต** (Concrete Barrier)

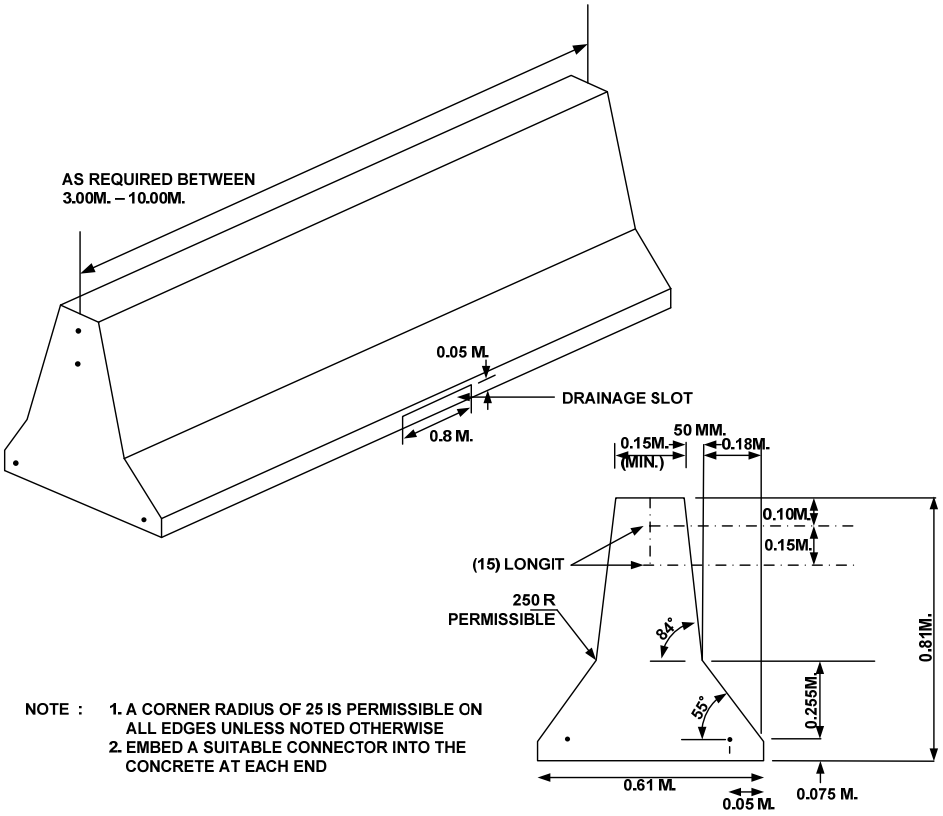
กำแพงคอนกรีตเป็นอุปกรณ์กั้นแบบแข็ง (Rigid System) เหมาะสำหรับป้องกันอันตรายข้างทางที่มีตำแหน่งอยู่ชิดกับอุปกรณ์กั้น หรือเหมาะสำหรับใช้เป็นอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลาง บนถนนที่ค่อนข้างแคบและมีปริมาณจราจรสูง เพราะกำแพงคอนกรีตมีระยะยืดหยุ่นที่ต่ำมาก สามารถป้องกันการชนของรถขนาดใหญ่ได้ และเมื่อมีการชนเกิดขึ้นความเสียหายที่เกิดขึ้นกับกำแพงคอนกรีตจะค่อนข้างน้อยกว่าราวกันอันตราย ไม่ต้องมีการซ่อมแซมบำรุงดูแลรักษาบ่อย จึงเหมาะสำหรับติดตั้งบนถนนที่มีพื้นที่น้อยและไม่สะดวกในการซ่อมแซมอุปกรณ์กั้น แต่ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวรถยนต์อาจรุนแรงมากกว่าการชนกับราวกันอันตราย กำแพงคอนกรีตสามารถผ่านการทดสอบการชนที่ระดับ TL-5 ถึง TL-6 โดยอ้างอิงตามมาตรฐานการทดสอบการชนของ NCHRP 350

ข้อเสียหลักของกำแพงคอนกรีต คือมีความรุนแรงที่เกิดขึ้นหลังจากการชนสูง ความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของผู้โดยสารที่อยู่ในตัวรถเมื่อชนกับกำแพงคอนกรีตจะสูงกว่าการชนกับราวกันอันตราย โดยเฉพาะการชนในลักษณะที่มีความเร็วและมีมุมการชนสูง (High-Speed, High-Angle Impact) กำแพงคอนกรีตจึงไม่เหมาะสำหรับติดตั้งบนถนนที่มีขอบทางห่างจากกำแพงคอนกรีตมากกว่าความกว้างของไหล่ทางปกติ เพราะจะยิ่งเพิ่มมุมการชนให้สูงมากขึ้นและทำให้เกิดความรุนแรงหลังการชนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการใช้ราวกันอันตรายจะมีความปลอดภัยมากกว่าการใช้กำแพงคอนกรีต หากถนนมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กั้นและอันตรายข้างทางที่มากพอ และการบำรุงรักษาอุปกรณ์กั้นทำได้ไม่ลำบากมากนัก

กำแพงคอนกรีตที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันและสามารถนำมาใช้ได้ในประเทศไทย มีดังนี้

1) **กำแพงคอนกรีตประเภท** New Jersey (New Jersey Shape)

กำแพงคอนกรีตประเภทนี้เป็นกำแพงคอนกรีตประเภทที่ใช้อยู่ในประเทศไทยในปัจจุบัน สำหรับเป็นอุปกรณ์กั้นข้างทางและอุปกรณ์กั้นเกาะกลาง มีความสูง 81 ซม. และมีความกว้างของขอบกำแพงด้านบน 15 ซม. **รูปที่** 3-8 แสดงรูปตัดของกำแพงคอนกรีตประเภท New Jersey

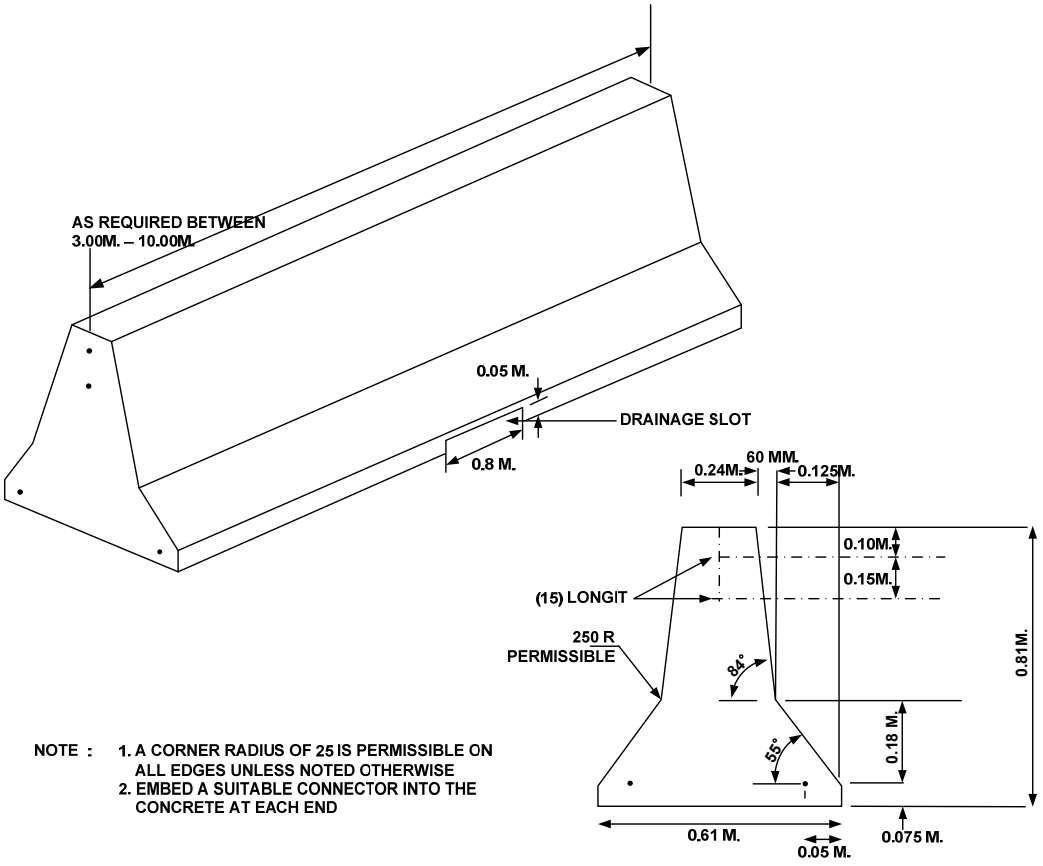


รูปที่ 3-8 **รูปตัดของกำแพงคอนกรีตประเภท** New Jersey

2) **กำแพงคอนกรีตรูปตัว** F (F Shape)

กำแพงคอนกรีตประเภทนี้จะมีลักษณะคล้ายกับกำแพงคอนกรีตประเภท New Jersey โดยมีความสูงที่เท่ากันแต่จะมีความสูงของความชันด้านหน้ากำแพงส่วนล่างที่น้อยกว่ากำแพงคอนกรีตประเภท New Jersey สำหรับกำแพงคอนกรีตประเภท New Jersey จะมีความสูงของความชันส่วนล่าง 25.5 ซม. แต่กำแพงคอนกรีตรูปตัว F มีความสูงของความชันส่วนล่าง 18 ซม. ดัง**รูปที่** 3-9 ทั้งนี้การมีความสูงของความชันส่วนล่างที่น้อยกว่า ทำให้ลดโอกาสที่ล้อรถจะปีนกำแพงคอนกรีตและสามารถลดความเสี่ยงในการพลิกคว่ำโดยเฉพาะรถขนาดเล็กได้

ทั้งกำแพงคอนกรีตประเภท New Jersey และรูปตัว F จะสามารถมีการ Overlay ผิวถนนได้ถึง 7.5 ซม. ก่อนที่จะมีผลกระทบกับความสูงของตัวกำแพงคอนกรีต

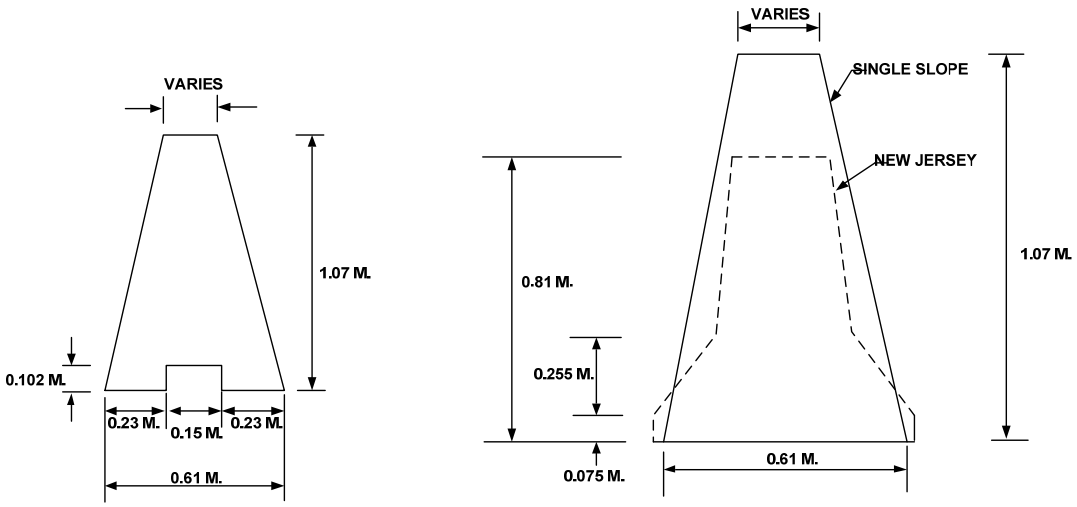


รูปที่ 3-9 **รูปตัดของกำแพงคอนกรีตรูปตัว** F

3) **กำแพงคอนกรีตที่มีความชันส่วนเดียว** (Single Slope Concrete Barrier)

กำแพงคอนกรีตประเภทนี้ไม่มีความชันของกำแพงในส่วนล่าง ทำให้มีโอกาสในการพลิกคว่ำของรถขนาดเล็กน้อยกว่า ส่วนการมีความชันเท่ากันตลอดทั้งกำแพงคอนกรีตทำให้ไม่มีผลในด้านรูปตัดที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการ Overlay ผิวถนนที่มากขึ้นดัง**รูปที่** 3-10 กำแพงคอนกรีตประเภทนี้จึงเหมาะสำหรับใช้บนถนนที่มีการยก Superelevation

นอกจากนี้แม้ว่าความสูงเบื้องต้นที่กำหนดไว้ของกำแพงคอนกรีตประเภทนี้จะอยู่ที่ประมาณ 1.07 เมตร แต่กลับพบว่ากำแพงคอนกรีตที่มีความชันส่วนเดียวยังใช้งานได้ดีและผ่านการทดสอบการชนที่ระดับความสูง 76.5 ซม. จึงสามารถใช้กำแพงคอนกรีตนี้สำหรับเผื่อในการทำ Overlay ผิวถนนได้ค่อนข้างมาก แต่เนื่องจากการก่อสร้างกำแพงคอนกรีตประเภทนี้ต้องใช้วัสดุที่มากกว่ากำแพงคอนกรีตประเภทอื่น ทำให้กำแพงคอนกรีตที่มีความชันส่วนเดียวมีราคาที่สูงกว่า



A) TYPICAL CROSS SECTION OF SINGLE SLOPE CONCRETE MEDIAN BARRIER

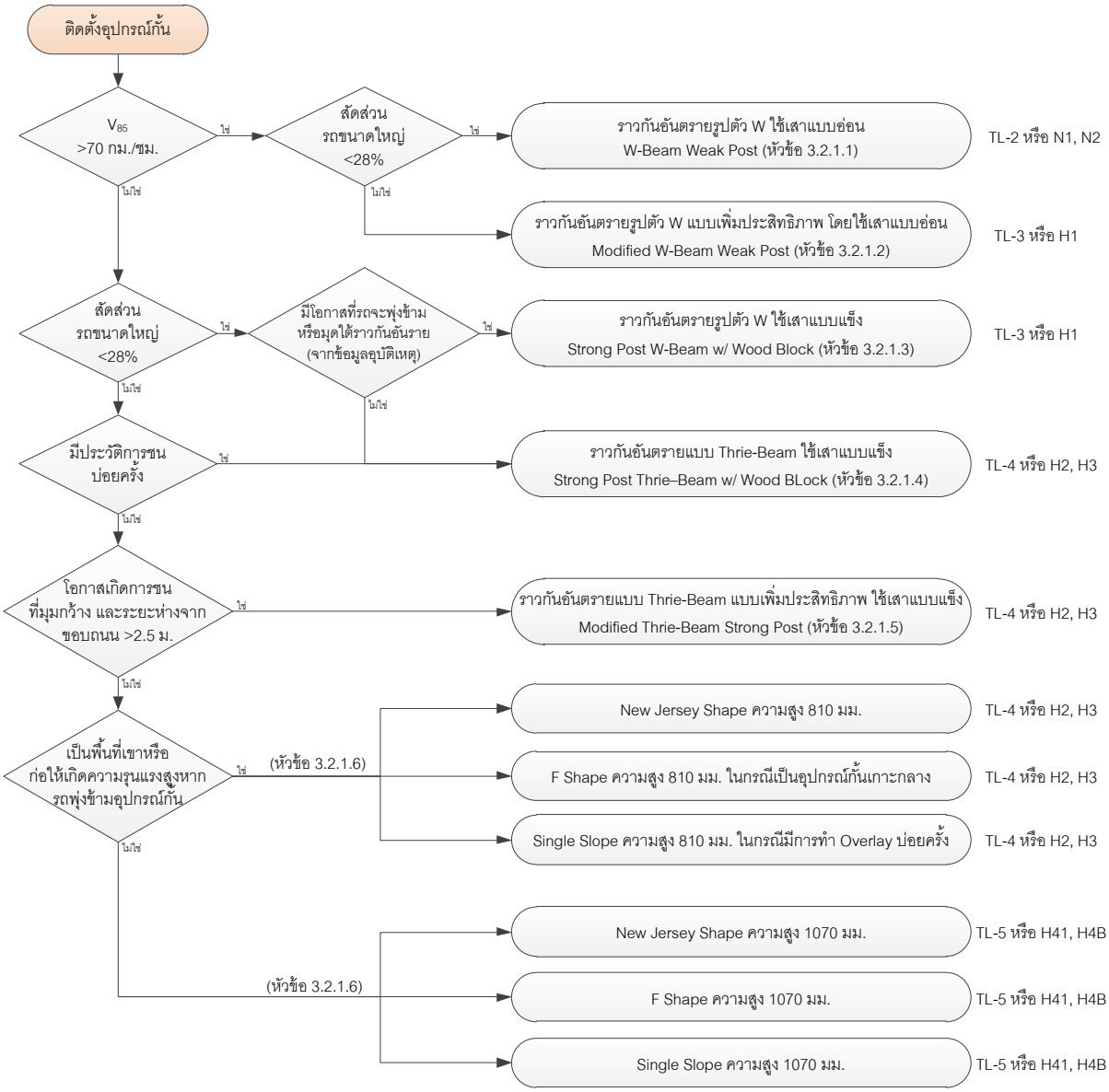
B) COMPARISON OF SINGLE SLOPE AND NEW JERSEY BARRIERS

รูปที่ 3-10 **รูปตัดของกำแพงคอนกรีตที่มีความชันส่วนเดียว**

3.2.2 การเลือกใช้อุปกรณ์กั้นข้างทางและอุปกรณ์กั้นเกาะกลางสำหรับประเทศไทย

คู่มือแนะนำการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเล่มนี้ ได้ระบุถึงขั้นตอนในการเลือกใช้อุปกรณ์กั้นที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ต่างๆ โดยจะพิจารณาถึงความสามารถในการต้านทานการชนของอุปกรณ์กั้นเป็นหลัก ในคู่มือแนะนำนี้จึงแนะนำให้เลือกใช้อุปกรณ์กั้นที่ได้ผ่านมาตรฐานการทดสอบการชนที่เชื่อถือได้ อุปกรณ์กั้นส่วนใหญ่จะถูกออกแบบให้สามารถต้านทานการชนของรถยนต์ขนาดปกติได้ที่ความเร็วต่างกัน แต่ถ้าบางถนนที่มีปริมาณจราจรมาก ใช้ความเร็วสูง มีอุบัติเหตุอันตรายข้างทางเกิดขึ้นบ่อยครั้ง หรือมีปริมาณจราจรของรถขนาดใหญ่สูง ก็ควรพิจารณาให้ใช้อุปกรณ์กั้นที่มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในบริเวณพื้นที่ที่ถ้ามีการพุ่งเข้าชนของรถยนต์ผ่านข้ามอุปกรณ์กั้นไปแล้วจะทำให้เกิดความรุนแรงของอุบัติเหตุสูง

รูปที่ 3-11 แสดงหลักเกณฑ์พิจารณาในการเลือกใช้ประเภทอุปกรณ์กั้นข้างทาง



รูปที่ 3-11 แสดงหลักเกณฑ์พิจารณาในการเลือกใช้อุปกรณ์กั้นข้างทาง

ระยะยืดหยุ่นของอุปกรณ์กั้นก็มีความสำคัญอย่างมากในการเลือกใช้ประเภทของอุปกรณ์กั้น **ตารางที่** 3-2 แสดงระยะยืดหยุ่นโดยปกติของอุปกรณ์กั้นที่ควรมีการนำมาใช้ในประเทศไทยดังที่กล่าวในหัวข้อที่ 3.2.1 ทั้งนี้จะต้องพิจารณาระยะยืดหยุ่นควบคู่ไปกับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กั้นถึงอันตรายข้างทางด้วย

สำหรับข้อพิจารณาเพิ่มเติมในการเลือกใช้ประเภทอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลาง ให้พิจารณาหลักเกณฑ์เพิ่มเติมดังต่อไปนี้

1. **ความกว้างของเกาะกลาง** ซึ่งถ้ามีความกว้างของเกาะกลางอย่างน้อย 8 เมตร หรือมากกว่าควรพิจารณาใช้อุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางแบบประเภทกึ่งแข็ง (Semi-Rigid Systems) แต่ถ้ามี

ความกว้างของเกาะกลางน้อยกว่า 8 เมตร ควรพิจารณาใช้อุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางแบบแข็ง (Rigid Systems)

2. **ปริมาณจราจร** ถ้าปริมาณจราจรสูงกว่า 12,000 ต่อช่องจราจรต่อวัน ควรใช้อุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางแบบแข็ง (Rigid Systems)แต่ถ้าปริมาณจราจรต่ำกว่า 12,000 ต่อช่องจราจรต่อวัน ควรใช้อุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางแบบกึ่งแข็ง (Semi-Rigid Systems)
3. **ปริมาณรถขนาดใหญ่** ถ้าสัดส่วนรถขนาดใหญ่สูงกว่า 28% ควรใช้อุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางแบบแข็ง (Rigid Systems) แต่ถ้ามีจำนวนอุบัติเหตุที่รถขนาดใหญ่พุ่งข้ามเกาะกลางค่อนข้างสูง ควรพิจารณาใช้อุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางแบบแข็งที่เพิ่มความสูงเป็น 1,070 มม. ถ้าสัดส่วนรถขนาดใหญ่ต่ำกว่า 28% อาจใช้อุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางแบบกึ่งแข็งได้ (Semi-Rigid Systems)
4. **วัตถุอันตรายอยู่ในบริเวณเกาะกลาง** ถ้ามีวัตถุอันตรายใดๆ ในเขตเกาะกลาง เช่น เสาไฟฟ้า เสาป้าย หรือต้นไม้ ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นสำหรับเกาะกลางแบบแข็งเท่านั้น

ตารางที่ 3-2 ระยะยืดหยุ่นโดยประมาณของอุปกรณ์กั้นที่สามารถนำมาใช้ในประเทศไทย

ประเภทอุปกรณ์กั้น	ระยะห่าง ระหว่างเสา (ม.)	ชนิด แผ่นราวกันอันตราย	ประเภทเสา	ระยะยืดหยุ่น โดยประมาณ (ม.)
อุปกรณ์กั้นข้างทาง				
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาเหล็กแบบอ่อน (W-Beam Weak Steel Post Guardrail)	3.810	W-beam	S75 x 8.5	2.440
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาเหล็กแบบอ่อน (W-Beam Weak Steel Post Guardrail)	1.905	W-beam	S75 x 8.5	1.830
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาเหล็กแบบอ่อน (W-Beam Weak Steel Post Guardrail)	1.270	W-beam	S75 x 8.5	1.525
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาเหล็กแบบแข็ง (W-Beam Strong Steel Post Guardrail)	1.905	W-beam	W150 x 13.5	0.910
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาเหล็กแบบแข็ง (W-Beam Strong Steel Post Guardrail)	0.952	W-beam	W150 x 13.5	0.541
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาไม้แบบแข็ง (W-Beam Strong Wood Post Guardrail)	1.905	W-beam	150 x 200 มม.	0.700
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาไม้แบบแข็ง (W-Beam Strong Wood Post Guardrail)	1.905	W-beam	200 x 200 มม.	0.700
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาไม้แบบแข็ง (W-Beam Strong Wood Post Guardrail)	1.905	W-beam	เส้นผ่านศูนย์กลาง 180 มม.	0.910
ราวกันอันตราย Thrie-beam ใช้เสาเหล็กแบบแข็ง (Thrie-Beam Strong Steel Post Guardrail)	1.905	Thrie-beam	W150 x 13.5	0.720
ราวกันอันตราย Thrie-beam ใช้เสาเหล็กแบบแข็ง (Thrie-Beam Strong Steel Post Guardrail)	0.952	Thrie-beam	W150 x 13.5	0.480
ราวกันอันตราย Thrie-beam ใช้เสาเหล็กแบบแข็ง (Thrie-Beam Strong Steel Post Guardrail)	0.476	Thrie-beam	W150 x 13.5	0.355
ราวกันอันตราย Thrie-beam ใช้เสาไม้แบบแข็ง (Thrie-Beam Strong Wood Post Guardrail)	1.905	Thrie-beam	150 x 200 มม.	0.720
กำแพงคอนกรีต	-	-	-	0
อุปกรณ์กั้นเกาะกลาง				
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาเหล็กแบบอ่อน (W-Beam Weak Steel Post Guardrail)	3.810	W-beam	S75 x 8.5	2.135
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาเหล็กแบบแข็ง (W-Beam Strong Steel Post Guardrail)	1.905	W-beam	W150 x 13.5	0.600
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาเหล็กแบบแข็ง (W-Beam Strong Steel Post Guardrail)	1.905	W-beam	S75 x 8.5	1.525
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาไม้แบบแข็ง (W-Beam Strong Wood Post Guardrail)	1.905	W-beam	150 x 200 มม.	0.600
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาไม้แบบแข็ง (W-Beam Strong Wood Post Guardrail)	1.905	W-beam	200 x 200 มม.	0.600
ราวกันอันตรายรูปตัว W ใช้เสาไม้แบบแข็ง (W-Beam Strong Wood Post Guardrail)	1.905	W-beam	เส้นผ่านศูนย์กลาง 210 มม.	0.600
ราวกันอันตราย Thrie-beam ใช้เสาเหล็กแบบแข็ง (Thrie-Beam Strong Steel Post Guardrail)	1.905	Thrie-beam	W150 x 13.5	0.910
ราวกันอันตราย Thrie-beam ใช้เสาไม้แบบแข็ง (Thrie-Beam Strong Wood Post Guardrail)	1.905	Thrie-beam	450 x 200 มม.	0.910
กำแพงคอนกรีต	-	-	-	0

3.2.3 มาตรฐานการทดสอบการชนของอุปกรณ์กั้น

การทดสอบการชน (Crash Test) เป็นกระบวนการสำคัญเพื่อประเมินถึงประสิทธิภาพความปลอดภัยของอุปกรณ์กั้นและอุปกรณ์ลดความรุนแรง โดยจำเป็นจะต้องมีการกำหนดปัจจัยและตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบให้เป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อให้ผลการทดสอบการชนมีความเหมาะสมและได้รับการยอมรับจากทุกฝ่าย ทั้งนี้ ในสหรัฐอเมริกากำหนดให้อุปกรณ์กั้นจะต้องผ่านการทดสอบการชนตามมาตรฐาน NCHRP 350 ในขณะที่สหภาพยุโรปเลือกใช้มาตรฐาน EN 1317

ในการทดสอบนั้น มีปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมในการทดสอบ (Testing Conditions) ได้แก่ ประเภทและน้ำหนักของรถทดสอบ ความเร็ว มุมชน ตำแหน่งที่ปะทะของอุปกรณ์ ดังแสดงรายละเอียดของ NCHRP 350 และ EN 1317 ใน**ตารางที่ 3-3** หลังจากที่ทำการทดสอบการชนจริงแล้ว จะต้องพิจารณาปัจจัยที่ใช้ในการประเมิน (Evaluation Criteria) ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวผ่านการทดสอบหรือไม่ หากผ่านการทดสอบหน่วยงานกลางจะจัดทำเป็นเอกสารประกอบและสามารถขึ้นทะเบียนเพื่อรับรองอุปกรณ์กั้นนั้นๆ อย่างเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อให้หน่วยงานทางถนนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์เหล่านั้นมาติดตั้งบนถนนจริงต่อไป

ทั้งนี้ แม้ในประเทศไทยยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานการทดสอบอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย แต่จากการประชุมของ International Road Federation (IRF) ในปี ค.ศ.2008 ได้ระบุว่า **หากประเทศใดยังไม่มีมาตรฐานการทดสอบอุปกรณ์กั้น สามารถเลือกใช้มาตรฐาน NCHRP 350 หรือ EN 1317 ได้ เนื่องจากถือเป็นมาตรฐานที่มีความสมบูรณ์ที่สุดในขณะนี้** อย่างไรก็ตามในประเทศไทยได้มีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นประเภทที่มีอยู่เดิมมาเป็นเวลานาน ซึ่งเป็นอุปกรณ์กั้นประเภทที่ไม่ผ่านมาตรฐานการชนจากสถาบันทดสอบใดๆ ดังนั้นการที่จะกำหนดให้เลือกใช้อุปกรณ์กั้นที่ต้องผ่านการทดสอบการชนตามมาตรฐาน NCHRP 350 หรือ EN 1317 อาจทำได้ไม่ง่ายนัก เนื่องจากมีข้อจำกัดในการนำเข้าอุปกรณ์กั้นที่ผ่านการทดสอบการชนจากต่างประเทศ หรือหากเป็นการผลิตอุปกรณ์กั้นเองโดยผู้ผลิตในประเทศไทยก็จำเป็นจะต้องส่งอุปกรณ์กั้นไปทดสอบที่ต่างประเทศ คู่มือแนะนำฉบับนี้จึงแนะนำให้สามารถเลือกใช้อุปกรณ์กั้นที่ผ่านการทดสอบการชนจากสถาบันที่เชื่อน่าถืออื่นๆได้ โดยปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมในการทดสอบการชนและเกณฑ์ในการประเมินอุปกรณ์กั้นหลังการทดสอบการชนว่าผ่านการทดสอบหรือไม่จะต้องเทียบเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบการชนของ NCHRP 350 หรือ EN 1317 ซึ่งมีรายละเอียดการประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์กั้นแสดงใน**ตารางที่ 3-4** โดยตารางดังกล่าวเป็นการสรุปเพื่อเปรียบเทียบมาตรฐานทั้งสองตามน้ำหนักรถและความเร็วการทดสอบเท่านั้น

ดังนั้นการที่จะนำอุปกรณ์กั้นประเภทใดๆ มาใช้ในประเทศไทย ควรมีการตรวจสอบว่าอุปกรณ์กั้นประเภทนั้นได้ผ่านการทดสอบการชนที่ได้มาตรฐานมาก่อนหรือไม่ และสถาบันที่รับรองการทดสอบดังกล่าว ควรมีมาตรฐานที่เทียบเท่ากับมาตรฐานของ NCHRP 350 หรือ EN 1317 โดยพิจารณาจากเกณฑ์การทดสอบ

และการประเมินผลตามที่ได้อธิบายไว้แล้วในเบื้องต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการรับรองว่าอุปกรณ์กั้นชนิดนี้มีประสิทธิภาพที่ดีพอสำหรับป้องกันอันตรายข้างทางได้

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบมาตรฐานการทดสอบการชนระหว่าง NCHRP 350 และ EN 1317 (Ross et al, 1993; CEN, 2000)

NCHRP 350					EN 1317				
ระดับการชน	**น้ำหนักรถ (กก.)**	**ประเภทรถ**	**ความเร็ว (กม./ชม.)**	**มุมการชน (องศา)**	**ระดับการชน**	**น้ำหนักรถ (กก.)**	**ประเภทรถ**	**ความเร็ว (กม./ชม.)**	**มุมการชน (องศา)**
TL -1	820	C	50	20					
	700	C	50	20					
	2000	P	50	25					
TL -2	820	C	70	20					
	700	C	70	20					
	2000	P	70	25					
					N1	1500	C	80	20
TL -3	820	C	100	20	N2	900	C	100	20
	700	C	100	20		1500	C	110	20
	2000	P	100	25					
TL -4	820	C	100	20					
	700	C	100	20					
	2000	P	100	25					
	8000	S	80	15					
					H1	900	C	100	20
						10000	R	70	15
					H2	900	C	100	20
						13000	B	70	20
					H3	900	C	100	20
						16000	R	80	20
					H4a	900	C	100	20
						36000	A	65	20
TL -5	820	C	100	20					
	700	C	100	20					
	2000	P	100	25					
	36000	V	80	15					
TL -6	820	C	100	20	H4b	900	C	100	20
	700	C	100	20					
	2000	P	100	25					
	36000	T	80	15		38000	A	65	20

หมายเหตุ: C = รถยนต์ส่วนบุคคล V = รถกึ่งพ่วงแบบตู้คอนเทนเนอร์ P = รถกระบะ

T = รถกึ่งพ่วงแบบแทงค์ S = รถบรรทุก B = รถบัส

A = Articulated Heavy Goods Vehicle R = Rigid Heavy Goods Vehicle

ตารางที่ 3-4 เปรียบเทียบเกณฑ์การประเมินอุปกรณ์กั้นหลังจากทดสอบการชนตามมาตรฐานของ NCHRP 350 และ EN 1317 (Ross et al, 1993; CEN, 2000)

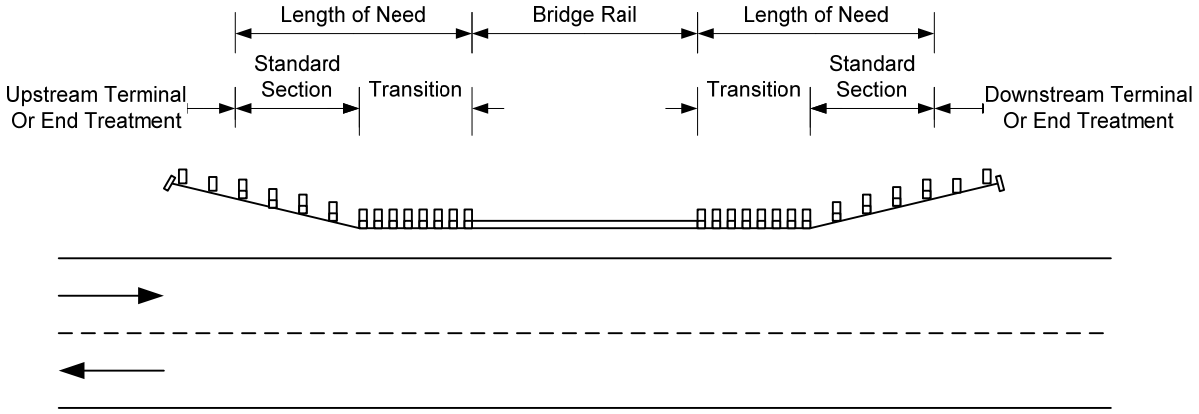
NCHRP 350		EN 1317	
Evaluation Factors	**Acceptance Criteria**	**Evaluation Factors**	**Acceptance Criteria**
Structural Adequacy	Test Article should contain and redirect the vehicle; the vehicle should not penetrate, underride, or override the installation although controlled lateral deflection of the test article is acceptable.	**Safety Barrier Behavior**	The safety barrier shall contain and redirect the vehicle without complete breakage of the principal longitudinal elements of the system.
Occupant Risk	Detached elements, fragments or other debris from the test article should not penetrate or show potential for penetrating the occupant compartment, or present an undue hazard to other traffic, pedestrians, or personnel in a work zone. Deformations of, or intrusions into, the occupant compartment that could cause serious injuries should not be permitted.		No major part of the safety barrier shall become totally detached or present an undue hazard to other traffic, pedestrians or personnel in a work zone. Elements of the safety barrier shall not penetrate the passenger compartment of the vehicle. Deformations of, or intrusions into the passenger compartment that can cause serious injuries are not permitted.
		Test Vehicle Behavior	The center of gravity of the vehicle shall not cross the centerline of the deformed system.
	The vehicle should remain upright during and after collision although moderate roll, pitching and yawing are acceptable.		The vehicle shall remain upright during and after impact, although moderate roll, pitching and yawing are acceptable.
	It is preferable, although not essential, that the vehicle remain upright during and after collision.		
			The vehicle shall leave the safety barrier after impact, so that the wheel track does not cross a line parallel to the initial traffic face of the safety barrier, at a distance A plus the width of the vehicle plus 16% of the length of the vehicle within a distance B from the final intersection (break) of wheel track with the initial traffic face of the safety barrier. Car: A = 2.2 m., B = 10 m. Others: A = 4.4 m., B = 20 m.
	Occupant impact velocities should satisfy the following: Longitudinal and Lateral: Preferred = 9 m/s, Max = 12 m/s Longitudinal: Preferred = 3 m/s, Max = 5 m/s	**Severity Index**	THIV (Theoretical Head Impact Velocity) should be less than 33 km/h (9.2 m/s)
	Occupant ridedown accelerations should satisfy the following: Longitudinal and Lateral: Preferred = 15 G's, Max = 20 G's		PHD (Post-impact Head Deceleration) should be less than 20 G's.
Vehicle Trajectory	After collision it is preferable that the vehicle's trajectory not intrude into adjacent traffic lanes.		
	The occupant impact velocity in the longitudinal direction should not exceed 12 m/sec and the occupant ridedown acceleration in the longitudinal direction should not exceed 20 G's.		THIV (Theoretical Head Impact Velocity) should be less than 33 km/h (9.2 m/s) PHD (Post-impact Head Deceleration) should be less than 20 G's.
	The exit angle from the test article preferably should be less than 60 percent of test impact angle, measured at time of vehicle loss of contact with test device.		

3.3 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์กั้น

การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์กั้นนั้น ควรพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ปลายอุปกรณ์กั้น (End Treatment) การออกแบบปลายอุปกรณ์กั้นมีความสำคัญในแง่ของการลดความรุนแรงที่เกิดขึ้นเมื่อรถยนต์เกิดการชนกับปลายอุปกรณ์กั้น และสามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับอุปกรณ์กั้นได้ รายละเอียดในการออกแบบและติดตั้งปลายอุปกรณ์กั้นจะถูกระบุในหัวข้อที่ 3.4
2. ความยาวในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น (Length of Need) คือความยาวทั้งหมดที่ใช้สำหรับป้องกันบริเวณที่มีอันตรายข้างทาง
3. รูปตัดมาตรฐานของอุปกรณ์กั้น (Standard Section) ได้แสดงอยู่ในหัวข้อที่ 3.2
4. จุดต่อเชื่อมระหว่างอุปกรณ์กั้นหรือราวสะพานคอนกรีต (Transition) รายละเอียดในการออกแบบจุดต่อเชื่อมจะถูกระบุในหัวข้อที่ 3.5

รูปที่ 3-12 แสดงองค์ประกอบของอุปกรณ์กั้นที่ควรพิจารณา



รูปที่ 3-12 องค์ประกอบของอุปกรณ์กั้นที่ควรพิจารณา

การพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์กั้น ควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ระยะห่างจากขอบทาง (Lateral offset from the edge-of-travelled way)
2. ระยะยืดหยุ่น (Deflection Distance)
3. ผลกระทบจากพื้นที่ข้างทาง (Terrain Effects)
4. อัตราการผายออกของอุปกรณ์กั้น (Flare Rate)
5. ความยาวในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น (Length of Need)

3.3.1 ระยะห่างจากขอบทาง (Lateral offset from the edge-of-travelled way)

อุปกรณ์กั้นควรติดตั้งให้ห่างจากขอบทางในระยะที่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย การติดตั้งอุปกรณ์กั้นในระยะห่างจากขอบทางที่เพียงพอจะช่วยเพิ่มระยะการมองเห็น เพิ่มพื้นที่ข้างทางให้สามารถควบคุมรถได้ และยังช่วยลดผลกระทบทางความรู้สึกของผู้ขับขี่ที่ต้องขับรถเข้าใกล้อุปกรณ์กั้นได้อีกด้วย ดังนั้นจึงควรติดตั้งอุปกรณ์กั้นในตำแหน่งที่ห่างจากระยะแนะนำในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น (Shy Line Offset) ซึ่งเป็นระยะระหว่างขอบทางจนถึงระยะที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นที่จะไม่เกิดผลกระทบต่อผู้ขับขี่ ข้อแนะนำในการกำหนดระยะ Shy Line Offset แสดงใน**ตารางที่** 3-5

ตารางที่ 3-5 **Shy Line (เมตร)** (Alberta Infrastructure and Transportation, 2009)

ช่องจราจร	Shy Line (เมตร)	หมายเหตุ
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ช่องจราจร	1	ปริมาณการจราจร (AADT) น้อยกว่า 20,000 คันต่อวัน
4 ช่องจราจร	2	
6 ช่องจราจร	2.5	
8 ช่องจราจร	3	
มากกว่าหรือเท่ากับ 8 ช่องจราจร	3 -3.5	ปริมาณการจราจร (AADT) มากกว่า 20,000 คันต่อวัน หรือถนนที่มีความเร็วออกแบบมากกว่า 100 กม./ชม.

จากตารางในข้างต้น ถ้ามีอันตรายข้างทางอยู่ในระยะที่ติดกับขอบไหล่ทางมาก หรืออยู่ในระยะ Shy line offset ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นติดกับแนวขอบไหล่ทาง และการเลือกใช้ประเภทอุปกรณ์กั้นก็ต้องคำนึงถึงระยะยืดหยุ่นของอุปกรณ์กั้นด้วย โดยระยะยืดหยุ่นของอุปกรณ์กั้นจะต้องน้อยกว่าระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กั้นกับอันตรายข้างทาง อย่างไรก็ตามควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งอุปกรณ์กั้นที่ชิดกับขอบไหล่ทางมากเกินไป เพราะจะทำให้เพิ่มโอกาสที่รถยนต์จะชนกับอุปกรณ์กั้นได้ นอกจากนั้นความชันข้างทางในบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์กั้นควรจะมีการปรับระดับให้มีความเรียบมากที่สุด เพื่อลดความรุนแรงเมื่อรถยนต์พุ่งชนเข้ากับอุปกรณ์กั้น

3.3.2 ระยะยืดหยุ่น (Deflection Distance)

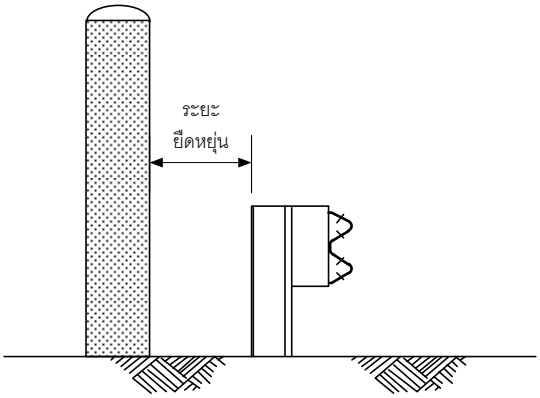
ระยะยืดหยุ่น (Deflection) ของอุปกรณ์กั้นเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง หากระยะยืดหยุ่นของอุปกรณ์กั้นมากกว่าระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กั้นกับอันตรายข้างทาง เมื่อมีการชนเข้ากับอุปกรณ์กั้น อาจทำให้เกิดการชนกับอันตรายข้างทางตามมาด้วย ซึ่งเท่ากับว่าการติดตั้งอุปกรณ์กั้นไม่สามารถป้องกันการชนกับวัตถุอันตรายข้างทางได้เลย ดังนั้น Roadside Design Guide ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้ข้อแนะนำว่า

ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กั้นกับอันตรายข้างทางควรไม่น้อยกว่าระยะยืดหยุ่นจากการทดสอบการชนของรถขนาดใหญ่สุด (จากข้อมูลรถบนถนนเส้นนั้น) ที่ความเร็ว 100 กม./ชม. และมุมการชน 25 องศา

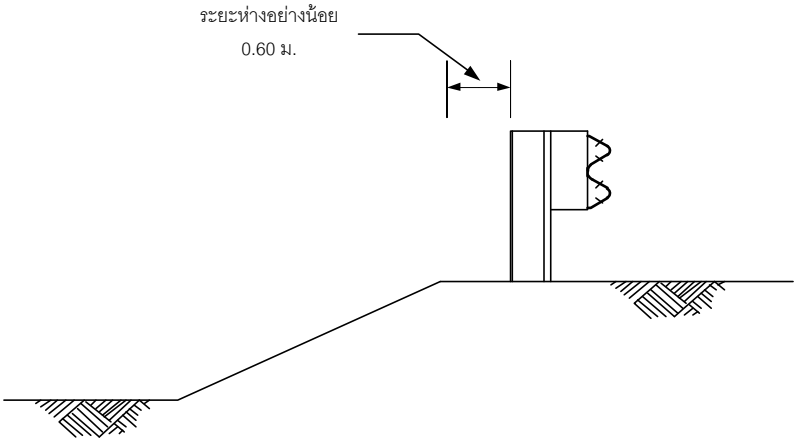
ประเภทอุปกรณ์กั้นต่างๆ จะมีระยะยืดหยุ่นที่ต่างกันตามประสิทธิภาพของอุปกรณ์กั้นแต่ละประเภท ในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นที่ปลอดภัยโดยคำนึงถึงระยะยืดหยุ่นควรมีการพิจารณาการติดตั้งเพื่อป้องกันอันตรายข้างทางใน 2 รูปแบบ ดัง**รูปที่** 3-13 คือ

1) การติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันวัตถุอันตรายหรืออุปกรณ์ข้างทาง ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กั้นกับวัตถุอันตรายหรืออุปกรณ์ข้างทาง ควรมีระยะห่างที่มากพอที่จะป้องกันไม่ให้รถยนต์พุ่งเข้าชนอุปกรณ์กั้นจนเสียรูปแล้วชนกับวัตถุอันตราย ถ้าวัตถุอันตรายอยู่ชิดแนวของอุปกรณ์กั้น ควรเลือกใช้ประเภทอุปกรณ์กั้นแบบแข็ง (Rigid Barrier) แต่ถ้ามีการใช้อุปกรณ์กั้นประเภทกึ่งแข็ง (Semi-Rigid Barrier) หรืออุปกรณ์กั้นประเภทยืดหยุ่น (Flexible Barrier) แล้วมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กั้นและวัตถุอันตรายไม่เพียงพอ อาจต้องพิจารณาลดระยะยืดหยุ่นของอุปกรณ์กั้น โดยทำให้อุปกรณ์กั้นมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น เช่น ลดระยะห่างระหว่างเสา เพิ่มขนาดเสา หรือใช้แผ่นเหล็กเสริมที่บริเวณเสา

2) การติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันความชันคันทางที่ไม่ปลอดภัย ควรพิจารณาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กั้นกับจุดเริ่มต้นของความชันข้างทาง เพราะถ้าติดตั้งอุปกรณ์กั้นใกล้กับจุดเริ่มต้นของความชันข้างทางมากเกินไป เสาที่ฝังอยู่ใต้ดินจะมีความแข็งแรงไม่เพียงพอในการต้านทานแรงกระแทกจากการชน ทำให้เสาเอียงหรือล้มได้ และระยะยืดหยุ่นทั้งหมดจะมากกว่าระยะยืดหยุ่นปกติของอุปกรณ์กั้น ดังนั้นควรติดตั้งอุปกรณ์กั้นให้ห่างจากจุดเริ่มต้นของความชันคันทางเป็นระยะอย่างน้อย 60 ซม. ถ้าไม่สามารถทำได้เนื่องจากพื้นที่จำกัด ควรเสริมความแข็งของอุปกรณ์กั้น เช่น ลดระยะห่างระหว่างเสา เพิ่มขนาดเสา เพิ่มความยาวเสา หรือเลือกใช้ราวกันอันตรายที่มีความแข็งเพิ่มมากขึ้น



การติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันวัตถุอันตรายหรืออุปกรณ์ข้างทาง



การติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันความชันคันทางที่ไม่ปลอดภัย

รูปที่ 3-13 การติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันอันตรายข้างทางโดยพิจารณาระยะยืดหยุ่น

3.3.3 ผลกระทบจากพื้นที่ข้างทาง (Terrain Effects)

อุปกรณ์กั้นจะทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อล้อรถยนต์ทั้ง 4 ล้อ ที่เข้าชนอุปกรณ์กั้นไม่ยกลอยเหนือพื้น และตัวรถยนต์ควรอยู่ในระดับและตำแหน่งที่วิ่งมาปกติ ดังนั้นพื้นผิวในช่วงระยะระหว่างขอบทางถึงอุปกรณ์กั้นควรมีระดับพื้นผิวที่สม่ำเสมอ สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์กั้นบนคันหิน จะมีโอกาสเสี่ยงที่รถยนต์จะชนกับขอบคันหิน ทำให้ล้อรถยนต์ลอยยกตัวขึ้นและอาจพุ่งข้ามอุปกรณ์กั้นภายหลังการชนได้ ดังนั้นเมื่อพื้นที่ข้างทางมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป ควรมีการพิจารณาข้อควรระวังในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพิ่มเติมดังนี้

3.3.3.1 **คันหิน** (Curb)

การติดตั้งอุปกรณ์กั้นบนคันหิน ทำให้หน้าสัมผัสของคันหินอยู่ด้านหน้าของหน้าสัมผัสอุปกรณ์กั้น ดังนั้นรถยนต์จะเข้าชนกับคันหินก่อน และอาจทำให้เกิดการพลิกคว่ำข้ามอุปกรณ์กั้นหรือพุ่งชนเข้ากับตัวอุปกรณ์กั้นได้ จึงควรหลีกเลี่ยงไม่ติดตั้งอุปกรณ์กั้นบนคันหิน โดยเฉพาะถนนที่ใช้ความเร็วสูงและมีโอกาสที่เกิดการ

ชนแบบทำมุมได้ แต่เมื่อจำเป็นที่ต้องมีการติดตั้งคันหินและอุปกรณ์กั้นเข้าด้วยกันบนถนนที่ใช้ความเร็วสูง คันหินควรมีความสูงไม่เกิน 10 ซม. และควรติดตั้งให้หน้าสัมผัสของคันหินอยู่ตรงกับแนวของหน้าสัมผัสของอุปกรณ์กั้น นอกจากนี้ควรเพิ่มความแข็งให้กับอุปกรณ์กั้นเพื่อลดระยะยืดหยุ่นด้วย สำหรับถนนที่ใช้ความเร็วต่ำ อาจใช้คันหินที่มีความสูงมากกว่า 10 ซม. ได้โอกาสที่รถเกิดการพลิกคว่ำอาจน้อยกว่าถนนที่ใช้ความเร็วสูง

3.3.3.2 **ความชันบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์** (Slope)

การติดตั้งอุปกรณ์กั้นบนผิวดินที่มีความชันสูงจะทำให้รถยนต์ชนอุปกรณ์กั้นในตำแหน่งที่สูงกว่าตำแหน่งชนระดับปกติและอาจทำให้เกิดการพลิกคว่ำได้ ดังนั้นควรพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์กั้นบนผิวดินที่มีความชันไม่เกิน 1V:10H

3.3.3.3 **ไหล่ทาง** (Shoulders)

โดยทั่วไปแล้ว ควรติดตั้งอุปกรณ์กั้นให้มีระยะห่างจากขอบไหล่ทางประมาณ 60 ซม. เพื่อที่จะอำนวยความสะดวกให้กับรถยนต์ที่จำเป็นต้องจอดฉุกเฉินบริเวณไหล่ทาง แต่ถ้าพื้นที่มีระยะจำกัดหรืออันตรายข้างทางอยู่ในระยะใกล้กับขอบทางมาก อาจจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์กั้นให้ชิดกับแนวขอบไหล่ทาง

3.3.4 อัตราการพายออกของอุปกรณ์กั้น (Flare Rate)

โดยทั่วไปแล้ว การติดตั้งอุปกรณ์กั้นในลักษณะผายออกจะเป็นการติดตั้งในช่วงของปลายอุปกรณ์กั้นที่มีระยะห่างไล่ออกไปจากขอบทาง ดังนั้นการผายออกของอุปกรณ์กั้นจะทำให้สามารถลดความยาวที่ต้องการของอุปกรณ์กั้น และลดผลกระทบทางความรู้สึกของผู้ขับขี่ที่จะต้องขับรถในระยะใกล้กับอุปกรณ์กั้นได้ แต่ข้อเสียของการผายออก คือ ทำให้เกิดมุมการชนที่มากขึ้น และอาจเพิ่มความรุนแรงในการชนให้สูงขึ้นได้ นอกจากนั้นการผายออกของอุปกรณ์กั้นจะทำให้รถยนต์ที่พุ่งเข้าชนอุปกรณ์กั้น อาจสะท้อนกลับมายังผิวจราจร และชนเข้ากับรถยนต์คันอื่นในผิวจราจร หรือชนอุปกรณ์ข้างทางอื่นๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้ ดังนั้นจึงควรควบคุมอัตราการผายออกของอุปกรณ์กั้นให้อยู่ในระดับที่ต่ำสุด โดยเฉพาะเมื่อมีการออกแบบการผายออกของอุปกรณ์กั้นภายในระยะแนะนำในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น (Shy line offset)

พื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์กั้นในลักษณะผายออกควรเป็นพื้นที่เรียบ หรือมีความชันไม่มากกว่า 1V:10H ซึ่งอาจทำให้มีค่าใช้จ่ายมากขึ้นในการปรับระดับพื้นที่ให้มีความเรียบดังกล่าว ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์กั้นในลักษณะผายออกถึงแม้จะสามารถลดความยาวอุปกรณ์กั้นที่ต้องใช้ลงได้ แต่ก็จะมีค่าใช้จ่ายอื่นๆ เพิ่มขึ้นตามมา จึงสมควรต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆในการเลือกวิธีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นควบคู่กันไปด้วย

ข้อแนะนำสำหรับอัตราการผายออกของอุปกรณ์กั้น จะขึ้นอยู่กับความเร็วออกแบบและประเภทของอุปกรณ์กั้น ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จาก Roadside Design Guide ดังแสดงใน**ตารางที่** 3-6

จาก**ตารางที่** 3-6 จะเห็นว่าเมื่อความเร็วออกแบบสูงขึ้น และประเภทอุปกรณ์กั้นที่ใช้เป็นอุปกรณ์กั้นแบบแข็ง (Rigid Barrier) อัตราการผายออกควรอยู่ในระดับที่ต่ำสุด ในกรณีที่เป็นการติดตั้งอุปกรณ์กั้นบนถนนที่มีอยู่เดิมแล้ว การเลือกใช้อัตราการผายออกของอุปกรณ์กั้นอาจใช้ความเร็วจราจรที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 แทนความเร็วออกแบบได้

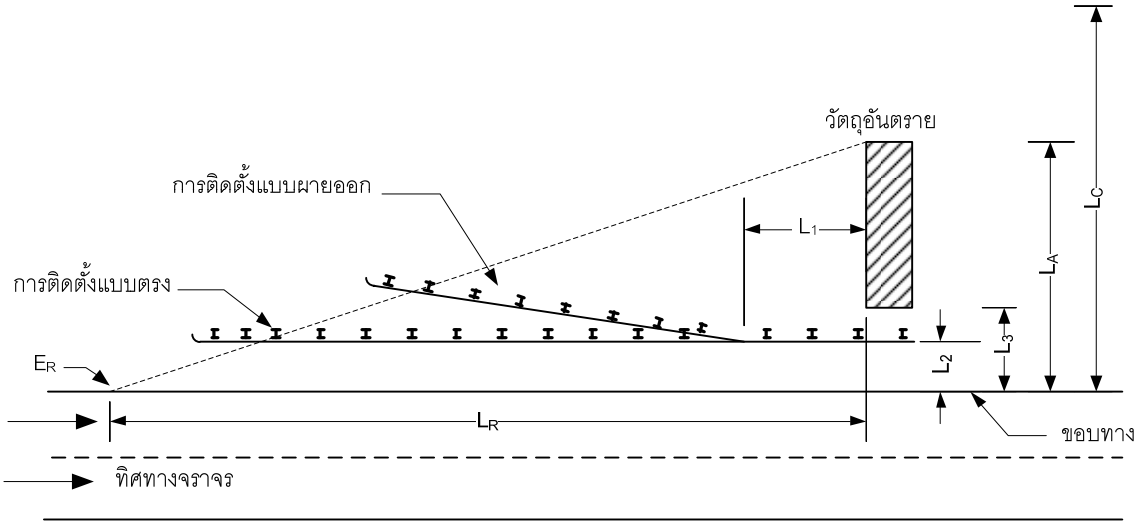
ตารางที่ 3-6 **อัตราการผายออกบริเวณปลายของอุปกรณ์กั้น** (Flare Rate) (AASHTO, 2006)

ความเร็วออกแบบ (กม./ชม.)	การผายออกของอุปกรณ์กั้นที่ติดตั้งใน Shy line	การผายออกของอุปกรณ์กั้นที่ติดตั้งนอก Shy Line	
		อุปกรณ์กั้นแบบแข็ง (Rigid System)	อุปกรณ์กั้นแบบกึ่งแข็ง (Semi-Rigid System)
120	33:1	22:1	17:1
110	30:1	20:1	15:1
100	26:1	18:1	14:1
90	24:1	16:1	12:1
80	21:1	14:1	11:1
70	18:1	12:1	10:1
60	16:1	10:1	8:1
50	13:1	8:1	7:1

3.3.5 ความยาวในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น (Length of Need)

อุปกรณ์กั้นควรติดตั้งในความยาวที่เพียงพอ ที่สามารถครอบคลุมพื้นที่อันตรายข้างทางและป้องกันไม่ให้รถยนต์เสียหลักออกนอกขอบทางและพุ่งเข้าชนกับวัตถุอันตรายข้างทางได้ ดังนั้นความยาวในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น (Length of Need) คือความยาวทั้งหมดที่ใช้ในการป้องกันบริเวณที่มีโอกาสที่รถยนต์จะพุ่งเข้าชนอันตรายข้างทาง ปัจจัยที่มีผลต่อความยาวในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น ได้แก่ ความเร็วของรถยนต์ ระยะทางจากขอบทางถึงขอบหลังสุดของวัตถุข้างทาง (Lateral Extent of the Area of Concern, L_A) ปริมาณจราจร และระยะทางจากขอบด้านใกล้ของวัตถุข้างทางถึงจุดสมมติที่รถเริ่มหลุดออกจากถนน (Run out Length, L_R)

ระยะ L_A และระยะ L_R ดังแสดงใน**รูปที่** 3-14 เป็นสองตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการหาความยาวในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น ความยาว L_R สามารถใช้ความยาวตามคำแนะนำจาก**ตารางที่** 3-7 (Hutchinson and Kennedy, 1966) ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณจราจรและความเร็วออกแบบ (หรือความเร็วจราจรที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ในกรณีที่เป็นการติดตั้งบนถนนที่มีอยู่เดิม)



รูปที่ 3-14 การหาความยาวในการติดตั้งอุปกรณ์กั้น (Length of Need)

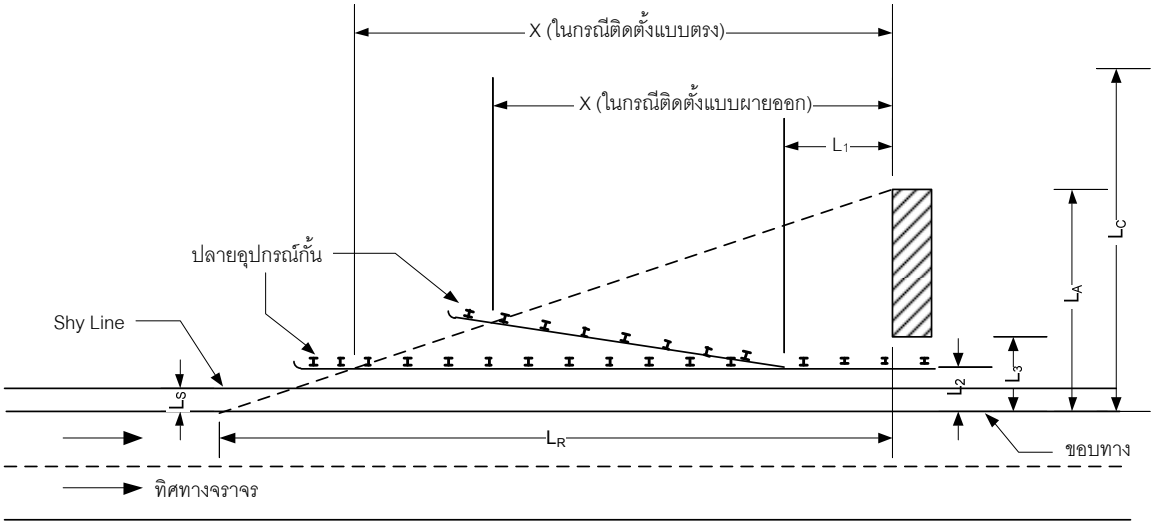
ตารางที่ 3-7 ระยะ LR แนะนำ (Hutchinson and Kennedy, 1966)

ความเร็วออกแบบ (กม./ชม.)	**ปริมาณจราจร ADT**			
	มากกว่า 6,000	**2,000 – 6,000**	**800 – 2,000**	**น้อยกว่า 800**
	L_R (เมตร)			
120	160	150	135	125
110	145	135	120	110
100	130	120	105	100
90	110	105	95	85
80	100	90	80	75
70	80	75	65	60
60	70	60	55	50
50	50	50	45	40

3.3.5.1 การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันวัตถุอันตรายสำหรับจราจรที่อยู่ฝั่งเดียวกับวัตถุอันตราย (Adjacent Traffic)

รูปที่ 3-15 แสดงแนวทางการออกแบบความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันวัตถุอันตราย สำหรับการจราจรที่อยู่ฝั่งเดียวกับวัตถุอันตราย ซึ่งอาจเป็นถนน 2 ช่องจราจรหรือมากกว่า 2 ช่องจราจรขึ้นไป และมีเกาะกลางถนน โดยระยะ Run out Length (L_R) จะวัดจากขอบด้านใกล้ของวัตถุข้างทางที่การจราจรมีทิศทางพุ่งเข้าหาจนถึงจุดสมมติที่รถเริ่มหลุดออกจากถนน พื้นที่ภายในบริเวณแนวเส้นที่วัดจากขอบหลังสุดของวัตถุข้างทางถึงจุดสิ้นสุดของ Run out Length คือพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์สามารถเสียหลักออกนอกถนน ดังนั้นควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเริ่มตั้งแต่แนวขอบด้านใกล้ของวัตถุข้างทางจนถึงจุดตัดแนวที่รถยนต์เริ่มเสียหลักออกนอกถนน

ถ้าวัตถุอันตรายข้างทางเป็นวัตถุต่อเนื่องหรือเป็นแหล่งน้ำพาดขวางแนวถนน ให้เลือกใช้ระยะ L_A เป็นระยะเดียวกันกับระยะเขตปลอดภัย (L_C)



รูปที่ 3-15 แนวทางการออกแบบความยาวอุปกรณ์กั้น
เพื่อป้องกันวัตถุอันตรายสำหรับจราจรที่อยู่ฝั่งเดียวกับวัตถุอันตราย

วิธีการกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นสามารถทำได้ 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่

1. **การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีเขียนแบบ ใช้สำหรับถนนทางตรงและทางโค้งด้านใน**

   วิธีนี้สามารถหาความยาวอุปกรณ์กั้นได้โดยการวัดระยะตามสัดส่วนความยาวจริงบนแบบก่อสร้างทาง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

   1.1 หาระยะเขตปลอดภัย (L_C) ตาม**ตารางที่** 2-1

   1.2 หาพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์จะเสียหลักออกนอกถนน กำหนดได้จากระยะทางจากขอบทางถึงขอบหลังสุดของวัตถุข้างทาง (L_A) หรือใช้ L_C ในกรณีที่เป็นวัตถุอันตรายแบบต่อเนื่อง หรือเมื่อ L_C น้อยกว่า L_A

   1.3 หาระยะ Run out Length (L_R) ตาม**ตารางที่** 3-7

   1.4 วัดระยะ Run out Length (L_R) ตามสัดส่วนจริงลงบนแบบ โดยวัดตามแนวขอบทาง เริ่มจากตำแหน่งสิ้นสุดของระยะ Run out Length ในด้านใกล้การจราจร จนถึงขอบด้านใกล้ของวัตถุข้างทาง จากนั้นเขียนแนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนน โดยเริ่มจากตำแหน่งสิ้นสุดของระยะ Run out Length ในด้านใกล้การจราจร จนถึงขอบด้านหลังสุดของวัตถุข้างทาง

1.5 เขียนแนวอุปกรณ์กั้นห่างจากขอบทางเป็นระยะ L_2 ซึ่งก็คือ ระยะจากขอบทางถึงแนวที่ติดตั้งอุปกรณ์กั้น โดยเขียนแนวอุปกรณ์กั้นเริ่มจากขอบด้านใกล้ของวัตถุข้างทาง จนถึงจุดตัดระหว่างแนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนนและแนวระยะ Run out Length

1.6 ความยาวของอุปกรณ์กั้นที่ออกแบบ สามารถวัดได้จากระยะตามสัดส่วนจริงบนแบบ แต่เนื่องจากอุปกรณ์กั้นมักถูกผลิตขึ้นโดยช่วงเสาหนึ่งมีระยะประมาณ 4 เมตร ดังนั้นความยาวที่ปรากฏบนแบบควรเป็นความยาวจริงของช่วงความยาวอุปกรณ์กั้นที่ถูกผลิตขึ้นจริง

2. การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีเขียนแบบ ใช้สำหรับถนนทางโค้งด้านนอก

วิธีนี้เป็นวิธีเดียวที่สามารถหาความยาวอุปกรณ์กั้นสำหรับถนนทางโค้งด้านนอกได้ โดยทำการเปรียบเทียบระยะ Run out Length (L_R) และระยะ Tangent (T) ของโค้ง หากทางโค้งมีระยะ Tangent (T) มากกว่าระยะ Run out Length (L_R) ให้ใช้วิธีการกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นสำหรับถนนทางตรง แต่หากทางโค้งมีระยะ Tangent (T) น้อยกว่าระยะ Run out Length (L_R) จะสามารถหาความยาวอุปกรณ์กั้นได้ตามขั้นตอนดังนี้

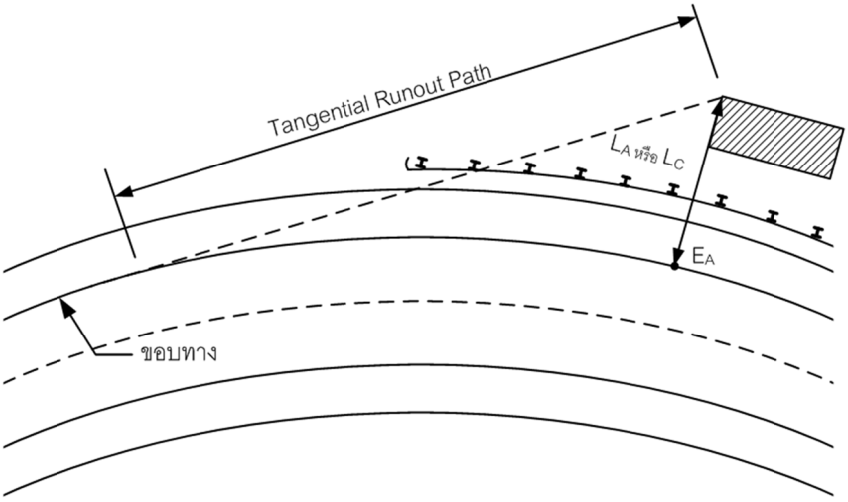
2.1 หาระยะเขตปลอดภัย (L_C) และระยะทางจากขอบทางถึงขอบหลังสุดของวัตถุข้างทาง (L_A)

2.2 จากขอบหลังสุดของวัตถุข้างทาง เขียนเส้นตรงตามแนวเดียวกับ Tangent (T) ของทางโค้ง เส้นตรงแนวนี้จะเป็นขอบเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์จะเสียหลักออกนอกถนน (**รูปที่** 3-16)

2.3 เขียนแนวอุปกรณ์กั้นห่างจากขอบทางเป็นระยะ L_2 โดยให้แนวอุปกรณ์กั้นเริ่มจากขอบด้านใกล้ของวัตถุข้างทางจนถึงจุดตัดกับแนวเส้นตรงตาม Tangent ในข้อ 2.2

2.4 วัดความยาวอุปกรณ์กั้นตามสัดส่วนจริงบนแบบที่เขียนไว้

โดยปกติแล้ว ไม่ควรติดตั้งอุปกรณ์กั้นแบบมีการผายออกในบริเวณทางโค้ง เพราะจะทำให้มุมการชนเพิ่มสูงขึ้นและเป็นอันตรายต่อผู้ขับขี่เมื่อเกิดการชนได้



รูปที่ 3-16 แนวทางการออกแบบความยาวอุปกรณ์กั้นที่ติดตั้งบนทางโค้งด้านนอก

3. **การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีการคำนวณ ใช้สำหรับถนนทางตรง**

รูปที่ 3-16 แสดงการหาความยาวของอุปกรณ์กั้น (X) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 หรือ 2

$$X = \frac{L_A+(b/a)(L_1)-L_2}{(b/a)+(L_A)/(L_R)} \quad \text{…….. } \textbf{สมการที่ 1}$$

$$X = \frac{L_A-L_2}{(L_A)/(L_R)} \quad \text{…….. } \textbf{สมการที่ 2}$$

สมการที่ 1 ใช้คำนวณหาความยาวของอุปกรณ์กั้นในกรณีที่มีการผายออกบริเวณปลาย และสมการที่ 2 ใช้สำหรับในกรณีที่ไม่มีการผายออกบริเวณปลาย

a และ b คือ อัตราส่วนการผายออก (Flare rate) ซึ่งสามารถใช้ตามข้อแนะนำตาม**ตารางที่** 3-6

L_1 คือ ระยะของอุปกรณ์กั้นจากขอบด้านใกล้ของวัตถุอันตรายถึงจุดที่อุปกรณ์กั้นเริ่มผายออก อย่างน้อยควรมีระยะประมาณ 5.7 เมตร

L_2 คือ ระยะจากขอบทางถึงแนวที่มีการติดตั้งอุปกรณ์กั้น

L_3 คือ ระยะจากขอบทางถึงขอบด้านหน้าของวัตถุข้างทาง

L_A คือ ระยะจากขอบทางถึงขอบหลังสุดของวัตถุข้างทาง

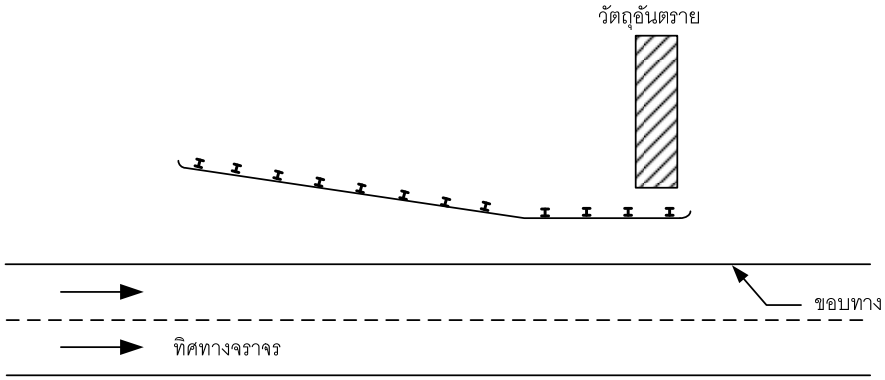
L_R คือ ระยะจากขอบด้านใกล้ของวัตถุข้างทางถึงจุดสมมติที่รถเริ่มหลุดออกจากถนน (E_R)

E_A คือ ตำแหน่งของวัตถุอันตราย

พื้นที่ที่ติดตั้งควรมีความชันน้อยกว่า 1V:10H และบริเวณปลายของอุปกรณ์กั้นควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กันชน สำหรับเส้นทางการจราจรที่มีทิศทางตรงกันข้ามจะมีหลักการคำนวณเหมือนกันแต่จะแตกต่างตรงที่ L_A ซึ่งจะต้องวัดจากขอบเส้นจราจรในทิศทางนั้น

3.3.5.2 การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นในด้านไกลจราจรสำหรับถนนที่มีเกาะกลาง

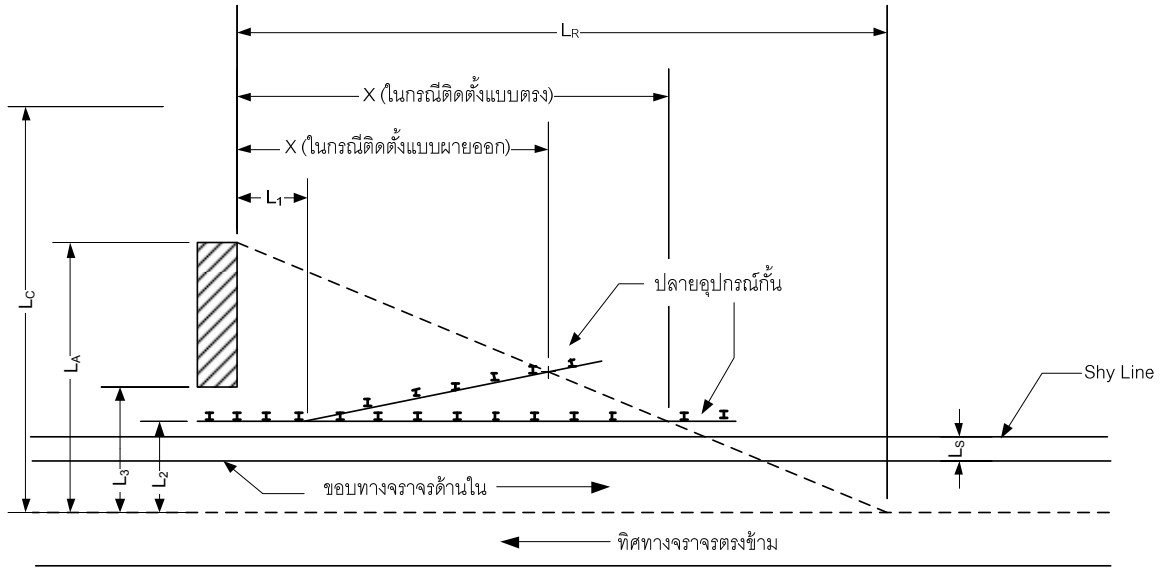
ถ้าถนนที่มีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นไม่ใช่ถนนที่การจราจรสวนทางกัน การติดตั้งอุปกรณ์กั้นอาจสิ้นสุดที่ขอบวัตถุอันตรายด้านไกลจราจรดัง**รูปที่** 3-17 แต่ควรมีการจัดการปลายอุปกรณ์กั้นที่ปลอดภัยด้วย



รูปที่ 3-17 **ความยาวอุปกรณ์กั้นในด้านไกลจราจรสำหรับถนนที่มีเกาะกลาง**

3.3.5.3 การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันวัตถุอันตรายสำหรับจราจรที่อยู่ฝั่งตรงกันข้ามกับวัตถุอันตราย (Opposing Traffic)

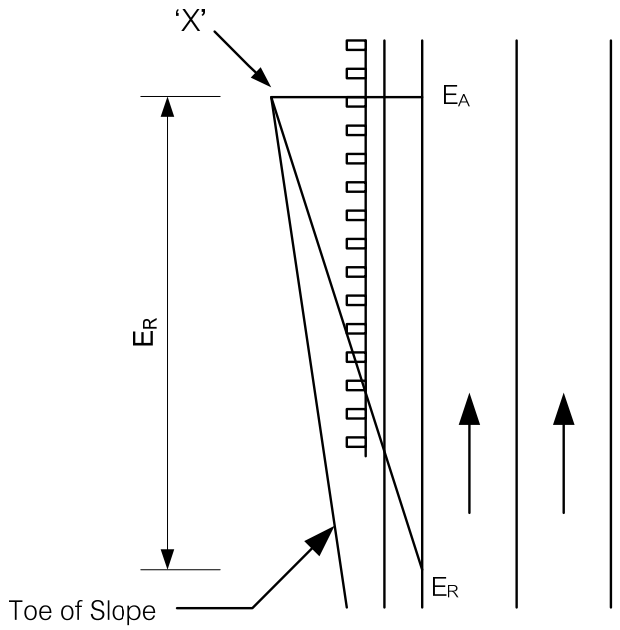
รูปที่ 3-18 แสดงการคำนวณหาความยาวของอุปกรณ์กั้นสำหรับป้องกันวัตถุอันตรายจากรถยนต์ที่มาจากฝั่งตรงกันข้ามกับวัตถุอันตราย ซึ่งมีวิธีการคำนวณในลักษณะเดียวกับในกรณีที่วัตถุอันตรายอยู่ฝั่งเดียวกับการจราจร แต่การวัดระยะทางด้านข้างต่างๆ ให้เริ่มวัดจากขอบทางของช่องจราจรในทิศทางฝั่งตรงข้าม หรือถ้าเป็นถนน 2 ช่องจราจรให้เริ่มต้นวัดจากเส้นกึ่งกลางถนนเป็นหลัก



รูปที่ 3-18 **แนวทางการออกแบบความยาวอุปกรณ์กั้นสำหรับป้องกันวัตถุอันตรายจากรถยนต์ที่มาจากฝั่งตรงกันข้ามกับวัตถุอันตราย**

3.3.5.4 การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันความชันคันทางที่ไม่ปลอดภัย

รูปที่ 3-19 แสดงการวัดระยะความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันความชันคันทางที่ไม่ปลอดภัย โดยตำแหน่ง X เป็นตำแหน่งเริ่มต้นที่คันทางมีความชันและความสูงตามที่**รูปที่** 3-1 แนะนำว่าควรต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้น และจากตำแหน่ง X จะสามารถวัดระยะ Run out Length (L_R) เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์จะเสียหลักออกนอกถนนได้ ความยาวอุปกรณ์กั้นจะเริ่มจากตำแหน่ง X จนถึงจุดตัดระหว่างแนวติดตั้งอุปกรณ์กั้นและแนวที่รถยนต์จะเสียหลักออกนอกถนน



รูปที่ 3-19 **ระยะความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันความชันคันทางที่ไม่ปลอดภัย**

3.3.5.5 **ตัวอย่างการออกแบบความยาวอุปกรณ์กั้น**

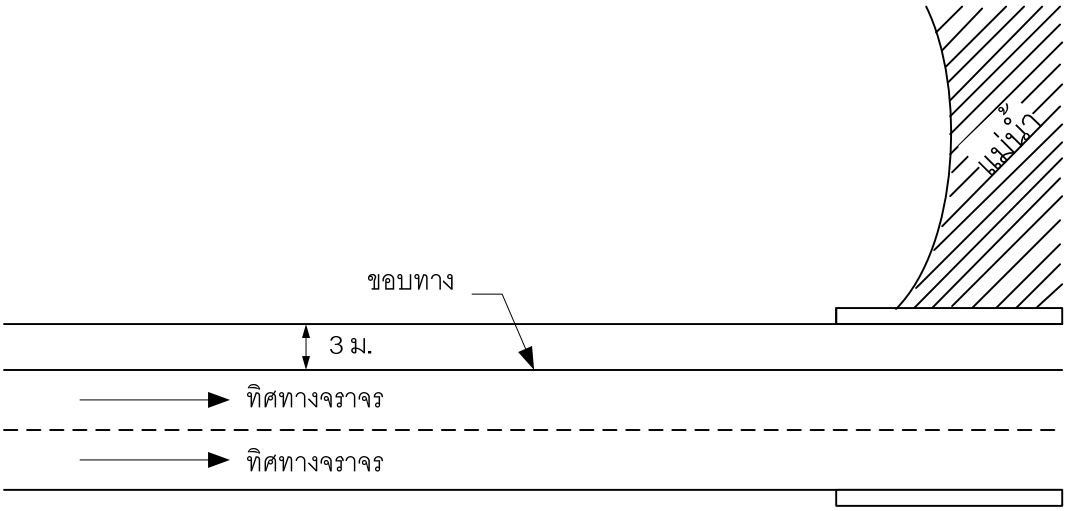
<u>ตัวอย่างที่ 1</u> ในกรณีที่วัตถุอันตรายข้างทางเป็นแบบต่อเนื่อง เช่น แหล่งน้ำขวางแนวถนนที่มีเกาะกลางและมีจำนวนช่องจราจร 4 ช่องจราจร (**รูปที่** 3-20)

เมื่อ ความเร็วออกแบบ 110 กม./ชม.

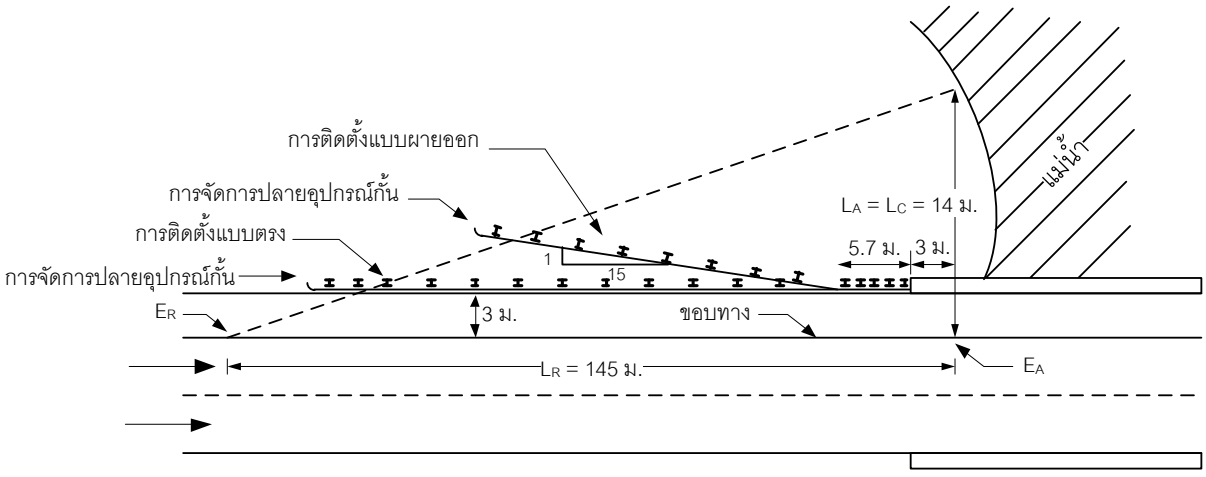
ปริมาณจราจร (ADT) = 9,000 คันต่อวัน

ความชันข้างทาง = 1V:4H

คำนวณหาความยาวอุปกรณ์กั้น



รูปที่ 3-20 **ตัวอย่างวัตถุอันตรายข้างทางเป็นแบบต่อเนื่อง**



รูปที่ 3-21 **ความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันวัตถุอันตรายข้างทางแบบต่อเนื่อง**

การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีเขียนแบบ

1. เมื่อวัตถุอันตรายเป็นแบบต่อเนื่อง ให้ $L_A = L_C$ โดยตาม**ตารางที่ 2-1** ระยะเขตปลอดภัย หรือ L_C = 14 เมตร
2. จาก**ตารางที่ 3-7** ระยะ Runout Length (L_R) = 145 เมตร
3. ในกรณีนี้วัตถุอันตรายข้างทางคือแหล่งน้ำ เมื่อ $L_A = L_C$ = 14 เมตร จึงวัดระยะห่างจากขอบทางจนถึงตำแหน่งของแหล่งน้ำที่ระยะ 14 เมตร จาก**รูปที่ 3-21** ตำแหน่ง E_A คือตำแหน่งที่ L_A = 14 เมตร
4. จากตำแหน่ง E_A ให้วัดระยะ Run out Length (L_R) = 145 เมตร ตามสัดส่วนจริงลงบนแบบ โดยวัดตามแนวขอบทาง เริ่มจากตำแหน่ง E_A ถึงตำแหน่ง E_R จากนั้นเขียนแนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนน โดยเริ่มลากแนวเส้นตรงเฉียงจากจุดที่แนวตำแหน่ง E_A ตั้งฉากกับขอบทางและตัดที่ตำแหน่งของแหล่งน้ำ จากนั้นลากเส้นแนวเฉียงยาวมาจนตัดกับตำแหน่ง E_R บนแนวขอบทาง
5. จาก**ตารางที่ 3-5** ระยะ Shy line offset = 2 เมตร แต่ในตัวอย่างนี้ ราวสะพานมีระยะห่างจากขอบทาง 3 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่มากกว่า Shy line offset ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์กั้นอาจเป็นการติดตั้งแบบตรง หรือแบบผายออกบริเวณปลายก็ได้
6. สำหรับการออกแบบในกรณีที่เป็นแบบตรง ให้เขียนแนวอุปกรณ์กั้นตรงตำแหน่งกึ่งกลางของราวสะพาน โดยเขียนแนวอุปกรณ์กั้นเริ่มจากขอบราวสะพานด้านใกล้สุด จนตัดกับแนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนนที่ตำแหน่ง E_R ความยาวของอุปกรณ์กั้นที่ออกแบบสามารถวัดได้จากระยะตามสัดส่วนจริงบนแบบ ซึ่งได้ความยาวประมาณ 114 เมตร
7. สำหรับการออกแบบในกรณีที่เป็นการผายออกบริเวณปลาย เมื่อเลือกใช้อุปกรณ์กั้นประเภทกึ่งแข็ง (Semi-rigid barrier) ให้ใช้อัตราส่วนการผายออกตาม**ตารางที่ 3-6** คือที่อัตราส่วน 15:1 เมื่อใช้ระยะ L_1 ที่ 5.7 เมตร อุปกรณ์กั้นในแนวตรงก่อนที่จะผายออกจะอยู่ที่ระยะ 5.7 เมตร แต่เมื่อมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์กั้นจากราวสะพาน ระยะ L1 ใหม่จะอยู่ที่ 8.7 เมตรโดยเริ่มวัดจากตำแหน่ง E_A จากนั้นอุปกรณ์กั้นจะผายออกตามอัตราส่วนที่ 15:1 จนแนวอุปกรณ์กั้นไปสิ้นสุดที่แนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนน ซึ่งสามารถวัดความยาวของอุปกรณ์กั้นได้ทั้งหมด 70 เมตร

การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีการคำนวณ

ตาม**รูปที่ 3-21** สามารถออกแบบความยาวอุปกรณ์กั้นได้ดังนี้

L_C = 14 เมตร = L_A

Runout Length = 145 เมตร

L_1 = 5.7 เมตร

ระยะห่างระหว่างแนวอุปกรณ์กั้นถึงขอบทาง (L_2) = 3 เมตร

อัตราการผายออก = 15:1

สำหรับการติดตั้งแบบตรง

$$X = \frac{L_A - L_2}{L_A / L_R}$$

$$X = \frac{14 - 3.0}{14 / 145} = 113.9 \text{ เมตร}$$

สำหรับการติดตั้งแบบมีการผายออกบริเวณปลาย

$$X = \frac{L_A + (b/a)(L_1) - L_2}{b/a + L_A / L_R}$$

$$X = \frac{14 + (1/15)(8.7) - 3}{1/15 + 14/145} = 71.0 \text{ เมตร}$$

จากตัวอย่างนี้ หากสะพานคอนกรีตเป็นสะพานที่มีอยู่เดิมและความชันข้างทางอยู่ที่ 1V:4H ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น ควรติดตั้งอุปกรณ์กั้นแบบตรงและไม่มีการผายออก เพราะการติดตั้งอุปกรณ์กั้นแบบมีการผายออกจำเป็นที่จะต้องปรับระดับความชันข้างทางให้มีความเรียบมากกว่าความชัน 1V:4H ทำให้ราคาค่าก่อสร้างในการทำดินถมอาจสูงขึ้นมาก และราคาค่าดินถมอาจมีราคาสูงกว่าความยาวของอุปกรณ์กั้นที่ใช้สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์กั้นแบบตรงซึ่งมีความยาวมากกว่าได้

<u>ตัวอย่างที่ 2</u> ในกรณีที่มีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันความชันคันทางที่มีความชัน 1V:2.5H และมีความสูงคันทางมากกว่า 10 เมตร บนถนน 2 ช่องจราจร

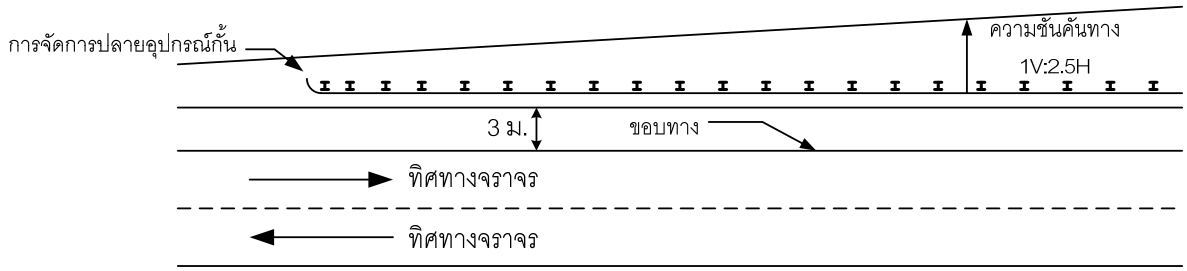
เมื่อ ความเร็วออกแบบ 100 กม./ชม.

ปริมาณจราจร (ADT) = 6,000 คันต่อวัน

ความกว้างไหล่ทางด้านซ้าย 3.0 เมตร

เป็นช่วงถนนทางตรง ที่มีพื้นที่ด้านล่างของความชันคันทางเป็นพื้นที่เรียบ

คำนวณหาความยาวอุปกรณ์กั้น



รูปที่ 3-22 ความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันความชันคันทางที่ไม่ปลอดภัย

<u>การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีเขียนแบบ</u>

1. จาก**ตารางที่ 2-1** ที่ความชันคันทาง 1V:2.5H ไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์กั้นถ้าความสูงคันทางต่ำกว่า 2.5 เมตร ดังนั้นในตัวอย่างนี้ที่มีความสูงคันทางมากกว่า 10 เมตร จึงควรติดตั้งอุปกรณ์กั้นที่ตำแหน่งเริ่มต้นที่คันทางมีความสูงคันทางมากกว่า 2.5 เมตร ขึ้นไป ดัง**รูปที่ 3-22**
2. จากนั้นควรมีการติดตั้งปลายอุปกรณ์กั้นต่อเนื่องจากอุปกรณ์กั้นที่ติดตั้งตามความยาวในข้อ 1

<u>ตัวอย่างที่ 3</u> ในกรณีที่มีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันตอม่อสะพานบนถนน 2 ช่องจราจร

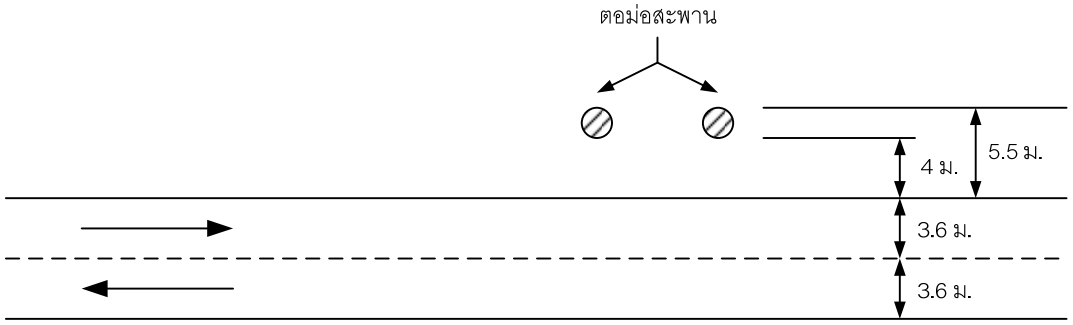
เมื่อ ความเร็วออกแบบ 90 กม./ชม.

ปริมาณจราจร (ADT) = 1,800 คันต่อวัน

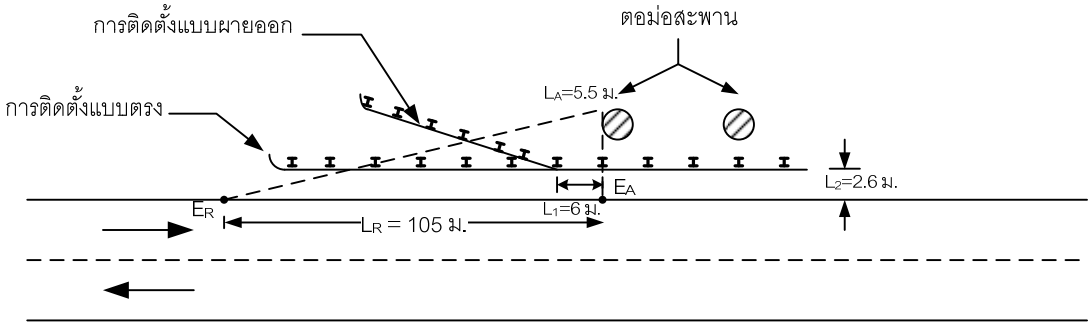
ความชันคันทางเป็นพื้นเรียบ

ประเภทอุปกรณ์กั้นเป็นราวกันอันตราย โดยใช้เสาแบบแข็ง (Strong Post W-Beam)

คำนวณหาความยาวอุปกรณ์กั้นทั้ง 2 ทิศทางจราจร



รูปที่ 3-23 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันตอม่อสะพาน



รูปที่ 3-24 ความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันตอม่อสะพาน

<u>การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีเขียนแบบในทิศทางจราจรที่อยู่ฝั่งเดียวกับวัตถุอันตราย (Adjacent Traffic)</u>

1. จาก**ตารางที่ 2-1** ระยะเขตปลอดภัย หรือ L_C = 6.5 เมตร แต่ระยะห่างระหว่างตอม่อสะพานถึงขอบทาง = 4 เมตร ดังนั้นตอม่อสะพานจึงอยู่ภายในระยะเขตปลอดภัย สมควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้น
2. จาก**ตารางที่ 3-2** ระยะ Shy line offset = 1 เมตร และระยะยืดหยุ่นของอุปกรณ์กั้นที่เป็นราวกันอันตราย โดยใช้เสาแบบแข็ง (Strong Post W-Beam) = 910 มม.
3. ดังนั้นควรติดตั้งราวกันอันตรายอยู่ในระยะที่ห่างจากตอม่อสะพานอย่างน้อย 1 เมตร และทำให้ระยะห่างระหว่างผิวสัมผัสด้านหน้าของอุปกรณ์กั้นถึงขอบทาง (L_2) จะอยู่ที่ระยะประมาณ 2.6 เมตรดังแสดงใน**รูปที่ 3-23**
4. จาก**รูปที่ 3-23** ระยะ L_A = 5.5 เมตร
5. จาก**ตารางที่ 3-7** ระยะ Runout Length (L_R) = 105 ม. เขียนแนวความยาว L_R เริ่มจากตำแหน่ง E_A ซึ่งเป็นตำแหน่งของแนวตอม่อสะพานด้านใกล้ที่ตั้งฉากกับแนวถนนจนถึงระยะ L_R สิ้นสุดที่ตำแหน่ง E_R ซึ่งตำแหน่ง E_R คือจุดสมมติที่รถยนต์จะเริ่มหลุดออกนอกถนน
6. เขียนแนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนน โดยเริ่มจากตำแหน่ง E_R และลากเส้นแนวเฉียงยาวจนถึงขอบด้านหลังของตอม่อสะพาน
7. สำหรับการออกแบบอุปกรณ์กั้นแบบตรง ให้เขียนแนวอุปกรณ์กั้นให้ห่างจากขอบทางที่ระยะ L_2 โดยเริ่มจากแนวขอบตอม่อสะพานด้านหน้าจนถึงจุดตัดแนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนน ความยาวของอุปกรณ์กั้นที่ออกแบบสามารถวัดได้จากระยะตามสัดส่วนจริงบนแบบ ซึ่งได้ความยาวประมาณ 55 เมตร
8. สำหรับการออกแบบอุปกรณ์กั้นแบบมีการผายออกบริเวณปลาย ให้ใช้อัตราส่วนการผายออกตาม **ตารางที่ 3-6** คือที่อัตราส่วน 12:1 เมื่อใช้ระยะ L_1 = 6.0 เมตร จะสามารถวัดความยาวของอุปกรณ์กั้นได้ทั้งหมด 25 เมตร

<u>การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีการคำนวณในทิศทางจราจรที่อยู่ฝั่งเดียวกับวัตถุอันตราย (Adjacent Traffic)</u>

ตาม**รูปที่ 3-23** สามารถออกแบบความยาวอุปกรณ์กั้นได้ดังนี้

สำหรับการติดตั้งแบบตรง

$$X = \frac{L_A - L_2}{L_A / L_R}$$

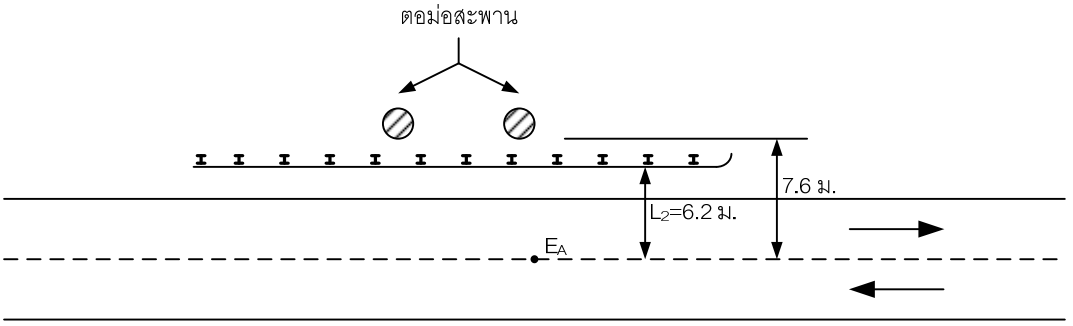
$$X = \frac{5.5 - 2.6}{5.5/105} = 55.4 \text{ เมตร}$$

สำหรับการติดตั้งแบบมีการผายออกบริเวณปลาย

$$X = \frac{L_A + (b/a)(L_1) - L_2}{b/a + L_A/L_R}$$

$$X = \frac{5.5 + (1/12)(6.0) - 2.6}{1/12 + 5.5/105} = 25.1 \text{ เมตร}$$

<u>การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีเขียนแบบในทิศทางจราจรที่อยู่ฝั่งตรงกันข้ามกับวัตถุอันตราย (Opposing Traffic)</u>



รูปที่ 3-25 ความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันตอม่อสะพานสำหรับทิศทางจราจรที่อยู่ฝั่งตรงกันข้าม

1. ระยะเขตปลอดภัย หรือ L_C ยังคงมีค่าเท่ากับ 6.5 เมตร แต่เป็นการวัดจากเส้นกึ่งกลางถนน ส่วนระยะห่างระหว่างตอม่อสะพานถึงเส้นกึ่งกลางถนน = 7.6 เมตร ดังนั้นตอม่อสะพานจึงอยู่นอกระยะเขตปลอดภัยสำหรับทิศทางจราจรที่อยู่ฝั่งตรงข้ามกับตอม่อสะพาน
2. เมื่อพิจารณาปลายอุปกรณ์กั้น ที่อยู่ในระยะเขตปลอดภัย (L_2 = 6.2 เมตร ซึ่งน้อยกว่า L_C = 6.5 เมตร) จึงสมควรให้มีการจัดการปลายอุปกรณ์กั้น ซึ่งให้รวมความยาวปลายอุปกรณ์เข้ากับความยาวของอุปกรณ์กั้นในทิศทางจราจรที่อยู่ฝั่งเดียวกับตอม่อสะพาน (Approaching Traffic)

<u>ตัวอย่างที่ 4</u> ในกรณีที่ต้องการติดตั้งอุปกรณ์กั้นในบริเวณทางโค้งนอก

เมื่อ ความเร็วออกแบบ 90 กม./ชม.

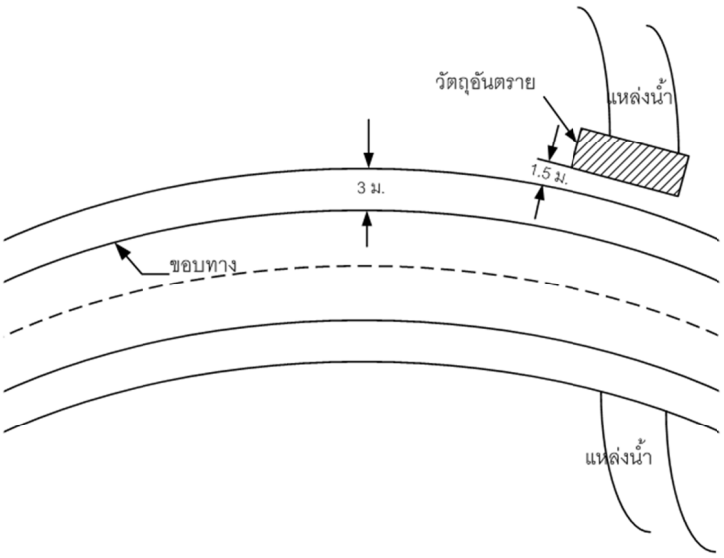
ปริมาณจราจร (ADT) = 700 คันต่อวัน

ความชันคันทาง = 1V:6H

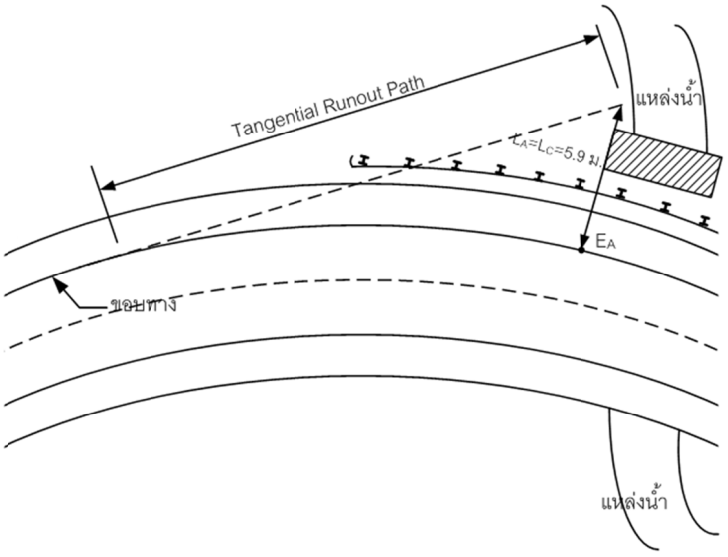
รัศมีโค้ง = 500 เมตร

ประเภทอุปกรณ์กั้นเป็นราวกันอันตราย โดยใช้เสาแบบแข็ง (Strong Post W-Beam)

คำนวณหาความยาวอุปกรณ์กั้นสำหรับโค้งนอก



รูปที่ 3-26 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันวัตถุอันตรายบนทางโค้งนอก



รูปที่ 3-27 ความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันวัตถุอันตรายบนทางโค้งนอก

<u>การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีเขียนแบบ</u>

1. จาก**ตารางที่ 2-1** ระยะเขตปลอดภัย หรือ L_C = 4.5 เมตร แต่เนื่องจากเป็นทางโค้งจึงต้องมีการปรับค่าระยะเขตปลอดภัย ซึ่ง Adjustment Factor ที่ได้จาก**ตารางที่ 2-2** = 1.3 ดังนั้นระยะเขตปลอดภัยที่ปรับแก้สำหรับทางโค้งแล้ว = 5.9 เมตร
2. จาก**รูปที่ 3-26** วัตถุอันตรายอยู่ห่างจากขอบทางเป็นระยะ 4.5 เมตร รวมทั้งยังมีแหล่งน้ำอยู่ภายในระยะเขตปลอดภัยด้วย ดังนั้นจึงควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นบริเวณทางโค้งนี้
3. เมื่อ $L_A = L_C$ = 5.9 เมตร ให้วาดแนวเส้นที่ขอบด้านใกล้ของวัตถุอันตรายตั้งฉากกับแนวถนนจนตัดขอบทางที่ตำแหน่ง E_A
4. จาก**ตารางที่ 3-5** ระยะ Shy line offset = 1 เมตร และระยะยืดหยุ่นของอุปกรณ์กั้นที่เป็นราวกันอันตราย โดยใช้เสาแบบแข็ง (Strong Post W-Beam) = 910 มม.
5. ดังนั้นควรติดตั้งราวกันอันตรายอยู่ในระยะที่ห่างจากวัตถุอันตรายประมาณ 1 เมตร ทำให้ผิวสัมผัสด้านหน้าของอุปกรณ์กั้นจะอยู่ในตำแหน่งที่ติดกับขอบไหล่ทาง
6. เริ่มต้นจากแนวตำแหน่ง E_A ที่ระยะ L_A เขียนเส้นตรงตามแนวเดียวกับ Tangent (T) ของทางโค้ง เส้นตรงแนวนี้จะเป็นขอบเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์จะเสียหลักออกนอกถนน
7. เขียนแนวอุปกรณ์กั้นจนถึงจุดตัดกับแนวเส้นตรงตาม Tangent ในข้อ 6 และสามารถวัดความยาวอุปกรณ์กั้นได้ 23 เมตร ดัง**รูปที่ 3-27**

<u>ตัวอย่างที่ 5</u> ในกรณีที่ต้องการติดตั้งอุปกรณ์กั้นตรงบริเวณราวสะพานคอนกรีต

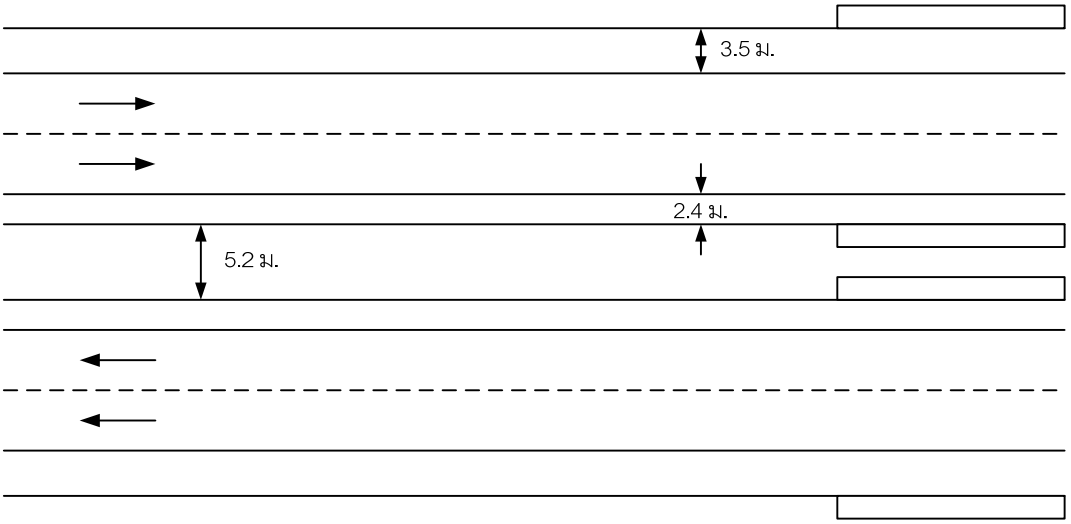
เมื่อ ความเร็วออกแบบ 110 กม./ชม.

ปริมาณจราจร (ADT) = 7200 คันต่อวัน

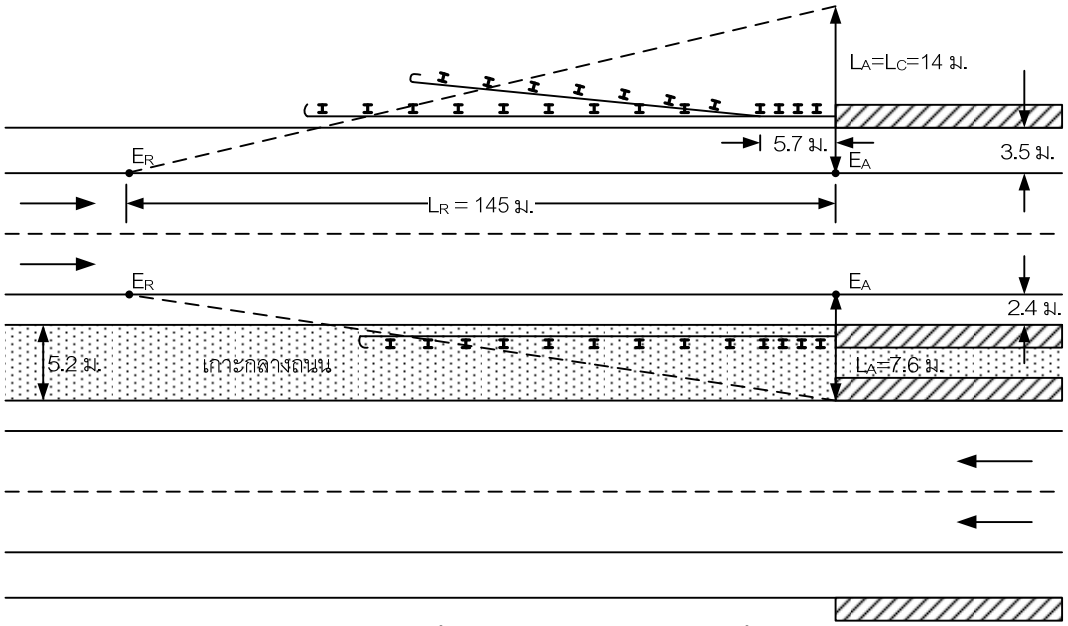
ความชันคันทาง = 1V:4H (ด้านซ้ายทาง) 1V:2H (บริเวณเกาะกลาง)

เกาะกลางมีความกว้าง 5.20 เมตร

คำนวณหาความยาวอุปกรณ์กั้นในทิศทางมุ่งหน้าเข้าหาราวสะพานคอนกรีต



รูปที่ 3-28 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันวัตถุอันตรายทั้งสองทิศทางจราจร



รูปที่ 3-29 ความยาวอุปกรณ์กั้นเพื่อป้องกันวัตถุอันตรายทั้งสองทิศทางจราจร

<u>การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีเขียนแบบ (ด้านซ้ายทาง)</u>

1. จาก**ตารางที่ 2-1** ระยะเขตปลอดภัย หรือ L_C = 14 เมตร สำหรับด้านซ้ายทาง
2. จาก**ตารางที่ 3-7** ระยะ Runout Length หรือ L_R = 145 เมตร และจาก**ตารางที่ 3-5** ระยะ Shy line offset = 2 เมตร ระยะห่างจากขอบทางถึงราวสะพานอยู่ที่ระยะ 3.5 เมตร ดังนั้นจึงสามารถติดตั้งอุปกรณ์กั้นได้ทั้งแบบผายออกและไม่ผายออก
3. กำหนดตำแหน่ง E_A ซึ่งเป็นตำแหน่งของปลายสะพานที่ตั้งฉากกับแนวถนน เนื่องจากอันตรายข้างทางคือแหล่งน้ำซึ่งเป็นวัตถุอันตรายแบบต่อเนื่อง ให้วัดระยะ $L_A = L_C$ = 14 เมตร
4. เขียนแนวความยาว L_R จากตำแหน่ง E_A จนถึงจุดสิ้นสุดที่ตำแหน่ง E_R
5. เขียนแนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนน โดยเริ่มจากตำแหน่ง E_R และลากเส้นแนวเฉียงยาวจนถึงแนวตำแหน่ง E_A ที่ระยะ L_A
6. สำหรับการออกแบบอุปกรณ์กั้นแบบตรง ให้เขียนแนวอุปกรณ์กั้นเริ่มจากตำแหน่ง E_A จนถึงจุดตัดแนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนน ความยาวของอุปกรณ์กั้นที่ออกแบบสามารถวัดได้จากระยะตามสัดส่วนจริงบนแบบ ซึ่งได้ความยาวประมาณ 108.8 เมตร โดยติดตั้งแนวอุปกรณ์กั้นให้เชื่อมต่อกับแนวของราวสะพาน หรือให้ชิดขอบไหล่ทาง
7. สำหรับการออกแบบอุปกรณ์กั้นแบบมีการผายออกบริเวณปลาย ให้ใช้อัตราส่วนการผายออกตาม **ตารางที่ 3-6** คือที่อัตราส่วน 15:1 เมื่อใช้ระยะ L_1 = 5.7 เมตร จะสามารถวัดความยาวของอุปกรณ์กั้นได้ทั้งหมด 66.2 เมตร

<u>การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีการคำนวณ (ด้านซ้ายทาง)</u>

สำหรับการติดตั้งแบบตรง

$$X = \frac{L_A - L_2}{L_A / L_R}$$

$$X = \frac{14 - 3.5}{14/145} = 108.9 \text{ เมตร}$$

สำหรับการติดตั้งแบบมีการผายออกบริเวณปลาย

$$X = \frac{L_A + (b/a)(L_1) - L_2}{b/a + L_A/L_R}$$

$$X = \frac{14 + (1/15)(5.7) - 3.5}{1/15 + 14/145} = 66.6 \text{ เมตร}$$

<u>การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีเขียนแบบ (บริเวณเกาะกลาง)</u>

1. เกาะกลางมีความชันคันทาง 1V:2H ดังนั้นจึงควรติดตั้งอุปกรณ์กั้นแบบตรงเท่านั้น และเนื่องจากความกว้างเกาะกลางมีระยะ 5.2 เมตร ระยะ L_A ที่ตำแหน่ง E_A จึงเท่ากับระยะห่างจากขอบทางถึงขอบราวสะพานที่อยู่ใกล้กับทิศทางจราจรฝั่งตรงข้าม ซึ่งวัดระยะ L_A ได้ 7.6 เมตร เนื่องจากอันตรายข้างทางในบริเวณเกาะกลางคือราวสะพานบนทิศทางจราจรฝั่งตรงข้าม
2. จาก**ตารางที่ 3-7** ระยะ Runout Length หรือ L_R = 145 เมตร เขียนแนวความยาว L_R จากตำแหน่ง E_A จนถึงจุดสิ้นสุดที่ตำแหน่ง E_R
3. เขียนแนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนน โดยเริ่มจากตำแหน่ง E_R และลากเส้นแนวเฉียงยาวจนถึงแนวตำแหน่ง E_A ที่ระยะ L_A
4. เขียนแนวอุปกรณ์กั้นเริ่มจากแนวตำแหน่ง E_A จนถึงจุดตัดแนวเขตพื้นที่เสี่ยงที่รถยนต์เสียหลักออกนอกถนน ความยาวของอุปกรณ์กั้นที่ออกแบบสามารถวัดได้จากระยะตามสัดส่วนจริงบนแบบ ซึ่งได้ความยาวประมาณ 99 เมตร โดยติดตั้งแนวอุปกรณ์กั้นให้เชื่อมต่อกับแนวของราวสะพาน

<u>การกำหนดความยาวอุปกรณ์กั้นด้วยวิธีการคำนวณ (บริเวณเกาะกลาง)</u>

สำหรับการติดตั้งแบบไม่มีการผายออกบริเวณปลาย

$$X = \frac{L_A - L_2}{L_A / L_R}$$

$$X = \frac{7.6 - 2.4}{7.6/145} = 99.2 \text{ เมตร}$$

3.4 การออกแบบและติดตั้งปลายอุปกรณ์กั้น

ปลายอุปกรณ์กั้นเป็นส่วนหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ขับขี่ การปรับปรุงส่วนปลายของอุปกรณ์กั้นจึงมีความจำเป็นในแง่ของการลดความรุนแรงที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการชนกับปลายอุปกรณ์กั้น จากการทบทวนรูปแบบปลายอุปกรณ์กั้นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันพบว่า ประเภทปลายอุปกรณ์กั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทไม่มีลิขสิทธิ์ (Non-Proprietary Terminal) เช่น การดัดโค้งออกทางด้านข้าง (Wing End) หรือ การฝังลงดิน (Turn Down) ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้มีราคาถูก และง่ายต่อการติดตั้งและบำรุงรักษา แต่มีประสิทธิภาพต่ำ และอาจเป็นอันตรายต่อรถยนต์ถ้ามีการพุ่งเข้าชนบริเวณปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้ได้
2. ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทมีลิขสิทธิ์ (Proprietary Terminal) เช่นปลายอุปกรณ์กั้นที่มีการออกแบบและผลิตโดยบริษัทผู้ผลิตต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นปลายอุปกรณ์กั้นที่มีประสิทธิภาพสูง มีความปลอดภัยในการใช้งาน เพราะส่วนใหญ่จะเป็นปลายอุปกรณ์กั้นที่มีการออกแบบให้มีลักษณะที่สามารถดูดซับพลังงานที่เกิดขึ้นหลังการชนได้ เหมาะสำหรับใช้บนถนนที่มีการจราจรความเร็วสูง ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้จึงมีชื่อเรียกเฉพาะตามบริษัทผู้ผลิต มีรูปแบบที่แน่นอนและส่วนใหญ่ได้ผ่านการทดสอบการชนก่อนนำมาใช้งานจริง เช่น ET Family, FLEAT system, Quadtrend System และอื่นๆ

ในคู่มือแนะนำการติดตั้งอุปกรณ์กั้นนี้ จะแนะนำการใช้ปลายของอุปกรณ์กั้นเฉพาะประเภทที่มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสำหรับใช้ในประเทศไทยโดยจะพิจารณาใช้ทั้งปลายของอุปกรณ์กั้นประเภทไม่มีลิขสิทธิ์และประเภทที่มีลิขสิทธ์ **ตารางที่** 3-8 ได้สรุปประเภทปลายอุปกรณ์กั้นที่แนะนำให้ใช้สำหรับประเทศไทย

ตารางที่ 3-8 ประเภทปลายอุปกรณ์กั้นที่แนะนำให้ใช้สำหรับประเทศไทย

ประเภท ปลายอุปกรณ์กั้น	อุปกรณ์กั้นที่ใช้	ลักษณะการติดตั้ง	การทดสอบการชน
ประเภทไม่มีลิขสิทธิ์ (Non-Proprietary Terminal)			
ลาดลงดิน (Turned-Down Terminal)	ทุกประเภท	ตรง (Non-flared) หรือผายออก (Flared)	ไม่ผ่านการทดสอบการชน
Modified Eccentric Loader Terminal (MELT)	Strong Post W-Beam Guardrail	ผายออก (Flared)	ไม่ผ่านการทดสอบการชน
ประเภทมีลิขสิทธิ์ (Proprietary Terminal)			
ET™ Family	Semi-Rigid System	ตรง (Non-flared)	ระดับ TL-2 และ TL-3
FLEAT-350™ และ FLEAT-MT™	W-Beam Guardrail Thrie-Beam Guardrail กำแพงคอนกรีต	ผายออก (Flared)	ระดับ TL-2 และ TL-3
QUADTREND™350	กำแพงคอนกรีต	ตรง (Non-flared)	ระดับ TL-3
REGENT™	W-Beam Guardrail Thrie-Beam Guardrail	ผายออก (Flared)	ระดับ TL-3
SKT-350™	Semi-Rigid System กำแพงคอนกรีต	ตรง (Non-flared)	ระดับ TL-2 และ TL-3
SRT-350™	Semi-Rigid System กำแพงคอนกรีต	ผายออก (Flared)	ระดับ TL-3

3.4.1 ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทไม่มีลิขสิทธิ์ (Non-Proprietary Terminal)

สำหรับปลายของอุปกรณ์กั้นประเภทไม่มีลิขสิทธิ์จะแนะนำให้ใช้เพียง 2 ประเภท ได้แก่

3.4.1.1 ปลายอุปกรณ์กั้นแบบลาดลงดิน (Turned-Down Terminal)

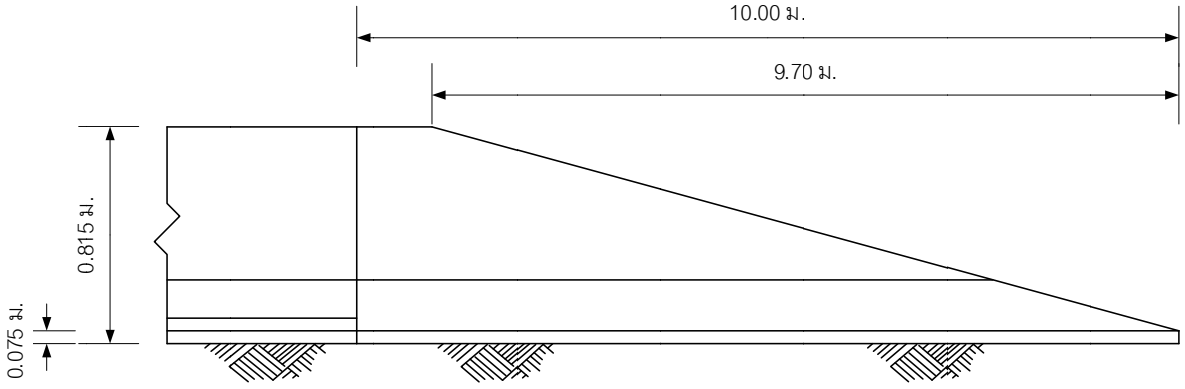
สำหรับราวกันอันตรายที่มีการจัดการปลายอุปกรณ์กั้นแบบลาดลงดินดัง**รูปที่** 3-30 ถ้ามีการพุ่งเข้าชนบริเวณปลายของอุปกรณ์กั้นด้วยความเร็วสูง อาจทำให้รถยนต์เหินพุ่งข้ามอุปกรณ์กั้น หรือเกิดการพลิกคว่ำของรถยนต์ได้ง่าย ทำให้ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้กำลังจะถูกยกเลิกการใช้งานในต่างประเทศ แต่ในประเทศไทยพบว่ามีการใช้งานอยู่อย่างแพร่หลาย ดังนั้นจึงพิจารณาให้สามารถใช้ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้ได้สำหรับถนนที่มีการจราจรใช้ความเร็วที่เปอร์เซนต์ไทล์ที่ 85 (V_{85}) ต่ำกว่า 100 กม./ชม. แต่ถ้าเป็นถนนที่การจราจรมีความเร็วสูงกว่า 100 กม./ชม. หรือเป็นถนนที่พบอุบัติเหตุรถยนต์พุ่งเข้าชนบริเวณปลายอุปกรณ์กั้นบ่อยครั้ง ควรพิจารณาให้ใช้ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทอื่นที่สามารถลดความรุนแรงที่เกิดจากการชนบริเวณปลายได้



รูปที่ 3-30 **ราวกันอันตรายที่มีการจัดการปลายอุปกรณ์กั้นแบบลาดลงดิน** (Turned-Down Terminal)

สำหรับอุปกรณ์กั้นประเภทแข็ง (Rigid System) ถ้าใช้ปลายอุปกรณ์กั้นแบบลาดลงดิน ควรต้องมีการผายออกบริเวณปลายและบริเวณปลายอุปกรณ์ควรอยู่นอกระยะเขตปลอดภัย อัตราการผายออก (Flare Rate) และระยะห่างจากขอบทางถึงปลายอุปกรณ์กั้น (Critical Offset) ขึ้นอยู่กับความเร็วจราจรตาม**ตารางที่** 3-9 ส่วนที่เป็นช่วงปลายอุปกรณ์กั้นที่มีความชันลาดลงดินควรมีความยาวประมาณ 10 ม. ดัง**รูปที่** 3-31

ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทแข็งแบบลาดลงดินนี้ไม่ผ่านการทดสอบการชนมาก่อน และมักพบว่าเป็นประเภทปลายอุปกรณ์กั้นที่ทำให้เกิดความรุนแรงสูงเมื่อพุ่งชนที่บริเวณปลาย จึงไม่ควรติดตั้งบนถนนที่ใช้ความเร็วสูง ดังนั้นปลายอุปกรณ์ประเภทนี้จึงเหมาะสำหรับใช้บนถนนที่มีการใช้ความเร็วไม่เกิน 100 กม./ชม.หรือในบริเวณที่มีโอกาสต่ำในการที่รถยนต์พุ่งเข้าชนในทิศทางเข้าหาปลายอุปกรณ์กั้น



รูปที่ 3-31 **กำแพงคอนกรีตที่มีการจัดการปลายอุปกรณ์กั้นแบบลาดลงดิน** (Turned-Down Terminal)



รูปที่ 3-32 กำแพงคอนกรีตที่มีการจัดการปลายอุปกรณ์กั้นแบบลาดลงดิน (Turned-Down Terminal)

ตารางที่ 3-9 อัตราการผายออก (Flare Rate) และระยะห่างจากขอบทางถึงปลายอุปกรณ์กั้น (Critical Offset) สำหรับการติดตั้งปลายอุปกรณ์กั้นแบบลาดลงดิน

ความเร็ว (กม./ชม.)	ระยะห่างจากขอบทางวิกฤต (เมตร)	อัตราการผายออกสูงสุด (ในกรณีที่ช่วงผายออกอยู่ในระยะห่างจากขอบทางวิกฤต)	อัตราการผายออกสูงสุด (ในกรณีที่ช่วงผายออกอยู่นอกระยะห่างจากขอบทางวิกฤต)
120	5.0	33:1	22:1
110	3.7	30:1	20:1
100	2.4	26:1	18:1
90	2.2	24:1	16:1
80	2.0	21:1	14:1
70	1.7	18:1	12:1
60	1.4	16:1	10:1
50	1.1	13:1	8:1

3.4.1.2 ปลายอุปกรณ์กั้นแบบ Modified Eccentric Loader Terminal (MELT)

ปลายอุปกรณ์กั้นแบบ MELT เป็นปลายอุปกรณ์กั้นที่มีการผายออกบริเวณปลาย ใช้สำหรับจัดการปลายราวกันอันตรายรูปตัว W ที่ใช้เสาแบบแข็ง (Strong Post W-Beam Guardrail) เป็นปลายอุปกรณ์กั้นที่พัฒนาต่อมากจากปลายอุปกรณ์กั้นประเภท Breakaway Cable Terminal (BCT) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากในประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ.1970 ก่อนที่เริ่มจะมีการเปลี่ยนเป็นปลายอุปกรณ์กั้นประเภท MELT การติดตั้งควรมีระยะห่างจากขอบทางถึงปลายอุปกรณ์ประมาณ 1.20 เมตร ช่วงบริเวณปลาย

อุปกรณ์มีการดัดเหล็กโค้งเข้าเป็นรูปมนในบริเวณเสาต้นแรกของปลายอุปกรณ์ (**รูปที่** 3-33) เหมาะสำหรับใช้บนถนนที่มีความเร็วการจราจรไม่เกิน 120 กม./ชม.



รูปที่ 3-33 **ปลายอุปกรณ์กั้นแบบ** Modified Eccentric Loader Terminal (MELT)

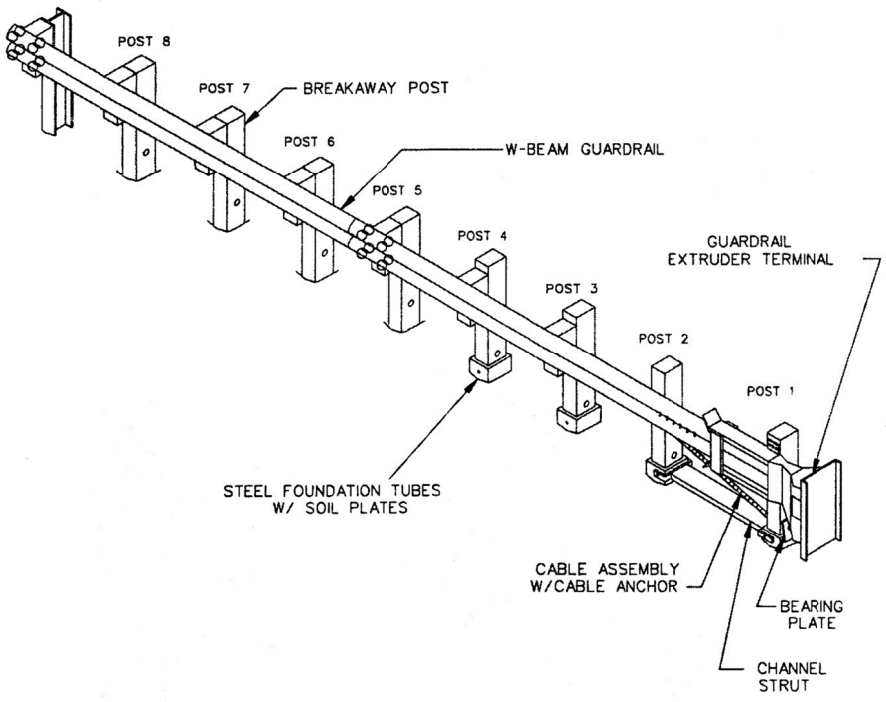
3.4.2 ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทมีลิขสิทธิ์ (Proprietary Terminal)

สำหรับปลายของอุปกรณ์กั้นประเภทมีลิขสิทธิ์ที่แนะนำให้ใช้ มีดังนี้

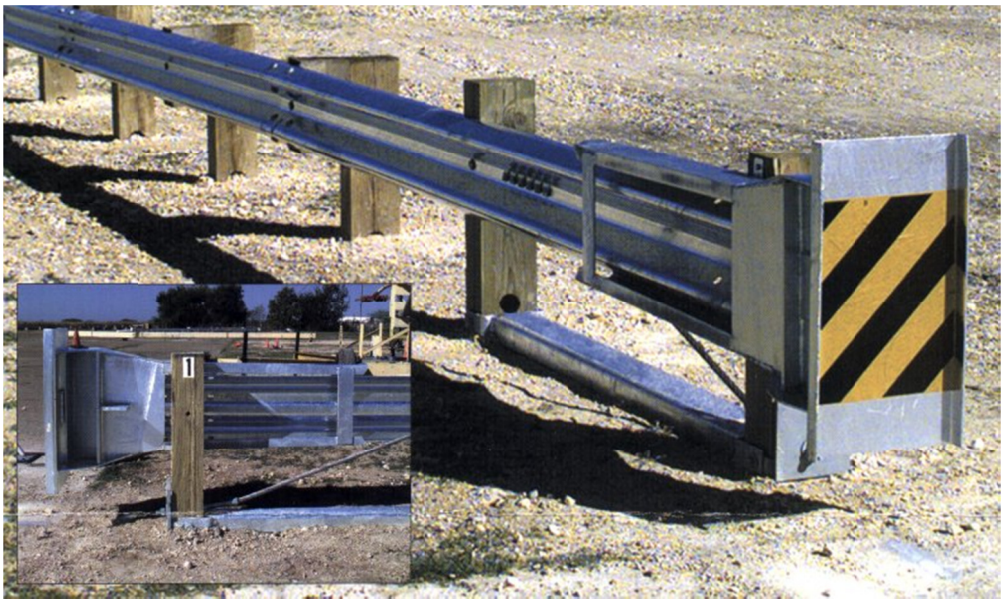
3.4.2.1 ปลายอุปกรณ์กั้นประเภท ET™ Family

ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้มีลักษณะเป็น cable-anchored system ที่ใช้ส่วนประกอบจากราวกันอันตรายทั่วไป เป็นอุปกรณ์ที่สามารถดูดซับพลังงานหลังการชนได้ (unidirectional energy-absorbing end treatment) ใช้สำหรับการติดตั้งบริเวณปลายของอุปกรณ์กั้นประเภทกึ่งแข็ง (Semi-rigid System) เมื่อมีการชนเกิดขึ้น บริเวณปลายอุปกรณ์กั้นจะถูกกระแทกแล้วหดเข้าไปในรางตามแนวของอุปกรณ์กั้น พลังงานที่เกิดขึ้นจากการชนจะค่อยๆ ลดลงเมื่อบริเวณปลายอุปกรณ์กั้นถูกชนจนยุบเสียรูปไป แต่ถ้าเกิดการชนบริเวณด้านข้างของปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้ รถยนต์ก็จะถูกควบคุมให้ออกห่างจากวัตถุอันตรายข้างทางได้ เพราะบริเวณด้านข้างได้ถูกออกแบบไว้เหมือนกับราวกันอันตรายทั่วไป

การเลือกใช้ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้ อาจเลือกรุ่นที่เหมือนกับหรือเทียบเท่ารุ่น ET-2000 หรือ ET-PLUS ดัง**รูปที่** 3-34 และ**รูปที่** 3-35 อุปกรณ์ประเภท ET ทั้งหมดได้ผ่านการทดสอบการชนตามมาตรฐานการชนของ NCHRP 350 ที่ระดับความรุนแรง TL-3 และ TL-2 การติดตั้งปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้ใช้สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์กั้นแบบตรง จึงไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นแบบผายออกเพราะจะทำให้ต้องใช้พื้นที่ข้างทางมากขึ้น



รูปที่ 3-34 **แบบปลายอุปกรณ์กั้นประเภท** ETTM Family

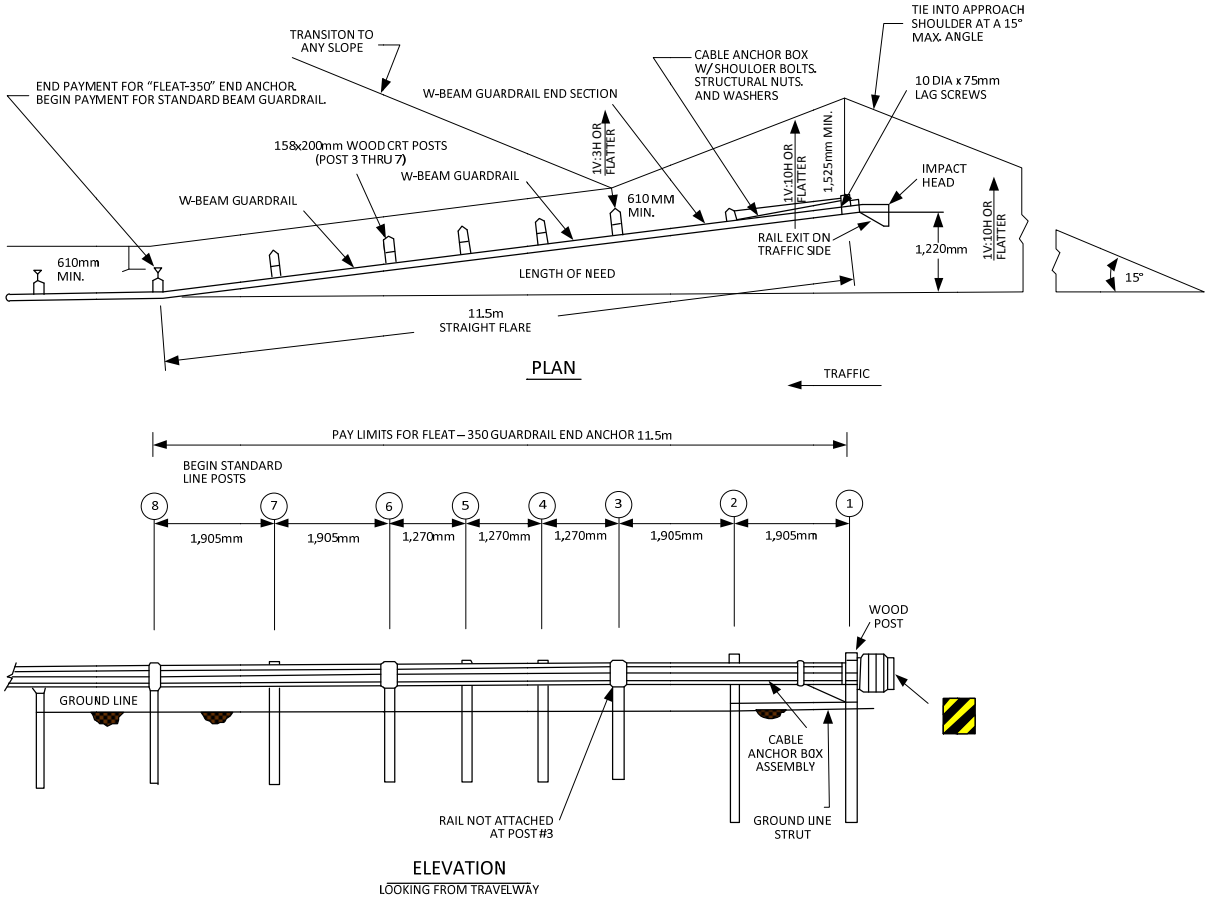


รูปที่ 3-35 **ปลายอุปกรณ์กั้นประเภท** ET™ Family

3.4.2.2 ปลายอุปกรณ์กั้นประเภท FLEAT-350™ และ FLEAT-MT™

FLEAT-350 หรือ Flared Energy Absorbing Terminal (**รูปที่** 3-36 และ**รูปที่** 3-37) คือปลายอุปกรณ์กั้นที่สามารถดูดซับพลังงานหลังการชนได้ ใช้สำหรับการติดตั้งบริเวณปลายของอุปกรณ์กั้นประเภทราวกันอันตรายรูปตัว W (W-beam Guardrail) ที่มีการติดตั้งแบบผายออก ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้มีลักษณะ

เป็น cable-anchored system ที่ใช้ส่วนประกอบจากราวกันอันตรายทั่วไป อุปกรณ์ประเภทนี้ได้ผ่านการทดสอบการชนตามมาตรฐานการชนของ NCHRP 350 ที่ระดับความรุนแรง TL-3 และ TL-2



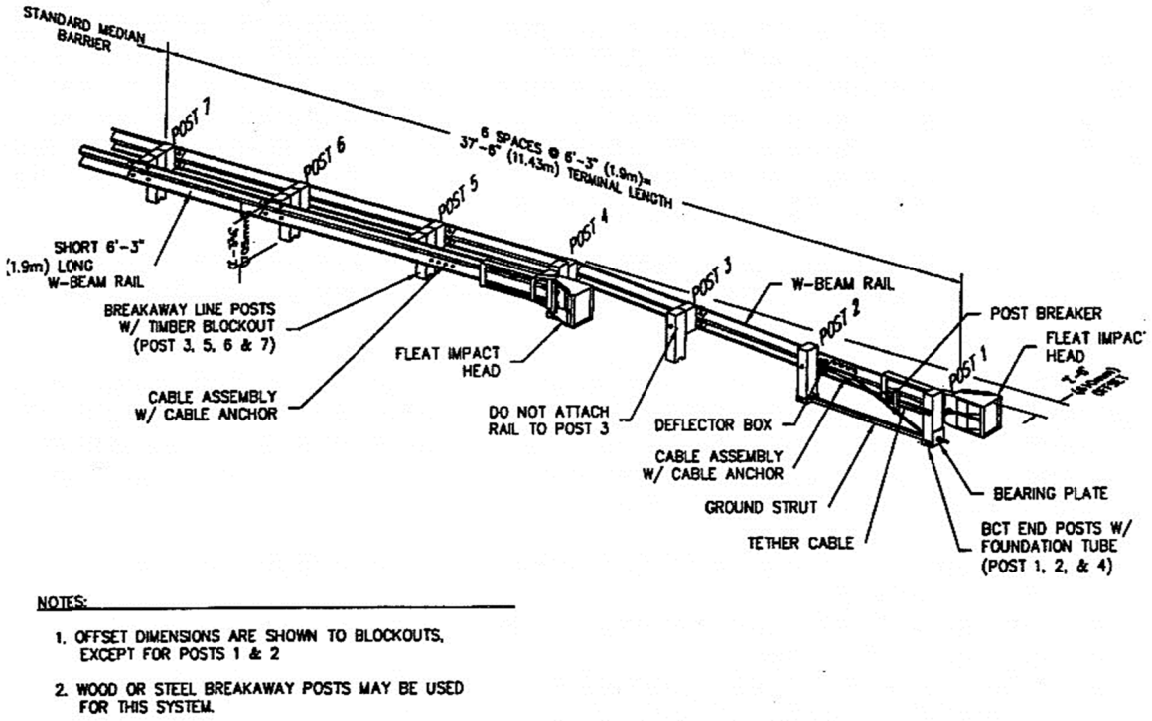
รูปที่ 3-36 แบบปลายอุปกรณ์กั้นประเภท FLEAT-350™



รูปที่ 3-37 ปลายอุปกรณ์กั้นประเภท FLEAT-350™

FLEAT-MT™ หรือ Flared Energy Absorbing Terminal-Median Terminal (**รูปที่ 3-38** และ**รูปที่ 3-39**) คือปลายอุปกรณ์กั้นที่ใช้สำหรับติดตั้งในบริเวณเกาะกลางถนนที่มีความกว้างค่อนข้างมาก ใช้สำหรับการ

ติดตั้งบริเวณปลายของอุปกรณ์กั้นประเภทราวกันอันตรายรูปตัว W (W-beam Guardrail) หรือราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam สามารถใช้ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทนี้กับกำแพงคอนกรีตได้เช่นเดียวกัน แต่ต้องมีการออกแบบจุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายกับกำแพงคอนกรีตด้วย



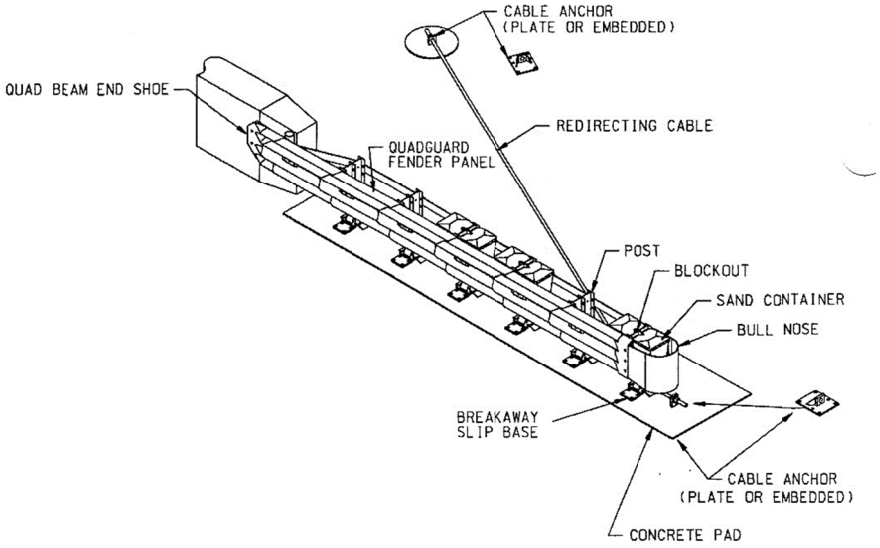
รูปที่ 3-38 แบบปลายอุปกรณ์กั้นประเภท FLEAT-MT™



รูปที่ 3-39 ปลายอุปกรณ์กั้นประเภท FLEAT-MT™

3.4.2.3 ปลายของอุปกรณ์กั้นประเภท QUADTREND^{TM}350

QUADTREND^{TM}350 (**รูปที่ 3-40** และ**รูปที่ 3-41**) คือปลายอุปกรณ์กั้นที่สามารถดูดซับพลังงานหลังการชนได้ มีลักษณะเป็น Gating Redirective End Treatment ใช้สำหรับการติดตั้งบริเวณปลายของอุปกรณ์กั้นประเภทแข็ง (Rigid Barrier) ประกอบไปด้วยแนวแผ่นเหล็กด้านนอกที่สามารถเลื่อนเข้าขณะปลายอุปกรณ์ยุบตัวเมื่อเกิดการชนในแนวตรง (Head on impact) นอกจากนี้ภายในตัวปลายอุปกรณ์กั้นมีการติดตั้งกล่องบรรจุทรายไว้เพื่อดูดซับพลังงานหลังการชน ถ้าเกิดการชนด้านข้าง แผ่นเหล็กด้านนอกจะทำหน้าที่เหมือนราวกันอันตรายทั่วไปโดยแผ่นเหล็กจะสามารถควบคุมรถให้ออกห่างจากวัตถุอันตรายได้ อุปกรณ์ประเภทนี้ได้ผ่านการทดสอบการชนตามมาตรฐานการชนของ NCHRP 350 ที่ระดับความรุนแรง TL-3



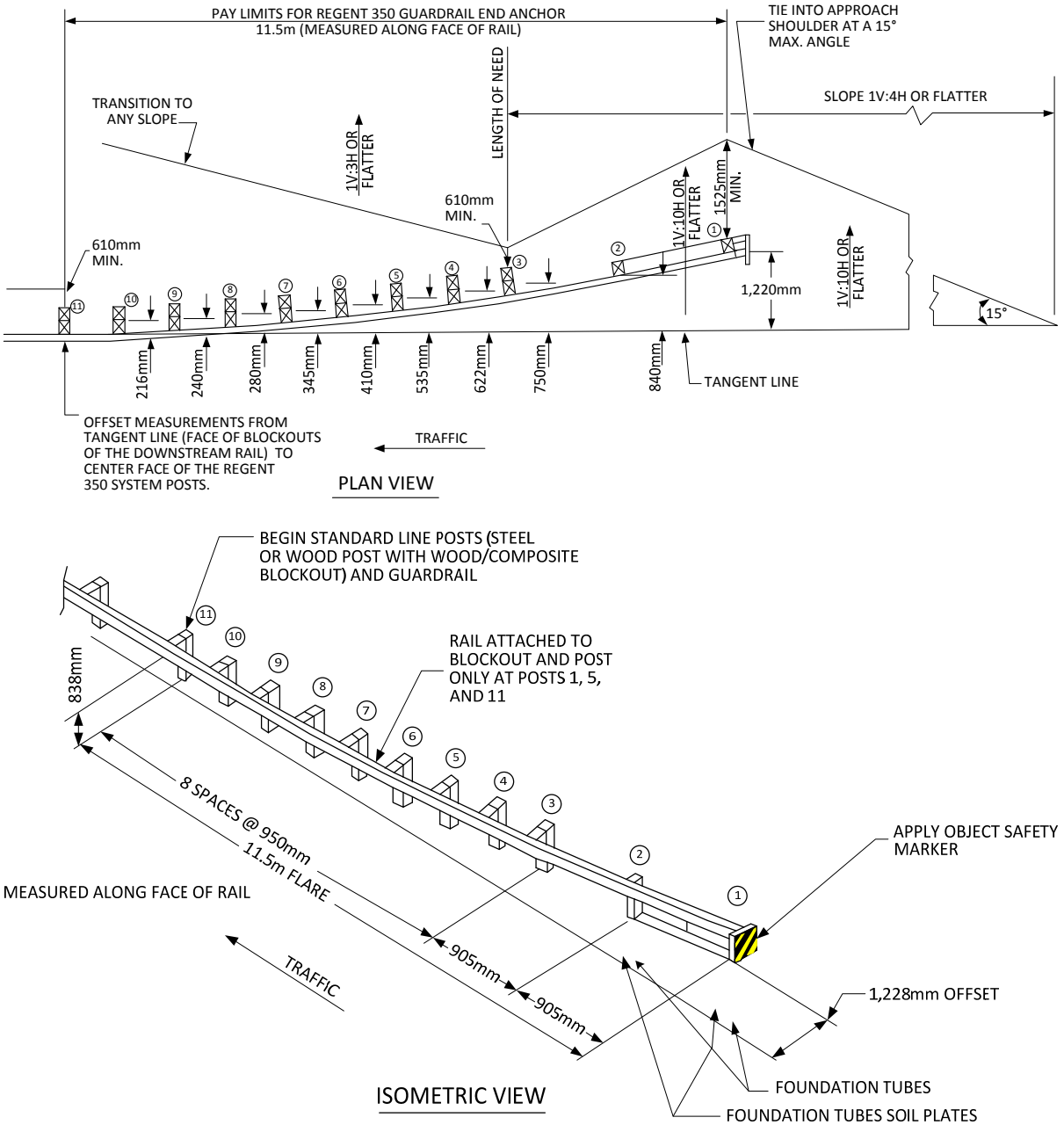
รูปที่ 3-40 **แบบปลายอุปกรณ์กั้นประเภท** QUADTREND^{TM}350



รูปที่ 3-41 **ปลายอุปกรณ์กั้นประเภท** QUADTREND^{TM}350

3.4.2.4 ปลายของอุปกรณ์กั้นประเภท REGENT™ SYSTEM

REGENT™ SYSTEM (**รูปที่** 3-42 และ**รูปที่** 3-43) คือปลายอุปกรณ์กั้นที่มีลักษณะเป็น Redirective, Gating Flared End Treatment อุปกรณ์ประเภทนี้ได้ผ่านการทดสอบการชนตามมาตรฐานการชนของ NCHRP 350 ที่ระดับความรุนแรง TL-3



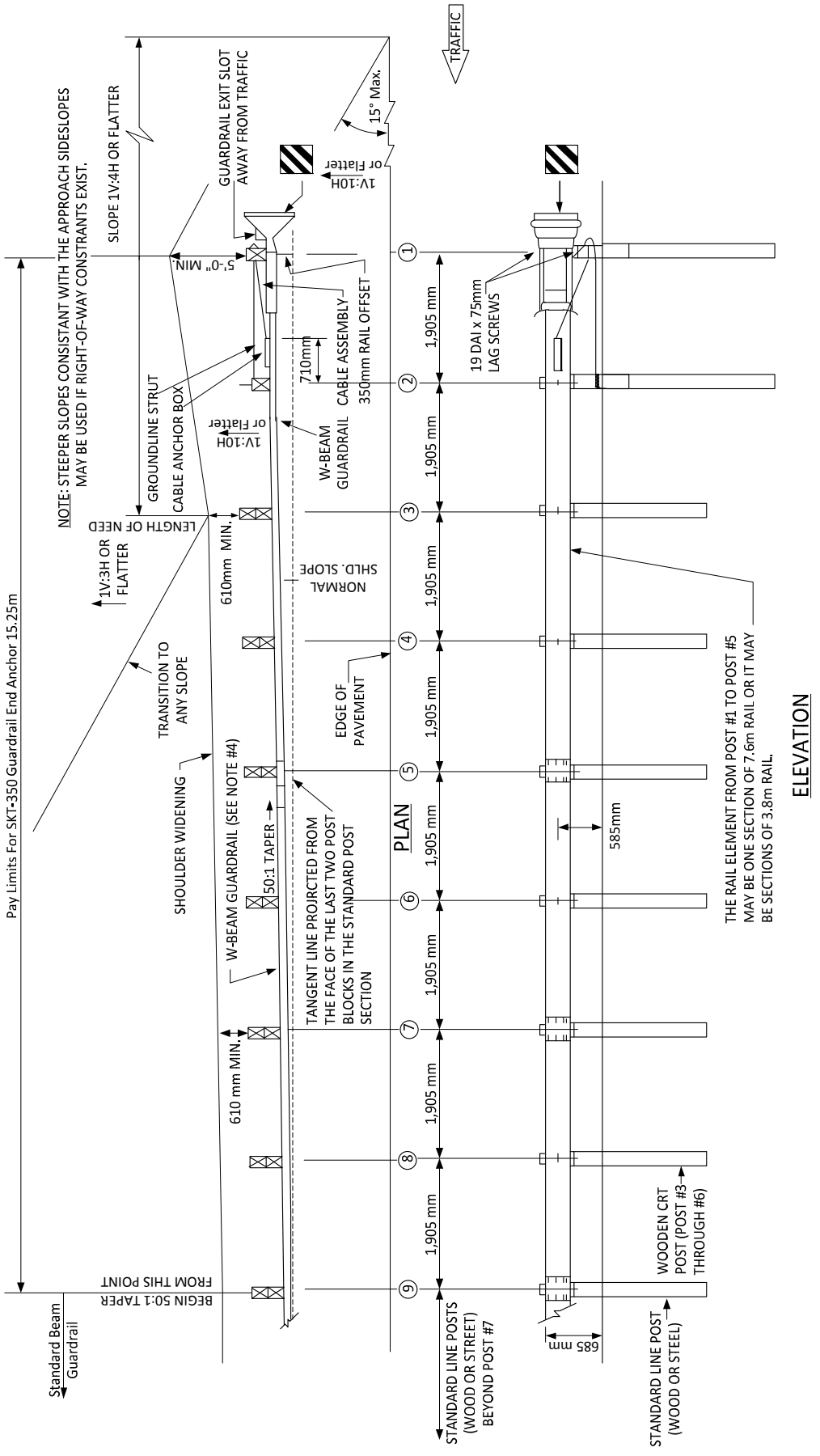
รูปที่ 3-42 **แบบปลายอุปกรณ์กั้นประเภท** REGENT™ SYSTEM



รูปที่ 3-43 ปลายอุปกรณ์กั้นประเภท REGENT™ SYSTEM

3.4.2.5 ปลายของอุปกรณ์กั้นประเภท SKT-350™ SYSTEM

SKT-350™ SYSTEM หรือ Sequential Kinking Terminal ดัง**รูปที่ 3-44** และ**รูปที่ 3-45** คือปลายอุปกรณ์กั้นที่มีลักษณะเป็น cable-anchored system ที่ใช้ส่วนประกอบจากราวกันอันตรายทั่วไป เป็นอุปกรณ์ที่สามารถดูดซับพลังงานหลังการชนได้ (unidirectional energy-absorbing end treatment) เหมาะสำหรับติดตั้งในบริเวณไหล่ทางหรือเกาะกลางถนน สามารถใช้เป็นปลายอุปกรณ์กั้นทั้งประเภทกึ่งแข็งและประเภทแข็งได้ ติดตั้งได้ในแนวตรงขนานกับแนวถนน อุปกรณ์ประเภทนี้ได้ผ่านการทดสอบการชนตามมาตรฐานการชนของ NCHRP 350 ที่ระดับความรุนแรง TL-3 และ TL-2



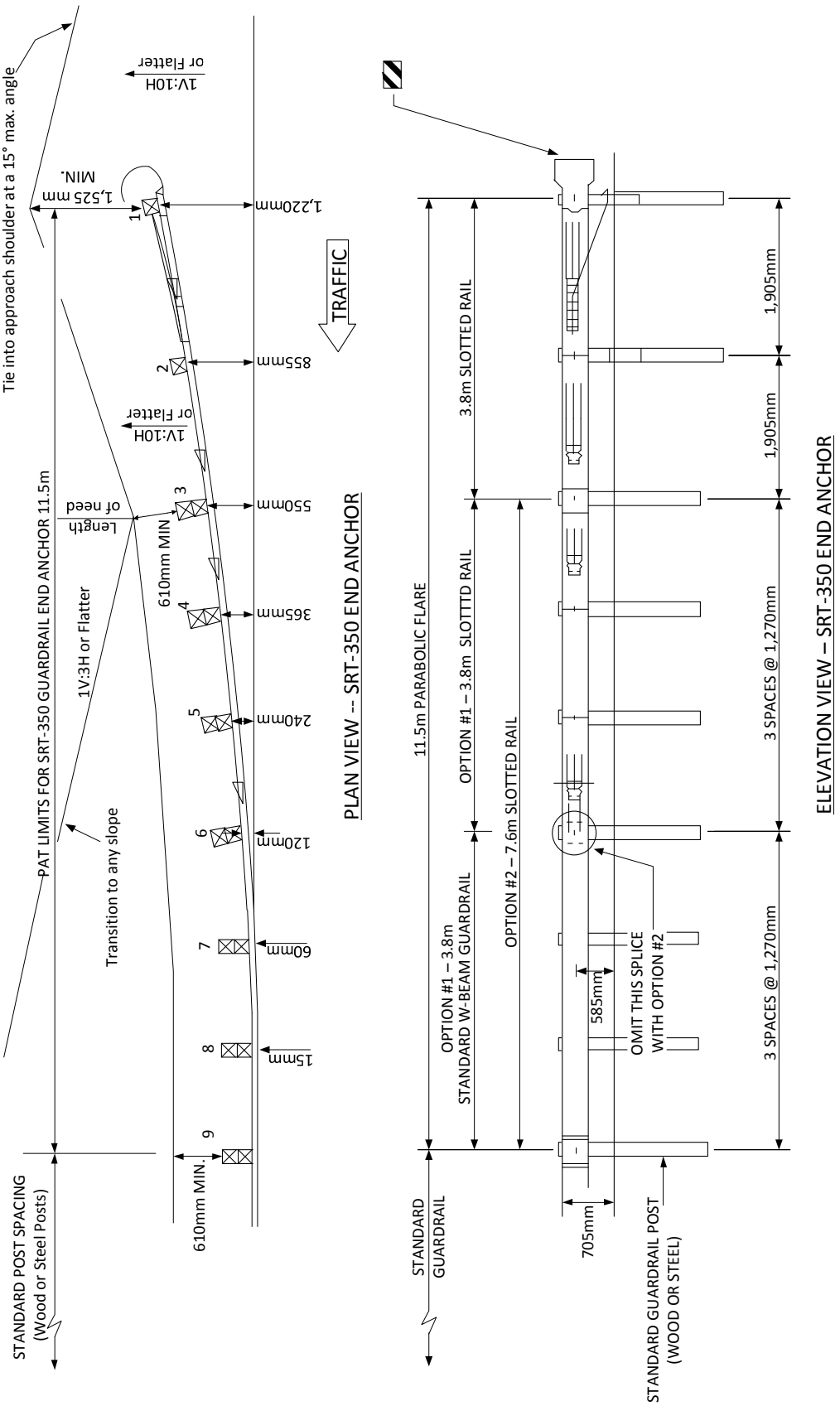
รูปที่ 3-44 **แบบปลายอุปกรณ์กั้นประเภท** SKT-350™ SYSTEM



รูปที่ 3-45 ปลายอุปกรณ์กั้นประเภท SKT-350™ SYSTEM

3.4.2.6 ปลายของอุปกรณ์กั้นประเภท SRT-350™ (Slotted Rail Terminal)

SRT-350™ หรือ Slotted Rail Terminal (**รูปที่ 3-46** และ**รูปที่ 3-47**) คือปลายอุปกรณ์กั้นที่มีลักษณะเป็น cable-anchored system ใช้สำหรับปลายอุปกรณ์กั้นทั้งประเภทกึ่งแข็งและประเภทแข็ง อุปกรณ์ประเภทนี้ได้ผ่านการทดสอบการชนตามมาตรฐานการชนของ NCHRP 350 ที่ระดับความรุนแรง TL-3



รูปที่ 3-46 **แบบปลายอุปกรณ์กั้นประเภท** SRT-350™ SYSTEM



รูปที่ 3-47 **ปลายอุปกรณ์กั้นประเภท** SRT-350^{TM} SYSTEM

3.4.2.7 ข้อพิจารณาในการเลือกใช้ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทมีลิขสิทธิ์

1. ควรมีการเลือกใช้ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทมีลิขสิทธิ์ให้เหมาะสมกับสภาพการจราจร ประเภทและตำแหน่งของวัตถุอันตรายข้างทาง และพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์
2. ปลายอุปกรณ์กั้นประเภทมีลิขสิทธิ์ที่กล่าวมาเบื้องต้นทุกประเภทได้ผ่านมาตรฐานการทดสอบการชนจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์กั้นที่ไม่ถูกวิธี การบำรุงดูแลรักษาที่ไม่ดีพอ และ/หรือการติดตั้งในบริเวณที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ปลายอุปกรณ์กั้นไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างปลอดภัย ในขั้นตอนการติดตั้งจึงควรปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตปลายอุปกรณ์กั้นอย่างเคร่งครัด
3. ผู้ผลิตควรให้คำแนะนำในการบำรุงดูแลรักษาและซ่อมแซมปลายอุปกรณ์เมื่อเกิดการชนเกิดขึ้น ควรมีการวางแผนสำรองอุปกรณ์ชิ้นส่วนและอะไหล่ เพื่อให้สามารถซ่อมแซมได้ทันทีเมื่อเกิดการชนรูปแบบต่างๆ เกิดขึ้น
4. โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ประเภทที่มีลิขสิทธิ์ จะติดตั้งในบริเวณที่มีโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุที่มีความรุนแรงสูง ดังนั้นควรมีการวางแผนในการซ่อมแซมอุปกรณ์ล่วงหน้า ซึ่งจะต้องดำเนินการทันทีเมื่อเกิดการชนเกิดขึ้น

3.5 การออกแบบและติดตั้งราวสะพานและจุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กั้นและราวสะพาน

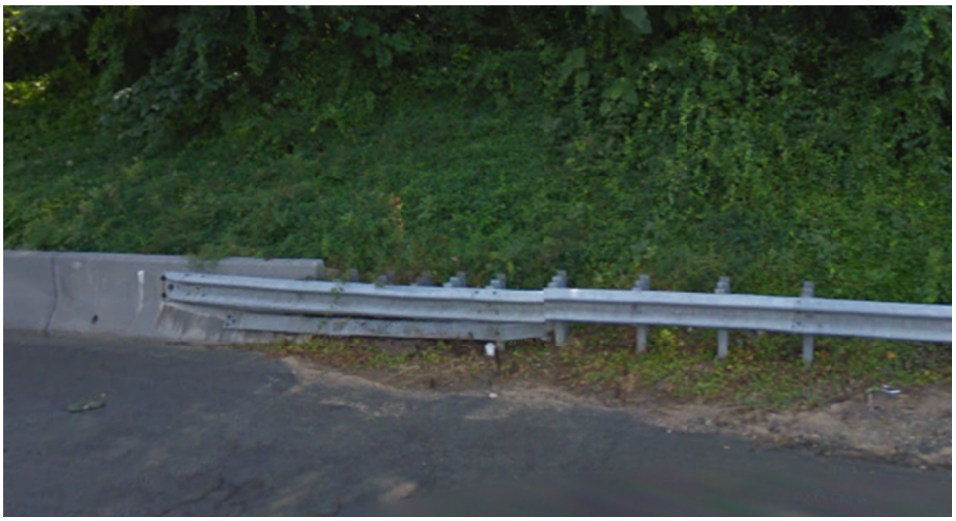
สะพานจัดเป็นอุปกรณ์ข้างทางชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ขับขี่เช่นกัน สะพานส่วนใหญ่ทำจากคอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงมาก อุบัติเหตุที่เกิดจากการชนกับสะพานโดยเฉพาะบริเวณหัวสะพานย่อมก่อให้เกิดความรุนแรงสูงเช่นเดียวกับวัตถุอันตรายข้างทางที่มีความแข็ง เช่น เสา ก้อนหิน หรือต้นไม้ขนาดใหญ่ ดังนั้น ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นบริเวณสะพานเพื่อลดความรุนแรงที่เกิดขึ้นด้วยเช่นกัน การติดตั้งอุปกรณ์กั้นเชื่อมต่อกับสะพานควรพิจารณาถึงหลักการ ดังต่อไปนี้

- จุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กั้นและราวสะพานควรมีความแข็งแรงใกล้เคียงกับความแข็งแรงของอุปกรณ์กั้น โดยทั่วไปจะใช้เหล็กยึดบริเวณข้อต่อโดยให้ปลายด้านหนึ่งเชื่อมต่อเนื่องจากราวสะพานดัง**รูปที่** 3-48



รูปที่ 3-48 **จุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กั้นและราวสะพาน**

- เสาที่ใช้ในการติดตั้งราวกันอันตรายในจุดเชื่อมต่อกับราวสะพาน ควรเป็นเสาแบบแข็ง (Strong Post) และมีการเสริมด้านหลัง (Blocked Out) ด้วยแท่งเหล็ก แท่งไม้ หรือแท่งพลาสติก เพื่อป้องกันไม่ให้ล้อรถวิ่งพุ่งเข้าชนเสา และควรมีการเสริมแผ่นราวกันอันตรายด้านล่างของราวกันอันตรายปกติเพื่อลดโอกาสที่รถยนต์จะมุดใต้ราวกันอันตรายและชนกับราวสะพานดัง**รูปที่** 3-49



รูปที่ 3-49 การเสริมแผ่นราวกันอันตรายที่จุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กั้นและราวสะพาน

- อุปกรณ์กั้นควรมีความยาวที่เหมาะสม โดยทั่วไปแล้วจะติดตั้งที่ความยาวประมาณ 10 – 12 เท่าของความต่างระยะยืดตัวทางด้านข้าง (Lateral Deflection) ของอุปกรณ์กั้นและสะพาน
- ความแข็งแรงของอุปกรณ์กั้นควรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปลายของอุปกรณ์กั้นจนถึงจุดเชื่อมต่อกับราวสะพาน โดยบริเวณที่ใกล้จุดเชื่อมต่อต้องมีความแข็งแรงมากที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดยการลดระยะห่างระหว่างเสาหรือการเพิ่มขนาดของเสา หรือใช้แผ่นราวกันอันตรายที่มีความแข็งแรงหรือมีความหนาเพิ่มมากขึ้น
- ไม่ควรติดตั้งคันหินบริเวณหน้าจุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กั้นและราวสะพาน เพราะทำให้เสี่ยงต่อการพลิกคว่ำของรถยนต์ได้ พื้นที่บริเวณจุดเชื่อมต่อจากขอบทางก็ควรเป็นพื้นที่เรียบที่มีความชันไม่สูงกว่า 1V:10H

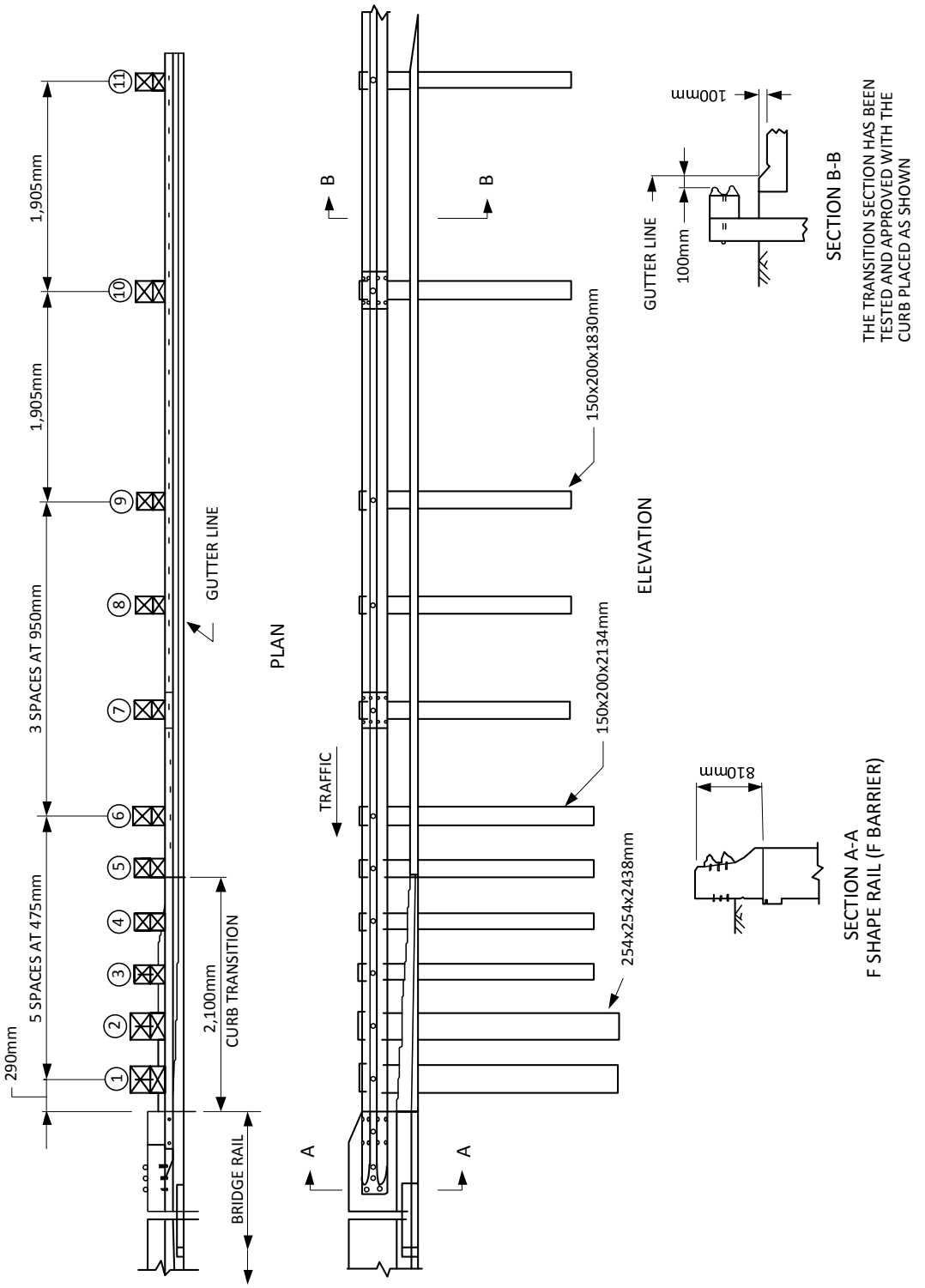
จุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กั้นและราวสะพานที่มีสามารถนำมาใช้ในประเทศไทย มีดังนี้

3.5.1 จุดเชื่อมต่อสำหรับราวกันอันตราย (W-Beam) และกำแพงคอนกรีตแบบหน้าตรงในบริเวณที่เป็นจุดเชื่อมต่อ

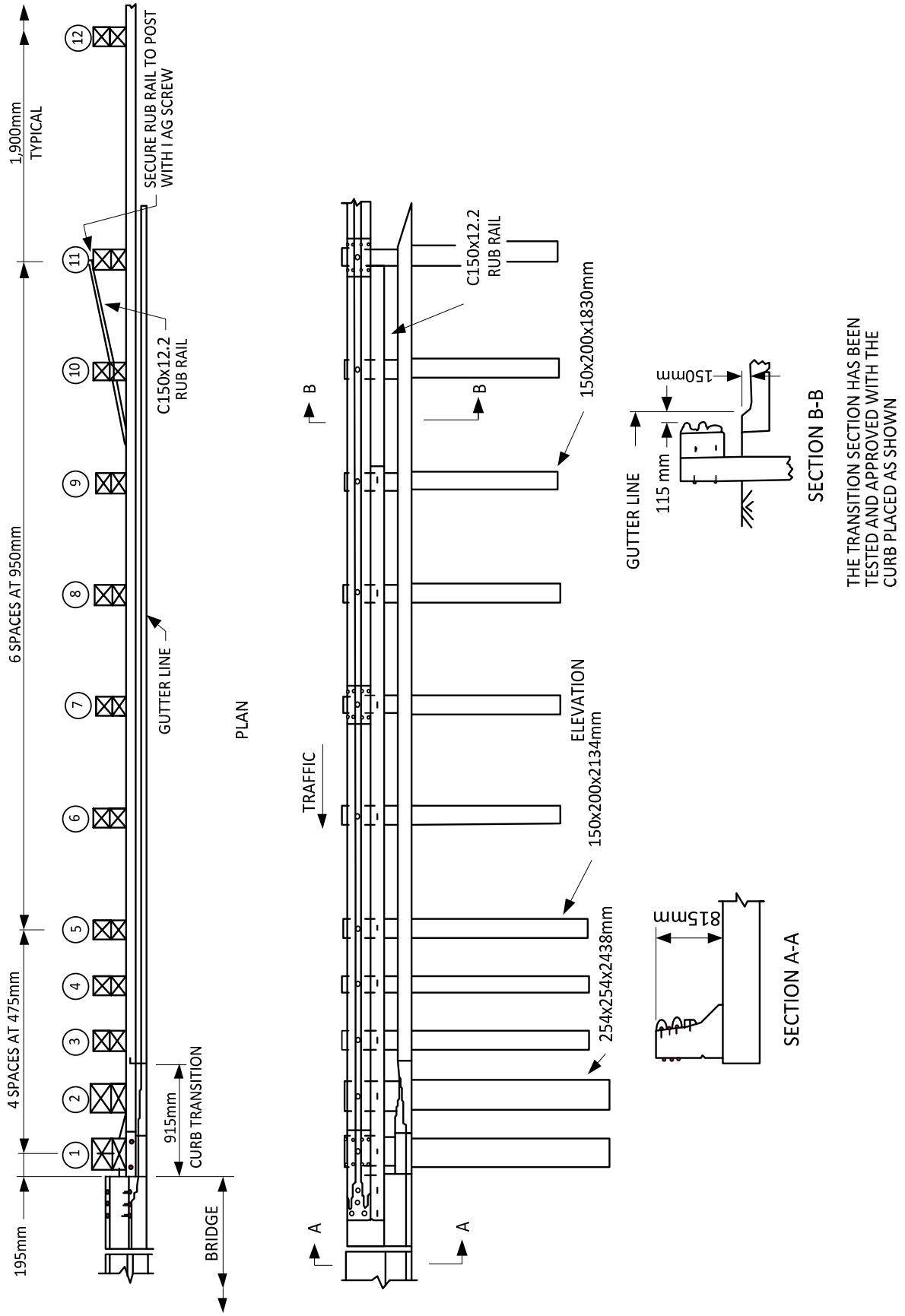
จุดเชื่อมต่อลักษณะนี้ใช้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายที่ใช้เสาแข็ง (Strong Post W-Beam) กับส่วนที่เป็นบริเวณหน้าตรง (Vertical Surface) ของกำแพงคอนกรีตหรือราวสะพานคอนกรีต ซึ่งมีวิธีการต่อทาบราวกันอันตรายต่อเนื่องกับปลายกำแพงคอนกรีต โดยมีระยะห่างระหว่างเสาสั้นลงเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของอุปกรณ์กั้นบริเวณใกล้จุดต่อเชื่อม (ระยะห่างระหว่างเสาประมาณ 0.475 ม.) ถ้าเป็นกำแพงคอนกรีตประเภท New Jersey หรือ F Shape จะไม่สามารถเชื่อมต่อกับราวกันอันตรายได้ทันที ต้องมีการปรับช่วงปลายกำแพงคอนกรีตให้มีลักษณะหน้าตรง (Vertical Surface) ก่อนที่จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์กั้น

จุดเชื่อมต่อประเภทนี้สามารถใช้ได้กับการติดตั้งกำแพงคอนกรีตแบบผายออกและไม่ผายออก ทำให้ลดโอกาสที่รถจะพุ่งเข้าชนด้านปลายของกำแพงคอนกรีตหรือราวสะพานคอนกรีตได้

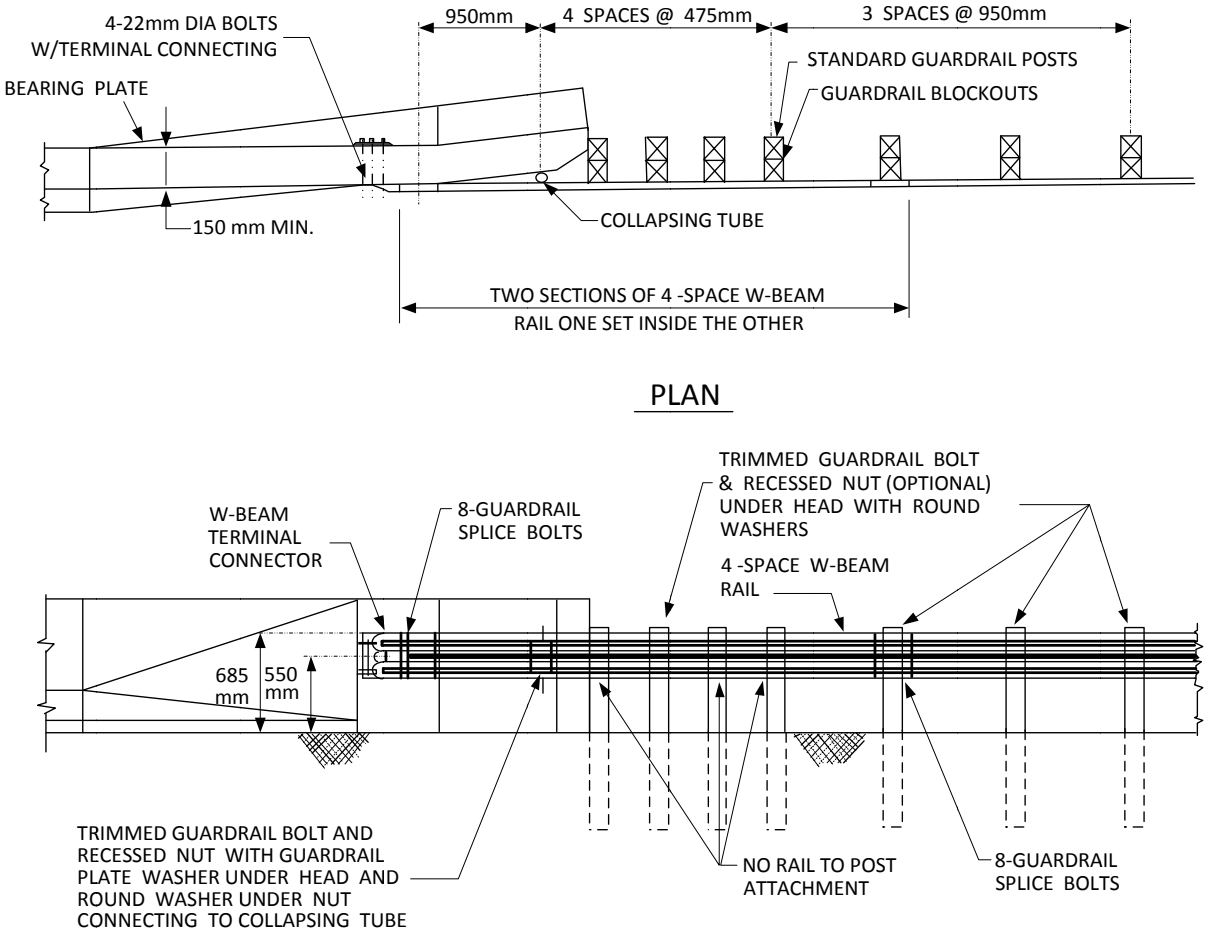
รูปที่ 3-50 ถึง 3-53 แสดงตัวอย่างจุดเชื่อมต่อสำหรับราวกันอันตราย (W-Beam) และกำแพงคอนกรีตแบบหน้าตรง



รูปที่ 3-50 จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายรูปตัว W และกำแพงคอนกรีตรูปตัว F



รูปที่ 3-51 **จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายรูปตัว** W **และกำแพงคอนกรีตประเภท** New Jersey



รูปที่ 3-52 **จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายรูปตัว** W **และกำแพงคอนกรีตในช่วงที่มีการผายออก**

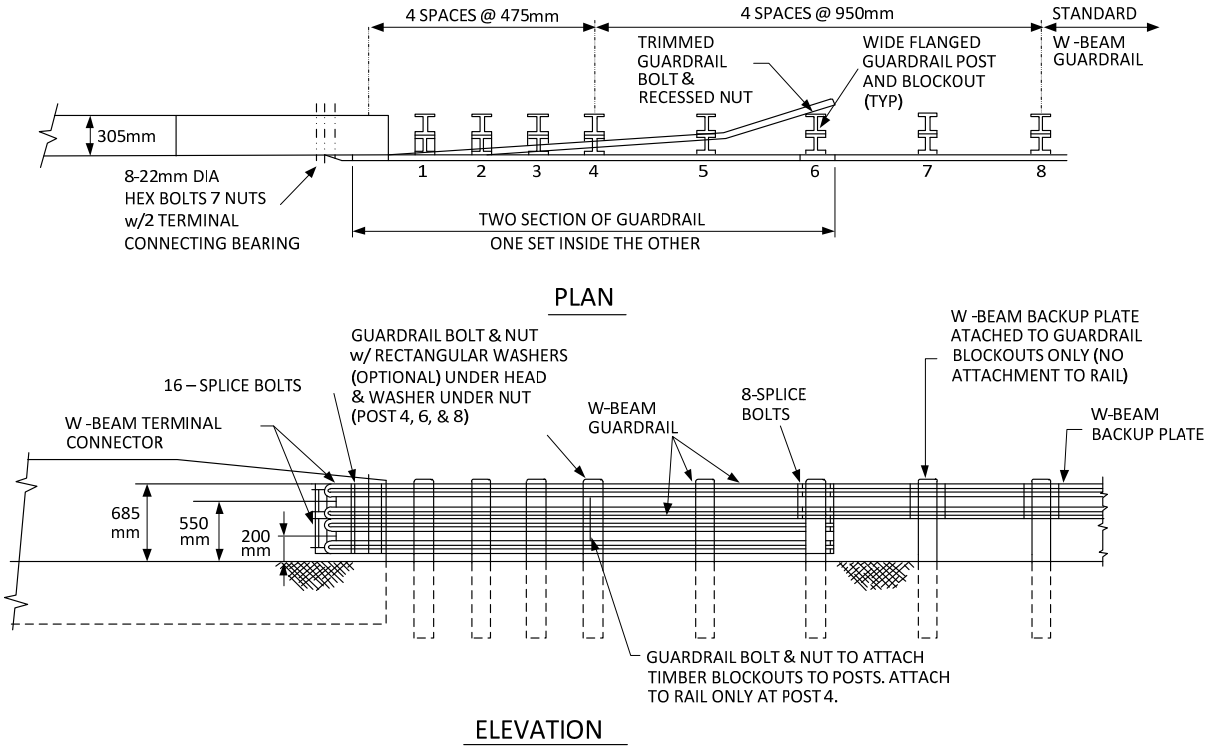


รูปที่ 3-53 **จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายรูปตัว** W **และกำแพงคอนกรีต**

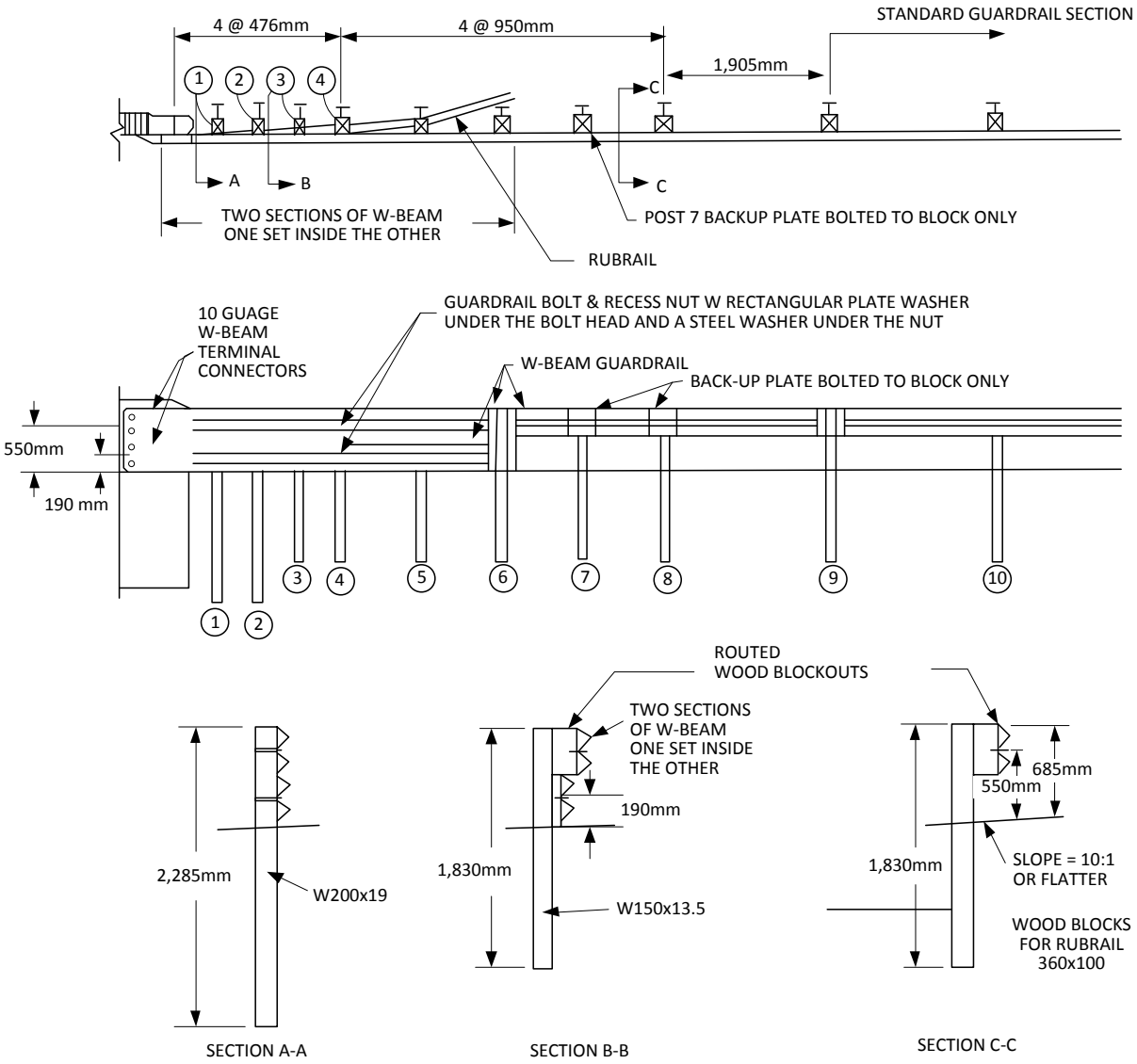
3.5.2 จุดเชื่อมต่อสำหรับราวกันอันตราย (W-Beam) และกำแพงคอนกรีตแบบหน้าตรง โดยใช้ W-Beam Rub Rail

การออกแบบจุดเชื่อมต่อลักษณะนี้ ใช้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายที่ใช้เสาแข็ง (Strong Post W-Beam) กับส่วนที่เป็นบริเวณหน้าตรง (Vertical Surface) ของกำแพงคอนกรีตหรือราวสะพานคอนกรีต มีการต่อทาบราวกันอันตรายในรูปแบบสองชั้น โดยเสริมด้วย W-Beam Rub Rail เพื่อเพิ่มความแข็งแรงบริเวณจุดเชื่อมต่อ ถ้าเป็นกำแพงคอนกรีตประเภท New Jersey หรือ F Shape จะไม่สามารถเชื่อมต่อกับราวกันอันตรายได้ทันที ต้องมีการปรับช่วงปลายกำแพงคอนกรีตให้มีลักษณะหน้าตรง (Vertical Surface) ก่อนที่จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์กั้น

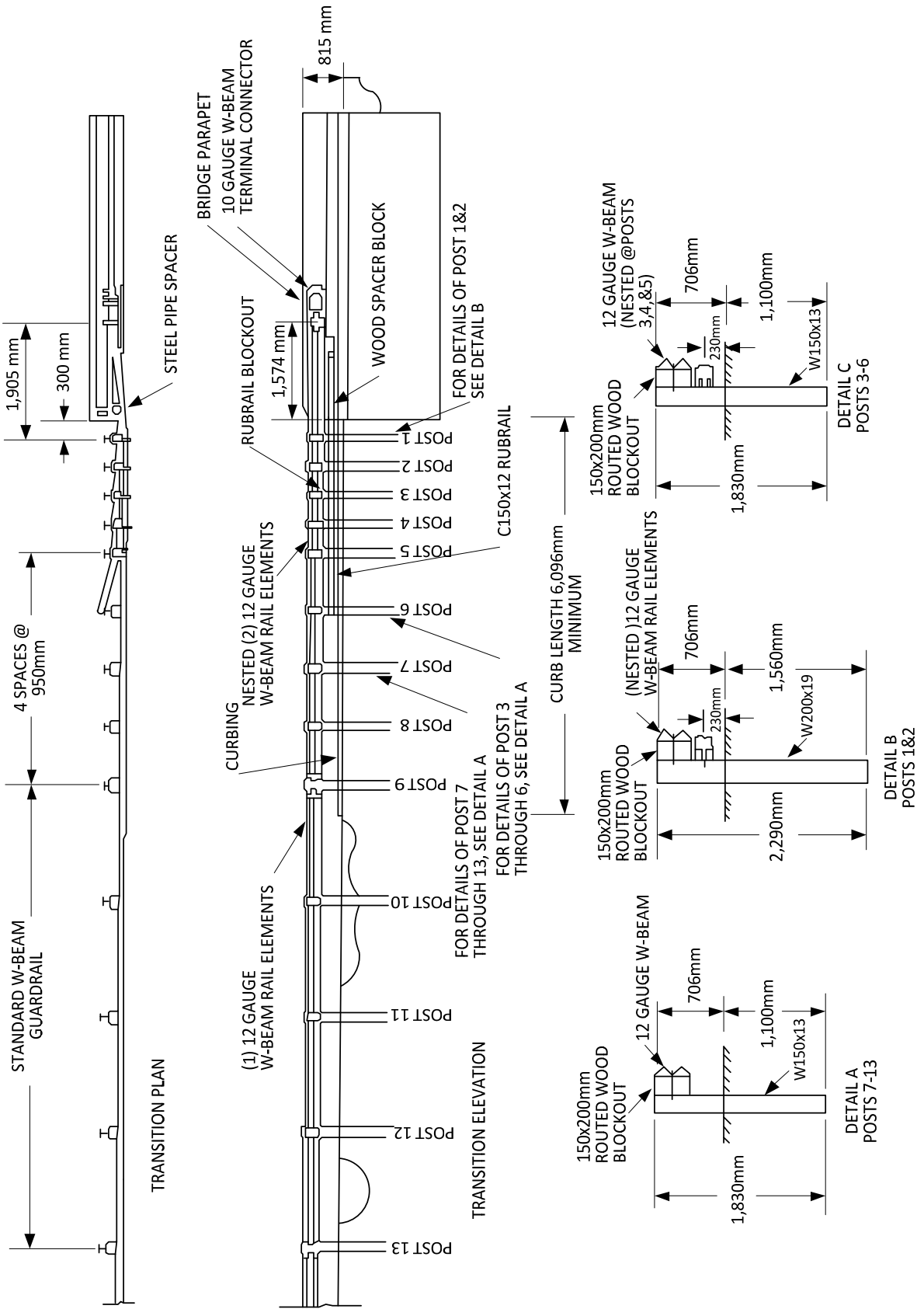
รูปที่ 3-54 ถึง 3-56 แสดงตัวอย่างจุดเชื่อมต่อสำหรับราวกันอันตราย (W-Beam) และกำแพงคอนกรีตแบบหน้าตรง โดยใช้ W-Beam Rub Rail



รูปที่ 3-54 จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายรูปตัว W และกำแพงคอนกรีตหน้าตรง โดยมีการเสริมราวกันอันตรายบริเวณจุดเชื่อมต่อ



รูปที่ 3-55 จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายรูปตัว W และกำแพงคอนกรีตหน้าตรง โดยมีการเสริมราวกันอันตรายบริเวณจุดเชื่อมต่อ (ผ่านการทดสอบการชนที่ระดับ TL-3)

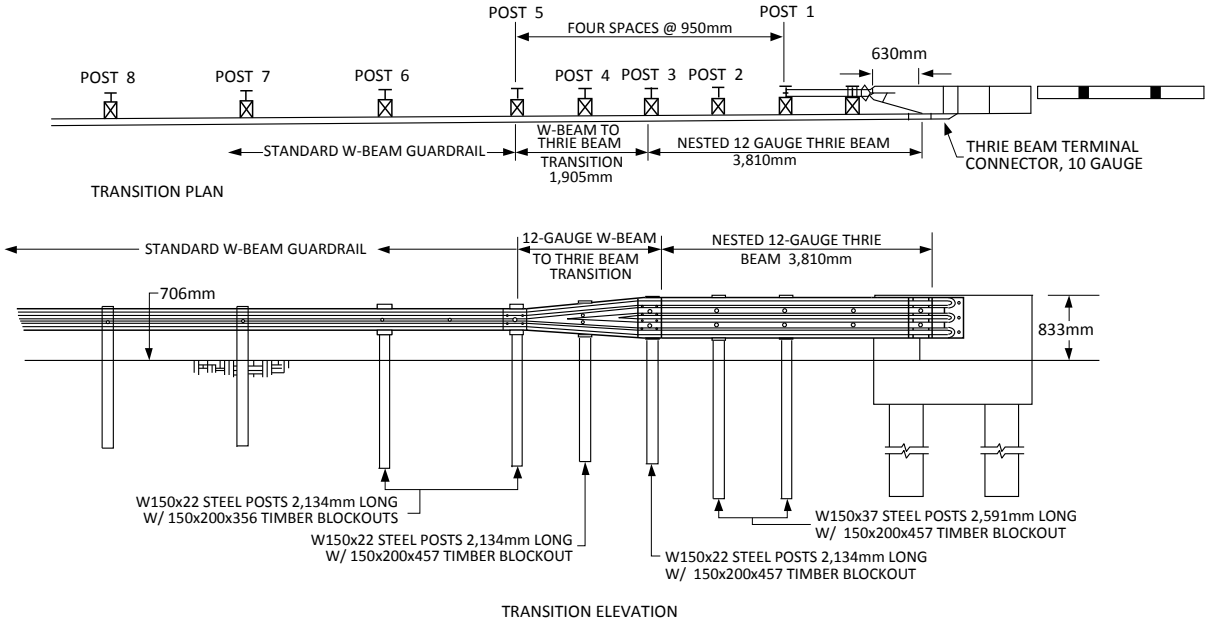


รูปที่ 3-56 จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายรูปตัว W และกำแพงคอนกรีตหน้าตรง โดยมีการเสริมราวกันอันตรายบริเวณจุดเชื่อมต่อ (อ้างอิงจากรัฐ Connecticut)

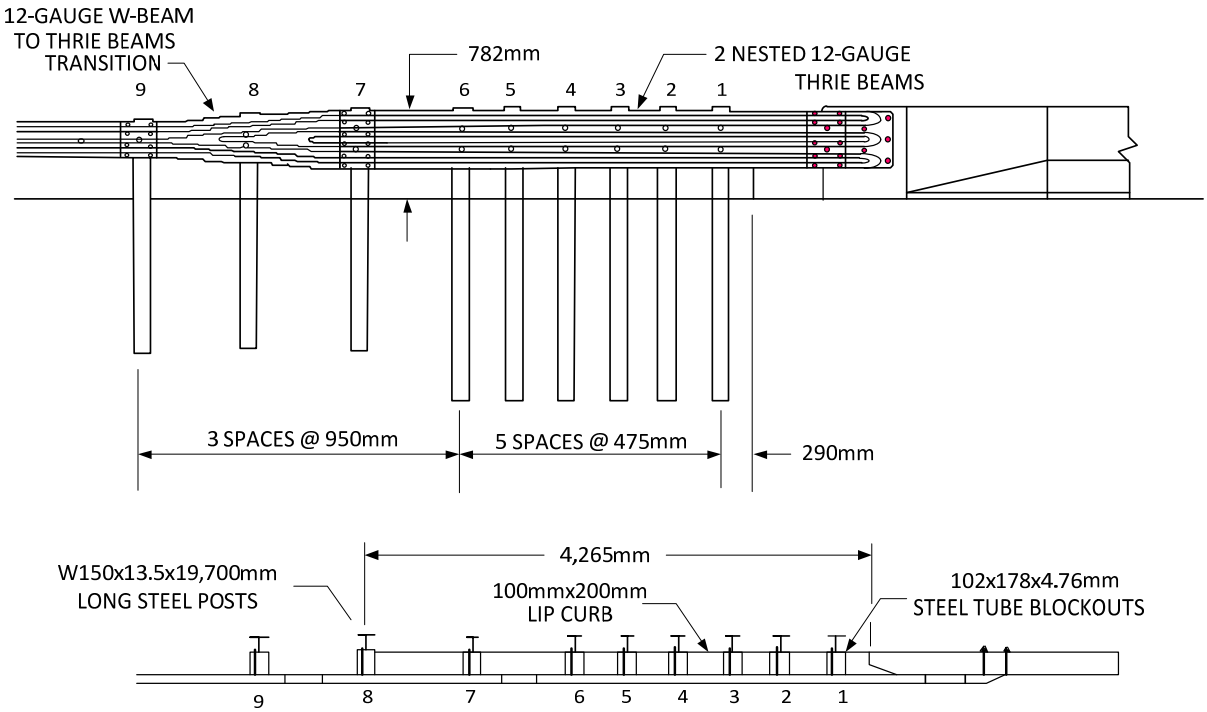
3.5.3 จุดเชื่อมต่อสำหรับ Nested Thrie-Beam และกำแพงคอนกรีตแบบหน้าตรง

การออกแบบจุดเชื่อมต่อลักษณะนี้ ใช้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายรูปตัว W แบบใช้เสาแข็ง (Strong Post W-Beam) หรือราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam (Thrie-Beam System) กับส่วนที่เป็นบริเวณหน้าตรง (Vertical Surface) ของกำแพงคอนกรีตหรือราวสะพานคอนกรีต ซึ่งมีวิธีการต่อทาบแผ่นราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam ต่อเนื่องกับปลายกำแพงคอนกรีต จุดเชื่อมต่อนี้มีความแข็งแรงสูง ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบปลายกำแพงคอนกรีตให้มีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อรองรับแรงกระแทกที่เกิดจากการชนด้วย

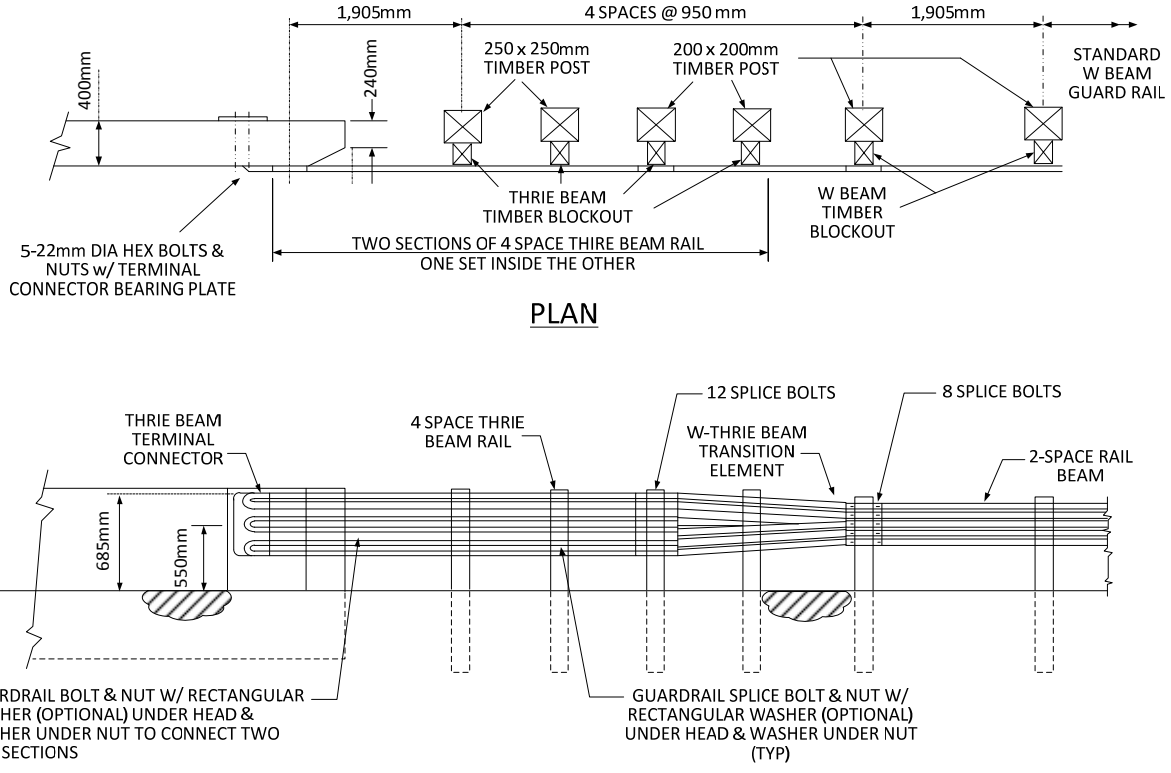
รูปที่ 3-59 ถึง 3-60 แสดงตัวอย่างจุดเชื่อมต่อสำหรับ Nested Thrie-Beam และกำแพงคอนกรีตแบบหน้าตรง



รูปที่ 3-57 จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตราย Thrie-beam และกำแพงคอนกรีตหน้าตรง (ผ่านการทดสอบการชนที่ระดับ TL-3 อ้างอิงจากรัฐ Nebraska)



รูปที่ 3-58 จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตราย Thrie-beam และกำแพงคอนกรีตหน้าตรง (ผ่านการทดสอบการชนที่ระดับ TL-3)



รูปที่ 3-59 จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตราย Thrie-beam และกำแพงคอนกรีตหน้าตรง

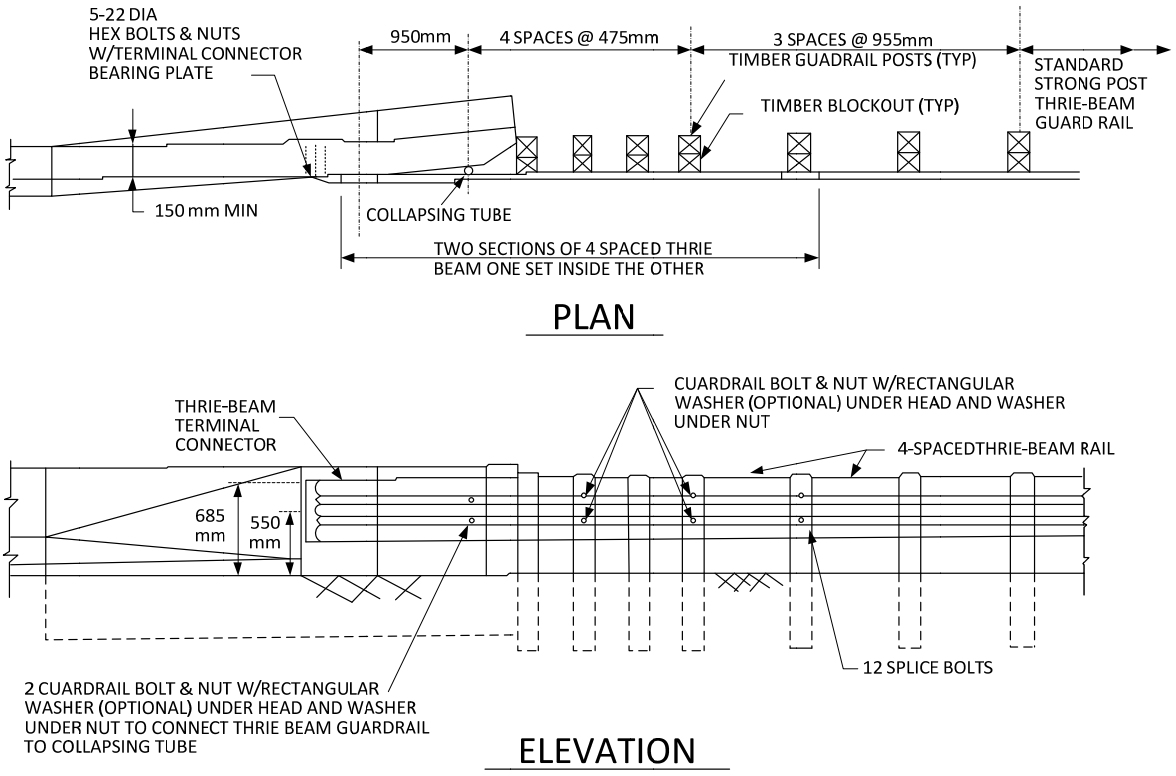


รูปที่ 3-60 **จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตราย** Thrie-beam **และกำแพงคอนกรีตหน้าตรง**

3.5.4 จุดเชื่อมต่อสำหรับ Nested Thrie-Beam และกำแพงคอนกรีตแบบผายออก

การออกแบบจุดเชื่อมต่อลักษณะนี้ ใช้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam (Thrie-Beam System) กับส่วนที่เป็นบริเวณหน้าตรง (Vertical Surface) ของกำแพงคอนกรีตที่มีการผายออก มีวิธีการต่อทาบแผ่นราวกันอันตรายแบบ Thrie-Beam ต่อเนื่องกับปลายกำแพงคอนกรีต การผายออกของกำแพงคอนกรีตสามารถลดโอกาสในการชนตรงบริเวณปลายกำแพงคอนกรีตหรือราวสะพานได้

รูปที่ 3-61 แสดงตัวอย่างจุดเชื่อมต่อสำหรับ Nested Thrie-Beam และกำแพงคอนกรีตแบบผายออก



รูปที่ 3-61 **จุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตราย** Thrie-beam **และกำแพงคอนกรีตแบบผายออก**

3.6 การตรวจสอบและบำรุงรักษา

การที่อุปกรณ์กั้นจะสามารถทำหน้าที่ในการป้องกันสภาพข้างทางที่ไม่ปลอดภัยและวัตถุอันตรายข้างทางได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น อุปกรณ์กั้นจะต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์สำหรับการใช้งานตลอดเวลา จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่อุปกรณ์กั้นจะต้องได้รับการตรวจสอบสภาพและมีการซ่อมแซมบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นหน่วยงานทางควรต้องมีแผนการตรวจสอบสภาพและบำรุงรักษาอุปกรณ์กั้นทั้งที่ได้ทำการติดตั้งไปแล้วหรือที่กำลังมีการติดตั้งใหม่ รวมอยู่ในแผนงานการบูรณะหรือซ่อมแซมทางหลวง

ในขั้นตอนการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์กั้น (Routine Maintenance Inspection) และการซ่อมแซมบำรุงรักษาอุปกรณ์กั้นเมื่อเกิดการชน (Crash Repair) นั้น ควรพิจารณาตามประเภทของอุปกรณ์กั้น ได้แก่ ราวกันอันตรายและกำแพงคอนกรีตซึ่งมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน รายละเอียดการตรวจสอบและการซ่อมแซมบำรุงรักษาก็จะแตกต่างกันด้วย

3.6.1 การตรวจสอบสภาพการใช้งานทั่วไปของอุปกรณ์กั้น

การตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์กั้นควรต้องทำทุกครั้งหลังจากที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อช่วยประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์กั้นและความเสียหายที่เกิดขึ้น ส่วนการตรวจสอบสภาพการใช้งานทั่วไป (Routine Inspection) ควรทำไปพร้อมกับการตรวจสอบสภาพงานทางทั่วไป

การตรวจสอบสภาพอุปกรณ์กั้นแยกตามประเภทอุปกรณ์ ได้แก่ ราวกันอันตรายและกำแพงคอนกรีต มีรายละเอียดดังนี้

3.6.1.1 การตรวจสอบสภาพการใช้งานทั่วไปของราวกันอันตราย

การตรวจสอบสภาพราวกันอันตรายควรตรวจสอบในประเด็นหลักๆ ดังนี้

แผ่นราวกันอันตราย (Rail)

- ตรวจสอบแผ่นราวกันอันตรายว่าอยู่ในสภาพที่ดีอยู่หรือไม่ มีสนิมในปริมาณมากหรือไม่ ได้รับการชนจนแผ่นราวกันอันตรายเสียรูปหรือไม่ มีการติดตั้งแผ่นราวกันอันตรายที่ผิดรูปหรือผิดแบบหรือไม่
- ตัวน็อตที่ใช้ยึดระหว่างแผ่นราวกันอันตราย (Splice Bolts) และตัวน็อตที่ใช้ยึดระหว่างแผ่นราวกันอันตรายและตัวเสา (Post Attachment Bolts) อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องหรือไม่ มีอยู่ครบทุกตัวหรือไม่ ขันแน่นหรือไม่

- ตรวจสอบสภาพแผ่นราวกันอันตรายว่าเชื่อมกับปลายอุปกรณ์กั้นหรือเชื่อมกับราวสะพาน ในสภาพที่สมบูรณ์หรือไม่
- มีวัตถุอันตรายข้างทาง เช่น ต้นไม้ หรือเสาเอียง ล้ำเข้ามาอยู่ในระยะยืดหยุ่นของราวกันอันตรายหรือไม่
- มีการทาบต่อแผ่นราวกันอันตรายในทิศทางที่ถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องควรให้มีการติดตั้งใหม่โดยเร็วที่สุด เพราะจะเป็นอันตรายต่อรถที่พุ่งเข้าชนราวกันอันตราย
- ตรวจสอบสภาพผิวดินบริเวณหน้าราวกันอันตรายว่ามีสภาพที่อาจทำให้รถยนต์พลิกคว่ำข้ามราวกันอันตรายได้หรือไม่ เช่นสภาพผิวดินที่ขรุขระหรือผิวดินทรุดตัว
- แผ่นราวกันอันตรายมีผิวหน้าเรียบตรงอยู่หรือไม่ เพราะถ้ารถยนต์พุ่งเข้าชนกับตำแหน่งราวกันอันตรายที่บิดงอหรือหักกลางอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุที่มีความรุนแรงได้ ดังนั้นเมื่อราวกันอันตรายถูกชน ควรได้รับการซ่อมแซมทันที
- ราวกันอันตรายยังคงอยู่ในระดับความสูงที่เหมาะสมหรือไม่ ถ้าใช้ราวกันอันตรายรูปตัว W โดยใช้เสาแบบแข็ง (Strong Post W-Beam) ควรมีความสูงของราวที่ 550 มม. โดยวัดจากพื้นดินถึงตำแหน่งกึ่งกลางของแผ่นราวกันอันตราย ถ้าใช้ราวกันอันตรายแบบ Thrie-beam ควรมีความสูงของราวที่ 550 มม. ถ้าเป็นราวกันอันตรายแบบ Thrie-beam เพิ่มประสิทธิภาพ ควรมีความสูงของราวที่ 610 มม. ถ้าความสูงของราวมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า 50 มม. สมควรต้องมีการปรับแก้ระดับความสูงให้ถูกต้อง

เสาและตัว Blockout

- มีจำนวนเสาครบหรือไม่ เสาถูกติดตั้งในลักษณะบิดเบี้ยวหรือไม่
- ตัว Blockout อยู่ครบหรือไม่ และยังอยู่ในตำแหน่งตั้งตรงหรือไม่
- เสาฝังตัวอยู่ในพื้นดินในสภาพที่ยังดีอยู่หรือไม่ มีการเอียง ล้มของเสา หรือพื้นดินในบริเวณที่ฝังเสามีสภาพที่ถูกกัดเซาะตามแนวความชันคันทางหรือไม่

การตรวจสอบสภาพราวกันอันตรายอย่างละเอียดหลังการบูรณะหรือซ่อมแซมบำรุงทาง

การตรวจสอบสภาพราวกันอันตรายอย่างละเอียดหลังการบูรณะหรือซ่อมแซมบำรุงทาง ควรตรวจสอบในประเด็นหลักดังนี้

- ควรตรวจสอบความสูงของราวกันอันตรายว่าหลังจากบูรณะหรือซ่อมแซมบำรุงทางแล้ว ราวกันอันตรายยังอยู่ในระดับความสูงที่เหมาะสมหรือไม่ ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบบ่อยคือ เมื่อมีการบูรณะทางหรือมีการทำ Overlay ผิวทางแล้ว ผิวทางจะมีระดับที่สูงขึ้นทำให้ราวกันอันตรายอยู่ในระดับที่

ต่ำลง ถ้าราวกันอันตรายอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับที่ยอมรับได้ ควรให้มีแผนการปรับความสูงของราวกันอันตรายอยู่ในแผนบูรณะบำรุงทางด้วย

- เมื่อมีการบูรณะหรือซ่อมแซมบำรุงทางแล้ว ควรตรวจสอบตำแหน่งที่ติดตั้งราวกันอันตรายว่ายังตรงตามเหตุอันควรในการติดตั้งราวกันอันตรายอยู่หรือไม่ เพราะขณะที่บูรณะทางใหม่อาจมีการรื้อย้ายวัตถุอันตรายข้างทางออก หรือมีการปรับสภาพความปลอดภัยข้างทางใหม่ ดังนั้นอาจไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งราวกันอันตรายอีก
- ตรวจสอบว่าราวกันอันตรายที่ได้ติดตั้งอยู่เดิม มีความยาวที่เหมาะสมสำหรับถนนที่ได้รับการบูรณะใหม่หรือไม่ ควรต้องมีการปรับระยะความยาวในการติดตั้งราวกันอันตรายใหม่หรือไม่
- สภาพคันทางหรือคันหินหน้าราวกันอันตรายทำให้มีความเสี่ยงที่รถยนต์จะพลิกคว่ำข้ามราวกันอันตรายหรือไม่
- เมื่อมีการบูรณะหรือซ่อมแซมบำรุงทางใหม่แล้ว ให้ตรวจสอบว่าราวกันอันตรายประเภทที่ติดตั้งอยู่เดิมยังเหมาะสมกับสภาพการจราจรที่เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ หรือควรมีการเลือกใช้อุปกรณ์กั้นประเภทอื่นที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการชนได้มากขึ้น
- ระยะห่างระหว่างเสาของราวกันอันตรายยังเหมาะสมอยู่หรือไม่ ควรมีการปรับระยะห่างระหว่างเสาเพื่อให้ได้ระยะยืดหยุ่นของราวกันอันตรายที่เหมาะสมหรือไม่
- ปลายอุปกรณ์กั้นและจุดเชื่อมต่อระหว่างราวกันอันตรายและราวสะพานเหมาะสมสำหรับถนนที่ได้รับการบูรณะใหม่หรือไม่

3.6.1.2 **การตรวจสอบสภาพการใช้งานทั่วไปของกำแพงคอนกรีต**

การตรวจสอบสภาพกำแพงคอนกรีตควรตรวจสอบในประเด็นหลักๆ ดังนี้

- ตรวจสอบกำแพงคอนกรีตว่าอยู่ในสภาพดีหรือไม่ มีการชนจนกำแพงคอนกรีตเสียรูปหรือไม่ มีการติดตั้งกำแพงคอนกรีตที่ผิดรูปหรือผิดแบบหรือไม่
- คอนกรีตยังคงสภาพที่ดีอยู่หรือไม่ มีรอยแตกร้าวที่รุนแรงหรือมีเศษชิ้นส่วนคอนกรีตหลุดออกมามากหรือไม่
- มีการติดตั้งอุปกรณ์ข้างทางชนิดอื่นๆ เช่น เสาป้าย เสาไฟฟ้าแสงสว่างบนกำแพงคอนกรีตหรือไม่ เพราะถ้ามีอุปกรณ์ข้างทางเหล่านี้อยู่บนกำแพงคอนกรีตอาจทำให้รถพุ่งเข้าชนกับอุปกรณ์ข้างทางได้
- ปลายกำแพงคอนกรีตหรือจุดเชื่อมต่อกับราวกันอันตรายหรือราวสะพาน ยังอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์หรือไม่

- ที่ฐานของกำแพงคอนกรีต มีฝุ่นหรือเศษดินทับถมอยู่เป็นพื้นหนาหรือไม่ เพราะเศษดินที่ทับถมอยู่อาจทำให้รถยนต์พุ่งเข้าชนกำแพงคอนกรีตในระดับที่สูงขึ้น เพิ่มโอกาสที่รถจะพลิกคว่ำข้ามกำแพงคอนกรีตได้

การตรวจสอบสภาพกำแพงคอนกรีตอย่างละเอียด (In-depth Inspection) **หลังการบูรณะหรือซ่อมแซมบำรุงทาง**

การตรวจสอบสภาพกำแพงคอนกรีตอย่างละเอียดหลังการบูรณะหรือซ่อมแซมบำรุงทาง ควรตรวจสอบในประเด็นหลักดังนี้

- ควรตรวจสอบความสูงของกำแพงคอนกรีตว่าหลังจากบูรณะหรือซ่อมแซมทางแล้ว กำแพงคอนกรีตยังอยู่ในระดับความสูงที่ยอมรับได้หรือไม่ ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบบ่อยคือ เมื่อมีการบูรณะทางหรือมีการทำ Overlay ผิวทางแล้ว ผิวทางจะมีระดับที่สูงขึ้นทำให้กำแพงคอนกรีตมีความสูงต่ำลง ซึ่งโดยปกติแล้วกำแพงคอนกรีตประเภท New Jersey และ F Shape ได้เผื่อไว้ให้มีการ Overlay ได้ 75 มม. ดังนั้นจึงต้องรักษาระดับความสูงของกำแพงคอนกรีตไว้อย่างน้อย 735 มม.
- เมื่อมีการบูรณะหรือซ่อมแซมทางแล้ว ควรตรวจสอบตำแหน่งที่ติดตั้งกำแพงคอนกรีตว่ายังตรงตามเหตุอันควรในการติดตั้งกำแพงคอนกรีตอยู่หรือไม่ เพราะขณะที่บูรณะทางใหม่อาจมีการเคลื่อนย้ายวัตถุอันตรายข้างทางออก หรือมีการปรับสภาพความปลอดภัยข้างทางใหม่ ดังนั้นอาจไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งกำแพงคอนกรีตแล้วก็ได้
- ตรวจสอบว่ากำแพงคอนกรีตที่ติดตั้งอยู่เดิม มีความยาวที่เหมาะสมสำหรับถนนที่ได้รับการบูรณะใหม่หรือไม่ ควรต้องมีการปรับระยะความยาวในการติดตั้งกำแพงคอนกรีตใหม่หรือไม่
- สภาพคันทางหรือคันหินหน้ากำแพงคอนกรีตทำให้มีความเสี่ยงที่รถยนต์จะพลิกคว่ำข้ามกำแพงคอนกรีตหรือไม่
- เมื่อมีการบูรณะหรือซ่อมแซมบำรุงทางใหม่แล้ว ให้ตรวจสอบว่ากำแพงคอนกรีตที่ติดตั้งอยู่เดิมยังเหมาะสมกับสภาพการจราจรที่เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ หรือควรให้มีการเลือกใช้อุปกรณ์กั้นประเภทอื่นที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการชนได้มากขึ้น
- ปลายอุปกรณ์กั้นและจุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กั้นหรือราวสะพานเหมาะสมสำหรับถนนที่ได้รับการบูรณะใหม่หรือไม่

3.6.2 การซ่อมแซมบำรุงรักษาอุปกรณ์กั้น

3.6.2.1 การซ่อมแซมบำรุงรักษาราวกันอันตราย

การซ่อมแซมบำรุงรักษาราวกันอันตรายส่วนใหญ่จะทำเมื่อมีความเสียหายที่เกิดจากอุบัติเหตุรถชนราวกันอันตรายเกิดขึ้น โดยการซ่อมแซมบำรุงรักษาสามารถทำได้ในหลายระดับตามความรุนแรงของการชน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. ระดับการชนไม่รุนแรง (Minor Impact) ถ้าราวกันอันตรายที่ใช้เป็นประเภทกึ่งแข็ง จะมีความแข็งแรงค่อนข้างสูง ดังนั้นการชนที่ไม่รุนแรงอาจทำความเสียหายให้ราวกันอันตรายได้ไม่มากนัก จึงไม่ต้องมีการซ่อมแซมใดๆ หลังการชน
2. ระดับการชนรุนแรงปานกลาง (Moderate Impact) มีการซ่อมแซมโดยเปลี่ยนราวกันอันตรายเฉพาะช่วงที่ถูกชน หรือมีการตั้งแนวเสาใหม่ในกรณีที่เสาถูกชนจนเอียงหรือล้มลง
3. ระดับการชนรุนแรงมาก (Severe Impact) ถ้าเกิดความเสียหายมาก ต้องมีการเปลี่ยนเสา แผ่นราวกันอันตรายหรือตัว Blockout

โดยปกติแล้ว ถ้ามีความเสียหายใดๆ ที่เกิดขึ้นจากการชนในระดับรุนแรงปานกลางหรือรุนแรงมาก ควรให้มีการซ่อมแซมราวกันอันตรายทันทีเพื่อให้ราวกันอันตรายกลับมาอยู่ในสภาพเดิมโดยเร็ว สามารถป้องกันการชนที่อาจเกิดขึ้นในครั้งใหม่ได้

การบำรุงรักษาราวกันอันตรายทั่วไป (Routine Maintenance) อาจไม่มีความจำเป็นมากนัก ถ้าราวกันอันตรายไม่ได้ถูกชน เพราะโดยปกติจะมีการชุบสังกะสีที่ส่วนประกอบหลักของราวกันอันตรายอยู่แล้ว ทำให้ราวกันอันตรายยังคงสภาพที่ดีอยู่ได้ถ้าไม่เกิดการชนเกิดขึ้น

3.6.2.2 การซ่อมแซมบำรุงรักษากำแพงคอนกรีต

เนื่องจากกำแพงคอนกรีตเป็นอุปกรณ์กั้นแบบแข็ง เกิดความเสียหายจากการชนได้น้อยมากดังนั้นโอกาสที่จะต้องซ่อมแซมบำรุงรักษาหลังการชนจึงมีน้อย แต่ถ้าเกิดการชนที่รุนแรงมากทำให้กำแพงคอนกรีตเสียรูปหรือมีรอยแตกอย่างรุนแรง อาจต้องพิจารณาให้มีการเปลี่ยนกำแพงคอนกรีตใหม่ โดยต้องทำการซ่อมแซมอย่างเร่งด่วนที่สุด เพราะบริเวณที่มีการติดตั้งกำแพงคอนกรีตมักเป็นบริเวณที่มีความรุนแรงสูงเมื่อเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางเกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันการชนครั้งใหม่ที่อาจเกิดขึ้น

3.6.3 การจัดเก็บและเปลี่ยนอะไหล่สำรอง (Material Storage)

แขวงการทางควรจะต้องมีอะไหล่สำรองเสมอเพื่อให้สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์กั้นได้ทันที ซึ่งหากไม่สามารถทำได้ จะต้องมีแผนสำรองในการป้องกันและควบคุมพื้นที่ เพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุซ้ำได้

บทที่ 4

อุปกรณ์ลดความรุนแรง

4.1 เหตุอันควรในการติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง

อุปกรณ์ลดความรุนแรง (Crash Cushion หรือ Impact Attenuator) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้เพื่อลดความรุนแรงของรถที่หลุดออกจากถนนและพุ่งเข้าชนอุปกรณ์ข้างทาง โดยจะทำหน้าที่ค่อยๆ ช่วยลดความเร็วของรถลงให้เหลือความเร็วที่ปลอดภัย หรือทำหน้าที่สะท้อนรถไม่ให้พุ่งเข้าชนวัตถุข้างทางโดยตรง ซึ่งเหมาะสมที่จะติดตั้งในบริเวณที่ไม่สามารถปรับปรุงความปลอดภัยได้ด้วยวิธีอื่นแล้ว ทั้งนี้ อุปกรณ์ลดความรุนแรงนี้มีวัตถุประสงค์เหมือนอุปกรณ์ความปลอดภัยอื่นๆ คือ ทำหน้าที่ลดความรุนแรงของอุบัติเหตุเท่านั้น ไม่ได้ทำหน้าที่เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุแต่อย่างใด

โดยทั่วไปแล้ว การป้องกันวัตถุอันตรายข้างทางส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์กั้นที่มีการปรับปรุงส่วนปลายเป็นหลัก แต่สำหรับอุปกรณ์ลดความรุนแรงแล้ว เหมาะสมที่จะติดตั้งตรงบริเวณพื้นที่ทางออก (Gore Area) ของทางต่างระดับ รวมถึงส่วนปลายของราวกันอันตรายบริเวณเกาะกลางด้วย เพื่อป้องกันรถที่จะพุ่งเข้าชนกับอุปกรณ์ข้างทางที่บริเวณมุมทางแยก ซึ่งอุปกรณ์ที่ลดความรุนแรงจากการชนด้านหน้าเพียงอย่างเดียวจัดอยู่ในประเภท “Non-Redirecting” ส่วนอุปกรณ์ที่ลดความรุนแรงจากทั้งการชนด้านหน้าและการชนด้านข้างได้จัดอยู่ในประเภท “Redirecting”

เหตุอันควร (Warrant) ในการติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรงจะเหมือนกับอุปกรณ์กั้น (Barrier) คือเมื่อพิจารณาแล้วว่าพื้นที่ใดเป็นพื้นที่อันตรายข้างทาง ผู้ออกแบบจะต้องทำการรื้อย้าย หรือเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแตกหักได้ (Breakaway) แต่หากไม่สามารถทำได้ จึงควรติดตั้งอุปกรณ์กั้น หรืออุปกรณ์ลดความรุนแรงเป็นวิธีสุดท้าย สามารถสรุปเหตุอันควรในการเลือกพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรงไว้ดังนี้

1. เป็นตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนทิศทางการจราจรอย่างเห็นได้ชัด
2. เป็นบริเวณที่ผู้ขับขี่มีความสับสนในการเลือกช่องจราจร
3. ตำแหน่งที่รถวิ่งอยู่ใกล้กับวัตถุอันตราย และไม่สามารถติดตั้งราวกันอันตรายที่มีการปรับปรุงส่วนปลายให้ปลอดภัยได้แล้ว
4. หากวัตถุอันตรายมีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งอยู่ในบริเวณนั้นเพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้รถใช้ถนน แต่หากเกิดอุบัติเหตุรถชนวัตถุอันตรายดังกล่าว จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อประชาชนหรือผู้ใช้รถใช้ถนนอื่นๆ
5. ถนนที่มีการออกแบบทางเรขาคณิต (Geometry) และหน้าตัดของถนน (Cross Section) ไม่เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย อาจมีสาเหตุจากข้อจำกัดของพื้นที่บริเวณที่ออกแบบ
6. Gore Area บริเวณทางออก โดยเฉพาะโครงสร้างทางต่างระดับ

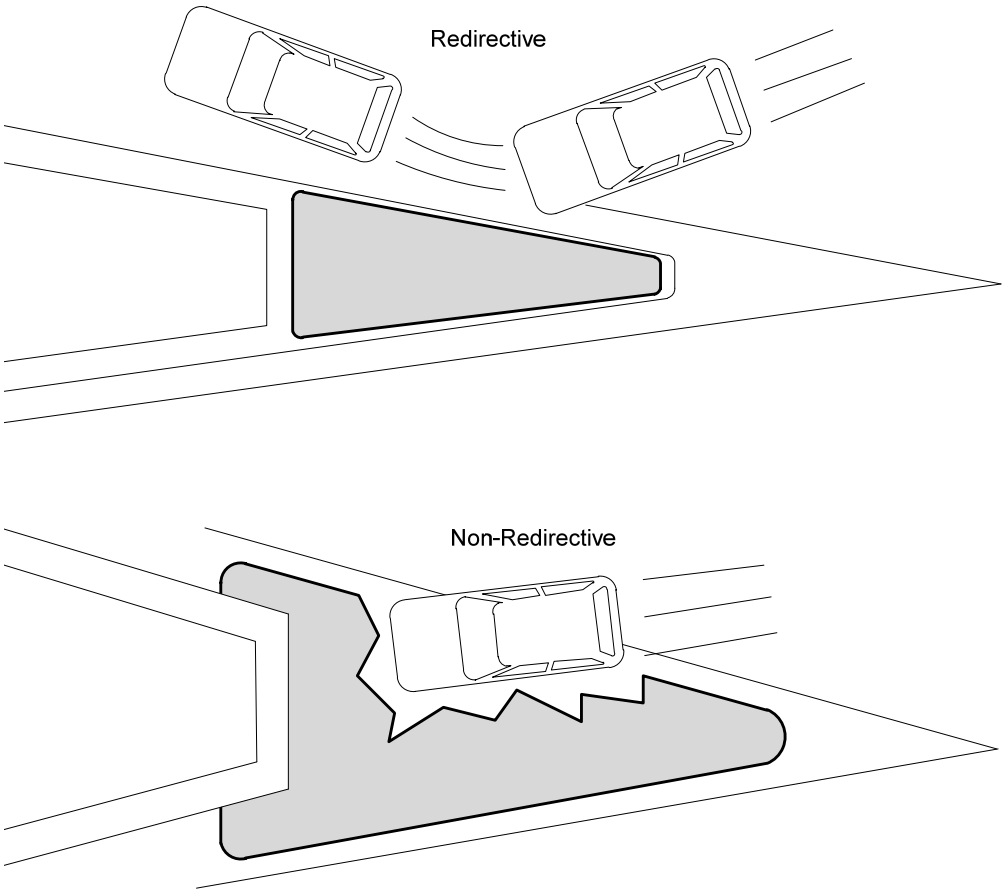
7. ปลายกำแพงคอนกรีต ราวสะพาน หรือราวกันอันตราย
8. ป้ายหรือสัญญาณไฟจราจร ที่มีความแข็งและเป็นอันตรายต่อรถที่อาจพุ่งเข้าชน
9. แนวกำแพงกันดิน
10. ปลายกำแพงคอนกรีตที่ใช้เป็นเกาะกลางถนน
11. เป็นตำแหน่งที่มีสถิติอุบัติเหตุประเภทรถชนวัตถุอันตรายสูงกว่าค่าเฉลี่ยทั่วไป และอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงสูง

4.2 ประเภทอุปกรณ์ลดความรุนแรง

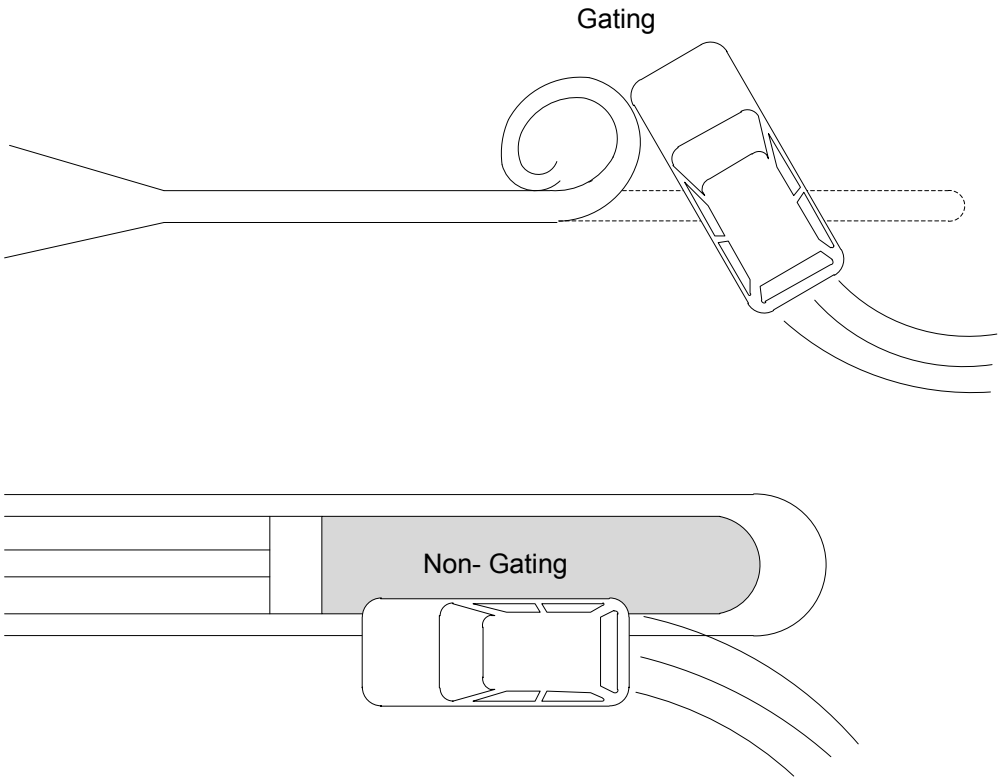
4.2.1 คุณสมบัติของอุปกรณ์ลดความรุนแรง

เมื่อพิจารณาแล้วว่าจำเป็นจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง ผู้ออกแบบจะต้องเลือกประเภทของอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับประเภทของอันตรายข้างทางที่จะป้องกัน คุณสมบัติที่สำคัญของอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่จะต้องทำความเข้าใจเบื้องต้น ได้แก่ คุณลักษณะในการสะท้อนรถ (Redirective) ดัง**รูปที่** 4-1 และคุณลักษณะในการทะลุ (Gating) ดัง**รูปที่** 4-2 ซึ่งมีคำจำกัดความ ดังนี้

- Redirective คือ คุณสมบัติของอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่สามารถควบคุมและสะท้อนรถที่พุ่งเข้าชนด้านข้างให้กลับไปยังช่องจราจรได้ โดยที่รถไม่ทะลุเข้าไปยังตัวอุปกรณ์
- Non-Redirective คือ คุณสมบัติของอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่ไม่สามารถควบคุมและสะท้อนรถที่พุ่งเข้าชนด้านข้าง ทำให้ตัวรถสามารถทะลุเข้าไปในตัวอุปกรณ์ได้
- Gating คือ คุณสมบัติของอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่จะยุบตัวเมื่อรถพุ่งเข้าชนบริเวณส่วนปลาย
- Non-Gating คือ คุณสมบัติของอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่จะสะท้อนรถกลับไปยังช่องจราจร เมื่อพุ่งเข้าชนบริเวณส่วนปลาย ซึ่งจะหมายถึงอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่มีคุณสมบัติ Redirective ตลอดทั้งความยาว



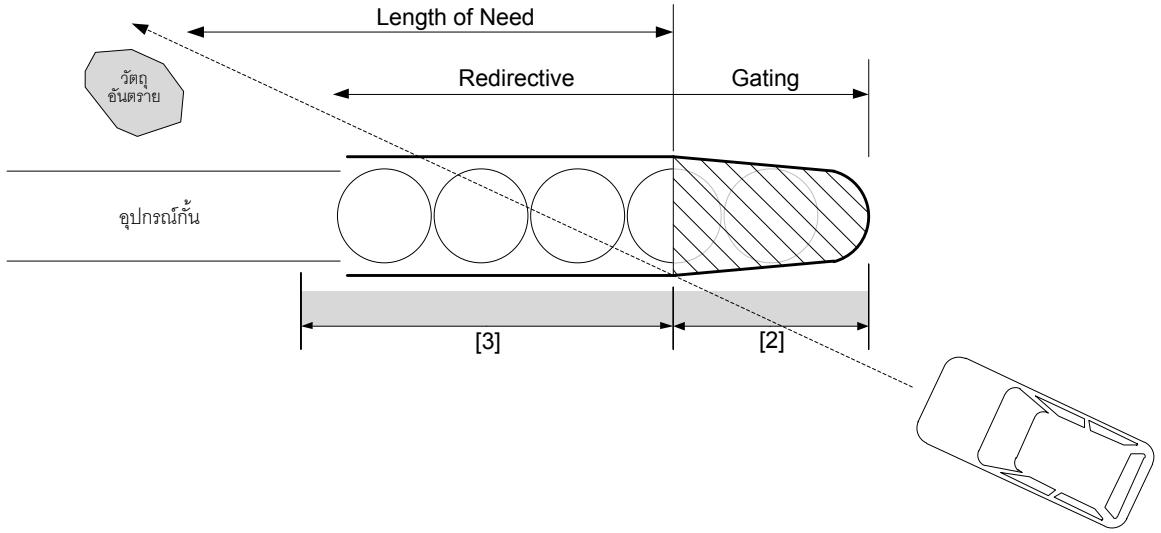
รูปที่ 4-1 **คุณสมบัติ** Redirective **และ** Non-Redirective (Main Roads, 2007)



รูปที่ 4-2 **คุณสมบัติ** Gating **และ** Non-Gating (Main Roads, 2007)

แม้อุปกรณ์ลดความรุนแรงส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติ Redirective แต่อุปกรณ์บางชนิดก็ไม่มีคุณสมบัตินี้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านขนาด โดยเฉพาะประเภทที่ใช้สำหรับป้องกันวัตถุอันตรายขนาดเล็ก เช่น ปลายราวกันอันตราย กำแพงคอนกรีต หรือขอบสะพาน เนื่องจากอุปกรณ์ประเภทนี้มีรูปร่างบอบบาง โดยทั่วไปมีความยาวประมาณ 6 เมตร แต่มีความกว้างเพียง 60-90 ซม. ทำให้ไม่สามารถรองรับแรงกระแทกด้านข้างโดยตรงได้ ดังนั้น จึงต้องมีการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้สามารถสะท้อนรถได้ เช่น การติดตั้งสายเคเบิ้ล การใช้ Thrie Beam การใช้โซ่ หรือวิธีอื่นๆ เป็นต้น ทั้งนี้ มีเพียงอุปกรณ์ประเภทถังทรายเท่านั้นที่ไม่มีความจำเป็นจะต้องมีคุณสมบัติ Redirective นี้

ส่วนอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติ Non-Gating จะมีคุณสมบัติสะท้อนรถได้ตลอดทั้งความยาวของอุปกรณ์ แต่อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติ Gating ดัง**รูปที่ 4-3** ส่วนปลายของอุปกรณ์จะทำหน้าที่ควบคุมและชะลอความเร็วของรถที่ชนหากมีการปะทะในตำแหน่งก่อนถึงความยาวที่ต้องการ[1] (พื้นที่ที่ 2) แต่หากรถชนด้านข้างของอุปกรณ์ในตำแหน่งอื่นหลังจากนั้น (พื้นที่ที่ 3) อุปกรณ์จะสามารถสะท้อนรถได้ดังเช่นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติ Non-Gating ดังนั้น ผู้ออกแบบจะต้องระบุตำแหน่งของความยาวที่ต้องการให้ชัดเจนเพื่อให้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติ Gating ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ควรจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งและทิศทางของรถภายหลังการชน เพื่อไม่ให้เกิดความรุนแรงอื่นๆ ตามมา เช่น รถพลิกคว่ำ



รูปที่ 4-3 คุณลักษณะต่าง ๆ ของอุปกรณ์ลดความรุนแรงแบบ Gating (WSDOT, 2011)

[1] ความยาวที่ต้องการ (Length of Need) เป็นความยาวของอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่จะทำหน้าที่เหมือนเป็นอุปกรณ์กั้น ซึ่งจะเป็นระยะที่รถจะไม่ชนวัตถุข้างทาง ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในบทที่ 3

4.2.2 มาตรฐานการชนของอุปกรณ์ลดความรุนแรง

การทดสอบการชน (Crash Test) เป็นกระบวนการสำคัญเพื่อประเมินถึงประสิทธิภาพความปลอดภัยของอุปกรณ์ลดความรุนแรง และเพื่อให้ผลการทดสอบการชนมีความเหมาะสมและได้รับการยอมรับจากทุกฝ่าย จำเป็นจะต้องมีการกำหนดปัจจัยและตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ทั้งนี้ในสหรัฐอเมริกากำหนดให้อุปกรณ์ความปลอดภัยจะต้องผ่านการทดสอบการชนตามมาตรฐาน NCHRP 350 ในขณะที่สหภาพยุโรปเลือกใช้มาตรฐาน EN 1317

ในการทดสอบนั้น กำหนดให้รถพุ่งเข้าชนอุปกรณ์ลดความรุนแรงในทิศทางและความเร็วที่แตกต่างกัน เพื่อประเมินสภาพความเสียหายภายหลังการชนว่ามีความปลอดภัยหรือไม่ อย่างไร โดยปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมในการทดสอบ ได้แก่ ประเภทและน้ำหนักของรถทดสอบ ความเร็ว มุมชน ตำแหน่งที่ปะทะของอุปกรณ์ ดังแสดงรายละเอียดของ NCHRP 350 และ EN 1317 ใน**ตารางที่** 4-1 **รูปที่** 4-4 และ **รูปที่**4-5

ส่วนปัจจัยที่เป็นตัวประเมิน (Evaluation) ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวผ่านการทดสอบหรือไม่นั้น ได้แก่

- ความเพียงพอในการรับแรงกระแทกของอุปกรณ์
- ความเสี่ยงที่ผู้โดยสารจะบาดเจ็บ
- การเคลื่อนที่ของรถหลังการชน

ตารางที่ 4-1 มาตรฐานการทดสอบการชนของ NCHRP 350 และ EN 1317 (Ross et al, 1993; CEN, 2000)

NCHRP 350						EN 1317				
ระดับการทดสอบ	ประเภทของอุปกรณ์	ประเภทรถ	น้ำหนัก (กก.)	ความเร็ว (กม/ชม.)	มุมชน (องศา)	ระดับการทดสอบ	ประเภทรถ	น้ำหนัก (กก.)	ความเร็ว (กม/ชม.)	มุมชน (องศา)
TL-1	Redirective Crash Cushions	C	820	50	0	50	C	900	50	0(ด้านหน้า)
		C	700	50	0		C	1,300	50	15(ด้านข้าง)
		P	2,000	50	0					
		C	820	50	15					
		C	700	50	15					
		P	2,000	50	15					
		C	820	50	15					
		C	700	50	15					
		P	2,000	50	20					
		C	820	50	15					
		C	700	50	15					
		P	2,000	50	20					
		P	2,000	50	20					
		P	2,000	50	20					
	Nonredirective Crash Cushions	C	820	50	0	50	C	900	50	0(ด้านหน้า)
		C	700	50	0					
		P	2,000	50	0					
		C	820	50	15					
		C	700	50	15					
		P	2,000	50	15					
		P	2,000	50	20					

หมายเหตุ: C = รถยนต์ส่วนบุคคล P = รถกระบะ

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) มาตรฐานการทดสอบการชนของ NCHRP 350 และ EN 1317 (Ross et al, 1993; CEN, 2000)

NCHRP 350						EN 1317				
ระดับการทดสอบ	ประเภทของอุปกรณ์	ประเภทรถ	น้ำหนัก (กก.)	ความเร็ว (กม/ชม.)	มุมชน (องศา)	ระดับการทดสอบ	ประเภทรถ	น้ำหนัก (กก.)	ความเร็ว (กม/ชม.)	มุมชน (องศา)
TL-2	Redirective Crash Cushion	C	820	70	0					
		C	700	70	0					
		P	2,000	70	0					
		C	820	70	15					
		C	700	70	15					
		P	2,000	70	15					
		C	820	70	15					
		C	700	70	15					
		P	2,000	70	20					
		C	820	70	15					
		C	700	70	15					
		P	2,000	70	20					
		P	2,000	70	20					
		P	2,000	70	20					
						80/1	C	1,300	80	0(ด้านหน้า)
							C	900	80	0(offset)
							C	1,300	80	15(ด้านข้าง)
						80	C	900	80	0(ด้านหน้า)
							C	1,300	80	0(ด้านหน้า)
							C	900	80	0(offset)
							C	1,300	80	15(ด้านหน้า)
							C	1,300	80	15(ด้านข้าง)
							C	1,300	80	165
	Nonredirective Crash Cushion	C	820	70	0					
		C	700	70	0					
		P	2,000	70	0					
		C	820	70	15					
		C	700	70	15					
		P	2,000	70	15					
		P	2,000	70	20					
						80/1	C	1,300	80	0(ด้านหน้า)
							C	900	80	0(offset)
						80	C	900	80	0(ด้านหน้า)
							C	1,300	80	0(ด้านหน้า)
							C	900	80	0(offset)
							C	1,300	80	15(ด้านหน้า)

หมายเหตุ: C = รถยนต์ส่วนบุคคล P = รถกระบะ

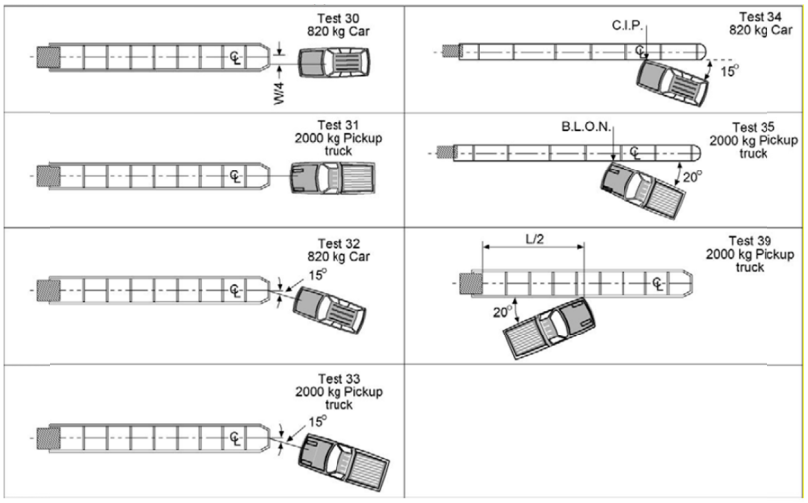
ตารางที่ 4-1 (ต่อ) มาตรฐานการทดสอบการชนของ NCHRP 350 และ EN 1317 (Ross et al, 1993; CEN, 2000)

NCHRP 350						EN 1317				
ระดับการทดสอบ	**ประเภทของอุปกรณ์**	**ประเภทรถ**	**น้ำหนัก (กก.)**	**ความเร็ว (กม/ชม.)**	**มุมชน (องศา)**	**ระดับการทดสอบ**	**ประเภทรถ**	**น้ำหนัก (กก.)**	**ความเร็ว (กม/ชม.)**	**มุมชน (องศา)**
TL-3	Redirective Crash Cushions	C	820	100	0	100	C	900	100	0(ด้านหน้า)
		C	700	100	0		C	1,300	100	0(ด้านหน้า)
		P	2,000	100	0					
						100	C	900	100	0(offset)
		C	820	100	15	100	C	1,300	100	15(ด้านข้าง)
		C	700	100	15					
		C	700	100	15	100	C	1,300	100	15(ด้านหน้า)
		P	2,000	100	20					
		C	820	100	15					
		C	700	100	15					
		P	2,000	100	20					
		P	2,000	100	20					
		P	2,000	100	20					
						100	C	1,300	100	165
	Nonredirective Crash Cushions	C	820	100	0	100	C	900	100	0(ด้านหน้า)
		C	700	100	0		C	1,300	100	0(ด้านหน้า)
		P	2,000	100	0		C	900	100	0(offset)
		C	820	100	15		C	1,300	100	15(ด้านข้าง)
		C	700	100	15					
		P	2,000	100	15					
		P	2,000	100	20					
	Redirective Crash Cushions					110	C	900	110	0(ด้านหน้า)
							C	1,500	110	0(ด้านหน้า)
							C	900	110	0(offset)
							C	1,500	110	15(ด้านหน้า)
							C	1,500	110	15(ด้านข้าง)
							C	1,500	110	165
	Nonredirective Crash Cushions					110	C	900	110	0(ด้านหน้า)
							C	1,500	110	0(ด้านหน้า)
							C	900	110	0(offset)
							C	1,500	110	15(ด้านหน้า)

หมายเหตุ: C = รถยนต์ส่วนบุคคล P = รถกระบะ

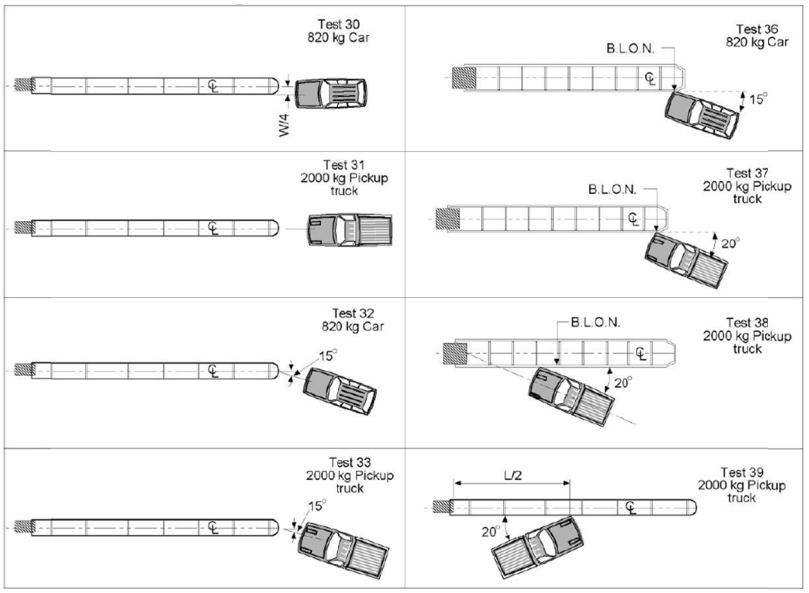
Redirective

Gating

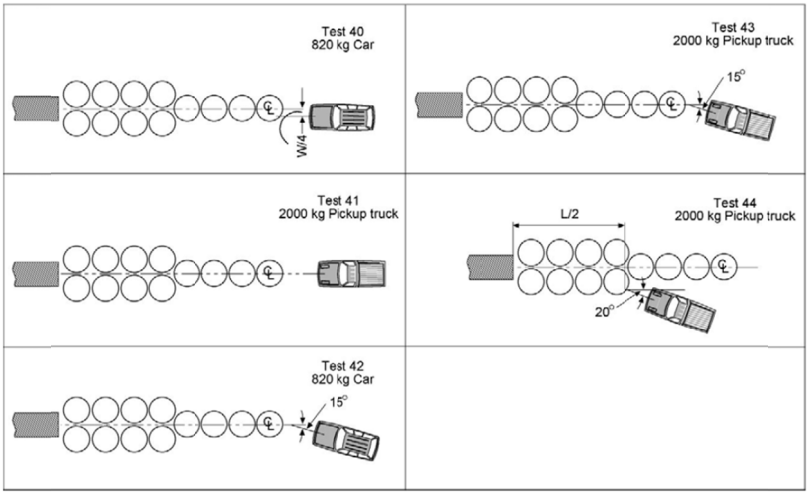


Redirective

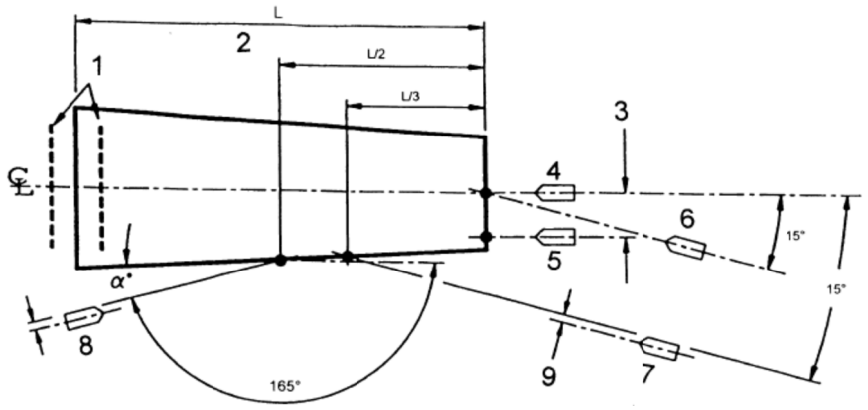
Non-Gating



Non-Redirective



รูปที่ 4-4 ทิศทางและมุมชนของ NCHRP 350 (Main Roads, 2007)



1	ตำแหน่งวัตถุอันตราย	6	การทดสอบที่ 3
2	อุปกรณ์ลดความรุนแรง	7	การทดสอบที่ 4
3	ระยะ ¼ ของตัวรถในการทดสอบที่ 2	8	การทดสอบที่ 5
4	การทดสอบที่ 1	9	ความกว้างครึ่งหนึ่งของตัวรถ
5	การทดสอบที่ 2		

รูปที่ 4-5 ทิศทางและมุมชนของ EN 1317-3 (CEN, 2000)

หากผ่านการทดสอบ หน่วยงานกลางจะจัดทำเป็นเอกสารประกอบและสามารถขึ้นทะเบียนเพื่อรับรองอุปกรณ์ลดความรุนแรงนั้นๆ อย่างเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อให้หน่วยงานทางถนนเลือกใช้อุปกรณ์เหล่านั้นมาติดตั้งบนถนนจริงต่อไป

ทั้งนี้ แม้ในประเทศไทยยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานการทดสอบอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย แต่จากการประชุมของ International Road Federation (IRF) ในปี ค.ศ.2008 ได้ระบุว่า หากประเทศใดยังไม่มีมาตรฐานการทดสอบอุปกรณ์กั้น สามารถเลือกใช้มาตรฐาน NCHRP 350 หรือ EN 1317 ได้เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่มีความสมบูรณ์ที่สุดในขณะนี้

4.2.3 การขึ้นทะเบียนอุปกรณ์ลดความรุนแรง

อุปกรณ์ลดความรุนแรงที่จะนำมาติดตั้งจริงบนทางหลวงในประเทศไทย จะต้องผ่านการทดสอบ NCHRP 350 หรือ EN 1317 และขึ้นทะเบียนกับสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ซึ่งจะต้องมีหลักฐานประกอบการขึ้นทะเบียนอุปกรณ์ลดความรุนแรง ดังนี้

- รายการข้อมูลอุปกรณ์ลดความรุนแรงดัง**รูปที่** 4-6
- ผลการทดสอบการชนจากหน่วยงานที่รองรับการทดสอบ NCHRP 350 หรือ EN 1317
- ในกรณี NCHRP 350 จะต้องมีจดหมายรับรองจาก FHWA
- แบบแปลนแสดงขนาดและอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ จำนวน 1 ชุด
- แผ่นพับ (Brochure) จำนวน 6 ชุด

- ข้อกำหนดในการออกแบบ (Design Criteria) จำนวน 2 ชุด
- คู่มือการติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง จำนวน 2 ชุด
- คู่มือการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ลดความรุนแรง จำนวน 1 ชุด
- ข้อจำกัดและข้อควรระวัง
- ค่าใช้จ่ายสำหรับซ่อมบำรุงโดยประมาณ (เฉพาะค่าอุปกรณ์)

อุปกรณ์ลดความรุนแรงที่ได้ขึ้นทะเบียนกับสำนักอำนวยความปลอดภัยแล้ว จะแสดงไว้ในเวบไซต์ของสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง (http://bhs.doh.go.th) เพื่อให้สำนักงานทางหลวง แขวงการทาง สำนักบำรุงทาง หรือหมวดการทาง ดาวน์โหลดข้อมูลสำหรับติดตั้งและ/หรือข้อมูลสำหรับการซ่อมบำรุง

4.2.4 การเลือกประเภทอุปกรณ์ลดความรุนแรง

ในการเลือกใช้อุปกรณ์ลดความรุนแรง ผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง และจะต้องพิจารณาควบคู่ไปกับสภาพพื้นที่จริงด้วย โดยมีแนวทางในการเลือกอุปกรณ์ลดความรุนแรง ดังแสดงใน**รูปที่** 4-7 และ**ตารางที่** 4-2 พร้อมทั้งตัวอย่างอุปกรณ์แต่ละประเภทดังแสดงใน**ภาคผนวก**

4.2.5 ราคา

แม้ว่าอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่จะถูกเลือกใช้ จะต้องผ่านมาตรฐานการทดสอบการชนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว แต่ปัจจัยสำคัญที่ผู้ออกแบบจะตัดสินใจเลือกอุปกรณ์ประเภทใดนั้น อาจต้องพิจาณาเรื่องราคาเป็นหลักด้วย ซึ่งรวมถึงราคาค่าวัสดุอุปกรณ์ ค่าเตรียมพื้นที่ก่อนการติดตั้ง ค่าติดตั้งอุปกรณ์ ค่าซ่อมบำรุง และค่าเปลี่ยนอุปกรณ์ ซึ่งค่าเตรียมพื้นที่ก่อนการติดตั้งอาจมีราคาสูงสำหรับอุปกรณ์บางประเภท ทั้งนี้ ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานจะมากน้อยขึ้นอยู่กับค่าซ่อมหรือค่าเปลี่ยนอุปกรณ์ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีอุบัติเหตุในลักษณะนี้บ่อยครั้ง

รายการข้อมูลอุปกรณ์ลดความรุนแรง

ชื่ออุปกรณ์ _____

บริษัทผู้ผลิต _____ ประเทศ _____

☐ NCHRP 350 ระดับการทดสอบ _____ ความเร็ว _____ กม./ชม.

☐ EN 1317 ระดับการทดสอบ _____ ความเร็ว _____ กม./ชม.

คุณสมบัติ Redirective ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

คุณสมบัติ Gating ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ประเภทของอุปกรณ์ลดความรุนแรง _____

ขนาดของอุปกรณ์: (กว้างxยาวxสูง) _____

ความยาวของอุปกรณ์สามารถปรับเปลี่ยนตามความเร็วที่ต้องการได้ ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ติดตั้งที่ปลายกำแพงคอนกรีต ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ติดตั้งที่ปลายราวกันอันตราย ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

สำหรับป้องกันวัตถุอันตรายขนาดเล็ก (น้อยกว่า 60 ซม.) ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

สามารถรองรับการชนด้านข้างได้ด้านเดียว (ติดตั้งบนไหล่ทาง) ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

สามารถรองรับการชนด้านข้างได้สองด้าน (ติดตั้งบน Gore Area) ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

สามารถรองรับการชนทิศทางตรงข้ามได้ (ติดตั้งบนเกาะกลาง) ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ค่าซ่อมแซมโดยประมาณ หากเกิดการชนด้านหน้า

ระดับความรุนแรง	ความเสียหาย	ค่าอุปกรณ์ (บาท)	เวลาซ่อมบำรุง (คน-ชั่วโมง) (ไม่รวมการปิดการจราจร)
น้อย	ความเสียหายน้อย ไม่ต้องเปลี่ยนอะไหล่ใดๆ		
ปานกลาง	เปลี่ยนอะไหล่บางส่วน		
มาก	เปลี่ยนอะไหล่เกือบทั้งหมด หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่เลย		

ลงชื่อ _____

วันที่ _____

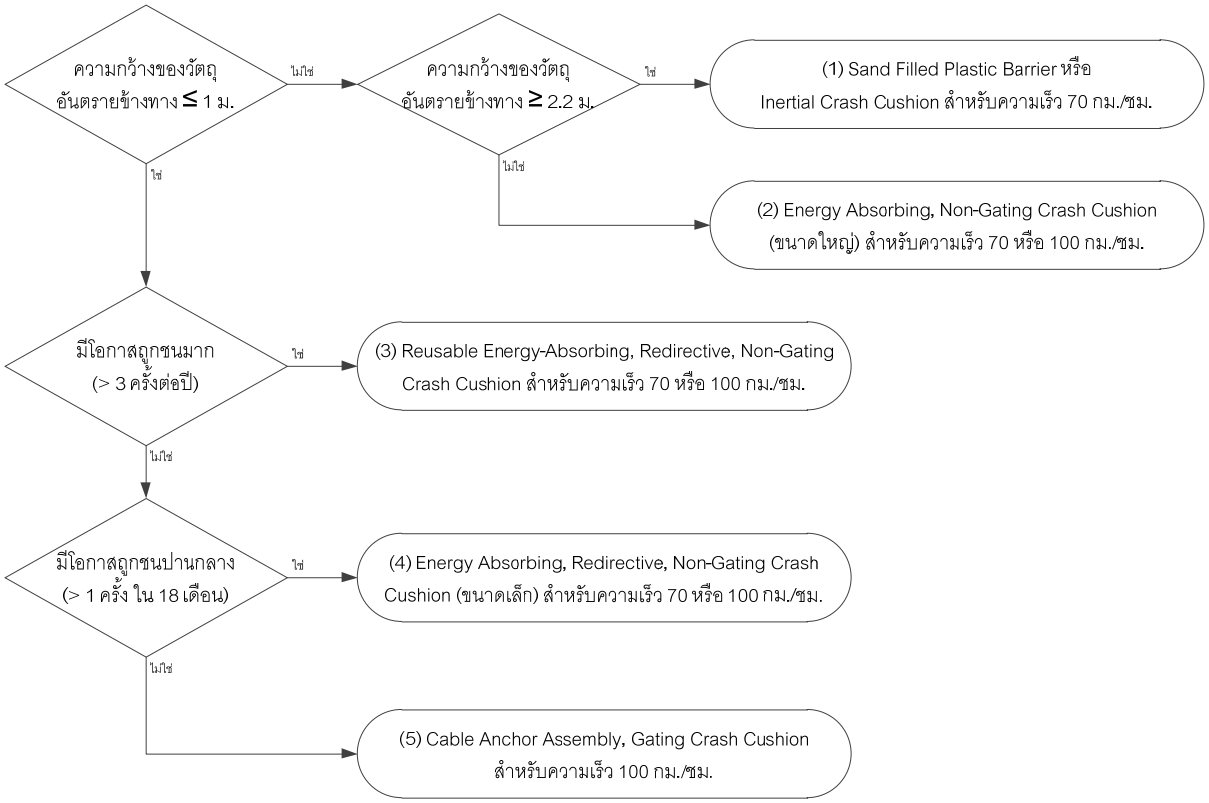
บริษัท _____

โทรศัพท์ _____

สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง

ถนนศรีอยุธยา แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

รูปที่ 4-6 แบบฟอร์มรายการข้อมูลอุปกรณ์ลดความรุนแรง

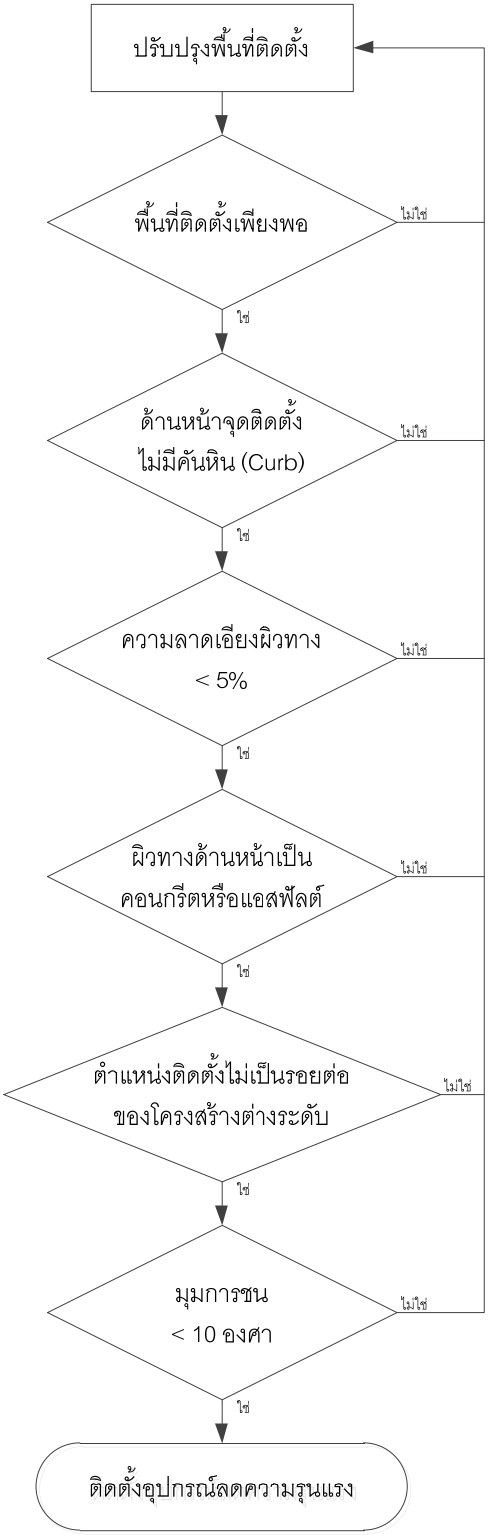


รูปที่ 4-7 แนวทางในการเลือกประเภทของอุปกรณ์ลดความรุนแรง

ตารางที่ 4-2 ประเภทของอุปกรณ์ลดความรุนแรง (ITD, 2008; ODOT, 2009; UDOT, 2012)

ชื่อประเภท	คุณสมบัติ
(1) Sand Filled Plastic Barrier หรือ Inertial Crash Cushion สำหรับความเร็ว 70 กม./ชม.	- สำหรับป้องกันวัตถุอันตรายที่ห่างจากช่องจราจรอย่างน้อย 4.5 เมตร และมีพื้นที่หลังการชนไม่จำกัด - ประเภท Gating และ Nonredirective - สามารถใช้สำหรับป้องกันปลายกำแพงคอนกรีต ราวสะพาน หรือวัตถุอันตรายแบบเดี่ยวอื่นๆ - สามารถใช้ในพื้นที่ก่อสร้างได้ หากอยู่ห่างจากช่องจราจรอย่างน้อย 4.5 เมตร - ใช้ในบริเวณที่ไม่สามารถใช้ Crash Cushion ประเภทอื่นได้แล้วจริงๆ เนื่องจากมีค่าบำรุงรักษาสูง
(2) Energy Absorbing, Non-Gating Crash Cushion (ขนาดใหญ่) สำหรับความเร็ว 70 หรือ 100 กม./ชม.	- สำหรับป้องกันวัตถุอันตรายที่มีความกว้างมากกว่า 1 เมตร ที่มีพื้นที่หลังการชนจำกัด - ประเภท Non-Gating - สามารถใช้สำหรับป้องกันปลายกำแพงคอนกรีต ราวสะพาน หรือวัตถุอันตรายแบบเดี่ยวอื่นๆ - มีพื้นที่ว่าง (Space) หน้าวัตถุอันตรายอย่างน้อย 30 เมตร - สามารถติดตั้งบนไหล่ทางหรือเกาะกลางถนน - สามารถติดตั้งเป็นอุปกรณ์เดี่ยวๆ โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์เสริมได้ หากมีความคุ้มค่ามากกว่าการติดตั้งอุปกรณ์กั้น เช่น ป้องกันเสาโครงสร้าง เสาป้าย
(3) Reusable Energy-Absorbing, Redirective, Non-Gating Crash Cushion สำหรับความเร็ว 70 หรือ 100 กม./ชม.	- สำหรับป้องกันวัตถุอันตรายในจุดที่มีความเสี่ยงอุบัติเหตุสูง และที่มีพื้นที่หลังการชนจำกัด - มีพื้นที่ว่าง (Space) หน้าวัตถุอันตรายอย่างน้อย 30 เมตร - สามารถใช้สำหรับป้องกันปลายกำแพงคอนกรีต ราวสะพาน หรือวัตถุอันตรายแบบเดี่ยวอื่นๆ - สามารถติดตั้งบนไหล่ทางหรือเกาะกลางถนน - เหมาะสำหรับบริเวณ Gore Area หรือบริเวณทางออกของช่องจราจรหลัก
(4) Energy Absorbing, Redirective, Non-Gating Crash Cushion (ขนาดเล็ก) สำหรับความเร็ว 70 หรือ 100 กม./ชม.	- สำหรับป้องกันวัตถุอันตรายที่มีความกว้างน้อยกว่า 1 เมตร ที่มีพื้นที่หลังการชนจำกัด - ประเภท Non-Gating - สามารถใช้สำหรับป้องกันปลายกำแพงคอนกรีต ราวสะพาน หรือวัตถุอันตรายแบบเดี่ยวอื่นๆ - มีพื้นที่ว่าง (Space) หน้าวัตถุอันตรายอย่างน้อย 30 เมตร - สามารถติดตั้งบนไหล่ทางหรือเกาะกลางถนน - สามารถติดตั้งเป็นอุปกรณ์เดี่ยวๆ โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์เสริมได้ หากมีความคุ้มค่ามากกว่าการติดตั้งอุปกรณ์กั้น เช่น ป้องกันเสาโครงสร้าง เสาป้าย
(5) Cable Anchor Assembly, Gating Crash Cushion สำหรับความเร็ว 100 กม./ชม.	- สำหรับป้องกันวัตถุอันตรายที่มีความกว้างน้อยกว่า 60 ซม. - ประเภท Gating - ติดตั้งบนเกาะกลาง ใช้ร่วมกับราวกันอันตรายหรือใช้ร่วมกับกำแพงคอนกรีตที่มีราวกันอันตรายเป็นตัวเชื่อม (Transition) - หากติดตั้งบนไหล่ทาง ควรมีพื้นที่หลังการชนอย่างน้อย 20x6 เมตร - หากติดตั้งบนเกาะกลางถนน ควรมีพื้นที่หลังการชนอย่างน้อย 20x6 เมตร ทั้งสองด้านของอุปกรณ์

4.3 การติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง



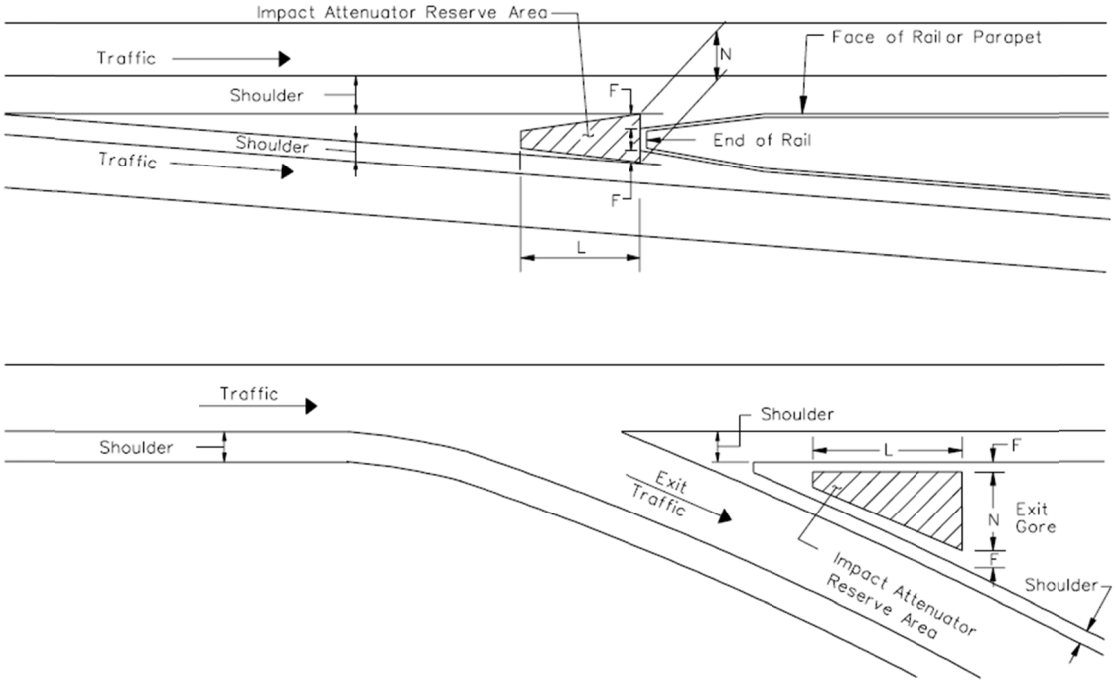
รูปที่ 4-8 ขั้นตอนในการปรับปรุงพื้นที่สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง

หลังจากที่ได้เลือกประเภทของอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่จริงแล้ว ขั้นตอนสำคัญต่อมาคือการปรับปรุงพื้นที่ที่จะติดตั้งให้มีความเหมาะสม เพื่อจะช่วยให้อุปกรณ์ลดความรุนแรงนั้นมีประสิทธิภาพในการใช้งานได้อย่างเต็มที่ **รูปที่** 4-8 แสดงขั้นตอนในการปรับปรุงพื้นที่ก่อนการติดตั้ง พร้อมรายละเอียดของการปรับปรุงพื้นที่ในหัวข้ออื่นๆ ต่อไป

พื้นที่ติดตั้ง

ขนาดของพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง ควรพิจารณาควบคู่ไปกับขั้นตอนในการออกแบบถนน ขนาดของอุปกรณ์ลดความรุนแรงบริเวณปลายของเกาะกลางถนนหรือบริเวณทางแยกจะขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ ดังที่แสดงข้อแนะนำขนาดของพื้นที่ใน**รูปที่** 4-9 และ**ตารางที่** 4-3 ซึ่งผู้ออกแบบควรคำนึงถึงความเหมาะสมและความจำเป็นทั้งด้านประสิทธิภาพและราคาในการติดตั้งและบำรุงรักษาด้วย

ทั้งนี้ อุปกรณ์ลดความรุนแรงจะต้องไม่ติดตั้งล้ำเข้ามาในช่องจราจร และควรมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ลดความรุนแรงกับวัตถุรอบข้างอย่างน้อย 60 ซม. เพื่อความสะดวกในการติดตั้งหรือซ่อมบำรุง



รูปที่ 4-9 **องค์ประกอบของพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง** (AASHTO, 2006)

ตารางที่ 4-3 ขนาดแนะนำของอุปกรณ์ลดความรุนแรงตามลักษณะพื้นที่ (AASHTO, 2006)

ความเร็วออกแบบ (กม./ชม.)	ขนาด (เมตร)								
	อย่างน้อย						เหมาะสม		
	มีพื้นที่จำกัด			มีพื้นที่เพียงพอ					
	N	L	F	N	L	F	N	L	F
50	2	2.5	0.5	2.5	3.5	1.0	3.5	5.0	1.5
80	2	5.0	0.5	2.5	7.5	1.0	3.5	10.0	1.5
110	2	8.5	0.5	2.5	13.5	1.0	3.5	17.0	1.5
130	2	11.0	0.5	2.5	17.0	1.0	3.5	21.0	1.5

คันหิน (Curb)

ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์กั้นหรืออุปกรณ์ลดความรุนแรงก็แล้วแต่ การติดตั้งบนคันหิน (Curb) หรือพื้นลาดเอียงจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์เหล่านี้ เนื่องจากมีโอกาสที่รถจะเหินข้ามหรือพลิกคว่ำได้ ดังนั้น หากเป็นการก่อสร้างใหม่ ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งอุปกรณ์กั้นบนคันหินหรือพื้นลาดเอียง แต่หากเป็นงานซ่อมบำรุง ควรปรับปรุงพื้นที่ก่อนติดตั้งอุปกรณ์กั้น ทั้งนี้ หากคันหินมีความสูงต่ำกว่า 10 ซม. อาจอนุโลมได้ เว้นแต่มีการประเมินแล้วว่าจะทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดความรุนแรงลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ความลาดเอียง (Level Terrain)

เนื่องการอุปกรณ์ลดความรุนแรงได้รับการออกแบบและทดสอบบนพื้นราบ และไม่มีวัตถุหรืออุปกรณ์อื่นๆ รอบข้าง ดังนั้น หากติดตั้งในพื้นที่ที่มีระดับแตกต่างจากที่ได้ออกแบบไว้ เช่น พื้นที่ลาดเอียง จะทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดลง หรือในบางกรณีอาจส่งผลให้อุบัติเหตุเกิดความรุนแรงมากกว่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้ ควรติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรงบนพื้นที่มีความลาดเอียงไม่เกิน 5%

พื้นผิว (Surface)

สภาพผิวทางบริเวณจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์กั้นจะต้องราบเรียบและแข็งแรง (พื้นคอนกรีตหรือแอสฟัสต์) และมีความกว้างพื้นผิวมากกว่าความกว้างของอุปกรณ์ลดความรุนแรงอย่างน้อย 60 ซม. เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในระหว่างการดูดซับแรงกระแทกเมื่อเกิดการชน

โครงสร้างต่างระดับ (Elevated Structure)

หากจำเป็นจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรงบนโครงสร้างต่างระดับ จำเป็นต้องพิจารณาตำแหน่งของรอยต่อของโครงสร้างด้วย และจำเป็นจะต้องเลือกประเภทให้เหมาะสม เนื่องจากหากมีการปรับปรุงพื้นที่ที่จะติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง อาจส่งผลต่อโครงสร้างทางยกระดับได้ ทั้งนี้ พื้นที่ดังกล่าวอาจไม่แนะนำ

ให้ติดตั้งอุปกรณ์ประเภท Sand Filled Plastic Barrier ที่ไม่มีการยึดติดกับพื้น เนื่องจากโครงสร้างถนนมีการสั่นไหว (Vibration) ตลอดเวลา

รอยต่อของโครงสร้างสะพาน (Bridge Joint)

หลีกเลี่ยงการติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรงบริเวณรอยต่อของโครงสร้างสะพาน เนื่องจากรอยต่อเหล่านี้มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา จะทำให้ตัวอุปกรณ์เกิดการยืดตัวหรือหดตัว และส่งผลต่อประสิทธิภาพในการใช้งานได้

ทิศทางในการติดตั้ง (Orientation)

โดยทั่วไป อุปกรณ์ลดความรุนแรงจะต้องติดตั้งในทิศทางที่รถจะหลุดเข้าไปชนวัตถุอันตรายในทิศทางตรง (Head-On) แต่อาจไม่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์ประเภทที่สะท้อนรถได้ (Redirective) เนื่องจากสามารถรองรับการชนด้านข้างได้ ทั้งนี้ ทิศทางที่เหมาะสมที่สามารถยอมรับได้ คือ มุมระหว่างถนนและอุปกรณ์ลดความรุนแรงแตกต่างกันไม่เกิน 10 องศา

เครื่องหมายจราจร

เครื่องหมายจราจรในบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง ให้เป็นไปตาม “คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางและเครื่องหมายนำทาง” (กรมทางหลวง, 2554) โดยใช้เครื่องหมาย “เขตปลอดภัยหรือเกาะสี (พบ.18 Island Marking)” โดยหากเป็นการติดตั้งบนไหล่ทาง ให้ใช้การตีเส้นบั้งเฉียง (Cross Hatching) แต่หากเป็นการติดตั้งบน Gore Area ให้ใช้การตีเส้นบั้งหัวเกาะ (Chevron Hatching)

ตรวจสอบความเรียบร้อยในการติดตั้ง

หลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรงแล้ว ผู้ควบคุมงานจะต้องทำการตรวจสอบความเรียบร้อยของการติดตั้ง เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าอุปกรณ์สามารถรองรับแรงกระแทกจากรถที่พุ่งเข้าชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ การตรวจสอบความเรียบร้อยในการติดตั้งให้เป็นไปตาม “คู่มือการติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง” ของบริษัทผู้ผลิตที่ลงทะเบียนและส่งมอบให้สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง

4.4 การบำรุงรักษา

แม้ขั้นตอนต่างๆ ในบทที่ผ่านมาจะเป็นกระบวนการที่สำคัญ ทั้งการวิเคราะห์พื้นที่ติดตั้ง ประสิทธิภาพในการลดความรุนแรง หรือค่าใช่จ่ายในการติดตั้ง แต่โดยส่วนใหญ่แล้ว การที่จะเลือกอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่เหมาะสมจะพิจารณาถึงการซ่อมบำรุงเป็นหลัก ซึ่งข้อมูลนี้เป็นข้อมูลสำคัญที่ผู้ผลิตจะต้องแจ้งให้วิศวกรผู้ออกแบบทราบให้ครบถ้วน ได้แก่ การตรวจเช็คสภาพการใช้งานทั่วไป (Regular Maintenance) การซ่อมบำรุงเมื่อเกิดการชน (Crash Repair) และการจัดเก็บอะไหล่สำหรับซ่อมบำรุง (Material Storage) โดยมีรายละเอียดเบื้องต้น ดังนี้

4.4.1 การตรวจสอบสภาพการใช้งานทั่วไป

เป็นการตรวจสอบความพร้อมในการใช้งานของอุปกรณ์ที่ต้องทำอยู่เป็นประจำ เพื่อเป็นการยืนยันว่าอุปกรณ์จะสามารถใช้ได้หากเกิดอุบัติเหตุจริง หากเป็นตำแหน่งที่ปลอดสายตาผู้คนอาจเกิดการลักขโมยชิ้นส่วนที่สำคัญไปได้ หรือหากเป็นอุปกรณ์แบบ Gating ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ คือ ทราย จะต้องมีการตรวจเช็คระดับทรายอยู่บ่อยครั้ง เนื่องจากอุปกรณ์อาจเกิดการรั่วซึมได้ โดยเฉพาะหากติดตั้งบนทางต่างระดับซึ่งมีการสั่นกระเทือน (Vibration) ของโครงสร้างอยู่ตลอดเวลา

วิธีการตรวจสอบสภาพการใช้งานทั่วไปสามารถดำเนินการได้ 2 วิธี ได้แก่

1) **การขับรถตรวจสอบ** (Drive By) ความถี่ในการตรวจสอบโดยการขับรถขึ้นอยู่กับปริมาณจราจรและโอกาสที่อุปกรณ์ลดความรุนแรงจะถูกชน แต่ควรจะมีการตรวจสอบโดยการขับรถอย่างน้อยเดือนละครั้ง

1. ผู้ตรวจสอบจะต้องขับรถด้วยความเร็วที่พอเหมาะ ที่จะเห็นร่องรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์หรือร่องรอยอื่นๆ รอบข้างหากเกิดการชนขึ้น หากตรวจพบจริง จะต้องทำการตรวจสอบอย่างละเอียดต่อไป
2. ตรวจสอบว่าอุปกรณ์หลักที่ดูดซับแรงกระแทกติดตั้งอยู่ครบถ้วน และจะต้องไม่มีวัตถุหรือเศษสิ่งสกปรกอื่นใดขวางแนวการยุบตัวด้านล่างของอุปกรณ์
3. ตรวจสอบแผ่นสะท้อนแสงที่ด้านหน้า (เฉพาะประเภทที่มีแผ่นสะท้อนแสงติดอยู่)

2) **การตรวจสอบอย่างละเอียด** ความถี่ในการตรวจสอบอย่างละเอียดขึ้นอยู่กับปริมาณจราจรและโอกาสที่อุปกรณ์ลดความรุนแรงจะถูกชน แต่ควรจะมีการตรวจสอบอย่างละเอียดอย่างน้อยสามเดือนต่อครั้ง

1. ตรวจสอบว่าวัสดุตามแนวนอนของอุปกรณ์อยู่ในตำแหน่งที่ตั้งตรง ไม่บิดเบี้ยว และน็อตแต่ละตัวถูกขันให้แน่นตามที่ระบุไว้ในคู่มือการติดตั้ง
2. ตรวจสอบบริเวณด้านล่างขอบอุปกรณ์ เพื่อมั่นใจว่าอุปกรณ์สามารถยุบตัวได้โดยไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ
3. ตรวจสอบความแข็งแรงของแท่นรองรับแรงกระแทกทางด้านหลัง
4. ตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์หลักที่ดูดซับแรงกระแทก และตรวจสอบสิ่งสกปรกอื่นๆ ที่อาจจะไปกีดขวางหรือส่งผลต่อความสามารถในการรับแรงกระแทก
5. ตรวจสอบความเชื่อมต่อของอุปกรณ์รับแรงกระแทกทางด้านข้าง

ทั้งนี้ ในระหว่างการตรวจสอบโดยการขับรถตรวจสอบและการตรวจสอบอย่างละเอียด ผู้ตรวจสอบจะต้องบันทึกรายละเอียดพร้อมระบุวันเวลาในการตรวจสอบลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบดัง**รูปที่** 4-10 ทุกครั้งเพื่อประโยชน์ในภายหลังหากมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น

4.4.2 การซ่อมแซมเมื่อเกิดการชน

ในบริเวณที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง ควรพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรงที่สามารถซ่อมกลับมาใช้ได้หลายครั้ง (Reusable) เพราะเมื่อความเสียหายเนื่องจากการชนน้อยจะทำให้ค่าซ่อมบำรุงต่ำ ในทางตรงกันข้าม หากบริเวณที่มีการเกิดอุบัติเหตุในระดับปกติ ควรเลือกอุปกรณ์ที่สามารถสะท้อนรถได้ (Redirective) เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์

หากพบว่าอุปกรณ์ลดความรุนแรงมีความเสียหาย ผู้รับผิดชอบ (หมวดการทาง) จะต้องทำการตรวจสอบและซ่อมแซมอุปกรณ์พร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดลงในแบบฟอร์มการซ่อมแซมดัง**รูปที่** 4-11 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ตรวจสอบผิวจราจรและผิวทางที่ติดตั้งอุปกรณ์ลดความรุนแรง หากจุดยึดมีการเคลื่อนตัวหรือเกิดรอยแตกหรือรอยร้าวบนผิวทาง จะต้องทำการซ่อมแซมผิวจราจรก่อน ในระหว่างนี้อาจทำการย้ายอุปกรณ์ออกไปไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสมชั่วคราวก่อน
2. หากอุปกรณ์ลดความรุนแรงเป็นประเภทซ่อมแซม (Reuseable) ได้ ให้ทำการตรวจสอบและซ่อมแซมให้ส่วนหน้ากลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิม
3. ตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์หลักที่ดูดซับแรงกระแทก หากมีความเสียหายจะต้องทำการเปลี่ยนใหม่ (ไม่ควรซ่อมแซมและนำกลับมาใช้ใหม่)
4. ตรวจสอบแท่นรองรับและฐานราก หากมีความเสียหายสามารถทำการซ่อมแซมได้ หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่หากมีความจำเป็น

5. ตรวจสอบน็อตที่ใช้ยึดฐานราก หากมีความเสียหายจะต้องทำการเปลี่ยนใหม่ (ไม่ควรดัดตัวน็อตและนำกลับมาใช้ใหม่)
6. ตรวจสอบอุปกรณ์รับแรงกระแทกด้านข้าง หากมีความเสียหายสามารถทำการซ่อมแซมได้ หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่หากมีความจำเป็น
7. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของฝาครอบด้านหน้า รวมทั้งแผ่นสะท้อนแสง
8. หลังจากตรวจสอบอุปกรณ์ทั้งหมดครบถ้วนแล้ว จะต้องทำการขันน็อตทุกตัวให้แน่นตามที่ระบุไว้ในคู่มือการติดตั้ง

ทั้งนี้ ขั้นตอนของการซ่อมแซมอย่างละเอียดให้เป็นไปตาม “คู่มือการซ่อมแซมอุปกรณ์ลดความรุนแรง” ของบริษัทผู้ผลิตที่ลงทะเบียนและส่งมอบให้สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง

4.4.3 การจัดเก็บและเปลี่ยนอะไหล่สำรอง

แขวงการทางควรจะต้องมีอะไหล่สำรองเสมอเพื่อให้สามารถซ่อมแซมได้ทันที ซึ่งหากไม่สามารถทำได้จะต้องมีแผนสำรองในการป้องกันและควบคุมพื้นที่ เพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุซ้ำได้ โดยทั่วไปแล้ว ควรจะพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ลดความรุนแรงประเภทเดียวกันในถนนหลายสายเพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุงและการจัดเก็บอะไหล่

แบบฟอร์มการตรวจสอบสภาพทั่วไปของอุปกรณ์ลดความรุนแรง

ทางหลวงหมายเลข _____ กิโลเมตรที่ _____ ทิศทาง _____

ตรวจสอบวันที่ _____ โดย _____

ลำดับ	รายการ	ใช่	ไม่ใช่	หมายเหตุ
1	ถูกรถชน			
2	อุปกรณ์เสียหาย			
3	มีหลักฐานว่าเกือบถูกชน			
4	มีการผุพังหรือกัดกร่อน			
5	รถที่ชนเกิดความเสียหาย			
6	มีบันทึกประจำวันของตำรวจ			
7	ถูกชนจุดแรกที่ปลายของอุปกรณ์			
8	ความยาวที่ยุบลงไป _____ เมตร			
9	ต้องมีการซ่อมแซม			
10	ต้องมีการปิดการจราจร			
11	ต้องมีการเปลี่ยนอะไหล่			
12	มีปัญหาในการเปลี่ยนอะไหล่			
13	ระยะเวลาในการสั่งอะไหล่ _____ วัน			
14	ต้องมีการตรวจสอบภายหลัง			

แผนภาพประกอบ

รูปที่ 4-10 แบบฟอร์มการตรวจสอบสภาพการใช้งานทั่วไป

แบบฟอร์มการซ่อมแซมอุปกรณ์ลดความรุนแรง

จำนวนรอยปะทะและทิศทาง (ด้านหน้าหรือด้านข้าง) _____

_____

_____

_____

_____

ประเภทรถที่ชน _____

ข้อมูลอื่นๆ เช่น ความเร็วของรถ มุมที่ชน (หากมีข้อมูลเพียงพอ) _____

_____

_____

_____

_____

แผนภาพประกอบ

วันที่ทำการซ่อมแซม: _____

อะไหล่ที่ต้องเปลี่ยน: _____

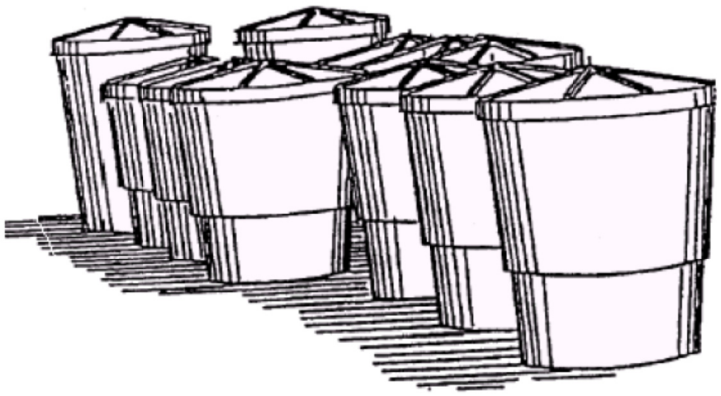
ค่าซ่อมแซม: _____

เวลาที่ใช้ซ่อมแซม: _____

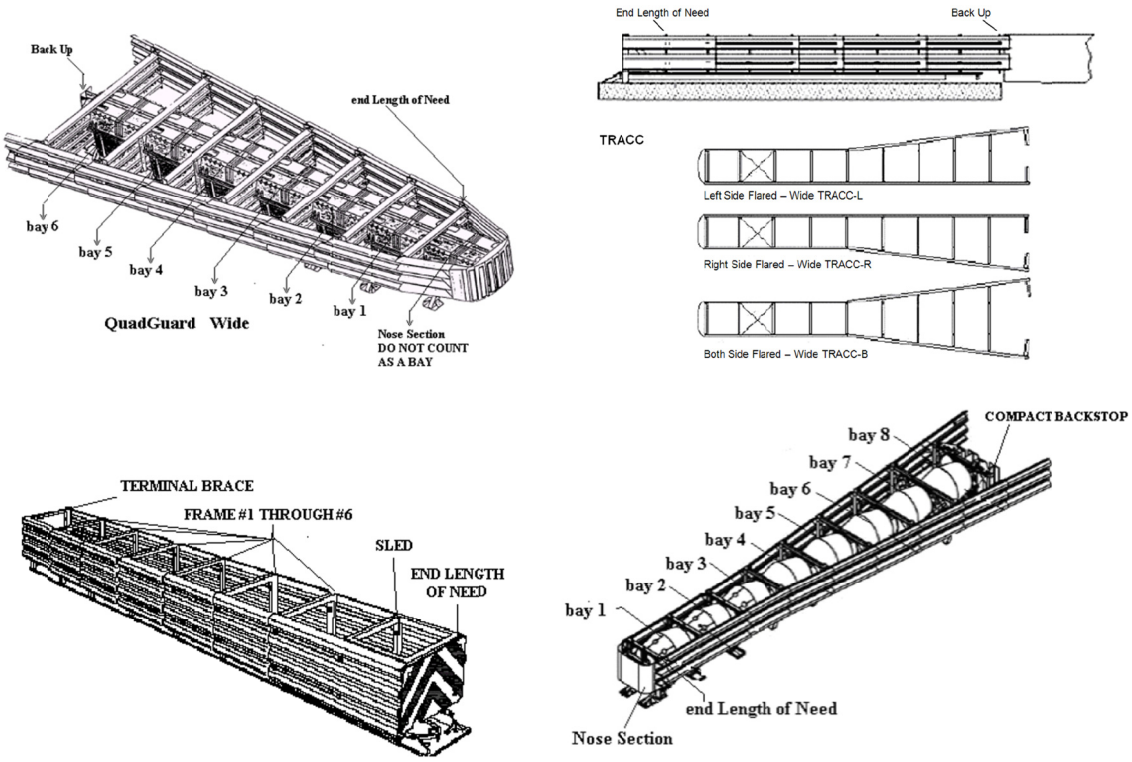
รูปที่ 4-11 แบบฟอร์มการซ่อมแซมอุปกรณ์ลดความรุนแรง

ภาคผนวก

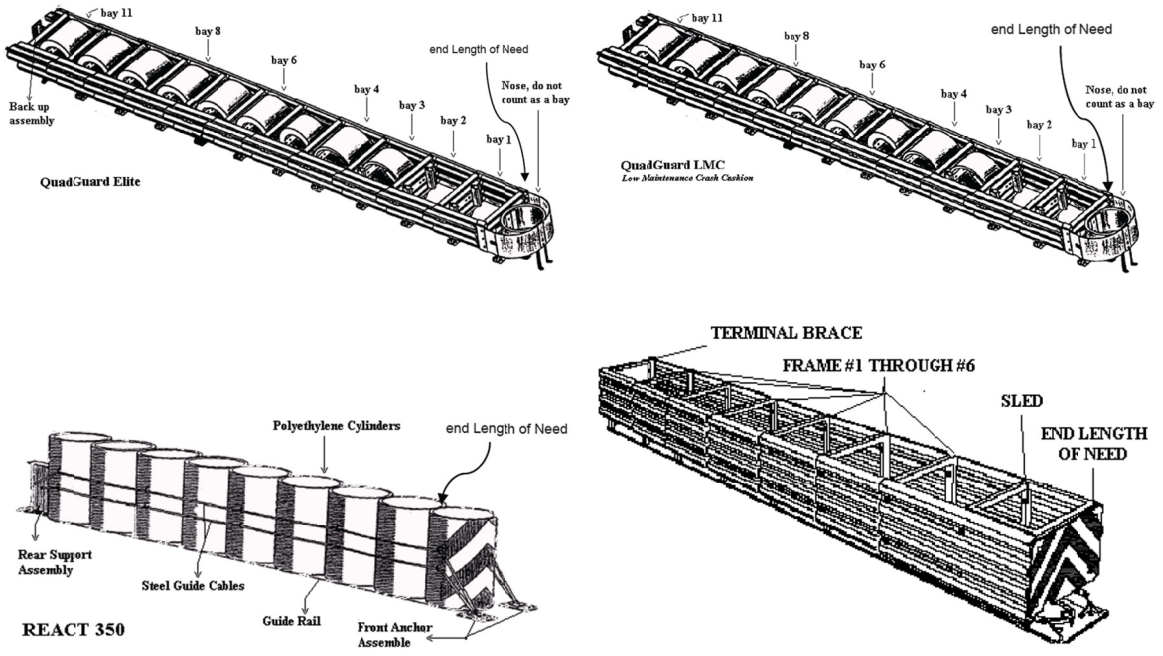
ตัวอย่างอุปกรณ์ลดความรุนแรงแต่ละประเภท



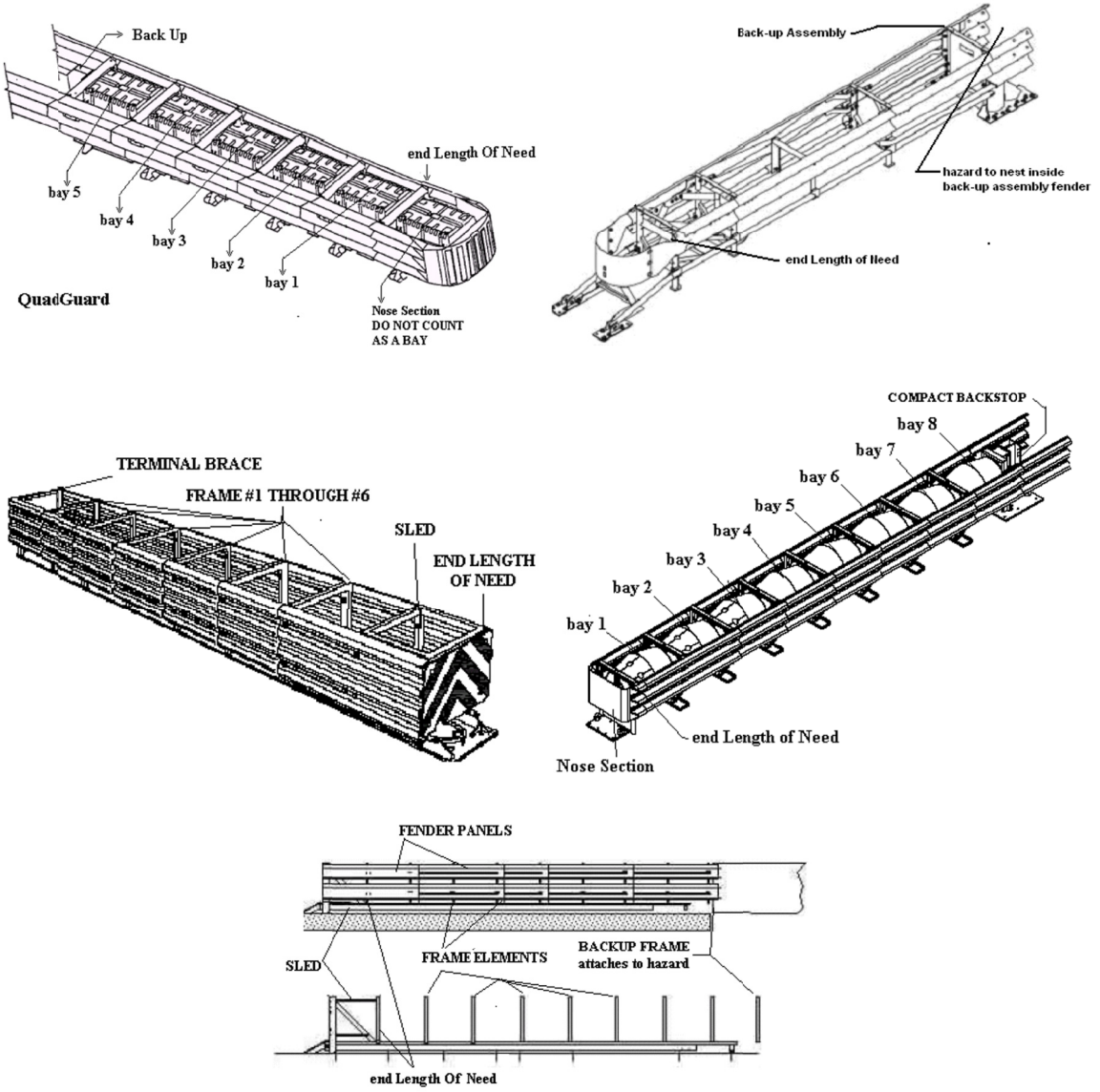
(1) Sand Filled Plastic Barrier **หรือ** Inertial Crash Cushion



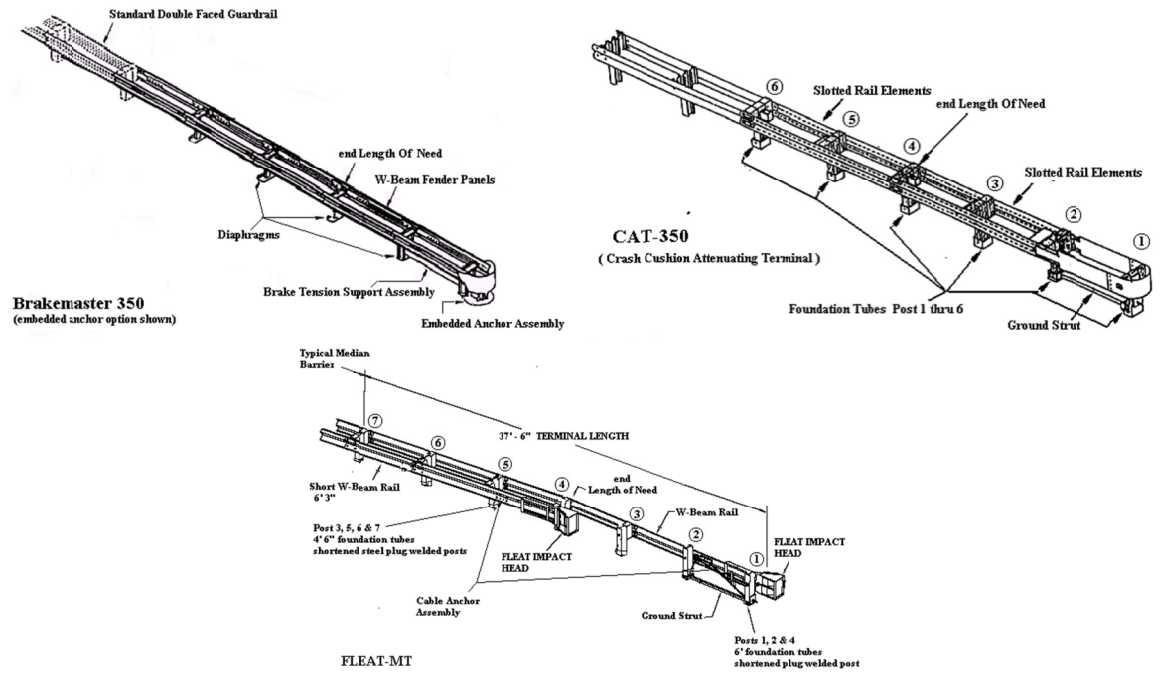
(2) Energy Absorbing, Non-Gating Crash Cushion (**ขนาดใหญ่**)



(3) Reusable Energy-Absorbing, Redirective, Non-Gating Crash Cushion



(4) Energy Absorbing, Redirective, Non-Gating Crash Cushion (ขนาดเล็ก)



(5) Cable Anchor Assembly, Gating Crash Cushion

บทที่ 5

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

5.1 บทนำ

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง

วัตถุประสงค์ของการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง คือ การช่วยเพิ่มความสามารถในการขับขี่ในช่วงเวลากลางคืนเพื่อให้การมองเห็นเส้นทางและวัตถุข้างทางที่ถูกต้องในเวลาอันรวดเร็ว ทำให้ผู้ใช้ทางสามารถหลบหลีกหากเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน และช่วยลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ การออกแบบเพื่อติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างนั้น ผู้ออกแบบต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงของผู้ใช้ทาง การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างที่ดีและมีประสิทธิภาพนั้น ควรคำนึงถึงประโยชน์ทางเศรษฐกิจ สังคม และความปลอดภัยต่อผู้ใช้ทาง โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- เพื่อลดปัญหาอุบัติเหตุทางถนนในช่วงเวลากลางคืน และลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้ทางหลวง
- เพื่อลดปัญหาอาชญากรรมและเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้ใช้ทางหลวง
- เพื่อเพิ่มความคล่องตัวและการมองเห็นแก่ผู้ใช้ทางหลวง

5.1.2 ปัจจัยต่อการมองเห็นของผู้ใช้ทางหลวง

การมองเห็นถือเป็นกลไกที่สำคัญอย่างหนึ่งของการรับรู้ทางสายตา ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ติดตั้งบนทางหลวงต้องทำให้ผู้ขับขี่และคนเดินเท้าสามารถมองเห็นกายภาพถนน สภาพข้างทาง ตลอดจนวัตถุอันตรายข้างทางได้อย่างสะดวกและชัดเจน อย่างไรก็ตาม การมองเห็นยังมีปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบอันได้แก่

- ความสว่างของวัตถุที่อยู่ในบริเวณช่องจราจรและสภาพแวดล้อมโดยรอบ
- ขนาดของวัตถุที่ส่งผลต่อการมองเห็น
- การตัดกันของแสงระหว่างวัตถุกับสภาพแวดล้อมข้างทาง
- การตัดกันของแสงระหว่างผิวทางและสภาพแวดล้อมรอบข้าง ที่ส่งผลต่อผู้ใช้ทางหลวง
- ช่วงเวลาที่สามารถมองเห็นวัตถุ
- สภาพข้างทางที่สว่างมาก จนทำให้เกิดความไม่สบายตาต่อผู้ใช้ทาง (แสงจ้าหรือแสงบาดตา (Glare))
- มุมมองการมองเห็นขณะขับขี่ (Driver vision)
- สภาพของกระจกหน้ารถ เช่น การติดฟิล์ม (Condition of windshield)

5.1.3 นิยามและคำจำกัดความงานไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง

โคมไฟฟ้า (Lantern) หมายถึง ดวงโคมที่ประกอบด้วยหลอดไฟฟ้าหนึ่งหลอดหรือมากกว่า ประกอบด้วยบัลลาสต์ อุปกรณ์หักเหแสง อุปกรณ์สะท้อนแสง อุปกรณ์กระจายแสงของหลอดไฟ

ช่วงแขน (Outreach) หมายถึง ระยะทางในแนวราบระหว่างศูนย์กลางของโคมไฟฟ้ากับศูนย์กลางของเสาไฟฟ้า

ระยะยื่น (Overhang) หมายถึง ระยะทางในแนวราบที่ศูนย์กลางของโคมไฟฟ้ายื่นเข้ามาในขอบผิวทางจราจร

ความสูงของดวงโคม (Mounting Height) หมายถึง ระยะห่างในแนวดิ่งระหว่างศูนย์กลางของดวงโคมกับผิวจราจร

ช่วงดวงโคม (Spacing) หมายถึง ระยะระหว่างดวงโคมที่ติดตั้ง วัดขนานไปตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของถนน ในกรณีติดตั้งกิ่งเดี่ยวแบบกิ่งสลับ การวัดระยะจะวัดขนานไปตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของถนนจากศูนย์กลางของดวงโคมบนด้านหนึ่งของถนน ไปยังศูนย์กลางของดวงโคมอีกดวงหนึ่งในด้านตรงข้าม

ฟลักซ์แสงสว่าง (Luminous Flux) หมายถึง กำลังแสงสว่างที่ส่งออกโดยแหล่งกำเนิดแสง โดยไม่คำนึงถึงทิศทางที่กระจัดกระจายออกไป หน่วยของฟลักซ์แสงสว่างคือลูเมน (Lumen, lm)

ฟลักซ์ครึ่งวงกลมส่วนล่าง (Lower Hemispherical Flux) หมายถึง ฟลักซ์แสงสว่างที่เปล่งออกมาจากดวงโคม ในทุกทิศทางส่วนล่างของระนาบแนวนอน

กำลังส่องสว่าง(Candlepower) หรือ**ความเข้มส่องสว่าง** (Luminous Intensity) หมายถึง ความหนาแน่นของฟลักซ์แสงสว่างไปยังทิศทางใดทิศทางหนึ่ง มีหน่วยเป็นแคนเดลา (Candela, cd)

ความเข้มครึ่งวงกลมโดยเฉลี่ย (Mean Hemispherical Intensity) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของความเข้มส่องสว่างครึ่งวงกลมส่วนล่าง ซึ่งเท่ากับค่าของฟลักซ์ครึ่งวงกลมส่วนล่างหารด้วย 6.28

อัตราส่วนความเข้มส่องสว่าง (Intensity Ratio) หมายถึง อัตราส่วนของความเข้มส่องสว่างจริงๆ ในทิศทางใดๆ ของดวงโคมต่อความเข้มครึ่งวงกลมโดยเฉลี่ย

อัตราส่วนความเข้มส่องสว่างสูงสุด (Peak Intensity Ratio) หมายถึง อัตราส่วนของความเข้มส่องสว่างที่สูงที่สุดต่อความเข้มครึ่งวงกลมโดยเฉลี่ย

ความสว่าง (Illuminance) หมายถึง ปริมาณแสงที่กระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือ lux

ความส่องสว่าง (Luminance) หมายถึง ปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m^2)

ประสิทธิภาพความส่องสว่าง (Luminous Efficiency) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างค่าฟลักซ์การส่องสว่างกับกำลังงานที่ทำให้เกิดฟลักซ์การส่องสว่าง มีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์ (lm/W)

ค่าความสม่ำเสมอแสง (Uniformity of Illumination) หมายถึง ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างมีความจำเป็นสำหรับการมองเห็น โดยจะเป็นสัดส่วนระหว่างค่าความสว่างต่ำสุดกับค่าความสว่างโดยเฉลี่ย

ลำแสง (Beam) หมายถึง ส่วนของการกระจายแสง ซึ่งรองรับโดยมุมเชิงแข็งที่ศูนย์กลางของดวงโคมซึ่งให้ความเข้มส่องสว่างตั้งแต่ร้อยละ 90 ของความเข้มส่องสว่างสูงสุดของดวงโคม

ศูนย์กลางลำแสง (Beam Center) หมายถึง ทิศทางกึ่งกลางของลำแสง

โค้งไอโซแคนเดลา (Isocandela Curve) หมายถึง เส้นโค้งที่ลากไปบนผิวทรงกลมสมมุติซึ่งมีความเข้มส่องสว่างเท่ากัน

ไอโซแคนเดลา ไดอะแกรม (Isocandela Diagram) หมายถึง ชุดของโค้งไอโซแคนเดลา

โค้งโพลาร์ (Polar Curve) หมายถึง โค้งที่แสดงการกระจายแสงโดยใช้พิกัดโพลาร์

โค้งสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Utilization Curve) หมายถึง โค้งที่แสดงค่าสัมประสิทธิ์ในการหาปริมาณแสงทั้งหมดที่ออกจากโคมไฟฟ้าจะตกลงไปถึงพื้นที่ที่ต้องการส่องสว่างจริงร้อยละเท่าไร

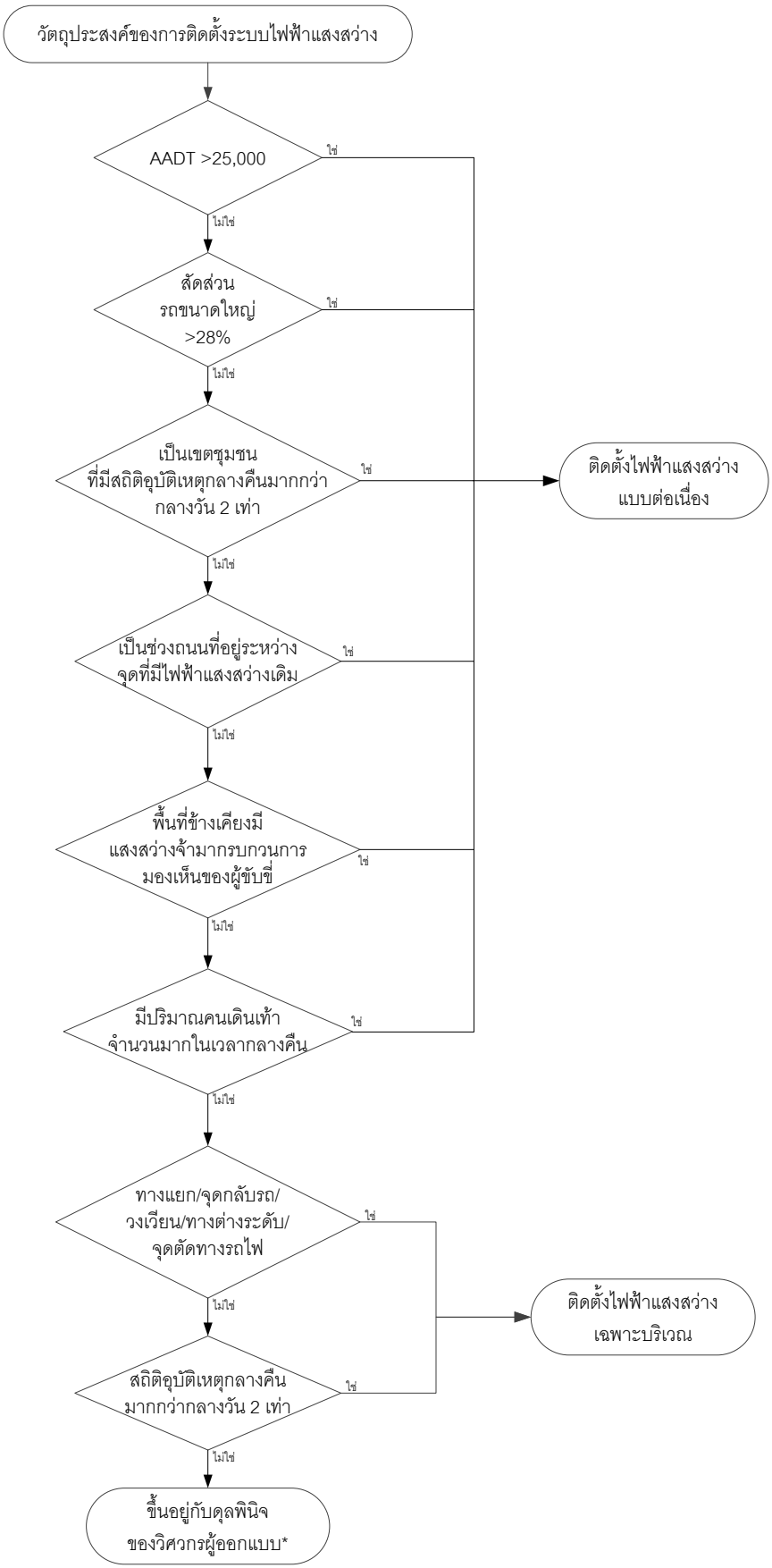
ดัชนีความถูกต้องของสี (Color Rendering Index) เป็นตัวบ่งบอกว่าสีของวัตถุที่เห็นภายใต้แสงนั้นเพี้ยนจากความเป็นจริงมากหรือน้อย มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ หลอดที่มีค่าความถูกต้อง 100% หมายความว่าเมื่อใช้หลอดนี้ส่องวัตถุชนิดหนึ่งแล้วสีของวัตถุที่เห็นไม่มีความเพี้ยนของสี

อายุการใช้งาน (Life Time) หมายถึงอายุการใช้งานของหลอดไฟโดยเฉลี่ยของหลอด หน่วยเป็นชั่วโมง

แสงจ้า (Glare) หมายถึง ลักษณะการกระจายแสงที่ออกมาจากดวงโคมแล้วมีความรู้สึกว่ามีแสงเข้ามารบกวนการมองเห็นของตา ทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากหรือมองไม่เห็นเลย แสงจ้ามีอยู่ 2 ลักษณะ คือ แสงจ้าแบบไม่สามารถมองเห็นได้ (Disability Glare) และแสงจ้าแบบมองเห็นไม่สบายตา (Discomfort Glare)

5.2 เหตุอันควรในการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง

ปัจจัยสำคัญที่ใช้พิจารณาเพื่อกำหนดตำแหน่งติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง (ยกเว้นทางหลวงพิเศษ) ได้แก่ ลักษณะพื้นที่ในเขตเมืองและเขตชนบท ปริมาณจราจร ทางร่วมทางแยก ตำแหน่งกลับรถ ทางแยกสัญญาณไฟจราจร บริเวณที่มีการแบ่งช่องทางจราจร ตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงกายภาพถนนและประเภทผู้ใช้ทางหลวง โดยมีข้อพิจารณาถึงเหตุอันควรในการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างทั้งแบบต่อเนื่องและเฉพาะบริเวณดัง**รูปที่** 5-1 และมีรายละเอียดดังหัวข้อที่ 5.2.1 และ 5.2.2



รูปที่ 5-1 ข้อพิจารณาถึงเหตุอันควรในการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างทั้งแบบต่อเนื่องและเฉพาะบริเวณ

5.2.1 การติดตั้งแบบต่อเนื่อง (Continuous Lighting)

เป็นการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนถนนที่ยาวต่อเนื่องกันตั้งแต่ 500 เมตร ขึ้นไป โดยพิจารณาติดตั้งจากเหตุอันควรดังนี้

- ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันเกินกว่า 25,000 คันต่อวัน
- บริเวณเกาะกลางแบบยก (Raised Median)และสะดวกต่อการบำรุงรักษา
- บริเวณที่การจราจรมีความขัดแย้งกันสูง เช่น ถนนที่ช่องทางเดินรถกว้าง บริเวณที่มีความสำคัญต่อการพัฒนา (พื้นที่ธุรกิจหรือเขตที่พักอาศัย)
- บริเวณที่มีสัดส่วนรถขนาดใหญ่มากกว่า 28%
- พื้นที่ข้างเคียงมีแสงสว่างจ้ามาก รบกวนการมองเห็นของผู้ขับขี่
- เป็นช่วงทางสั้นๆ ที่อยู่ระหว่างเส้นทางมีการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างเดิม
- บริเวณเขตชุมชนที่มีสถิติอุบัติเหตุช่วงเวลากลางคืนมากกว่าช่วงเวลากลางวัน 2 เท่า
- บริเวณที่มีคนเดินเท้าจำนวนมากในช่วงเวลากลางคืน

หมายเหตุ: บริเวณเกาะกลางแบบยก (Raised Median) จะแนะนำการติดตั้งดวงโคมแบบติดกิ่งคู่

5.2.2 การติดตั้งเฉพาะบริเวณ (Specific Lighting)

จะพิจารณาติดตั้งจากเหตุอันควรดังนี้

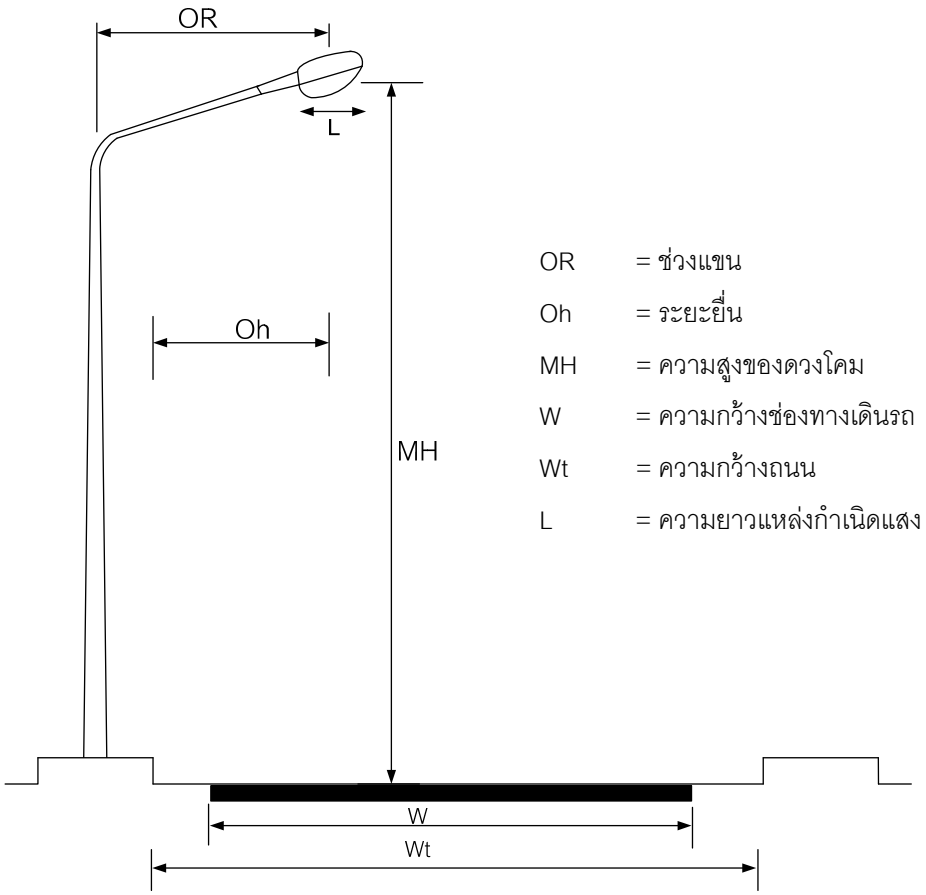
- บริเวณที่มีการติดตั้งสัญญาณไฟกะพริบเพื่อแจ้งเตือนจุดอันตรายหรือทางแยก
- บริเวณที่มีสัดส่วนปริมาณจราจรกลับรถ (U-Turn) สูง
- บริเวณทางหลวงที่มีการเปลี่ยนแปลงกายภาพถนน เช่น ทางต่างระดับ วงเวียน และสะพาน
- บริเวณที่มีลักษณะทางเรขาคณิตที่ไม่ปลอดภัย เช่น ทางโค้งที่ระยะการมองเห็นจำกัด ทางลาดชันมาก
- บริเวณทางข้ามหรือทางม้าลายที่มีจำนวนคนเดินข้ามถนนเป็นจำนวนมาก
- บริเวณจุดตัดทางรถไฟ
- บริเวณเขตชุมชนที่มีสถิติอุบัติเหตุช่วงเวลากลางคืนมากกว่าช่วงเวลากลางวัน 2 เท่าหรือมีการศึกษาที่ระบุได้ว่าการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างสามารถช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุในเวลากลางคืนได้

5.3 วัสดุและอุปกรณ์

เสาไฟฟ้าแสงสว่างประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานดังต่อไปนี้

- ฐานราก (Foundations)
- เสา (Pole) และ ฐานเสา (Pole Base)
- กิ่งโคม (Bracket)
- โคมไฟฟ้า (Lanterns)

ระยะต่างๆ และตำแหน่งสำคัญของโครงสร้างเสาไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวงแสดงดัง**รูปที่** 5-2

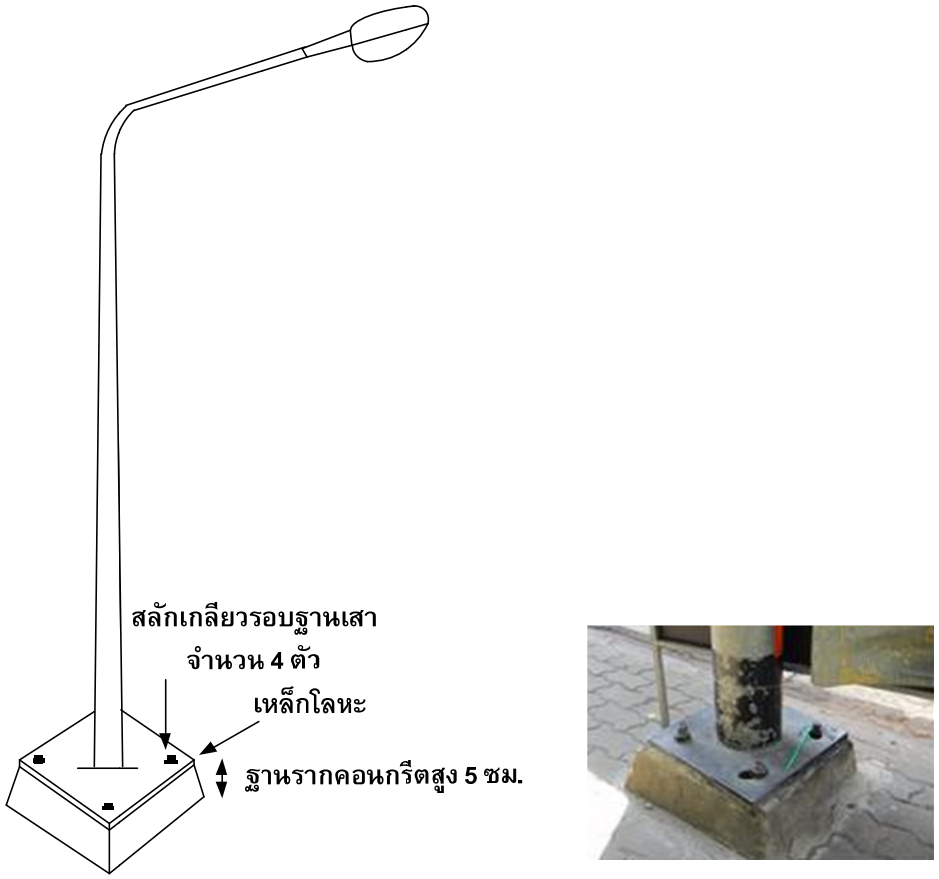


รูปที่ 5-2 **ส่วนประกอบโครงสร้างเสาไฟฟ้าแสงสว่างความสูงไม่เกิน** 12 **เมตร** (วันชัยและคณะ, 2538)

5.3.1 ฐานราก (Foundations)

เมื่อกำหนดตำแหน่งติดตั้งเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะต้องขุดระยะฝังฐานให้มีความลึกเพียงพอสำหรับวางฐานราก การเทคอนกรีตหล่อฐานรากให้เทครั้งเดียว และหล่อให้สูงจากระดับผิวเดิม 5 ซม. เพื่อให้เหลือพื้นที่สำหรับปรับระดับและเชื่อมต่อกับตัวเสา บริเวณฐานเสาจะใช้แผ่นเหล็กโลหะสี่เหลี่ยมเชื่อมติดเป็นเนื้อเดียวกับโคนเสา และเชื่อมต่อกับฐานรากคอนกรีตโดยใช้สลักเกลียวจำนวน 4 ตัว ยึดแน่นทั้ง 4 ด้านของแผ่นเหล็กโลหะสี่เหลี่ยมดัง**รูปที่** 5-3 ในกรณีเป็นเสาสูง งานฐานรากจะใช้คอนกรีตที่มีการออกแบบเป็นพิเศษ สำหรับกรณีที่ไม่สามารถก่อสร้างตามแบบได้ การแก้ไขแบบจะต้องได้รับการเห็นชอบจากวิศวกรผู้ควบคุมก่อน

สำหรับกรณีที่สภาพข้างทางไม่เอื้อต่อการติดตั้งตัวเสา เช่น การติดตั้งตัวเสาบนกำแพงคอนกรีต (Barriers) ฐานรากต้องมีความแข็งแรงมาก และตัวยึดฐานต้องมีลักษณะ Non-Breakaway และกรณีการติดตั้งบริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจร ความแข็งแรงของฐานรากและความสูงเสาสัญญาณจราจรอาจจะออกแบบเพื่อให้ใช้ร่วมกับเสาไฟฟ้าแสงสว่างได้



รูปที่ 5-3 **รูปแบบฐานรากเสาไฟฟ้าแสงสว่าง**

5.3.2 เสา (Pole) และ ฐานเสา (Pole Base)

5.3.2.1 ข้อกำหนดการติดตั้งเสาทั่วไป

เสาที่ใช้สำหรับงานไฟฟ้าแสงสว่าง มีข้อกำหนดโดยทั่วไปดังนี้

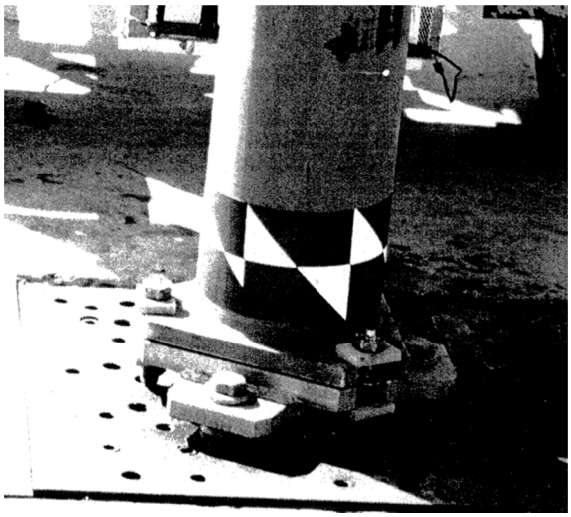
- ตัวเสาควรทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) เป็นรูปเรียวกลวงยึดติดกับฐาน
- โคนเสาควรจะต้องมีช่องปิดเปิดได้ขนาดพอเหมาะที่จะบำรุงรักษา ฝาที่ปิดเปิดจะต้องมีระบบล๊อคเป็นรูปแบบเดียวกันทุกเสา
- ความสูงของดวงโคมจะต้องไม่ต่ำกว่า 7.5 เมตร และไม่เกินกว่า 12 เมตร (โดยทั่วไปจะใช้ความสูงของดวงโคมที่ 9 และ 12 เมตร ขึ้นอยู่กับกำลังความส่องสว่างและลักษณะพื้นที่ใช้งาน)
- ส่วนของเสาที่อยู่เหนือพื้นดินจะต้องตั้งตรง ไม่เอียงออกจากแนวตรงเกิน 2.1 มม.ต่อเมตร
- วัสดุที่ใช้ทำเสาไฟฟ้าและกิ่งโคมบนทางหลวงจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมดังนี้
    - เหล็กกล้าที่นำมาใช้ต้องทำการอาบสังกะสีแบบจุ่มร้อนตามกรรมวิธีของ ASTM A 525-76 ทั้งภายในและภายนอก
    - ปริมาณของสังกะสีเคลือบจะต้องไม่น้อยกว่า 550 กรัม/ตร.ม.
    - ความหนาของแผ่นเหล็กไม่น้อยกว่า 4 มม.
    - ความต้านทานแรงดึงประลัยไม่น้อยกว่า 41 กก./มม.^{2}
    - จุดคราก ไม่น้อยกว่า 25 กก./มม.^{2}
    - การยืดไม่น้อยกว่า ร้อยละ 21

5.3.2.2 การติดตั้งเสาที่มีฐานแบบ Breakaway

ในปัจจุบัน หลายประเทศได้พัฒนาและประยุกต์ใช้เสาไฟฟ้าแสงสว่างชนิดที่มีฐานแบบ Breakaway ที่สามารถหักล้มได้เมื่อเกิดการชนดัง**รูปที่ 5-4** และ**รูปที่ 5-5** หลักการสำคัญของการออกแบบฐานชนิดนี้ คือ การสร้างกลไก (Mechanism) เพื่อรับแรงเฉือนแทนที่จะเป็นการรับแรงดัด ดังนั้น เมื่อเกิดการชน บริเวณข้อต่อควรรับแรงเฉือนได้น้อยกว่าการโก่งตัวของเสาเพื่อให้เกิดการเฉือนขาด และล้มในแนวเดียวกันกับทิศทางการชน ส่งผลให้ผู้ใช้ทางที่ประสบอุบัติเหตุมีความปลอดภัยมายิ่งขึ้น กลไกดังกล่าวได้ถูกออกแบบให้ทำงานเมื่อยานพาหนะพุ่งเข้าชนที่ความสูงประมาณ 50 ซม. กายภาพถนนที่สามารถติดตั้งเสาที่มีฐานแบบ Breakaway จะมีเงื่อนไขเพื่อพิจารณาดังนี้

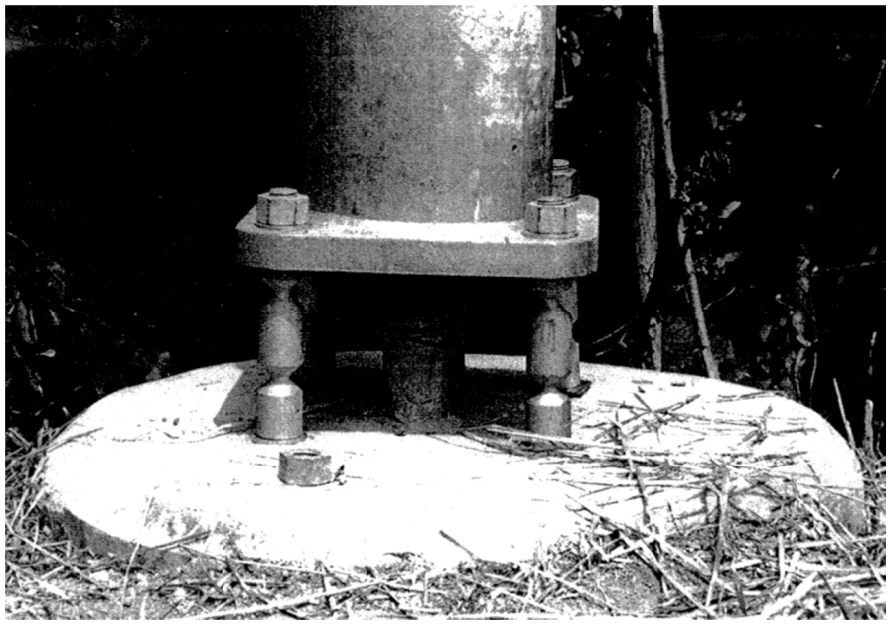


ลักษณะฐานแบบ Cast Aluminum Transformer



ลักษณะฐานแบบ Slip Base

รูปที่ 5-4 **เสาไฟฟ้าแสงสว่างที่มีส่วนรองรับฐานแบบ** Breakaway (AASHTO, 2006)

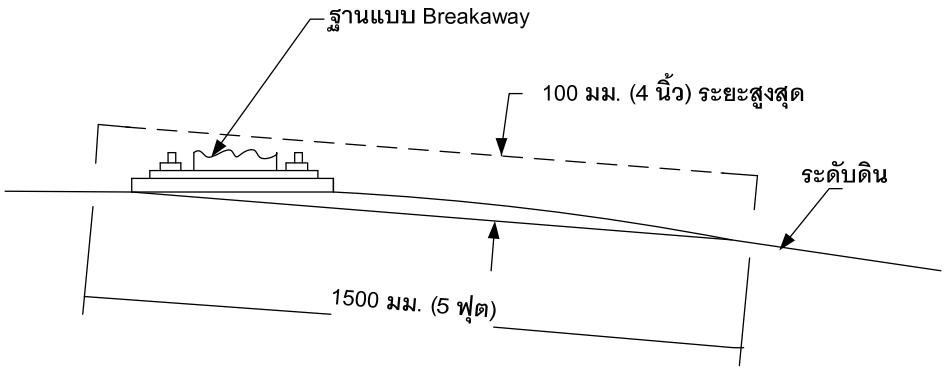


รูปที่ 5-5 **เสาไฟฟ้าแสงสว่างที่มีส่วนรองรับฐานแบบ** Breakaway **ประเภท** Frangible Coupling (AASHTO, 2006)

- ติดตั้งบนถนนที่มีความเร็วจราจรมากกว่า 40 กม./ชม. แต่หากเป็นถนนที่ใช้ความเร็วต่ำเกินไป ความปลอดภัยของเสาที่มีฐานแบบ Breakaway จะไม่แตกต่างจากเสาแบบยึดแน่นทั่วไป ทั้งนี้ ความสูงของฐาน (ความสูงจากพื้นดินถึงบริเวณปลายน็อต) ไม่ควรเกิน 10 ซม. ดัง**รูปที่** 5-6
- หากเป็นถนนในเขตเมืองที่ใช้ความเร็วต่ำกว่า 30 กม./ชม. และมีคนเดินเท้า ผู้ใช้จักรยาน ไม่ควรใช้เสาที่มีฐานแบบ Breakaway เพราะหากเสาล้มลงจะเกิดอันตรายกับคนเดินเท้าและผู้ใช้จักรยานได้
- ไม่ควรติดตั้งเสาที่มีฐานแบบ Breakaway ในบริเวณที่สภาพข้างทางมีลักษณะเป็นคู/ร่องระบายน้ำ เพราะการกัดเซาะของน้ำ อาจจะส่งผลต่อกลไกการทำงานได้

สำหรับการติดตั้งเสาที่มีฐานแบบ Breakaway เมื่อเลือกบริเวณติดตั้งอย่างเหมาะสมแล้ว ข้อพิจารณาสำคัญอย่างต่อไป คือ ข้อกำหนดด้านการออกแบบและตำแหน่งติดตั้งเสา เพื่อให้โครงสร้างเสาและฐานรองรับเกิดประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุด โดยข้อพิจารณาเบื้องต้นมีดังนี้

- ปัจจัยที่มีผลต่อความสูงของการชน คือ การยกโค้ง ความลาดชันคันทาง ระยะ Offset และมุมที่ยานพาหนะหลุดออกนอกคันทางและความเร็ว
- ตำแหน่งติดตั้งเสาที่มีฐานแบบ Breakaway ถือเป็นส่วนสำคัญที่ต้องพิจารณา เพื่อให้เมื่อเกิดการชน กลไกสามารถรับแรงเฉือนได้น้อยกว่าแรงดัด หากติดตั้งผิดตำแหน่ง เสาอาจจะล้มจากระยะโก่งตัวแทนที่เป็นการเฉือนขาด ซึ่งอาจส่งผลต่อการบาดเจ็บของผู้ขับขี่และผู้โดยสารได้
- เสาไฟฟ้าแสงสว่างที่มีฐานแบบ Breakaway ควรมีความสูงเสาไม่เกิน 18.5 เมตรและน้ำหนักไม่เกิน 450 กิโลกรัม เพื่อความปลอดภัยในกรณีที่เสาหักลงมาทับยานพาหนะ
- เสาไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่ได้ฝังดินโดยตรงและมีฐานรากขนาดใหญ่ ความสูงของฐานต้องไม่เกิน 100 มม.
- ระยะห่างระหว่างเสา โดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณ 3-5 เท่าของความสูงเสาหรือขึ้นอยู่กับความสูงของเสาที่ติดตั้ง



รูปที่ 5-6 ความสูงแนะนำของตัวฐานในการติดตั้งเสา (AASHTO, 2006)

5.3.3 กิ่งโคม (Bracket)

โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของการติดตั้งดวงโคม (กิ่งเดี่ยว กิ่งคู่) ตำแหน่งดวงโคมที่ติดบริเวณปลายของกิ่งโคมต้องมีระยะยื่นเข้าไปในช่องจราจรเพื่อประสิทธิภาพการกระจายแสง ขณะที่โครงสร้างเสาจะติดตั้งที่ขอบทางเดินรถ ซึ่งการติดตั้งกิ่งโคมจะมีข้อกำหนดเบื้องต้นดังนี้

- โครงสร้างของกิ่งโคมต้องแข็งแรง พยุงดวงโคมได้ในทุกสภาวะโดยปราศจากการเคลื่อนไหว และอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมที่จะติดดวงโคม
- กิ่งโคมที่ติดตั้งจะทำมุมกับแนวราบประมาณ 15 องศา และจะถูกตรึงแน่นอยู่ที่ส่วนรองรับ โดยวิธีการเชื่อมสลักเกลียวหรือแผ่นโลหะ (Wall Plates)
- ในบางกรณีที่สภาพข้างทางไม่เหมาะต่อการติดตั้งตัวเสาไฟฟ้าแสงสว่าง กิ่งโคมสามารถติดตั้งด้วยวิธีเชื่อมต่อกับโครงสร้างเสาไฟฟ้าของการไฟฟ้าได้ แต่ต้องขออนุญาตและได้รับการยินยอมจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ

5.3.4 โคมไฟฟ้า (Lanterns)

โคมไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนของตัวโคม อุปกรณ์สะท้อนแสง และอุปกรณ์หักเหแสง (ฝาครอบ)

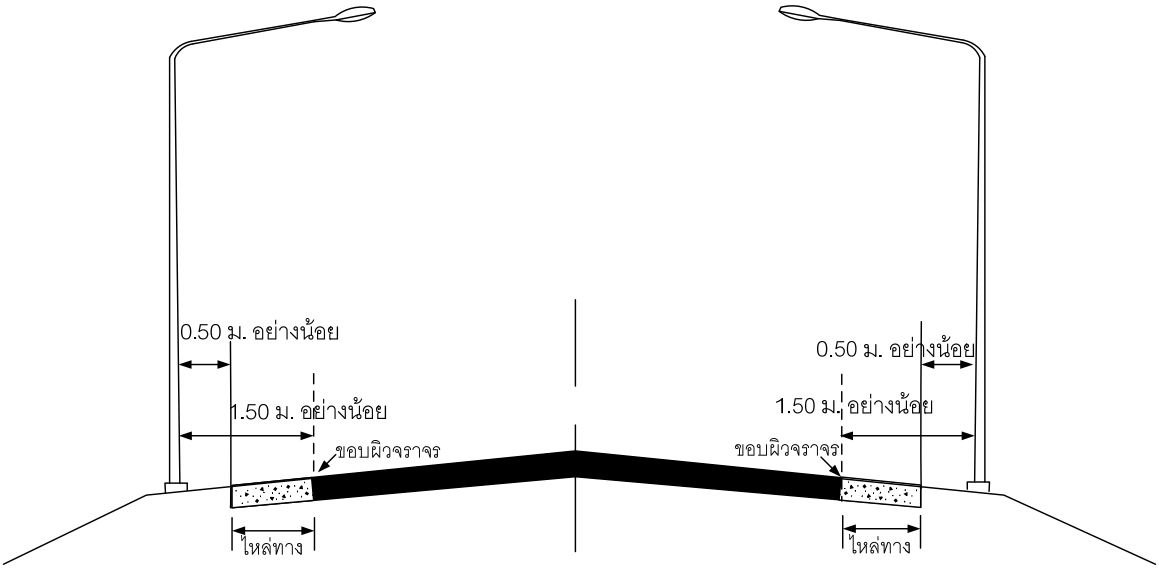
- ตัวโคมไฟฟ้าจะต้องทำด้วยโลหะผสมที่เบาและทนต่อการผุกร่อน สีที่ใช้จะต้องเป็นแบบอบเคลือบออกสีเทา
- อุปกรณ์สะท้อนแสงจะต้องเป็นแบบขัดเงาและทำมาจากอลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์ (Anodize)
- อุปกรณ์หักเหแสง (ฝาครอบ) หากทำมาจากอะคริลิคโปร่งใสจะต้องไม่มัวเนื่องจากการเปลี่ยนสีภายใน 5 ปีแรกของการใช้งาน
- โคมไฟฟ้าจะต้องมีปะเก็น (Gasket) ที่ฝาครอบ ที่คอ และจุดอื่นๆ สำหรับป้องกันแมลงเข้า ซึ่งจะต้องเป็นวัสดุที่ใช้งานได้นานและเป็นแบบทนความร้อน

5.4 ข้อกำหนดการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง

5.4.1 ข้อกำหนดด้านระยะห่างจากขอบไหล่ทาง หรือคันหิน

ระยะติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง จะแบ่งเป็นบริเวณนอกเมืองและในเมืองหรือเขตชุมชน โดยมีรายละเอียดดังนี้

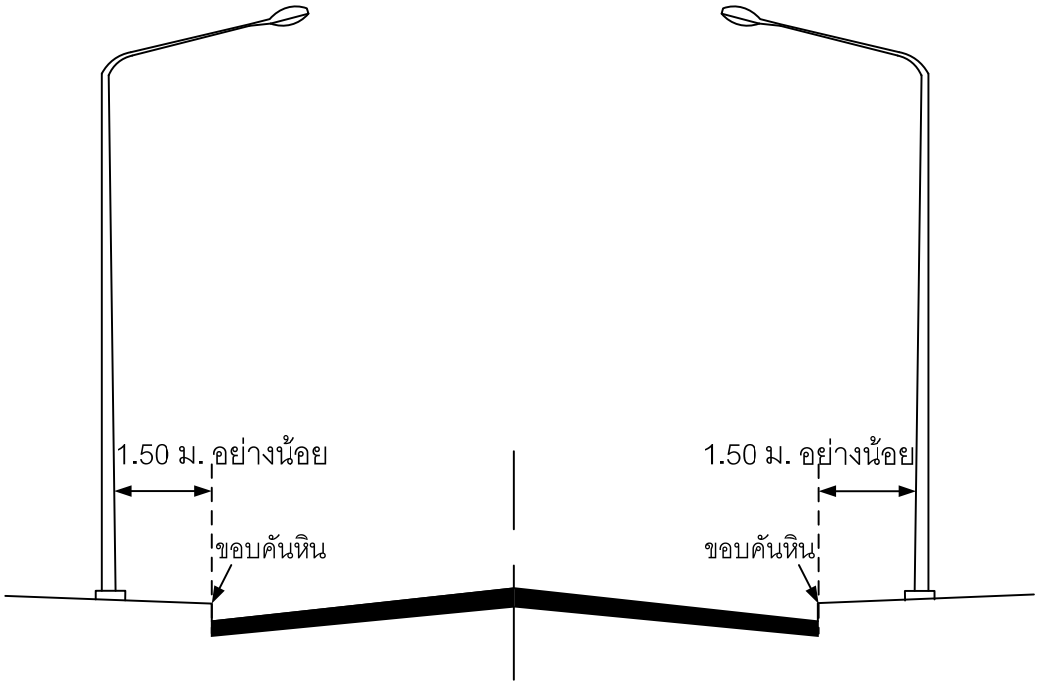
- ถนนในเขตนอกเมือง ให้ทำการติดตั้งเสาห่างจากไหล่ทางไม่น้อยกว่า 0.5 เมตร แต่ในกรณีเป็นบริเวณที่ไม่มีไหล่ทาง ให้ติดตั้งห่างจากขอบผิวทางไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร ดัง**รูปที่** 5-7 เว้นแต่บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่จำกัดหรือบริเวณสะพาน ซึ่งอาจจะลดระยะห่างลงได้แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1.0 เมตร



รูปที่ 5-7 **ระยะห่างของเสาไฟฟ้าแสงสว่างจากขอบไหล่ทางและขอบผิวจราจร**

- ถนนในเขตเมืองหรือเขตชุมชนที่ขอบทางเป็นคันหิน (Curb) ควรมีระยะห่างระหว่างเสาและขอบทางอย่างน้อย 1.5 เมตร ดัง**รูปที่** 5-8 แต่สามารถลดลงได้ตามสัดส่วนความลาดหลังทางเข้าหาคันหิน ดังต่อไปนี้
    - ลดลง 0.50 เมตร สำหรับความลาดหลังทางเข้าหาคันหินที่ไม่มากกว่าร้อยละ 2.5
    - ลดลง 0.60 เมตร สำหรับความลาดหลังทางเข้าหาคันหินระหว่างร้อยละ 2.5 ถึงร้อยละ 4.0

- ลดลง 0.75 เมตร สำหรับความลาดหลังทางเข้าหาคันหินที่มากกว่าร้อยละ 4.0 และต้องได้รับการยินยอมจากวิศวกร



รูปที่ 5-8 ระยะห่างของเสาไฟฟ้าแสงสว่างจากขอบคันหิน

5.4.2 ข้อกำหนดการคำนวณหาระยะห่างระหว่างช่วงเสา

การกำหนดระยะห่างของเสาที่อยู่ติดกัน ฝั่งเดียวกัน โดยทั่วไปแล้ว ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดชนิดและกำลังส่องสว่างของหลอดไฟที่ใช้งาน ความสว่างตามมาตรฐานของกรมทางหลวง และความสูงดวงโคมแต่ละต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการคำนวณหาระยะห่างระหว่างดวงโคม โดยมีสูตรคำนวณ (Minnesota, 2006) ดังนี้

$$S = \frac{LL \times CU \times MF}{E \times W} \quad (1)$$

โดยที่ LL = กำลังแสงสว่างค่าเริ่มต้นที่ส่งออกจากหลอดไฟ (ลูเมน)

E = ความสว่าง หน่วยเป็น Lux (ลักซ์)

CU = ปัจจัยการใช้ประโยชน์แสง

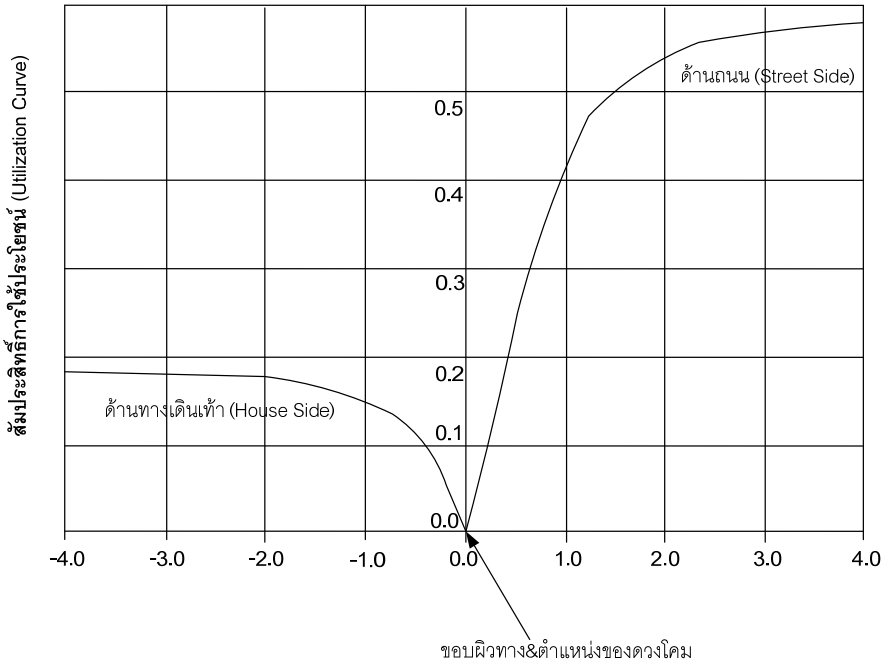
MF = ปัจจัยการบำรุงรักษา (MF = LLD x LDD x EF)

W = ความกว้างของถนน (เมตร)

ปัจจัยการใช้ประโยชน์แสง (CU) เป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังแสงสว่างที่ตกถึงพื้นถนนต่อกำลังแสงสว่างที่ออกมาจากดวงโคม ค่าปัจจัยการใช้ประโยชน์แสงสามารถอ่านได้จากกราฟสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์

(Utilization Curve) ที่ได้จากบริษัทผู้ผลิตดวงโคมดัง**รูปที่** 5-9 โดยปัจจัยร่วมที่ใช้พิจารณาค่าการใช้ประโยชน์ คือ

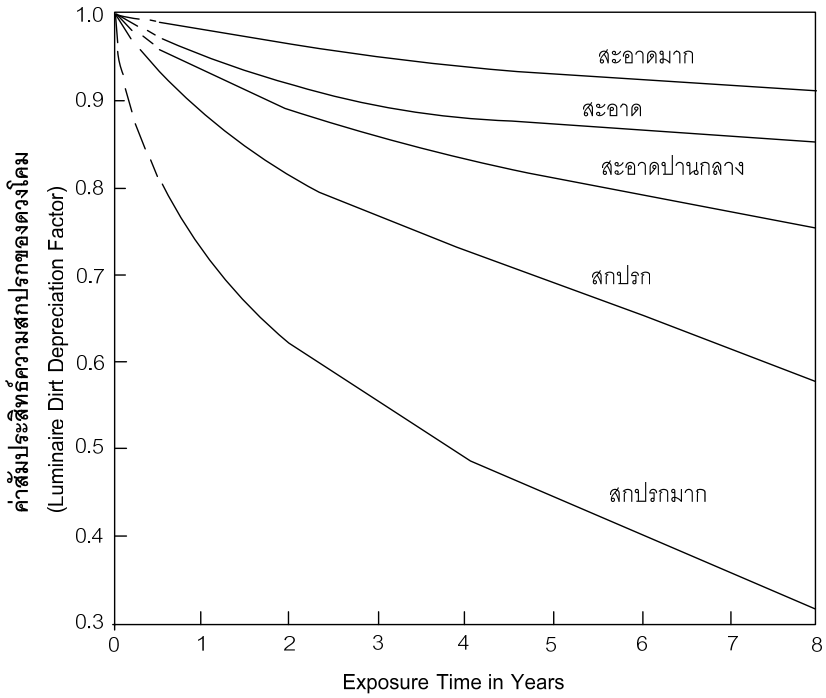
- ความสูงของดวงโคม
- ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม
- ระยะถนนตามแนวขวางที่มีการส่องสว่างจากการกระจายแสง
- มุมเงยของการติดตั้งดวงโคม



รูปที่ 5-9 **ตัวอย่างกราฟสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Utilization Curve)** (Illinois, 2010)

ปัจจัยการบำรุงรักษา (MF) เป็นค่าที่พิจารณาจากปัจจัยความสูญเสียแสง (Light Loss Factor) โดยได้จากการลดลงของความสว่างที่ตกกระทบผิวทางเมื่อใช้งานนานขึ้นเทียบกับค่าความสว่างเริ่มต้นเมื่อติดตั้ง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อค่าการบำรุงรักษา คือ

- ค่าความเสื่อมสภาพของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation Factor (LLD)) หลอดไฟที่ใช้งานยาวนานขึ้น ค่าฟลักซ์แสงสว่างจะลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดอายุการใช้งาน
- ค่าความสกปรกของดวงโคม (Luminaire Dirt Depreciation Factor (LDD)) มักเกิดจากการที่มีฝุ่นละอองมาติดบริเวณควงโคม ทำให้คุณภาพของการกระจายแสงลดน้อยลงดัง**รูปที่** 5-10
- ค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์ (Equipment Factor (EF)) เช่น ดวงโคม ระบบแรงดันไฟฟ้า โดยทั่วไปจะสามารถใช้งานได้ 95% ของประสิทธิภาพสูงสุด เป็นต้น



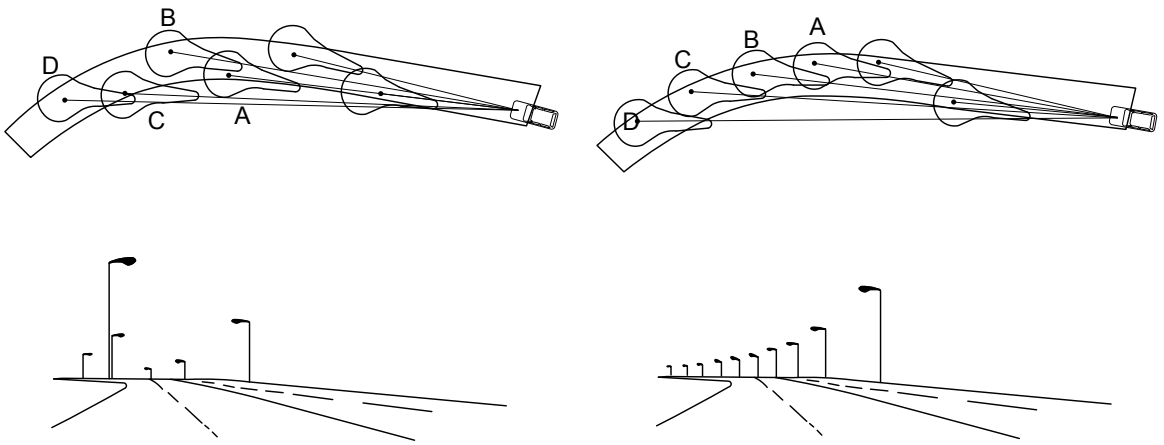
รูปที่ 5-10 ตัวอย่างกราฟค่าความสกปรกของดวงโคม (Luminaire Dirt Depreciation Factor) (Illinois, 2010)

ความกว้างของถนน (W) มีผลต่อความสว่างของดวงโคมที่ไปตกบนผิวทาง จะสามารถพิจารณาพื้นที่ส่องสว่างที่ครอบคลุมไกลออกไปกี่ช่วงของความสูงดวงโคม ดังนั้น ผู้ออกแบบสามารถเลือกดวงโคมที่เหมาะสมกับความกว้างของถนนได้

ความสูงของดวงโคม (MH) มีข้อควรพิจารณาที่สำคัญคือ ผู้ออกแบบควรเลือกความสูงของดวงโคมที่ไม่ควรเกินความกว้างของถนน

5.4.3 ระยะห่างช่วงเสาในบริเวณทางโค้ง

บริเวณทางโค้งควรพิจารณาติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างแบบต่อเนื่อง ที่มีรูปแบบการวางตำแหน่งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดด้านเดียวหรือแบบกิ่งเดี่ยวติดสลับ อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาปัจจัยด้านมุมมองการมองเห็นของผู้ขับขี่ การติดแบบกิ่งเดี่ยวด้านเดียวในพื้นที่ทางโค้งจะมีความเหมาะสมและถูกแนะนำดัง**รูปที่** 5-11



การติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดสลับบนทางโค้ง

การติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดด้านเดียวบนทางโค้ง

รูปที่ 5-11 รูปแบบการติดตั้งดวงโคมบนทางโค้ง (JICA, 1990)

สำหรับกรณีที่มีการติดตั้งดวงโคมตามขอบโค้งด้านนอก ระยะห่างของดวงโคมให้ปฏิบัติตาม**ตารางที่** 5-1

ตารางที่ 5-1 ระยะห่างของเสาที่ขอบโค้งด้านนอก (JICA, 1990)

ระยะความสูงของโคม (ม.)	รัศมีความโค้ง (ม.)			
	300 หรือ มากกว่า	250 ถึง 300	200 ถึง 250	น้อยกว่า 200
น้อยกว่า 12 ม.	35 หรือน้อยกว่า	30 หรือน้อยกว่า	25 หรือน้อยกว่า	20 หรือน้อยกว่า
มากกว่า 12 ม.	40 หรือน้อยกว่า	35 หรือน้อยกว่า	30 หรือน้อยกว่า	25 หรือน้อยกว่า

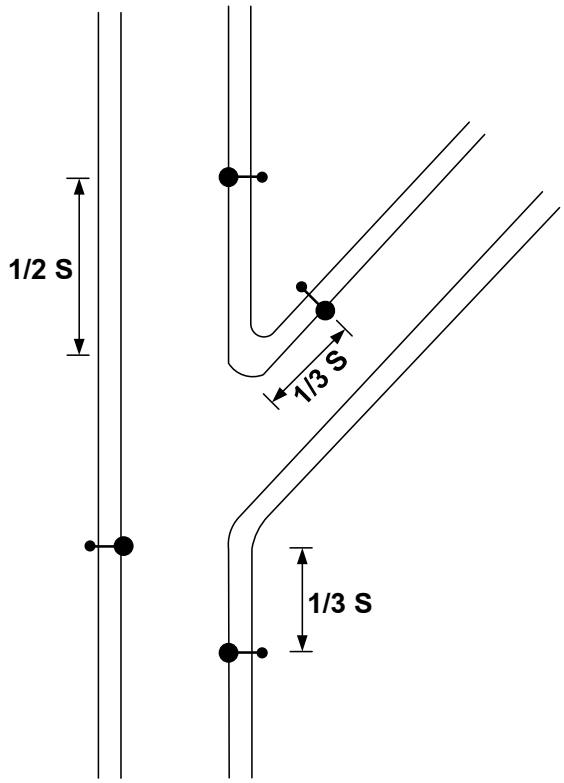
5.4.4 ระยะห่างช่วงเสาในบริเวณทางแยก

ระยะห่างช่วงเสาบริเวณทางแยกจะพิจารณาจากรูปแบบทางแยก ความสูงของดวงโคม ความกว้างของผิวจราจรและค่าความสว่าง (ลักซ์) ดัง**ตารางที่** 5-2

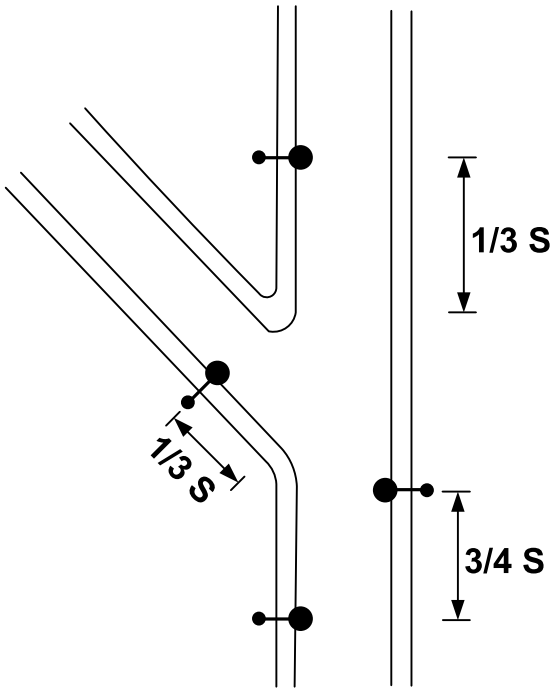
ตารางที่ 5-2 ระยะช่วงเสาเพื่อใช้กำหนดช่วงเสาไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางแยก (กรมทางหลวง, 2554a)

กำลังหลอดไฟ	ความสูงของดวงโคม(ม.)	2 ช่องจราจร	3 ช่องจราจร	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
		ระยะช่วงเสา (ม.)	ระยะช่วงเสา (ม.)	
100 วัตต์	6	38	-	6.5
250 วัตต์	9	50	-	10
250 วัตต์	9	32	-	21.5
400 วัตต์	12	-	40	21.5

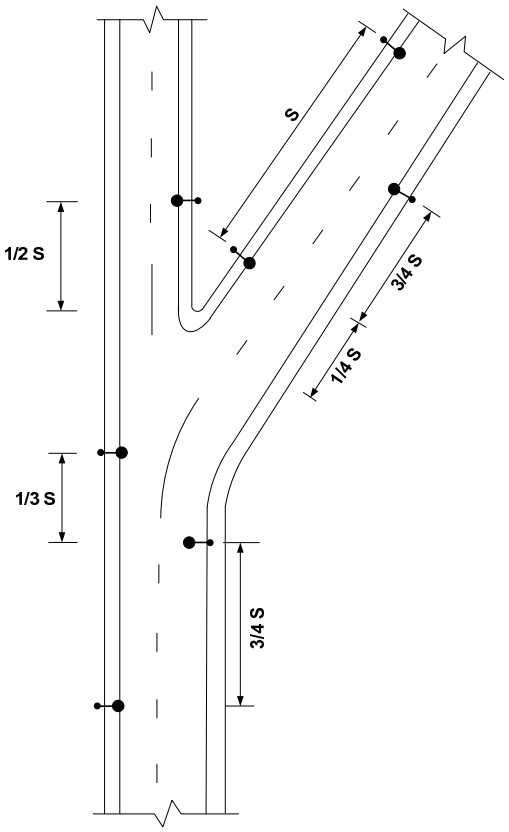
ระยะห่างช่วงเสาซึ่งแบ่งตามรูปแบบทางแยกแสดงดังรูปที่ 5-12 ถึงรูปที่ 5-17 โดยระยะ S ของทุกรูปสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5- 2



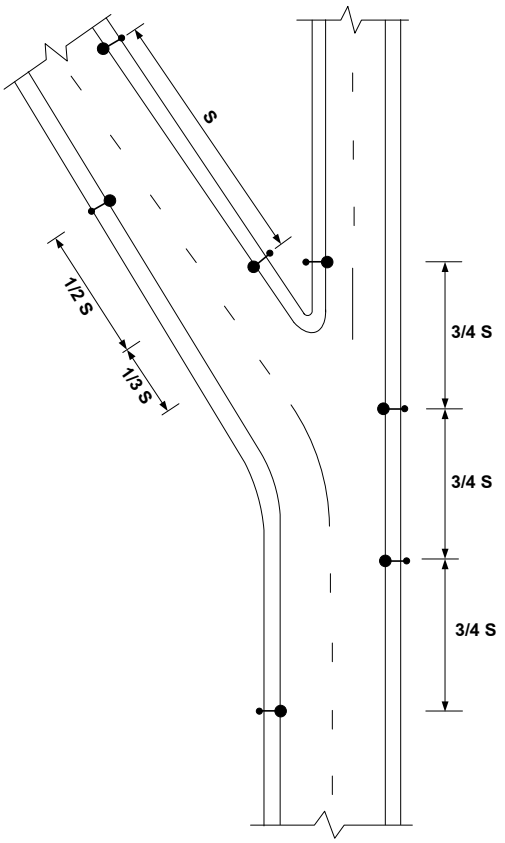
รูปที่ 5-12 **ทางแยกรูปตัว Y ทางโทเชื่อมทางด้านขวา** (กรมทางหลวง, 2554a)



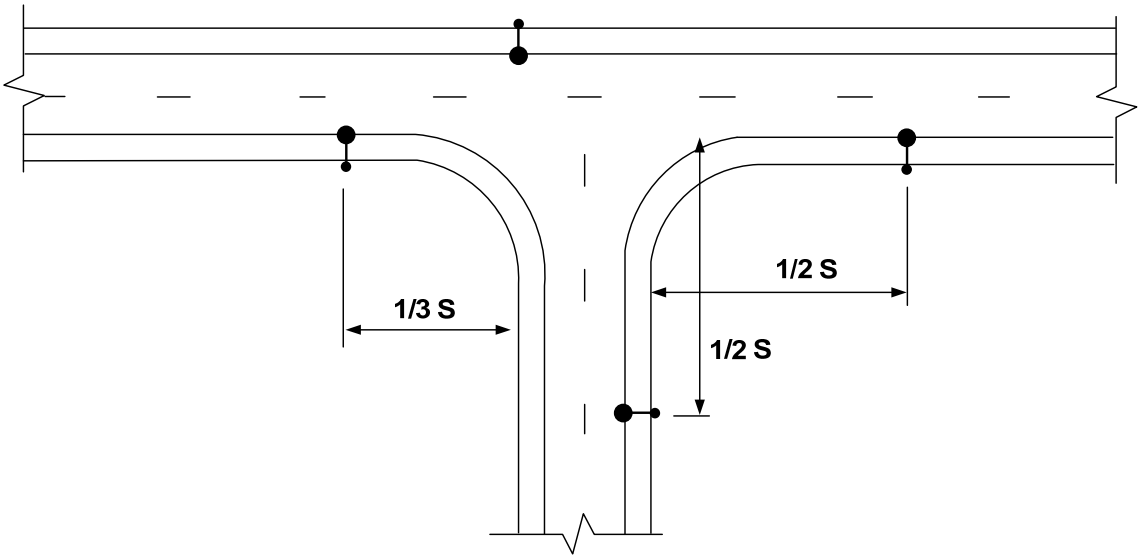
รูปที่ 5-13 **ทางแยกรูปตัว Y ทางโทเชื่อมทางด้านซ้าย** (กรมทางหลวง, 2554a)



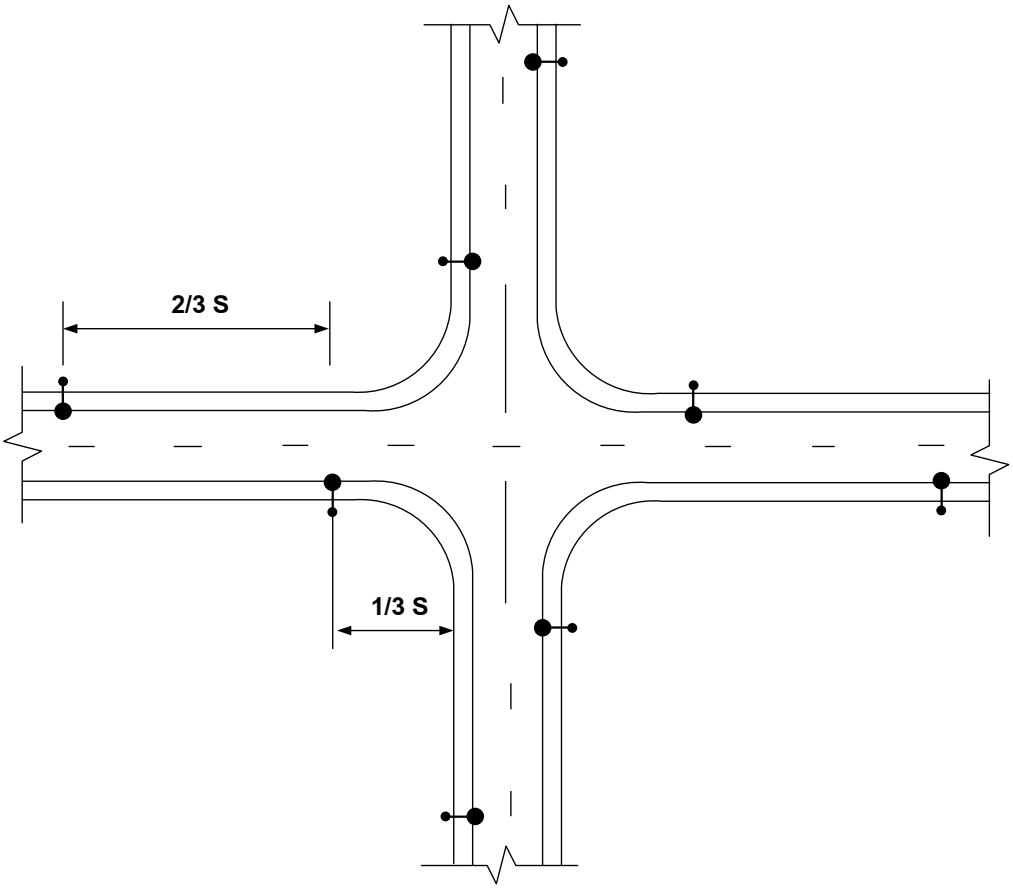
รูปที่ 5-14 **ทางแยกรูปตัว** Y **ทางเอกเบี่ยงแนวเลี้ยวขวา** (กรมทางหลวง, 2554a)



รูปที่ 5-15 **ทางแยกรูปตัว** Y **ทางเอกเบี่ยงแนวเลี้ยวซ้าย** (กรมทางหลวง, 2554a)



รูปที่ 5-16 **ทางแยกรูปตัว** T (กรมทางหลวง, 2554a)



รูปที่ 5-17 **สี่แยก** (กรมทางหลวง, 2554a)

5.5 ประเภทหลอดไฟสำหรับงานไฟฟ้าแสงสว่าง

หลอดไฟชนิดที่ใช้กับงานไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวงในปัจจุบันเป็นหลอดที่ไม่ต้องใช้ไส้หลอด (หลอดปล่อยประจุ) มีทั้งแบบหลอดฟลูออเรสเซนต์และแบบชนิดคลายประจุความเข้มสูง (High Intensity Discharge, HID) ซึ่งมักจะเป็นหลอดเมทัลฮาไลด์ หลอดปรอทความดันไอสูง หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ หรือหลอดโซเดียมความดันไอสูง นอกจากนี้ ยังมีหลอดไฟอีกชนิดหนึ่งที่เริ่มนำมาใช้กับงานไฟฟ้าแสงสว่างบนถนน คือหลอดชนิด LED

หลอดไฟที่ใช้กับงานไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง จะต้องป้องกันน้ำเข้าภายในโคมไฟได้ และการติดตั้งทุกครั้งจำเป็นต้องพิจารณาจากหลายๆ องค์ประกอบร่วมกัน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูงสุด ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้หลอดไฟถนน ได้แก่

- กำลังไฟฟ้าและค่าความเข้มการส่องสว่าง (lm) ค่าประสิทธิภาพความส่องสว่าง (lm/W) ของหลอดไฟ
- ขนาด อุณหภูมิสี อายุการใช้งาน ความคงทน และราคา
- สีของแสงหลอดไฟและค่าความถูกต้องของสี
- ความสามารถในการส่องสว่างของหลอดไฟและการกระจายแสง

ปัจจุบันหลอดไฟที่มีการใช้งานบนทางหลวงจะมีอยู่ด้วยกัน 6 ประเภท คือ

5.5.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

เป็นหลอดชนิดปล่อยประจุ ภายในบรรจุไอปรอทแรงดันต่ำ ค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างประมาณ 40 – 80 lm/W อายุการใช้งานประมาณ 9,000-15,000 ชั่วโมง หลอดฟลูออเรสเซนต์ดัง**รูปที่ 5-18** จะมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

- หลอดไฟมีความสว่างไม่มากนักและให้ความร้อนออกมาน้อย
- แสงที่ออกมามีดัชนีความถูกต้องของสีตามธรรมชาติ (มีความถูกต้องสูง)
- แหล่งกำเนิดแสงแบบกระจายจึงไม่เกิดแสงจ้า
- หากมีการเปิดปิดบ่อยจะเสียหายเร็วกว่าหลอดไฟชนิดอื่นๆ



รูปที่ 5-18 **ลักษณะหลอดฟลูออเรสเซนต์**

5.5.2 หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide Lamp)

เป็นหลอดชนิดปล่อยประจุ ภายในหลอดมีสารจำพวกฮาไลด์เพื่อทำให้สีของแสงดีขึ้น การทำงานจะคล้ายกับหลอดปรอทความดันไอสูง มีประสิทธิภาพความส่องสว่าง 60-100 lm/W อายุการใช้งานประมาณ 8,000 ชั่วโมง ใช้เวลาจุดหลอดให้สว่างเต็มที่ประมาณ 1-2 นาทีและช่วงเวลาเพื่อให้ไส้หลอดเย็นตัวจนกระทั่งกลับมาจุดติดไฟอีกครั้งประมาณ 10-15 นาที หลอดเมทัลฮาไลด์ดัง**รูปที่** 5-19 จะมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

- อุณหภูมิสีที่แตกต่างกันมีผลต่อแสงที่ออกมา มีดัชนีความถูกต้องของสีสูงมาก หลอดไฟมีประสิทธิภาพสูง
- รูปทรงหลอดมีขนาดเล็ก
- อายุการใช้งานจะสั้นกว่าหลอดไฟประเภทอื่น
- ใช้เวลานานเพื่อให้ไส้หลอดเย็นตัวจนกระทั่งกลับมาจุดติดอีกครั้ง
- ความเสื่อมหลอดไฟด้านความสว่างจะมีมากกว่าหลอดไฟประเภทหลอดโซเดียมความดันไอสูง



รูปที่ 5-19 **ลักษณะหลอดเมทัลฮาไลด์**

5.5.3 หลอดปรอทความดันไอสูง (Mercury Vapor Lamp)

หลอดปรอทความดันไอสูงหรือหลอดแสงจันทร์ เป็นหลอดชนิดปล่อยประจุ ภายในบรรจุไอปรอทความดันสูง ค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างประมาณ 50-80 lm/W อายุการใช้งานประมาณ 8,000-24,000 ชั่วโมง ใช้เวลาจุดหลอดให้สว่างเต็มที่ประมาณ 4-5 นาที และช่วงเวลาเพื่อให้ไส้หลอดเย็นตัวจนกระทั่งกลับมาจุดติดไฟอีกครั้งประมาณ 5-15 นาที หลอดปรอทความดันไอสูงดัง**รูปที่** 5-20 จะมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

- ควบคุมความสว่างของดวงโคมได้ดีหากมีการทำความสะอาดตัวหลอด
- อายุการใช้งานยาวนาน
- รูปทรงหลอดมีขนาดเล็ก
- หลอดไฟจะเสื่อมมากกว่าหลอดไฟประเภทหลอดโซเดียมความดันไอสูง หรือเมทัลฮาไลด์
- หลอดไฟมีประสิทธิภาพน้อย
- ใช้ระยะเวลานานเพื่อให้ไส้หลอดเย็นตัวจนกระทั่งกลับมาจุดติดอีกครั้ง



รูปที่ 5-20 **ลักษณะหลอดปรอทความดันไอสูง**

5.5.4 หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ (Low Pressure Sodium Lamp)

เป็นหลอดชนิดปล่อยประจุ ภายในจะบรรจุก๊าซโซเดียมความดันไอต่ำประมาณ 3-4 นิวตันต่อตารางเมตร ตัวหลอดจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกยาว ประสิทธิภาพความส่องสว่าง 120-200 lm/W อายุการใช้งานประมาณ 16,000 ชั่วโมง ใช้เวลาจุดหลอดให้สว่างเต็มที่ประมาณ 10 นาที และช่วงเวลาเพื่อให้ไส้หลอดเย็นตัวจนกระทั่งกลับมาจุดติดอีกครั้งประมาณ 3 นาที หลอดโซเดียมความดันไอต่ำดัง**รูปที่** 5-21 จะมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

- ใช้ระยะเวลาสั้นในการกลับมาสว่างอีกครั้ง มีค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างสูง (lm/W) และฟลักซ์แสงสว่างจะลดลงค่อนข้างน้อยตามอายุการใช้งาน
- รูปทรงหลอดมีขนาดใหญ่
- ลักษณะสีของแสงมีดัชนีความถูกต้องน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับหลอดไฟชนิดอื่นๆ

- หลอดโซเดียมความดันไอต่ำจะให้แสงสีเหลืองอย่างชัดเจน จึงไม่เหมาะที่จะติดตั้งในบริเวณที่ต้องการแยกความแตกต่างของสีในวัตถุ
- อายุการใช้งานจะสั้นกว่าหลอดประเภทโซเดียมความดันไอสูง



รูปที่ 5-21 **ลักษณะหลอดโซเดียมความดันไอต่ำ**

5.5.5 หลอดโซเดียมความดันไอสูง (High Pressure Sodium Lamp)

เป็นหลอดชนิดปล่อยประจุ ภายในจะบรรจุก๊าซโซเดียมความดันสูง มีขนาดและรูปร่างเหมือนกับหลอดแสงจันทร์ ประสิทธิภาพความส่องสว่าง 70 – 130 lm/W อายุการใช้งานประมาณ 24,000 ชั่วโมง ใช้เวลาจุดหลอดให้สว่างเต็มที่ประมาณ 10 นาที และช่วงเวลาเพื่อให้ไส้หลอดเย็นตัวจนกระทั่งกลับมาจุดติดอีกครั้งประมาณ 1 นาที หลอดโซเดียมความดันไอสูงดัง**รูปที่** 5-22 จะมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

- หลอดไฟมีประสิทธิภาพสูง ควบคุมความสว่างของดวงโคมได้ดี
- รูปทรงหลอดมีขนาดเล็ก
- มีอายุการใช้งานยาว และหลอดไฟจะให้แสงสว่างลดลงน้อยที่สุดเมื่ออายุการใช้งานมากขึ้น (Lumen Depreciation)
- ลักษณะสีของแสงมีดัชนีความถูกต้องดีกว่าหลอดโซเดียมความดันไอต่ำประมาณ 20%



รูปที่ 5-22 **ลักษณะหลอดโซเดียมความดันไอสูง**

อย่างไรก็ตาม หลอดโซเดียมความดันไอสูงจะมีอุณหภูมิสีต่ำและให้สีในโทนเหลือง ซึ่งเป็นสีที่เพี้ยนไปจากความเป็นจริงไม่มากนัก แต่มีการมองเห็นที่ชัดเจนดีกว่าหลอดโซเดียมความดันต่ำ หลอดประเภทนี้จึงเหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความสว่างมาก เช่น ไฟถนน ทางด่วน หรือสี่แยก

5.5.6 หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode)

เป็นหลอดที่ให้แสงสว่างแตกต่างจากแสงที่ได้จากหลอดแบบไส้หรือหลอดนีออน โครงหลอดทำจากวัสดุทนอุณหภูมิสูง ประสิทธิภาพความส่องสว่าง 40 – 45 lm/W อายุการใช้งานยาวนานกว่า 50,000 ชั่วโมง ไม่เสียเวลาการจุดหลอมเพราะเมื่อเปิดสามารถให้แสงสว่างทันที สามารถกำเนิดแสงได้โดยไม่เกิดความร้อน (สูญเสียพลังงาน) สารประกอบภายในไม่มีการบรรจุสารตะกั่วและปรอท ไม่มีการแผ่รังสีอัตลร้าไวโอเล็ต (UV) และอินฟาเรด (IR) หลอดแอลอีดีดัง**รูปที่** 5-23 จะมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

- ลักษณะสีของแสงมีดัชนีความถูกต้องสูง สามารถเปล่งแสงออกมาได้เพียงสีขาวสีเดียว
- มีอายุการใช้งานยาวกว่าหลอดไฟชนิดอื่นๆ และทนต่อแรงกระแทกมากกว่าหลอดชนิดอื่นๆ
- น้ำหนักเบา รูปทรงหลอดมีขนาดเล็ก
- ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพราะไม่มีการบรรจุสารปรอท



รูปที่ 5-23 **ลักษณะหลอดแอลอีดี**

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้หลอดไฟชนิดแอลอีดี จะมีคุณสมบัติที่ดีในด้านการประหยัดพลังงานและผลิตจากวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่ก็ยังมีข้อกำจัดในบางประการ คือ

1. มีข้อจำกัดด้านราคาที่ค่อนข้างสูงกว่าหลอดไฟชนิดอื่น
2. สามารถเปล่งแสงออกมาได้เพียงสีขาวเพียงสีเดียว ดังนั้น การติดตั้งในบริเวณที่สภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวย เช่น บริเวณที่มีหมอกหนาหรือแหล่งอุตสาหกรรมที่ปล่อยควันเป็นจำนวนมาก ประสิทธิภาพความส่องสว่างหลอดแอลอีดีอาจจะไม่ช่วยเพิ่มการมองเห็นที่ปลอดภัยมากขึ้นกับผู้ขับขี่และคนเดินเท้า

กล่าวโดยสรุป การเลือกใช้ประเภทของหลอดไฟสำหรับงานไฟฟ้าแสงสว่างจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน ผู้ออกแบบจะต้องทราบถึงคุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละประเภทเพื่อที่จะเลือกใช้ในพื้นที่ที่มีปัจจัยในการออกแบบที่แตกต่างกัน **ตารางที่** 5-3 และ**ตารางที่** 5-4 เป็นตารางสรุปเปรียบทียบคุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละประเภท และความเหมาะสมในการใช้งานกับถนนแต่ละประเภท

ตารางที่ 5-3 สรุปเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้าส่องสว่างชนิดต่าง ๆ

ชนิดของหลอดไฟ	ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (lm/W)	ดัชนีความถูกต้องของสี (%)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)
หลอดฟลูออเรสเซนต์	40 – 80	สูงมาก (80-90)	9,000-15,000
หลอดเมทัลฮาไลด์	60-100	สูงมาก (60-90)	8,000
หลอดปรอทความดันไอสูง	50-80	ปานกลาง (40-60)	8,000-24,000
หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ	120-200	น้อยที่สุด (0-20)	16,000
หลอดโซเดียมความดันไอสูง	70 – 130	น้อย (30-50)	24,000
หลอดแอลเอดี	40 – 45	สูง (70-85)	> 50,000

ตารางที่ 5-4 ความเหมาะสมในการใช้งานของหลอดไฟแต่ละชนิดกับประเภทถนน (กรมทางหลวง, 2554a)

ประเภทถนน	โซเดียมความดันไอสูง	โซเดียมความดันไอต่ำ	ปรอทความดันไอสูง	เมทัลฮาไลด์	ฟลูออเรสเซนต์
ทางหลวงพิเศษ	X	O	O		
ทางหลวงสายหลัก	X	O	O		
ทางหลวงสายรอง	X		X	X	
ถนนท้องถิ่น (ถนนย่านธุรกิจการค้า)			X	X	O
ถนนท้องถิ่น (ถนนในเขตที่อยู่อาศัย)			X	X	O

หมายเหตุ x = มีความเหมาะสมในระดับดี

O = มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

สำหรับหลอดไฟชนิดแอลอีดีนั้น ปัจจุบันเพิ่งเริ่มมีการใช้ติดตั้งเป็นไฟถนน แต่ยังไม่แพร่หลายในประเทศไทยมากนัก เนื่องด้วย การติดตั้งจริงต้องพิจารณาถึงปัจจัยแวดล้อมอื่นๆเป็นองค์ประกอบร่วม เช่น ความถูกต้องของการให้สี ลักษณะทางกายภาพและสภาพอากาศโดยทั่วไปของพื้นที่ติดตั้ง เป็นต้น ดังนั้น จึงยังไม่มีการระบุถึงประเภทถนนที่มีความเหมาะสมกับการติดตั้งหลอดไฟชนิดแอลอีดีไว้

5.6 ชนิดของการกระจายแสง

การกระจายแสงมีอยู่ 2 รูปแบบดังนี้

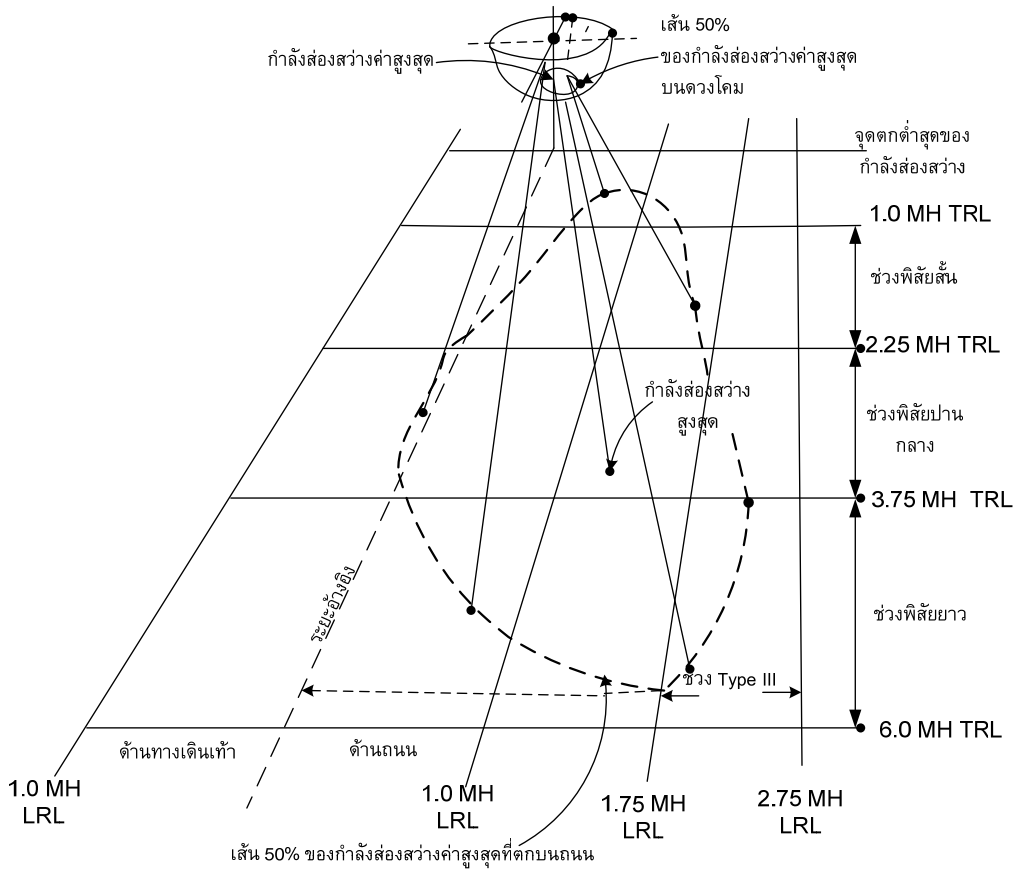
- การกระจายแสงระนาบดิ่ง (Vertical Light Distribution)
- การกระจายแสงด้านข้าง (Later Light Distribution)

5.6.1 การกระจายแสงระนาบดิ่ง (Vertical Light Distribution)

การกระจายแสงลักษณะนี้ จะพิจารณาระยะจากดวงโคมในทิศทางที่ขนานไปกับแนวความยาวของถนน มีความสำคัญคือ เพื่อให้ทราบถึงความสามารถของดวงโคมแต่ละดวง ให้กำลังส่องสว่างครอบคลุมเนื้อที่ได้ไกลไปเป็นกี่ช่วงของความสูงตามแนวยาวของถนน (TRL) โดยสามารถแบ่งได้ตามพิสัยการกระจายแสงที่ระยะแตกต่างกันดัง**ตารางที่** 5-5 และ**รูปที่** 5-24 แสดงตัวอย่างกราฟการอ่านค่ารูปแบบของการกระจายแสงระนาบดิ่ง

ตารางที่ 5-5 **รูปแบบการกระจายแสงระนาบดิ่งและพื้นที่ครอบคุลมกำลังส่องสว่างสูงสุด** (Illinois, 2010)

รูปแบบการกระจายแสงระนาบดิ่ง	**กำลังส่องสว่างสูงสุด (Maximum Candlepower) จะครอบคลุมพื้นที่เมื่อแสงตกกระทบผิวทาง**
แบบพิสัยสั้น (Short Distribution)	ที่ระยะระหว่าง 1.00 และ 2.25 ของความสูงเสาดวงโคม (MH)
แบบพิสัยปานกลาง (Medium Distribution)	ที่ระยะระหว่าง 2.25 และ 3.75 ของความสูงเสาดวงโคม(MH)
แบบพิสัยยาว (Long Distribution)	ที่ระยะระหว่าง 3.75 และ 6.00 ของความสูงเสาดวงโคม(MH)



รูปที่ 5-24 ตัวอย่างกราฟแสดงค่ารูปแบบของการกระจายแสงระนาบดิ่ง (ศ.ดร.ประโมทย์ อุณห์ไวทยะและคณะ)

หมายเหตุ LRL คือ เส้นที่ลากตามความยาวของถนน (Longitudinal Roadway Line) ซึ่งจะอยู่ใต้ดวงโคมที่ระยะ 1.00, 1.75 และ 2.75 ของความสูงดวงโคมตามลำดับ

ขณะเดียวกัน การกระจายแสงระนาบดิ่งจำเป็นต้องพิจารณาระยะห่างมากที่สุดตามทฤษฎี (Theoretical Maximum Spacing) โดยหมายถึงกำลังส่องสว่างสูงสุดของลำแสงจากตำแหน่งดวงโคมที่ใกล้สุดที่กระทบผิวทาง การกระจายแสงทั้ง 3 รูปแบบ มีข้อกำหนดของระยะห่างมากที่สุดตามทฤษฎี (Theoretical Maximum Spacing) ดัง**ตารางที่** 5-6

ตารางที่ 5-6 รูปแบบการกระจายแสงระนาบดิ่งและข้อกำหนดของระยะห่างมากที่สุดตามทฤษฎี (Illinois, 2010)

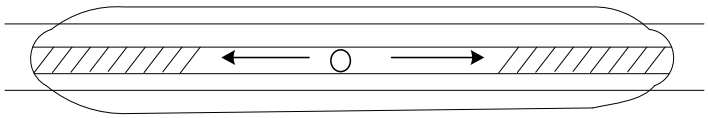
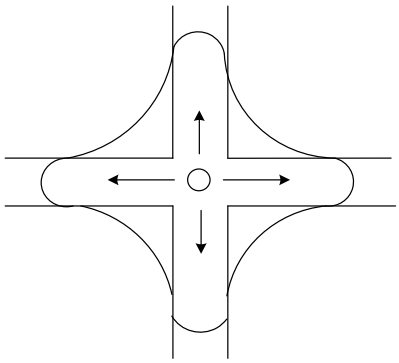
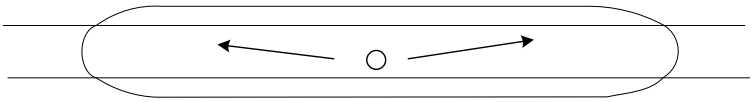
รูปแบบการกระจายแสงระนาบดิ่ง	ข้อกำหนดของระยะห่างมากที่สุดตามทฤษฎี
แบบพิสัยสั้น (Short Distribution)	ที่ระยะ 4.5 ของความสูงเสาดวงโคม
แบบพิสัยปานกลาง (Medium Distribution)	ที่ระยะ 7.5 ของความสูงเสาดวงโคม
แบบพิสัยยาว (Long Distribution)	ที่ระยะ 12 ของความสูงเสาดวงโคม

สำหรับในทางปฏิบัติ ระยะห่างของดวงโคมจะใช้อยู่ไม่เกิน 5 ถึง 6 เท่าของความสูงดวงโคม ดังนั้น รูปแบบการกระจายที่เหมาะกับการติดตั้งไฟถนน จึงแนะนำในรูปแบบการกระจายแสงแบบปานกลาง

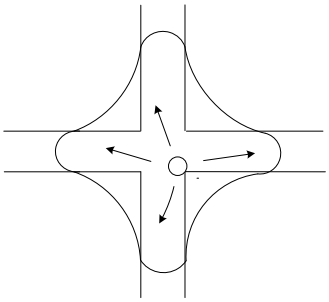
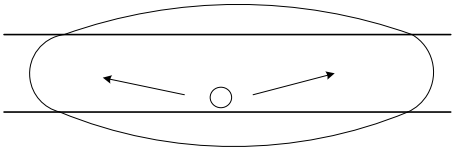
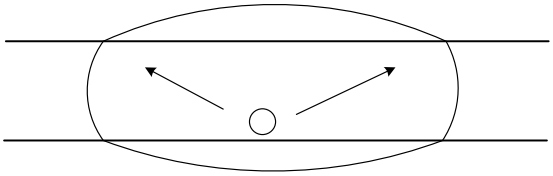
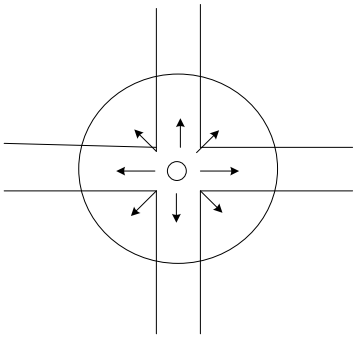
5.6.2 การกระจายแสงด้านข้าง (Later Light Distribution)

รูปแบบของการกระจายแสงด้านข้างได้แบ่งตามประเภท ดังแสดงใน**ตารางที่** 5-7

ตารางที่ 5-7 ประเภทการส่องสว่างแยกตามลักษณะพื้นที่ (IESNA, 2001)

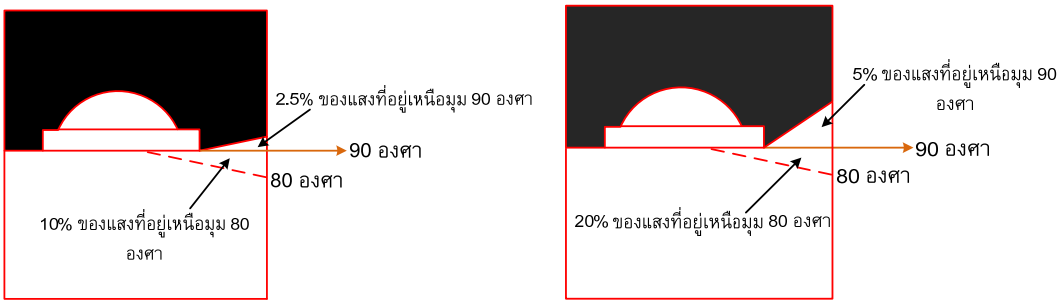
ประเภท	ลักษณะพื้นที่ที่ควรติดตั้ง
Type I	- ดวงโคมติดตั้งบริเวณศูนย์กลางถนน หรือพื้นที่ที่ต้องการความส่องสว่าง - พื้นที่ส่องสว่างจะเป็นลักษณะแนวยาวแคบคล้ายวงรี 
Type I – 4-way	- ดวงโคมติดตั้งบริเวณตำแหน่งกลางทางแยก - พื้นที่ส่องสว่างจะกระจายทั่วถึงทั้ง 4 ขาของทางแยก 
Type II	- ดวงโคมติดตั้งบริเวณข้างทาง โดยทั่วไปจะเหมาะกับถนนที่แคบ - พื้นที่ส่องสว่างจะเป็นลักษณะแนวยาวแคบคล้ายวงรี 

ตารางที่ 5-7 (ต่อ) ประเภทการส่องสว่าง แยกตามลักษณะพื้นที่ (IESNA, 2001)

ประเภท	ลักษณะพื้นที่ที่ควรติดตั้ง
Type II – 4-way	- ดวงโคมติดตั้งบริเวณขอบใดขอบหนึ่งของทางแยก - พื้นที่ส่องสว่างจะกระจายทั่วถึงทั้ง 4 ขาของทางแยก 
Type III	- ดวงโคมติดตั้งบริเวณข้างทาง เหมาะกับถนนที่มีความกว้างระดับปานกลาง - พื้นที่ส่องสว่างจะเป็นลักษณะแนวยาวแคบคล้ายวงรี  หมายเหตุ คุณสมบัติการกระจายแสง Type III คือส่วนของเส้น 50% ของกำลังส่องสว่างค่าสูงสุดที่ตกบนถนน ต้องอยู่หน้าเส้น 1.75 MH LRL แต่ต้องไม่เกิน 2.75 MH LRL ดัง**รูปที่** 5-24
Type IV	- ดวงโคมติดตั้งบริเวณข้างทาง เหมาะกับถนนที่มีความกว้าง - พื้นที่ส่องสว่างจะเป็นลักษณะแนวยาวแคบคล้ายวงรี 
Type V	- ดวงโคมติดตั้งบริเวณศูนย์กลางถนน ทางแยกที่มีลักษณะเป็นวงเวียนหรือพื้นที่ที่ต้องการแสงสว่าง เหมาะกับดวงโคมแบบเสาสูง - พื้นที่ส่องสว่างจะกระจายในลักษณะวงกลม 

5.6.3 การควบคุมการกระจายแสง (Control of Distribution)

การควบคุมการกระจาย จะส่งผลดีต่อการลดปัญหาแสงจ้า (Glare) และมลภาวะทางแสง เพื่อไม่ให้รบกวนผู้ขับขี่เมื่อขับเข้ามาในระยะใกล้กับแหล่งกำเนิดแสง รูปแบบการกระจายแสงที่เหมาะสมกับการใช้งานกับไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวงมีด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ แบบ Cutoff และแบบ Semi-Cutoff ดัง**รูปที่** 5-25 โดยมีคุณสมบัติการกระจายแสงดังนี้



รูปที่ 5-25 **การกระจายแสงแบบ** Cut off **และแบบ** Semi-Cut off (Illuminating Engineering Society)

5.6.3.1 การกระจายแสงแบบ Cutoff

รูปแบบที่มีการควบคุมแนวส่องของลำแสงอย่างสมบูรณ์ มีลักษณะการกระจายแสงที่มุม 90° และ มุม 80° (จากจุดศูนย์กลางการส่องสว่าง) น้อยกว่า 2.5% และ 10% ของลูเมนที่กำหนดตามลำดับ การกระจายแสงแบบ Cutoff เหมาะสำหรับติดตั้งบนทางหลวงสายหลักที่ใช้ความเร็วสูง

5.6.3.2 การกระจายแสงแบบ Semi-Cutoff

รูปแบบที่มีการควบคุมแนวส่องของลำแสงกึ่งสมบูรณ์ มีลักษณะการกระจายแสงที่มุม 90° และ มุม 80° (จากระดับจุดศูนย์กลางการส่องสว่าง) น้อยกว่า 5% และ 20% ของลูเมนที่กำหนดตามลำดับ การกระจายแสงแบบ Semi-Cutoff เหมาะสำหรับติดตั้งบนทางหลวงที่มีการใช้ประโยชน์ข้างทาง เช่น ชุมชน บริเวณทางแยก เป็นต้น ส่วนการกระจายแสงอีกรูปแบบหนึ่ง คือ Non-cutoff นั้น จะไม่เหมาะกับงานไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง เนื่องด้วยไม่มีการควบคุมแนวส่องของลำแสง

หลักเกณฑ์ในการกำหนดรูปแบบดวงโคม ได้สรุปไว้ดัง**ตารางที่** 5-8 และมาตรฐานการส่องสว่างบนทางหลวง ได้สรุปไว้ดัง**ตารางที่** 5-9

ตารางที่ 5-8 การกำหนดเกณฑ์ในการจัดรูปแบบดวงโคม (IESNA, 2001)

ชนิดการกระจาย	MH	≤ 2.75	> 2.75
	ชนิด	III	IV
พิสัยการกระจาย	MH	2.25 – 3.75	3.75 - 6.0
	ชนิด	แบบพิสัยปานกลาง	แบบพิสัยยาว
สมบัติการกระจายแสง	กำลังส่องสว่าง (cd) ที่มุมสูงกว่าแนวดิ่งลง	90°: cd < 2.5% และ 80°: cd < 10% ของลูเมนที่กำหนด	90°: cd < 5% และ 80°: cd < 20% ของลูเมนที่กำหนด
	ชนิด	Cutoff	Semi-cutoff

ตารางที่ 5-9 ความเข้มการส่องสว่างต่ำสุดแยกตามประเภททางหลวง (กรมทางหลวง, 2522)

ประเภทถนน	**ความเข้มแสงเฉลี่ยในแนวราบต่ำสุด lux (cd/m^2)**		
	พื้นที่ในเมือง	**พื้นที่ชานเมือง**	**พื้นที่นอกเมือง**
ทางหลวงพิเศษ	21.5 (1.43)	15 (1.00)	10.75 (0.72)
ทางแยก	21.5 (1.43)	21.5 (1.43)	15 (1.00)
ทางหลวงสายหลัก	21.5 (1.43)	13 (0.87)	9.7 (0.65)
ทางหลวงสายรอง	13 (0.87)	9.7 (0.65)	6.5 (0.43)
ถนนท้องถิ่น	9.7 (0.65)	6.5 (0.43)	2.1 (0.14)

หมายเหตุ กำหนดให้ 1 cd/m^2 = 15 lux (ผิวทางลาดยาง)

กำหนดค่าความสม่ำเสมอความสว่าง (Uniformity of Illumination) เท่ากับ

- $E_{min} / E_{av} \geq 1 / 2.5$
- $E_{min} / E_{max} \geq 1 / 6$

โดยที่ E_{min} = ค่าความสว่างต่ำสุด

E_{max} = ค่าความสว่างสูงสุด

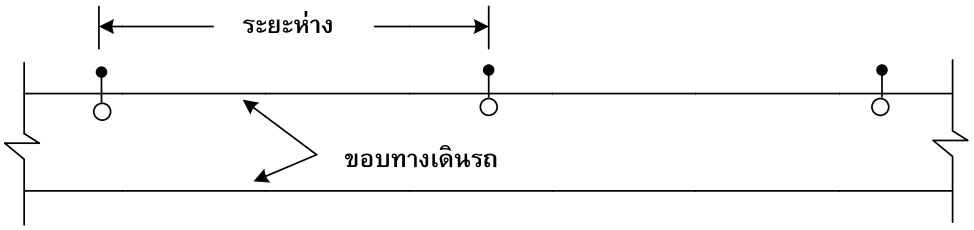
E_{av} = ค่าความสว่างเฉลี่ย

สำหรับการติดตั้งดวงโคมบริเวณทางแยกและวงเวียนนั้น ตำแหน่งของดวงโคมจะต้องให้ความสว่างในบริเวณพื้นที่ทางแยกและวงเวียนอย่างน้อยตาม**ตารางที่** 5-9 และจะต้องสว่างไม่น้อยกว่าบริเวณขาทางแยก ในกรณีที่วงเวียนมีคันหิน (Curb) จะต้องออกแบบให้ความสว่าง ณ จุดใดๆ ที่คันหินภายในวงเวียนไม่น้อยกว่า 10 ลักซ์ โดยตำแหน่งของดวงโคมจะต้องอยู่ในแนวอย่างเป็นระเบียบ เพื่อช่วยให้ผู้ขับขี่ใช้เป็นแนวนำทางได้

5.7 รูปแบบการติดตั้งดวงโคม

5.7.1 การติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดด้านเดียว (Single Side)

การติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดด้านเดียวดัง**รูปที่** 5-26 เหมาะที่จะติดตั้งบนทางหลวงที่มีความกว้างถนนน้อยกว่าความสูงดวงโคม และเป็นพื้นที่ที่ต้องการการกระจายแสงด้านข้างประเภท Type II และ Type III ได้แก่ ทางลาดเชื่อมกับทางต่างระดับ (Ramp) สะพานกลับรถ ทางขนาน และทางสายรองหรือถนนท้องถิ่นขนาด 2 ช่องจราจรที่ไม่แบ่งทิศทางการจราจร



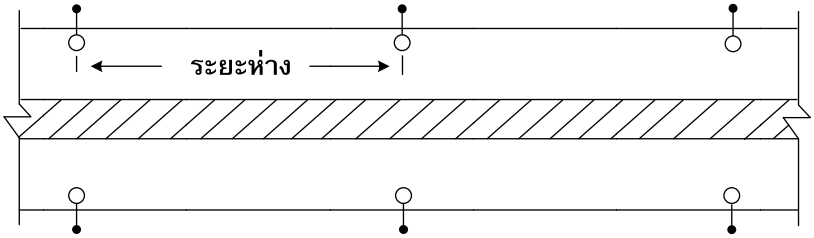




รูปที่ 5-26 **รูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดียวติดด้านเดียว** (Single Side)

5.7.2 การติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดตรงข้าม (Opposite -Both Sides)

การติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดตรงข้ามดัง**รูปที่** 5-27 เหมาะที่จะติดตั้งบนทางหลวงที่มีความกว้างถนนมากกว่า 1.5 เท่าของความสูงดวงโคม และเป็นพื้นที่ที่ต้องการการกระจายแสงด้านข้างประเภท Type III และ Type IV ได้แก่ ถนน 4 หรือ 6 ช่องจราจรทั้งที่มีเกาะกลางถนนและไม่มีเกาะกลาง





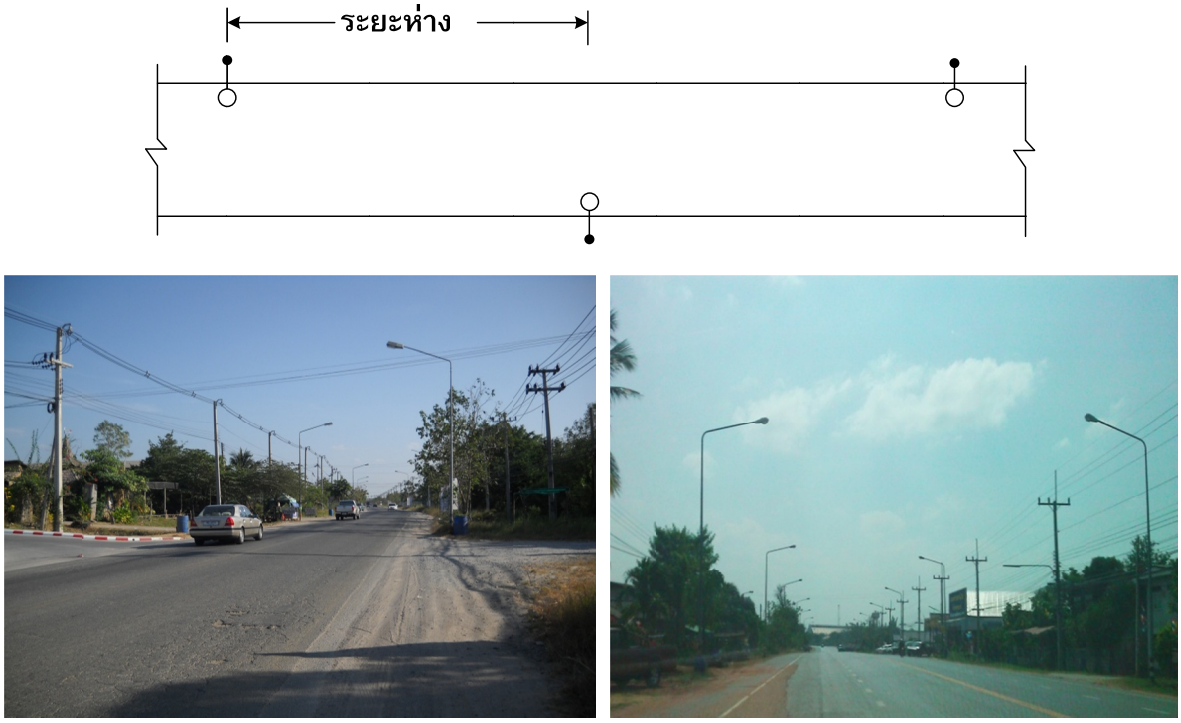


รูปที่ 5-27 **รูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดตรงข้าม** (Opposite -Both Sides)

ความเหมาะสมของพื้นที่ติดตั้งดวงโคมประเภทนี้ต้องพิจารณาจากปัจจัยแวดล้อมอื่นๆเป็นองค์ประกอบร่วม เช่น รูปแบบเกาะกลาง ความสูงของดวงโคมที่เลือกใช้ ความส่องสว่างและกำลังส่องสว่าง เป็นต้น อาทิเช่น หากถนน 6 ช่องจราจรที่เป็นเกาะกลางแบบยก (Raised Median) อาจพิจารณาเลือกติดตั้งแบบติดตั้งดวงโคมแบบติดกิ่งคู่เกาะกลางที่ความสูงดวงโคม 12 เมตร

5.7.3 การติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดสลับ (Staggered -Both Sides)

การติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดสลับดัง**รูปที่** 5-28 เหมาะที่จะติดตั้งบนทางหลวงที่มีความกว้างถนนระหว่าง 1 ถึง 1.5 เท่าของความสูงดวงโคม และเป็นพื้นที่ที่ต้องการการกระจายแสงด้านข้างประเภท Type III และ Type IV ได้แก่ ถนนหลายช่องจราจรที่ไม่มีเกาะกลางถนนหรือมีเกาะกลางแคบ เช่น เกาะสี เป็นต้น



รูปที่ 5-28 **รูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดสลับ** (Staggered -Both Sides)

5.7.4 การติดตั้งดวงโคมแบบติดกิ่งคู่เกาะกลาง (Central Twin)

การติดตั้งดวงโคมแบบติดกิ่งคู่เกาะกลางดัง**รูปที่** 5-29 เหมาะที่จะติดตั้งบนถนน 6 ช่องจราจรในเขตเมืองที่มีเกาะกลางถนนแบบยก (Raised Median) โดยเกาะกลางต้องมีขนาดกว้างไม่เกิน 6 เมตร



รูปที่ 5-29 **รูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบติดกิ่งคู่เกาะกลาง** (Central Twin)

5.7.5 รูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบเสาสูง

เสาไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปทั้งแบบต่อเนื่องหรือเฉพาะบริเวณจะมีความสูงของเสาไม่เกิน 15 เมตร แต่ในบางพื้นที่อาจมีลักษณะทางกายภาพบางประการที่จำเป็นจะต้องติดตั้งเสาที่มีความสูง 20 เมตรหรือมากกว่านั้น ซึ่งจะเรียกเสาประเภทนี้ว่าเป็น “เสาสูง” (โดยทั่วไปมีความสูง 20 25 และ 30 เมตร)

การติดตั้งดวงโคมบนเสาสูงดัง**รูปที่** 5-30 เหมาะที่จะติดตั้งในพื้นที่ที่มีลักษณะกายภาพถนนดังนี้

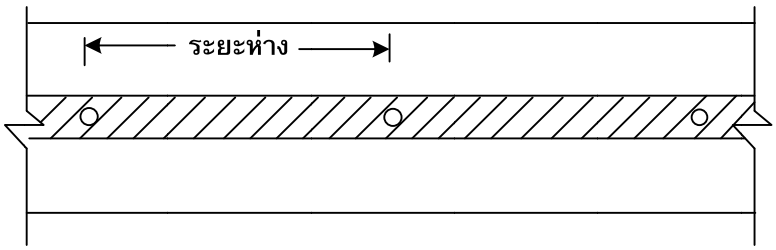
การติดตั้งแบบต่อเนื่อง (Continuous Lighting)

- ถนน 6 ช่องจราจรขึ้นไปที่มีเกาะกลางถนน
- บริเวณที่ต้องการการส่องสว่างอย่างต่อเนื่องและไม่สามารถติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างประเภทอื่นๆ ได้ เช่น ถนนที่มีเขตทางกว้างมาก (80-100 เมตร)

การติดตั้งเฉพาะบริเวณ (Specific Lighting)

- บริเวณสะพานต่างระดับหรือทางแยกที่มีความซับซ้อน
- บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง (Toll Plazas)
- บริเวณจุดพักรถริมทางหลวง (Rest Areas)

หากถนนที่มีขนาด 8 ช่องจราจร แต่ลักษณะพื้นที่และสภาพแวดล้อมโดยรอบไม่เหมาะที่จะติดตั้งแบบเสาสูง ผู้ออกแบบสามารถเลือกติดตั้งดวงโคม 2 ประเภทควบคู่กัน คือ บริเวณเกาะกลางและข้างทางของแต่ละทิศทางการจราจร โดยเลือกติดดวงโคมแบบกิ่งเดี่ยวติดตรงข้าม (Opposite -Both Sides)







รูปที่ 5-30 รูปแบบการติดตั้งดวงโคมแบบติดเสาสูง

การติดตั้งเสาสูงประกอบไปด้วยกลุ่มของดวงโคมตั้งแต่ 3 ถึง 6 ดวงหรือมากกว่านั้นตามความเหมาะสม ดวงโคมมีลักษณะเป็นวงล้อมตัวเสาที่สะดวกต่อการซ่อมแซมหรือบำรุงรักษา โครงสร้างเสาถูกออกแบบตามมาตรฐานอังกฤษ (British Standard) หรือมาตรฐานสากลอื่นๆ ที่ได้รับการยอมรับ โดยใช้ความเร็วลมสำหรับการออกแบบโมเมนต์ดัดเท่ากับ 60 กม./ชม. ที่ความสูง 10 เมตรเหนือระดับพื้นดิน โดยยอมให้มีการเอียงที่ปลายเสาไม่เกินร้อยละ 7.5 ของความสูง สลักเกลียวแต่ละตัวที่เชื่อมระหว่างโคนเสากับฐานรากต้องขันให้ได้แรงดึงตามที่ออกแบบไว้ เสาต้องมีความหน่วงต่อการแกว่งเนื่องจากแรงลม และต้องมีการเชื่อมต่อตัวเสาให้น้อยที่สุด โดยจุดเชื่อมต่อต้องอยู่ใกล้ตำแหน่งปลายเสา

ตำแหน่งที่ติดตั้งจะอยู่บริเวณเกาะกลางหรือในตำแหน่งที่อยู่นอกพื้นที่ที่ติดกับช่องทางจราจรดัง**รูปที่** 5-31 เสาสูงควรติดตั้งโดยมีระยะห่างจากขอบถนนด้านใกล้สุดไม่น้อยกว่า 9 เมตร แต่กรณีที่มีข้อกำจัดด้านพื้นที่ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้น เช่น ราวกันอันตราย ซึ่งต้องมีระยะห่างที่เหมาะสมจากตำแหน่งตัวเสา เพื่อให้มีระยะยืดตัว (deflection) เพียงพอหากเกิดการชน โดยทั่วไปแล้วจะติดตั้งอุปกรณ์กั้นที่ระยะห่างจากตัวเสาประมาณ 2.5 เมตร



รูปที่ 5-31 รูปแบบของเสาสูงที่ใช้งานบนทางหลวง

สำหรับความสว่าง จะต้องมีความส่องสว่างครอบคลุมพื้นที่ข้างทาง โดยเฉพาะทางขนาน (Frontage Road) เพื่อให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์สามารถมองเห็นอย่างปลอดภัย โดยทั่วไปแล้วการติดตั้งแบบเสาสูงจะใช้หลอดไฟที่มีกำลังส่องสว่างและรูปแบบการกระจาย ดังนี้

- กำลังส่องสว่างสามารถเลือกใช้ตั้งแต่ 400 - 1,000 วัตต์
- การกระจายแสงของดวงโคมที่ติดบนเสาสูงมี 2 รูปแบบ คือ 1) แบบสมมาตร(Symmetrical) จะมีการกระจายแสงเป็นวงกลม 2) แบบไม่สมมาตร (Asymmetrical) จะมีการกระจายตกอยู่ด้านหน้า
- การควบคุมการกระจายแสงของดวงโคมจะแนะนำให้เลือกใช้แบบ Cut Off เพื่อลดการเกิดแสงจ้า (Glare)

ข้อดีของการใช้ดวงโคมแบบเสาสูงคือประสิทธิภาพที่สูงมาก มีการกระจายแสงที่ความส่องสว่างสม่ำเสมอและช่วยลดความจ้าของแสง (Glare) ได้มากกว่าเสาขนาดเล็ก ด้วยความสูงและกำลังส่องสว่างที่มากกว่าเสาประเภทอื่น จึงใช้จำนวนเสาที่ติดตั้งน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม การติดตั้งเสาสูงยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการซ่อมแซมและบำรุงรักษา เพราะส่วนใหญ่ตำแหน่งที่ติดตั้งจะเป็นถนนที่ใช้ความเร็วสูง การเข้าไปซ่อมแซมและบำรุงรักษาจะต้องพิจารณาเรื่องความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ด้วย

5.8 ข้อจำกัดในการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง

ในปัจจุบัน การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง พบข้อจำกัดที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน รายละเอียดดัง **ตารางที่** 5-10

ตารางที่ 5-10 **ข้อจำกัดและแนวทางแก้ไขในการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง**

ข้อจำกัด	แนวทางแก้ไข
1) ข้อจำกัดด้านพื้นที่ติดตั้งหน้างาน เช่น ความกว้างของเขตทางที่จำกัด	เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบควรตรวจสอบความเหมาะสมของพื้นที่ติดตั้ง หากพบว่าจำเป็นต้องเปลี่ยน/ลดระยะติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างข้างทาง ต้องได้รับอนุญาตจากวิศวกรผู้ควบคุมงานหรือผู้บังคับบัญชาก่อน
2) การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ใกล้เคียงกับเสาไฟฟ้าแรงสูง	เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบควรตรวจสอบความเหมาะสมของพื้นที่ติดตั้ง และหากหลีกเลี่ยงได้ควรพิจารณาตำแหน่งใกล้เคียงที่มีความเหมาะสมกว่า แต่หากจำเป็นต้องติดใกล้กับเสาไฟฟ้าแรงสูง ควรติดให้ปลอดภัยที่สุด โดยต้องไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างไปเชื่อมต่อกับเสาไฟฟ้าแรงสูง อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานทุกอย่างต้องได้รับอนุญาตจากวิศวกรผู้ควบคุมงานหรือเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบก่อน
3) บริเวณที่ติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ เช่น ไฟฟ้าแสงสว่างส่งผลต่อวัฏจักรการเติบโตของพืชที่ปลูกข้างทาง	ควรมีการทำความเข้าใจกับประชาชนถึงเหตุผลและวัตถุประสงค์ของการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อหาแนวทางปฏิบัติในการแก้ไขปัญหาร่วมกัน
4) อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างข้างทางสูญหายเนื่องจากถูกขโมย เช่น หม้อแปลง สายไฟฟ้า	เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบควรเพิ่มความถี่ในการตรวจสอบสายทางที่มีความผิดปกติ เช่น มีการสูญหายบ่อยครั้ง และขอความร่วมมือจากผู้ใช้ทางและผู้พักอาศัยข้างทางในการแจ้งเหตุ หากพบผู้ละเมิดทรัพย์สินของกรมทางหลวง

อย่างไรก็ตาม การไฟฟ้านครหลวงได้ระบุคำแนะนำเพิ่มเติมสำหรับการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างสาธารณะที่ติดตั้งไว้สำหรับส่องสว่างบนทางหลวง ดังนี้

1. Main Incoming Switch Board จะติดตั้งบนเสาไฟฟ้าได้เฉพาะเสาขนาด 12 10 8.5 หรือ 6 เมตร เท่านั้น โดยต้องติดตั้งในตู้โลหะขนาดกว้างไม่เกินความกว้างของหน้าเสา ความหนาไม่เกิน 10 ซม. มีความแข็งแรงปลอดภัยและป้องกันน้ำเข้าได้
2. หากติดตั้งเกินกว่า 1 วงจรทุกๆ วงจรย่อยต้องมีเครื่องป้องกันวงจรย่อยซึ่งเป็น Safety Switch หรือ Fuse อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นตัวคุม แต่ต้องมีขนาด Ampere Rating ของ Fuse เหมาะสมกับ Load ของวงจรย่อยนั้นๆ

3. การเดินสายจากจุดที่ติดตั้งเครื่องวัด ถึง Main Incoming Switch และต่อไปถึง Safety Switch หรือ Fuse ของวงจรย่อยจะต้องใช้สายชนิดของการไฟฟ้านครหลวงแบบ “C” หรือชนิด Underground Cable “NYY” หรือชนิดที่มีคุณสมบัติเท่าเทียมเท่านั้น
4. การเดินสายจาก Switch Board ไปยัง Load หากฝังใต้ดินจะต้องใช้สายชนิดที่ระบุในข้อ 3 ส่วนที่ลอดใต้ถนนจะต้องร้อยในท่อร้อยสายไฟฟ้าชนิดโลหะอาบสังกะสีที่ระบุในข้อ 3 ทั้งนี้ขนาดสายกับท่อจะต้องเหมาะสมกัน (สามารถดึงสายออกมาตรวจซ่อมได้สะดวก)
5. การเดินสายภายในเสาไปยังดวงโคมจะต้องใช้สายชนิด Street Light Wire (Type RH) หรือใช้สายชนิดที่ระบุในข้อ 4 ซึ่งทั้ง 2 กรณี ต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดของตัวนำไฟฟ้าทองแดงไม่เล็กกว่า 2 ตร.มม.
6. ดวงโคมแต่ละดวงจะต้องมี Cartridge Fuse ป้องกันการลัดวงจรด้วย
7. การต่อแยกสายทั้งวงจรเมนหรือวงจรย่อย ควรละเว้นการต่อในตำแหน่งที่ฝังอยู่ใต้พื้นดิน เนื่องจากเป็นจุดอ่อนที่จะชำรุดได้ง่าย
8. การต่อแยกสายภายในเสาโลหะจะต้องไม่ต่อโดยใช้พันหรือบิดเกลียวแล้วพันทับรอยต่อด้วยผ้าพันสาย แต่ให้ใช้ต่อแยกสายด้วย Wire Joint หรือเครื่องต่อสายชนิดพันหรือบีบแน่นด้วยเครื่องมือกล แล้วพันทับด้วยวัสดุที่เป็นสารประกอบสำหรับหุ้มสาย (Insulating Sealing Compound) และพันทับด้วยเทปชนิดพันสายไฟฟ้าโดยเฉพาะทุกๆ แห่ง
9. ต้องจัดทำระบบการต่อสายลงดิน โดยต่อสายลงดินเข้ากับเปลือกนอกของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำด้วยโลหะทุกชนิด เช่น ท่อร้อยสายไฟ ส่วนที่สูงเหนือพื้นดิน ตู้เหล็กที่ติดตั้งแผงสวิทช์ เสาและฐานโลหะ เป็นต้น ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้
    - ตัวสายดินจะต้องเป็นสายทองแดงมีพื้นที่หน้าตัดไม่ต่ำกว่า 16 ตร.มม.
    - หลักดิน (Ground Rod) ต้องเป็นชนิดทองแดงหรือทองแดงหุ้มผิว (Copper Clad) โดยต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5/8 นิ้ว และยาวไม่น้อยกว่า 6 ฟุต หรืออาจใช้ชนิดที่ทำด้วยแท่งเหล็กอาบสังกะสี (Hot - Dip Galvanized Steel) ก็ได้ แต่ต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5/8 นิ้ว และยาวไม่น้อยกว่า 8 ฟุต
    - การต่อให้ใช้วิธีเชื่อมสายลงดินกับ Ground Rod หรือยึดด้วย Ground Rod Clamp หรือใช้อุปกรณ์สำหรับการต่อสายโดยเฉพาะ
    - การติดตั้งสายลงดินทั้งชุดจะต้องให้รัดกุมและมิดชิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งให้ฝังปลายบนของหลักดิน (Ground Rod) จมลงในดินลึกจากระดับผิวดิน 30 ซม. เพื่อให้มีความมั่นคงและยากต่อการขโมย
    - การต่อลงดินหากใช้ระบบสายดินร่วมกัน สายดินร่วมจะต้องต่อลงดินไม่น้อยกว่า 2 จุด
10. การออกแบบวงจร ต้องมี Voltage Drop Main Incoming Switch Board กับจุดใดๆ ในวงจรไม่เกิน 2% เมื่อเปิดไฟทุกดวง

5.9 การตรวจสอบความปลอดภัยอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง

โดยทั่วไปแล้ว หลังจากการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวงเสร็จสิ้น จะมีการทดสอบประสิทธิภาพของระบบด้วยการเปิดไฟฟ้าไว้อย่างน้อย 5 คืนต่อเนื่องกัน หากไม่เกิดความขัดข้อง หรือเสียหายแต่ประการใด ถึงจะเริ่มเปิดให้ใช้เส้นทางอย่างเป็นทางการ แต่อย่างไรก็ตาม ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ถูกใช้อยู่ตลอดในช่วงเวลากลางคืน และเมื่อถูกใช้งานนานขึ้น ย่อมมีผลต่อการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานของวัสดุ เช่น หลอดไฟ ดวงโคม สายไฟหรือความเสียหายจากอุบัติเหตุ ที่ทำให้วัสดุเกิดชำรุด ดังนั้นหากมีการตรวจสอบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง แล้วพบว่ามีการชำรุดเสียหาย ไฟรั่ว หรือไม่อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องควรกำหนดแนวทางเพื่อซ่อมแซมและบำรุงรักษาตามรูปแบบของปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนี้

- สภาพโครงสร้างเสาเสียรูป เช่น มีการบิดงอ เจ้าหน้าที่ควรดำเนินการปรับแต่งให้กลับมาอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ แต่หากการปรับแต่งมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างเสาไฟฟ้าแสงสว่าง ต้องแจ้งเรื่องไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงให้ดำเนินการแก้ไขและซ่อมแซมต่อไป
- ฝาครอบ ชุดดวงโคม มีการหลุด แตกหรือชำรุด เจ้าหน้าที่ควรดำเนินการตรวจสอบสาเหตุของปัญหา เช่น หากพบว่าอุปกรณ์ไม่ยึดแน่นกับดวงโคม ควรเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น หากฝาครอบแตกและไม่อยู่ในสภาพใช้งาน เจ้าหน้าที่ควรแจ้งไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงเพื่อดำเนินการเปลี่ยนใหม่
- ดวงโคมมีกำลังส่องสว่างน้อยลงเนื่องจากปัจจัยดังนี้
    - การเสื่อมสภาพของดวงโคมตามอายุการใช้งาน หากตรวจสอบกำลังส่องสว่างแล้วไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมให้ ควรรีบดำเนินการเปลี่ยนดวงโคมใหม่
    - การมีแมลงเข้าไปอยู่ในฝาครอบ ควรตรวจหาตำแหน่งรูรั่ว และดำเนินการซ่อมแซมแก้ไข แล้วทำความสะอาดฝาครอบก่อนนำไปประกอบกับดวงโคมเช่นเดิม
- การตรวจสอบอุปกรณ์ยึดโครงสร้างเสาไฟฟ้าในตำแหน่งต่างๆ เช่น หากพบสลักเกลียวที่ยึดตัวเสากับกิ่งโคมหลวม ควรรีบดำเนินการขันส่วนข้อต่อให้ยึดแน่นเพื่อไม่ให้เกิดการหักล้มของกิ่งโคม
- กรณีไฟฟ้ารั่ว เนื่องมาจากปัญหาดังต่อไปนี้
    - การฝังสายดินและหลักดิน (Ground Rod) มีระดับความลึกไม่เพียงพอ หากพบปัญหาดังกล่าว ควรดำเนินการขุดสายดินและหลักดินเพื่อดำเนินการฝังลงดินใหม่ ตามความลึกที่กำหนด (การไฟฟ้านครหลวงระบุให้หลักดินส่วยปลายบนต้องจมลงไปในดินลึก 30 ซม. จากระดับผิวดิน)

- สายดินถูกตัดขาด เจ้าหน้าที่ควรตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุ เช่น ถูกขโมย หรือแมลงกัดขาด แล้วรีบดำเนินการต่อเชื่อมเพื่อให้กลับมาใช้งานได้ตามปกติ กรณีถูกขโมยสายดินควรมีการกำหนดมาตรการป้องกัน
- สายไฟที่อยู่ในท่อร้อยเกิดการชำรุดหรือลัดวงจร หากพบว่าการลัดวงจรเกิดจากการเสื่อมสภาพเนื่องจากอายุการใช้งานของสายไฟ ควรดำเนินการนำของใหม่มาเปลี่ยนทดแทน

หากเจ้าหน้าที่พบการชำรุดเสียหายนอกเหนือจากกรณีข้างต้น ให้ทำการตรวจสอบสาเหตุ หากอยู่ในดุลย-พินิจที่สามารถแก้ไขและซ่อมแซมได้ ให้ดำเนินการได้ แต่หากอยู่นอกเหนือความรับผิดชอบ ต้องแจ้งเรื่องไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาต่อไป

5.10 การซ่อมแซมและบำรุงรักษาไฟฟ้าแสงสว่าง

การตรวจสอบและบำรุงรักษาหลังการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง ผู้รับจ้างจะต้องรับประกันคุณภาพของหลอดไฟในระยะเวลา 24 เดือน และอุปกรณ์ที่ติดตั้งอื่นๆ ในระยะเวลา 36 เดือน นับตั้งแต่วันที่คณะกรรมการตรวจรับงานได้ตรวจรับแล้ว หากพบว่าหลอดไฟฟ้าและส่วนติดตั้งอื่นๆ เสื่อมคุณภาพลงในระยะประกันคุณภาพงานติดตั้ง ผู้รับจ้างจะต้องเปลี่ยนซ่อมแซมให้เรียบร้อยภายใน 24 ชั่วโมง นับตั้งแต่ที่ได้รับแจ้งจากกรมทางหลวง

หากเลยระยะรับประกันคุณภาพงานแล้ว จะมีแนวทางปฏิบัติในการตรวจสอบและบำรุงรักษา คือ หมวดการทางจะทำหน้าที่ตรวจสอบตามสายทางที่รับผิดชอบ และเมื่อพบการชำรุดเสียหาย (หลอดไม่ติด หลอดหมดอายุ หลอดติดๆ ดับๆ หลอดจุดติดแต่สว่างช้า หลอดติดแต่ไม่สว่าง หลอดดำและบวมก่อนอายุ หรือหลอดแตก) จะแจ้งไปยังแขวงการทาง จากนั้น หน่วยงานจราจรสงเคราะห์หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของแขวงการทาง/หมวดการทาง จะเป็นผู้ดำเนินการซ่อมแซมอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในสายทางที่รับผิดชอบ อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดด้านเงื่อนไขการซ่อมบำรุงอยู่บางประการ เช่น หากมีความเสียหายของควงโคมบนถนนเส้นเดียวในจำนวนมาก จะดำเนินการซ่อมพร้อมกันครั้งเดียว แต่หากพบการเสียหายในจำนวนน้อย การซ่อมบำรุงอาจจะต้องรอเวลาที่เหมาะสม

กรณีมีผู้ละเมิดจนทำให้เกิดความเสียหายต่อไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง ผู้ละเมิดจะต้องรับผิดชอบความเสียหายและต้องดำเนินการซ่อมแซมหรือจัดหาวัสดุใหม่มาเปลี่ยนแทน โดยคุณภาพของวัสดุต้องตรงตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง

บทที่ 6

สัญญาณไฟจราจร

6.1 บทนำ

6.1.1 สัญญาณไฟจราจรบนทางหลวง

สัญญาณไฟจราจรเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการระบบจราจรบริเวณทางแยก โดยจัดเวลาสัญญาณไฟเขียวให้กับยานพาหนะที่มาจากด้านต่างๆ ของทางแยกอย่างเหมาะสม หลักการออกแบบและติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจรนั้นจะพิจารณาจากปัจจัยหลายๆ ด้านเพื่อให้สัญญาณไฟจราจรมีประสิทธิภาพสูงสุด

6.1.2 ข้อดีและข้อเสียของการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบนทางหลวง

สัญญาณไฟจราจรที่มีองค์ประกอบสมบูรณ์ ทั้งในเรื่องของการออกแบบ ตำแหน่งติดตั้ง ระบบการจัดการและการบำรุงรักษาจะส่งผลดีในเรื่องต่างๆ ดังนี้

1. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดระเบียบการจราจรบริเวณทางแยก
2. ช่วยลดจำนวนและความรุนแรงของอุบัติเหตุบริเวณทางแยกในรูปแบบต่างๆ
3. ระบบสัญญาณไฟจราจรที่มีความเชื่อมโยงและต่อเนื่องกันบริเวณทางแยก จะช่วยให้ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วที่เหมาะสม

การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมหลายๆ ด้าน เพื่อความปลอดภัยและเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการยานพาหนะ รถจักรยาน และคนเดินเท้า แต่หากมีการออกแบบที่ไม่เหมาะสมหรือขาดการจัดการดูแลบำรุงรักษาอาจก่อให้เกิดผลเสีย อาทิเช่น

- เพิ่มความล่าช้าและเกิดความสับสนบริเวณทางแยกมากขึ้น
- เพิ่มการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร
- เพิ่มปริมาณจราจรบนเส้นทางอื่นๆ เพราะหลีกเลี่ยงบริเวณทางแยกที่มีปัญหาการใช้สัญญาณไฟจราจร
- ส่งผลให้จำนวนอุบัติเหตุบริเวณทางแยกเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอุบัติเหตุชนท้าย

6.1.3 ข้อพิจารณาอื่นๆ ของการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

โดยหลักการแล้ว การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจะช่วยลดความล่าช้าของการจราจรบริเวณทางแยกและช่วยลดจำนวนอุบัติเหตุ เมื่อเทียบกับการติดตั้งป้ายหยุดเพียงอย่างเดียว แต่ในกรณีที่ไม่สามารถติดตั้ง

สัญญาณไฟจราจรได้ด้วยเหตุผลใดก็ตาม อาจมีการพิจารณาทางเลือกอื่นเพิ่มเติมเพื่อควบคุมการจราจรและเพิ่มความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้ทางบริเวณทางแยก ดังนี้

- ติดตั้งป้ายตลอดแนวถนนสายหลัก เพื่อเตือนผู้ขับขี่ก่อนเข้าสู่ทางแยก
- ปรับปรุงตำแหน่งเส้นหยุด (Stop Line) และเครื่องหมายจราจรบนผิวจราจรอื่นๆ เพื่อเพิ่มระยะการมองเห็นบริเวณทางแยก
- ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดความเร็วของยานพาหนะก่อนเข้าสู่ทางแยก เช่น ป้ายเตือน
- ติดตั้งสัญญาณไฟกะพริบ และเสริมการควบคุมด้วยป้ายหยุด เพื่อเตือนผู้ขับขี่ก่อนเข้าสู่ทางแยก
- ติดตั้งสัญญาณไฟกะพริบบนป้ายเตือนที่อยู่ก่อนป้ายหยุด เพื่อเตือนผู้ขับขี่บนถนนสายหลักและถนนสายรองก่อนเข้าสู่ทางแยก
- เพิ่มจำนวนช่องจราจรบนถนนสายรองเพื่อลดจำนวนยานพาหนะต่อช่องจราจรที่เข้าสู่ทางแยก
- ปรับปรุงกายภาพบริเวณทางแยก โดยแยกช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยว เพื่อให้การไหลของกระแสจราจรมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- ปรับปรุงกายภาพบริเวณทางแยก โดยปรับปรุงเกาะกลางหรือขยายขอบคันหิน (Curb)
- จำกัดการเลี้ยวบางทิศทาง ในบางช่วงเวลาของวัน
- ติดตั้งป้ายหยุดทุกทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก เพื่อเป็นการเตือนผู้ขับขี่ล่วงหน้า
- ปรับปรุงทางแยกโดยการใช้วงเวียน
- หากมีการพิจารณาทางเลือกอื่น จะต้องดูความเหมาะสมของสภาพทางแยกเป็นสำคัญ

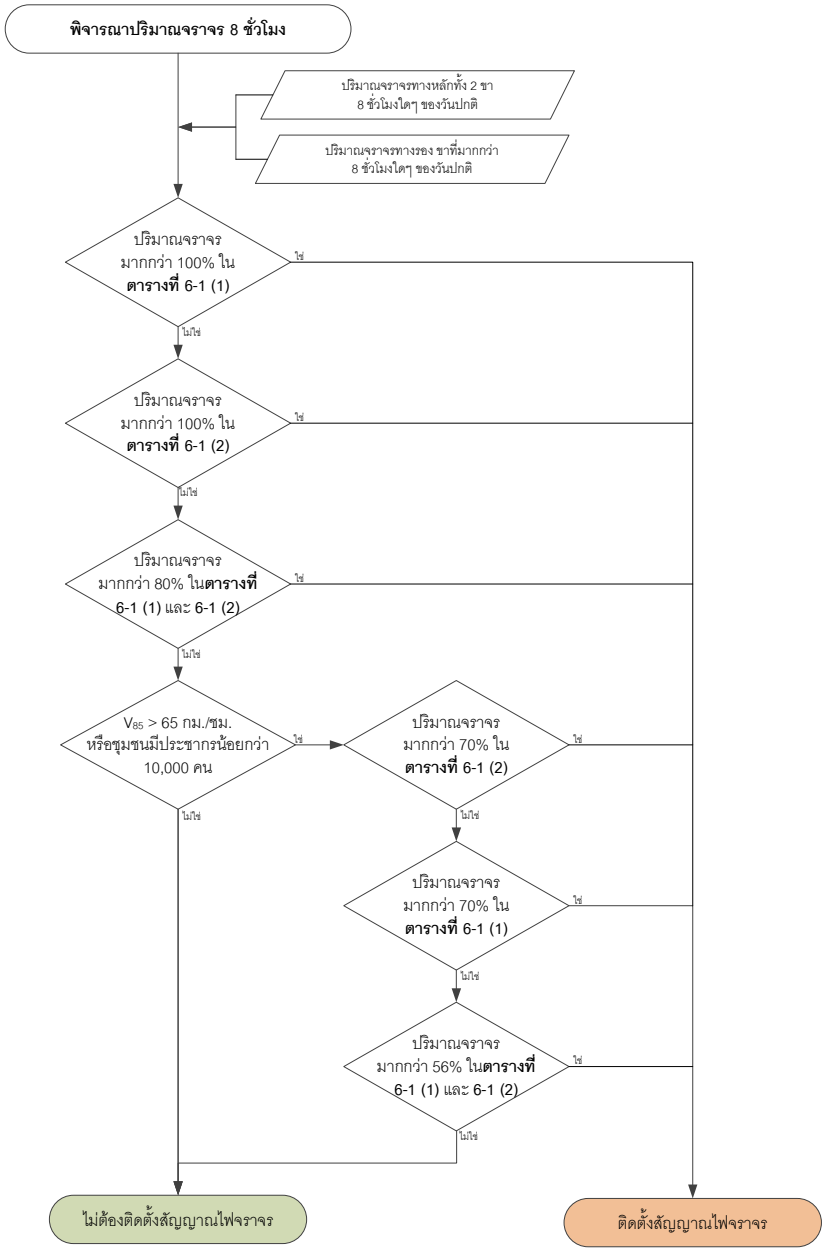
6.2 เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก จะพิจารณาจากหลักเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- ปริมาณจราจร 8 ชั่วโมงต่อวัน
- ปริมาณจราจร 4 ชั่วโมงต่อวัน
- ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน
- ปริมาณคนข้ามถนน
- การเดินข้ามถนนบริเวณสถานศึกษา
- การประสานสัญญาณไฟจราจร
- สถิติอุบัติเหตุ
- โครงข่ายถนน
- ทางแยกใกล้กับจุดตัดทางรถไฟ

6.2.1 ปริมาณจราจร 8 ชั่วโมงต่อวัน

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่ใช้หลักเกณฑ์ปริมาณจราจร 8 ชั่วโมงต่อวัน มีแนวทางการพิจารณาดัง**รูปที่** 6-1



รูปที่ 6-1 **เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาปริมาณจราจร 8 ชั่วโมงต่อวัน** (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ

ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลักและถนนสายรอง จะต้องพิจารณาจาก 8 ชั่วโมงเดียวกัน แต่ 8 ชั่วโมงของสถานการณ์ A (**ตารางที่** 6-1 (1)) กับสถานการณ์ B (**ตารางที่** 6-1 (2)) อาจแตกต่างกันได้ ส่วนปริมาณจราจรบนถนนสายรองให้พิจารณาจากขาที่มีปริมาณจราจรสูงกว่า โดยไม่จำเป็นต้องมาจากขาเดียวกันทั้ง 8 ชั่วโมง (สามารถสลับไปมาได้)

ควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรหากพบว่าปริมาณจราจร 8 ชั่วโมงใดๆ ในวันปกติมีปริมาณจราจรถึงเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งต่อไปนี้ (ให้พิจารณาเป็นรายชั่วโมง)

ก. ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) และบนถนนสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) มีค่าไม่น้อยกว่าค่าในคอลัมน์ 100% ในสถานการณ์ A จาก**ตาราง 6-1 (1)**

ข. ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) และบนถนนสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) มีค่าไม่น้อยกว่าค่าในคอลัมน์ 100% ในสถานการณ์ B จาก**ตาราง 6-1 (2)** โดยปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลักและถนนสายรอง จะต้องพิจารณาจาก 8 ชั่วโมงเดียวกัน ซึ่งเป็น 8 ชั่วโมงสูงที่สุดของวัน ส่วนปริมาณจราจรบนถนนสายรองนั้น จะพิจารณาจากขาที่มีปริมาณจราจรสูงกว่า โดยไม่จำเป็นจะต้องมาจากขาเดียวกันทั้ง 8 ชั่วโมง (สามารถสลับไปมาได้) สำหรับถนนที่มีความเร็วจำกัด หรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 สูงกว่า 65 กม./ชม. หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 10,000 คน วิศวกรสามารถพิจารณาใช้เกณฑ์ที่ระดับ 70% ของเกณฑ์ (ก) หรือ (ข) ก็ได้

ค. ปริมาณจราจรรายชั่วโมง บนทางสายหลัก (รวม 2 ขา) และบนทางสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) มีค่าไม่น้อยกว่าค่าในคอลัมน์ 80% ในสถานการณ์ A จาก**ตาราง 6-1 (1)** และ
ปริมาณจราจรรายชั่วโมง บนทางสายหลัก (รวม 2 ขา) และบนทางสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) มีค่าไม่น้อยกว่าค่าในคอลัมน์ 80% ในสถานการณ์ B จาก**ตาราง 6-1 (2)**

ในการพิจารณาแต่ละสถานการณ์นั้น ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลักและสายรองจะต้องพิจารณาจาก 8 ชั่วโมงเดียวกัน แต่ 8 ชั่วโมงของสถานการณ์ A กับสถานการณ์ B อาจแตกต่างกันได้ ส่วนปริมาณจราจรบนถนนสายรองให้พิจารณาจากขาที่มีปริมาณจราจรสูงกว่า โดยไม่จำเป็นต้องมาจากขาเดียวกันทั้ง 8 ชั่วโมง (สามารถสลับไปมาได้)

สำหรับกรณี (ค) ถนนที่มีความเร็วจำกัดหรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 สูงกว่า 65 กม./ชม. หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 10,000 คน วิศวกรสามารถใช้เกณฑ์ที่ระดับ 56% ของเกณฑ์ (ค) ก็ได้

ตารางที่ 6-1 (1) สถานการณ์ A ปริมาณยานพาหนะต่ำสุด (Minimum Vehicle Volume) (MUTCD, 2009)

จำนวนช่องจราจร เข้าสู่ทางแยก		ปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก 2 ทิศทาง (คันต่อชั่วโมง)				ปริมาณจราจรบนถนนสายรอง ทิศทางที่มากสุด (คันต่อชั่วโมง)			
ถนนสายหลัก	ถนนสายรอง	100%[a]	80%[b]	70%[c]	56%[d]	100%[a]	80%[b]	70%[c]	56%[d]
1	1	500	400	350	280	150	120	105	84
2 หรือมากกว่า	1	600	480	420	336	150	120	105	84
2 หรือมากกว่า	2 หรือมากกว่า	600	480	420	336	200	160	140	112
1	2 หรือมากกว่า	500	400	350	280	200	160	140	112

ตารางที่ 6-1 (2) สถานการณ์ B การกีดขวางการจราจรต่อเนื่อง (Interruption of Continuous Traffic) (MUTCD, 2009)

จำนวนช่องจราจร เข้าสู่ทางแยก		ปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก 2 ทิศทาง (คันต่อชั่วโมง)				ปริมาณจราจรบนถนนสายรอง ทิศทางที่มากสุด (คันต่อชั่วโมง)			
ถนนสายหลัก	ถนนสายรอง	100%[a]	80%[b]	70%[c]	56%[d]	100%[a]	80%[b]	70%[c]	56%[d]
1	1	750	600	525	420	75	60	53	42
2 หรือมากกว่า	1	900	720	630	504	75	60	53	42
2 หรือมากกว่า	2 หรือมากกว่า	900	720	630	504	100	80	70	56
1	2 หรือมากกว่า	750	600	525	420	100	80	70	56

หมายเหตุ

a. ปริมาณจราจรแต่ละชั่วโมงน้อยสุด

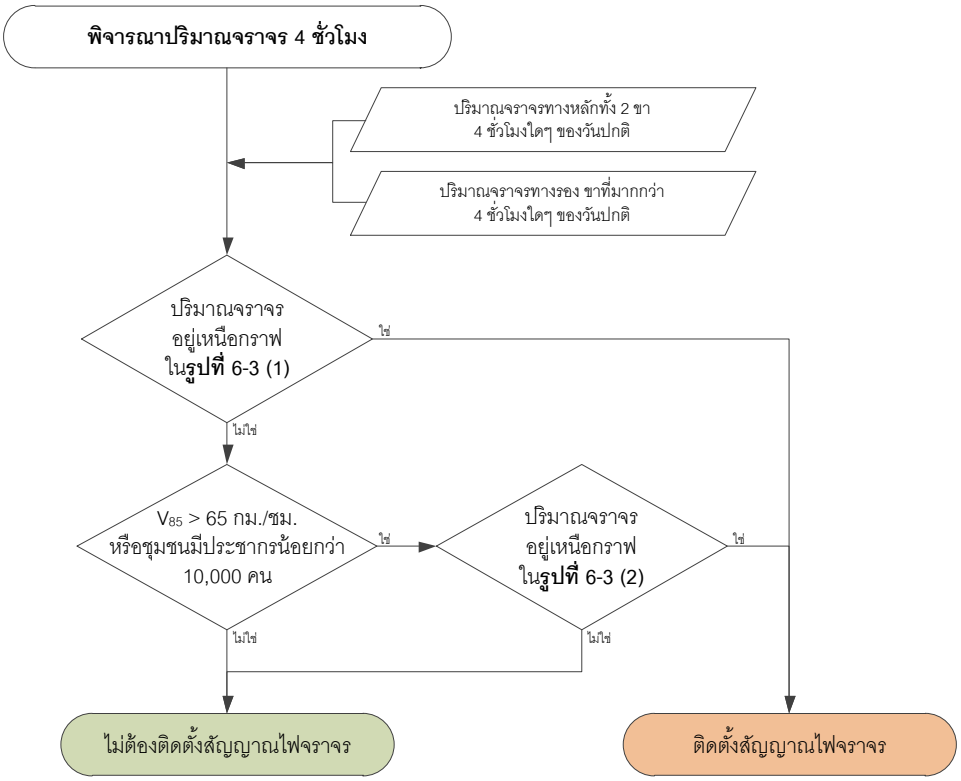
b. สถานการณ์ A และ B หลังมีการพิจารณาทางเลือกอื่นร่วมด้วย

c. ถูกพิจารณาเมื่อถนนสายหลักมีความเร็ว 65 กม./ชม. หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 10,000 คน

d. ถูกพิจารณาเมื่อสถานการณ์ A และ B หลังมีการพิจารณาทางเลือกอื่นร่วมด้วย โดยถนนสายหลักมีความเร็ว 65 กม./ชม. หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 10,000 คน

6.2.2 ปริมาณจราจร 4 ชั่วโมงต่อวัน

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่ใช้หลักเกณฑ์ปริมาณจราจร 4 ชั่วโมงต่อวัน มีแนวทางการพิจารณาดัง**รูปที่** 6-2

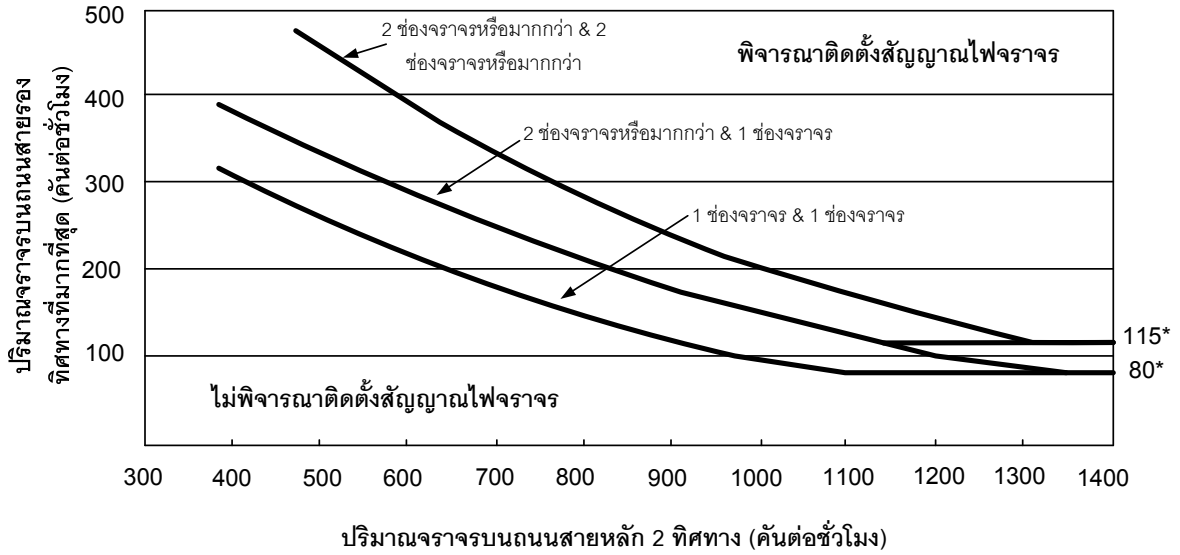


รูปที่ 6-2 **เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาปริมาณจราจร 4 ชั่วโมงต่อวัน** (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ
ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลักและถนนสายรอง จะต้องพิจารณาจาก 4 ชั่วโมงเดียวกัน ส่วนปริมาณจราจรบนถนนสายรองนั้นจะพิจารณาจากขาที่มีปริมาณจราจรสูงกว่า โดยไม่จำเป็นต้องมาจากขาเดียวกันทั้ง 4 ชั่วโมง (สามารถสลับไปมาได้)

ควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรหากพบว่าปริมาณจราจร 4 ชั่วโมงใดๆ ในวันปกติ มีปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนทางสายหลัก (รวม 2 ขา) และบนทางสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) มีค่าอยู่เหนือเส้นกราฟดัง**รูปที่** 6-3 (1) ทั้ง 4 ชั่วโมง ทั้งนี้ ปริมาณจราจรบนถนนสายรองนั้นให้พิจารณาจากขาที่มีปริมาณจราจรสูงกว่า โดยไม่จำเป็นต้องมาจากขาเดียวกันทั้ง 4 ชั่วโมง (สามารถสลับไปมาได้)

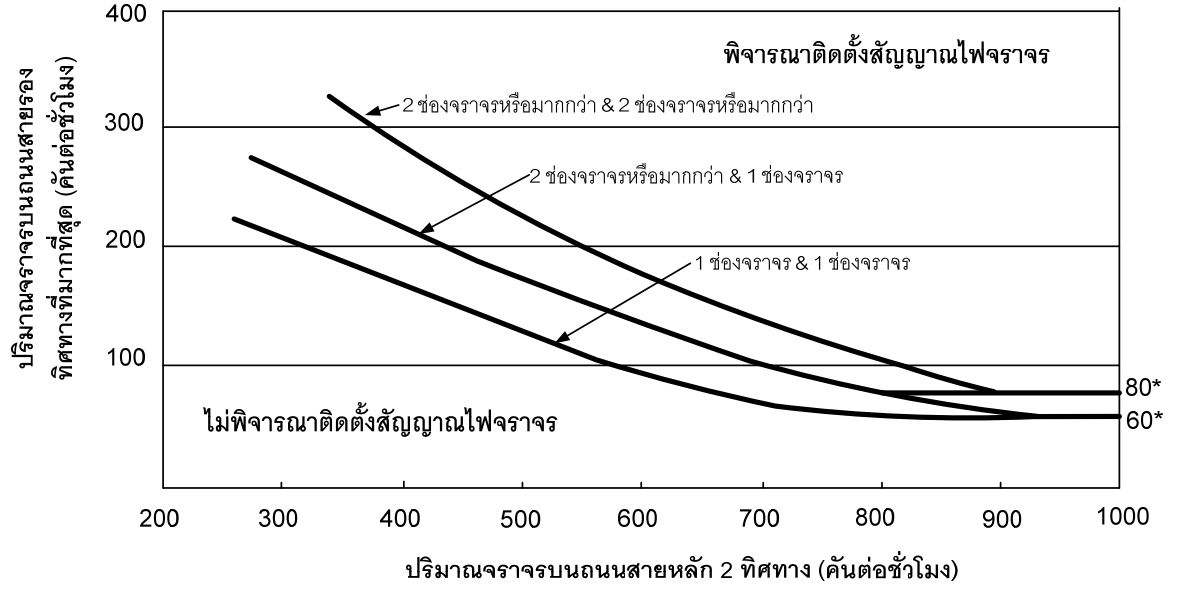
สำหรับถนนที่มีความเร็วจำกัด หรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 สูงกว่า 65 กม./ชม. หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 10,000 คน ให้พิจารณาข้อกำหนดการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจาก**รูปที่** 6-3 (2) แทน**รูปที่** 6-3 (1)



รูปที่ 6-3 (1) **เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร โดยพิจารณาปริมาณจราจร 4 ชั่วโมงต่อวัน** (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ 115* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คันต่อชั่วโมง) สำหรับถนนสายรองที่มีช่องจราจรเข้าสู่ทางแยกตั้งแต่ 2 ช่องจราจรขึ้นไป

80* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คันต่อชั่วโมง) สำหรับถนนสายรองที่มี 1 ช่องจราจรเข้าสู่ทางแยก



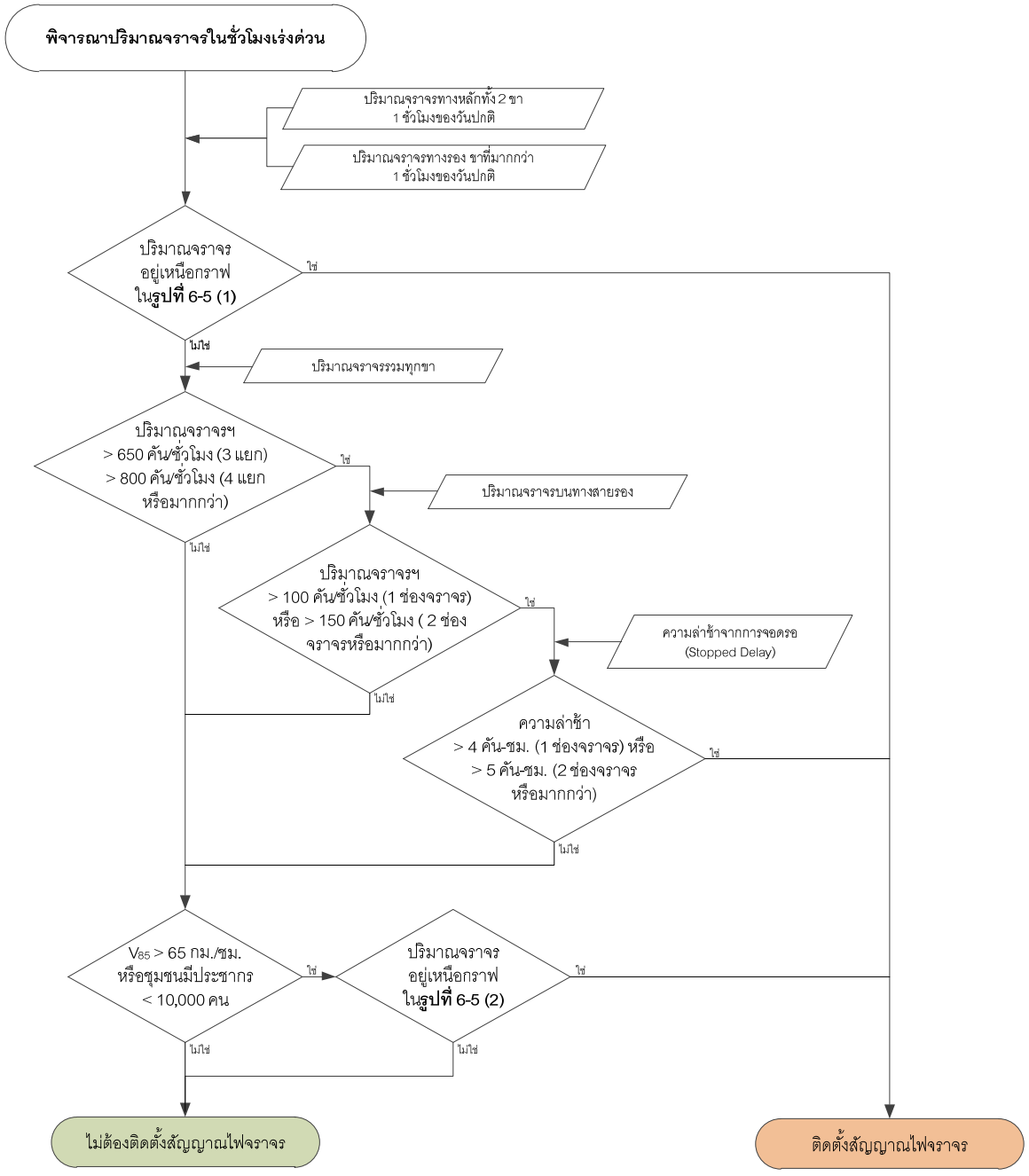
รูปที่ 6-3 (2) **เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร โดยพิจารณาปริมาณจราจร 4 ชั่วโมงต่อวัน (70% ของเกณฑ์)** (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ 80* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คันต่อชั่วโมง) สำหรับถนนสายรองที่มีช่องจราจรเข้าสู่ทางแยกตั้งแต่ 2 ช่องจราจรขึ้นไป

60* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คันต่อชั่วโมง) สำหรับถนนสายรองที่มี 1 ช่องจราจรเข้าสู่ทางแยก

6.2.3 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่ใช้หลักเกณฑ์ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน มีแนวทางการพิจารณาดัง**รูปที่** 6-4



รูปที่ 6-4 **เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน** (MUTCD, 2009)

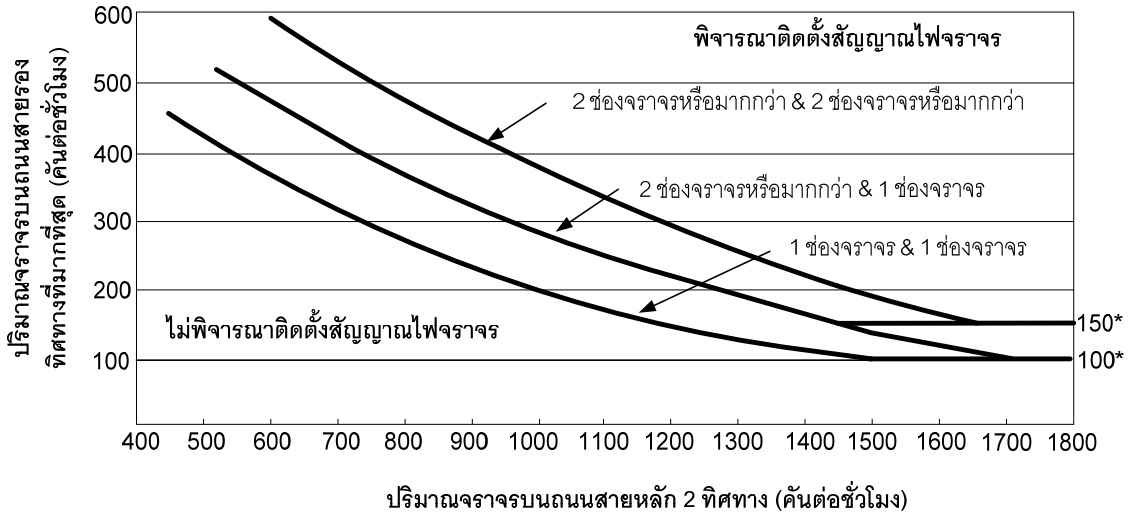
เหตุอันควรในหัวข้อนี้ ควรพิจารณาประยุกต์ใช้กับทางแยกที่มีปริมาณจราจรสูงมากในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น ทางแยกที่อยู่ใกล้กับอาคารสำนักงาน โรงเรียน ศูนย์การค้า โรงงานอุตสาหกรรม ที่มีปริมาณจราจรสูงมาก

ในช่วงเช้าก่อนเข้างานหรือในช่วงเย็นหลังเลิกงาน ดังนั้น ทางแยกดังกล่าวควรพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรหากพบว่าปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนมีค่าถึงเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งต่อไปนี้

1. เงื่อนไขทั้ง 3 ข้อต่อไปนี้เกิดขึ้นในชั่วโมงใดชั่วโมงหนึ่งในวันปกติ
    1.1 ความล่าช้าจากการจอดรอ (Stopped Delay) ของการจราจรบนถนนสายรอง (ขาใดขาหนึ่งอันเนื่องมาจากป้ายหยุด) รวมกันทั้งหมดมีค่าไม่น้อยกว่า 4 คัน-ชั่วโมงสำหรับถนนสายรองที่มีช่องจราจรเดียว หรือไม่น้อยกว่า 5 คัน-ชั่วโมงสำหรับถนนสายรองที่มี 2 ช่องจราจร และ
    1.2 ปริมาณจราจรบนถนนสายรอง จากข้อ 1.1 ไม่น้อยกว่า 100 คันต่อชั่วโมงสำหรับถนนสายรองที่มีช่องจราจรเดียว หรือไม่น้อยกว่า 150 คันต่อชั่วโมงสำหรับถนนสายรองที่มี 2 ช่องจราจร และ
    1.3 ปริมาณจราจรรวมทุกขาที่เข้าสู่ทางแยกไม่น้อยกว่า 650 คันต่อชั่วโมง สำหรับทางแยกที่เป็น 3 แยก หรือ 800 คันต่อชั่วโมง สำหรับทางแยกที่เป็น 4 แยกขึ้นไป
2. ปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) และบนถนนสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) ใน 1 ชั่วโมง (60 นาทีต่อเนื่องกัน) ของวันปกติ มีค่าอยู่เหนือเส้นกราฟดัง**รูปที่** 6-5 (1)

สำหรับถนนที่มีความเร็วจำกัดหรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 สูงกว่า 65 กม./ชม. หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 10,000 คน ให้พิจารณาข้อกำหนดการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจาก**รูปที่** 6-5 (2) แทน**รูปที่** 6-5 (1)

หากเหตุอันควรในหัวข้อนี้ เป็นเหตุอันควรเดียวที่ถึงเกณฑ์ในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ให้พิจารณาเลือกใช้สัญญาณไฟกระพริบเหลืองในช่วงเวลาที่การจราจรมีปริมาณไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนด และอาจเลือกติดตั้งสัญญาณไฟแบบ Semi-Actuated

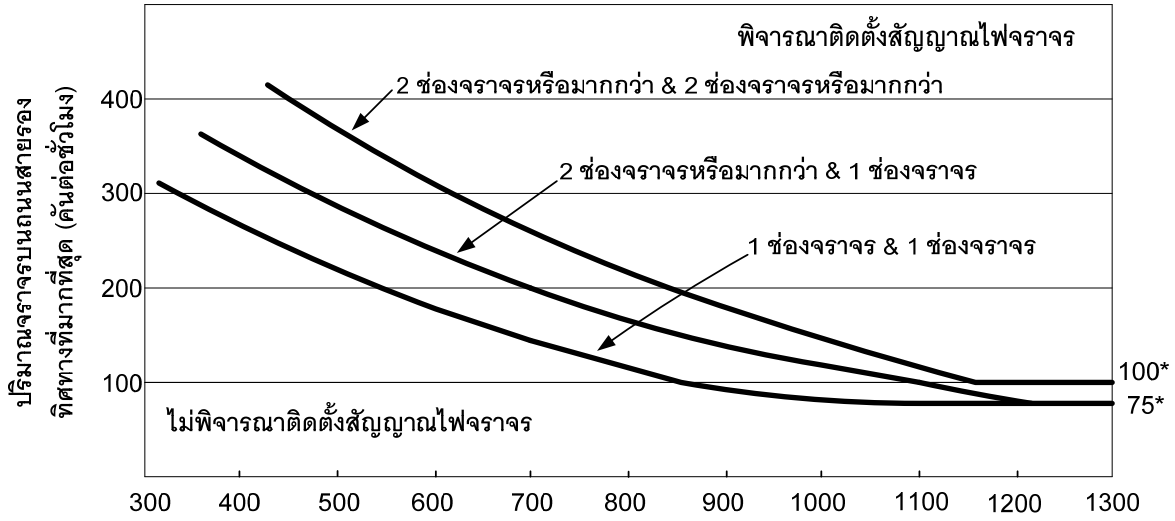


รูปที่ 6-5 (1) เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร โดยพิจารณาปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน

(MUTCD, 2009)

หมายเหตุ 150* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คันต่อชั่วโมง) สำหรับถนนสายรองที่มีช่องจราจรเข้าสู่ทางแยกตั้งแต่ 2 ช่องจราจรขึ้นไป

100* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คันต่อชั่วโมง) สำหรับถนนสายรองที่มี 1 ช่องจราจรเข้าสู่ทางแยก



รูปที่ 6-5 (2) เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

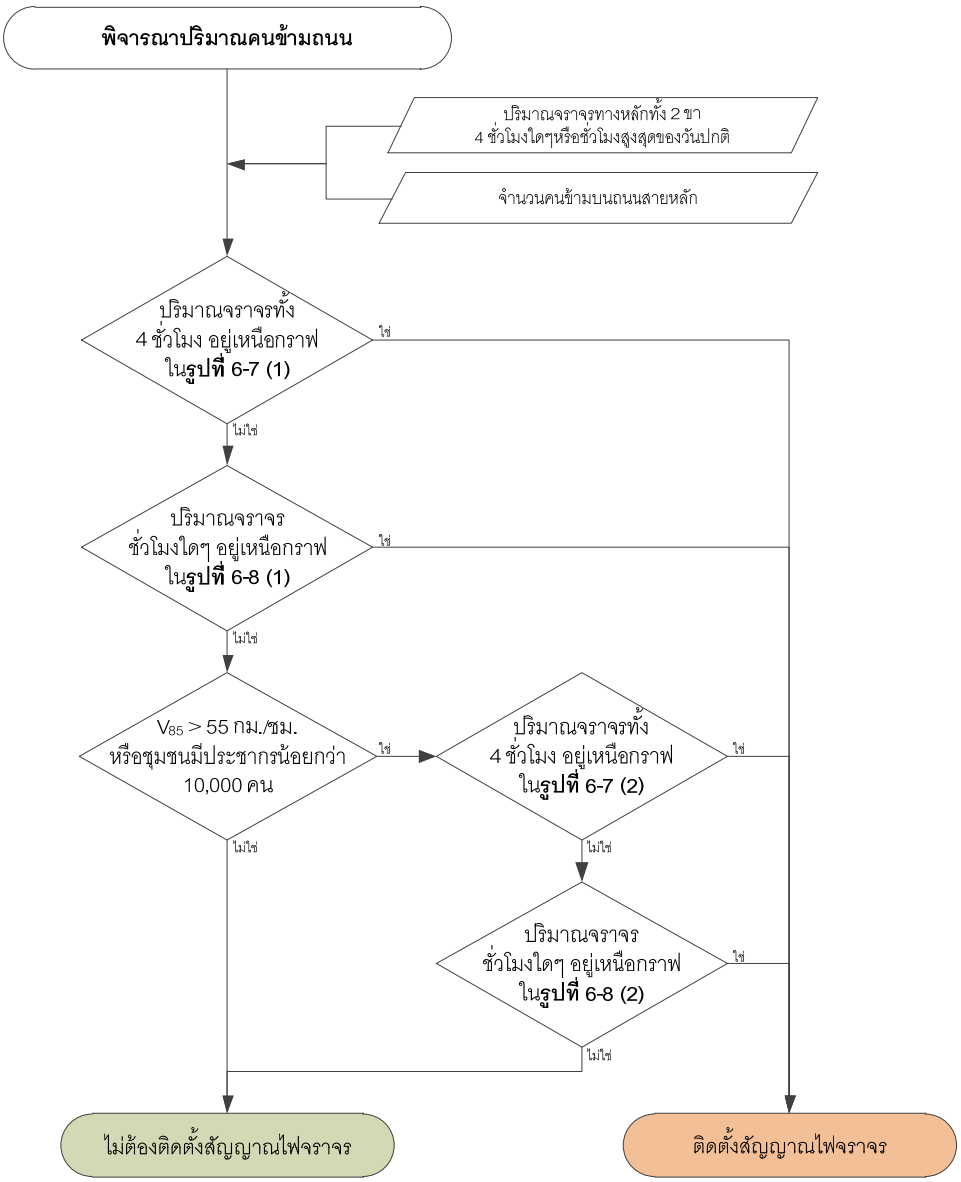
โดยพิจารณาปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน (70% ของเกณฑ์) (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ 100* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คันต่อชั่วโมง) สำหรับถนนสายรองที่มีช่องจราจรเข้าสู่ทางแยกตั้งแต่ 2 ช่องจราจรขึ้นไป

75* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คันต่อชั่วโมง) สำหรับถนนสายรองที่มี 1 ช่องจราจรเข้าสู่ทางแยก

6.2.4 ปริมาณคนข้ามถนน

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่ใช้หลักเกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนน มีแนวทางการพิจารณา ดัง **รูปที่** 6-6



รูปที่ 6-6 **เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาปริมาณคนข้ามถนน** (MUTCD, 2009)

ควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกหรือทางม้าลาย หากพิจารณาปริมาณคนเดินข้ามถนนแล้วพบว่ามีค่าถึงเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งดังต่อไปนี้

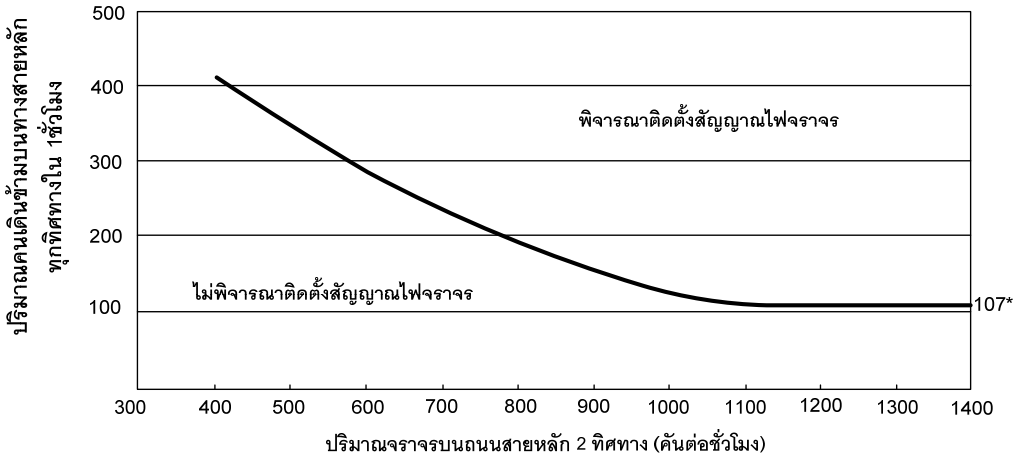
ก. สำหรับชั่วโมงใดๆ 4 ชั่วโมงในวันปกติ มีปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) กับจำนวนคนข้ามบนถนนสายหลัก (ทางข้ามทุกแห่งรวมกัน) มีค่าอยู่เหนือเส้นกราฟดัง**รูปที่** 6-7 (1) ทั้ง 4 ชั่วโมง

ข. สำหรับชั่วโมงใดๆ (60 นาทีต่อเนื่องกัน) ในวันปกติ มีปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) กับจำนวนคนข้ามบนถนนสายหลัก (ทางข้ามทุกแห่งรวมกัน) มีค่าอยู่เหนือเส้นกราฟดัง**รูปที่** 6-8 (1)

สำหรับถนนที่มีความเร็วจำกัดหรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 สูงกว่า 55 กม./ชม.หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 10,000 คน ให้พิจารณาข้อกำหนดการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจาก**รูปที่** 6-7 (2) สำหรับเกณฑ์ (ก) (กรณีจำนวนคนข้ามถนนช่วง 4 ชั่วโมงต่อวัน) และ **รูปที่** 6-8 (2) สำหรับเกณฑ์ (ข) (จำนวนคนข้ามในชั่วโมงเร่งด่วน) แทน**รูปที่** 6-7 (1) และ**รูปที่** 6-8 (1) ตามลำดับ

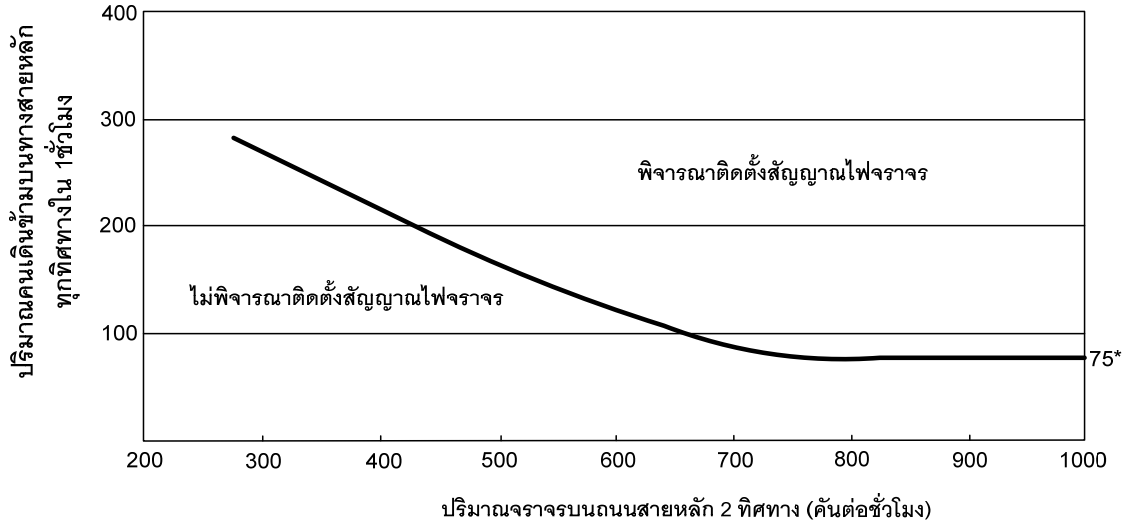
เหตุอันควรในหัวข้อนี้ไม่ควรพิจารณาประยุกต์ใช้กับบริเวณที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร หรือทางแยก “หยุด” ทุกด้านในบริเวณใกล้เคียง (ภายในระยะ 90 เมตร) ยกเว้นในกรณีที่การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรดังกล่าวจะไม่ขัดขวางการเคลื่อนแบบต่อเนื่องของการจราจรบนถนนสายหลัก

หากเหตุอันควรในหัวข้อนี้ถึงเกณฑ์ ควรพิจารณาติดตั้งหัวสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนเดินเท้าด้วย



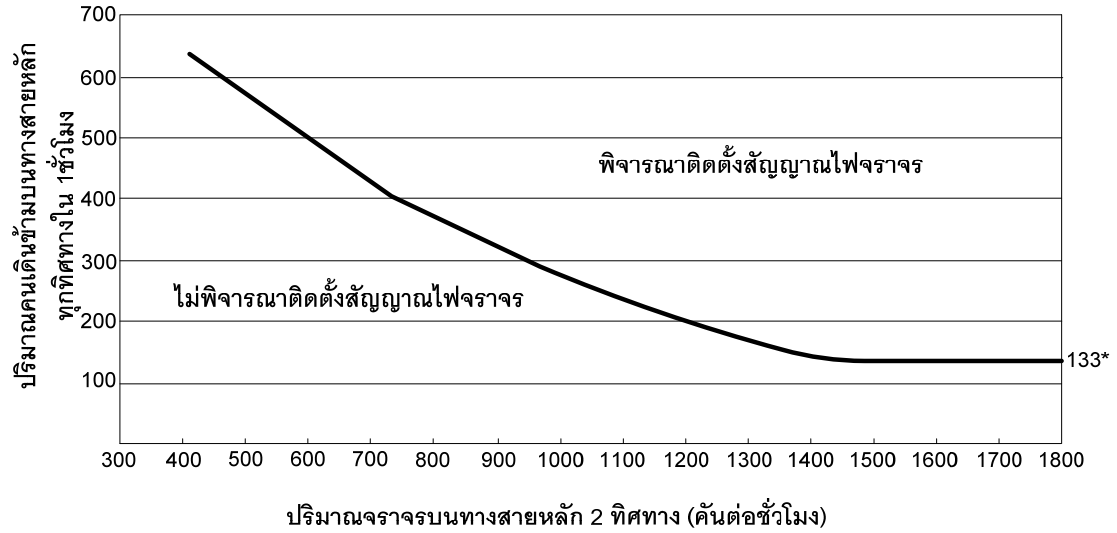
รูปที่ 6-7 (1) เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร
โดยพิจารณาปริมาณคนเดินข้ามถนนสำหรับชั่วโมงใดๆ 4 ชั่วโมง (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ 107* หมายถึง ปริมาณคนเดินข้ามถนนสายหลักค่าเริ่มต้น ทุกทิศทางใน 1 ชั่วโมง



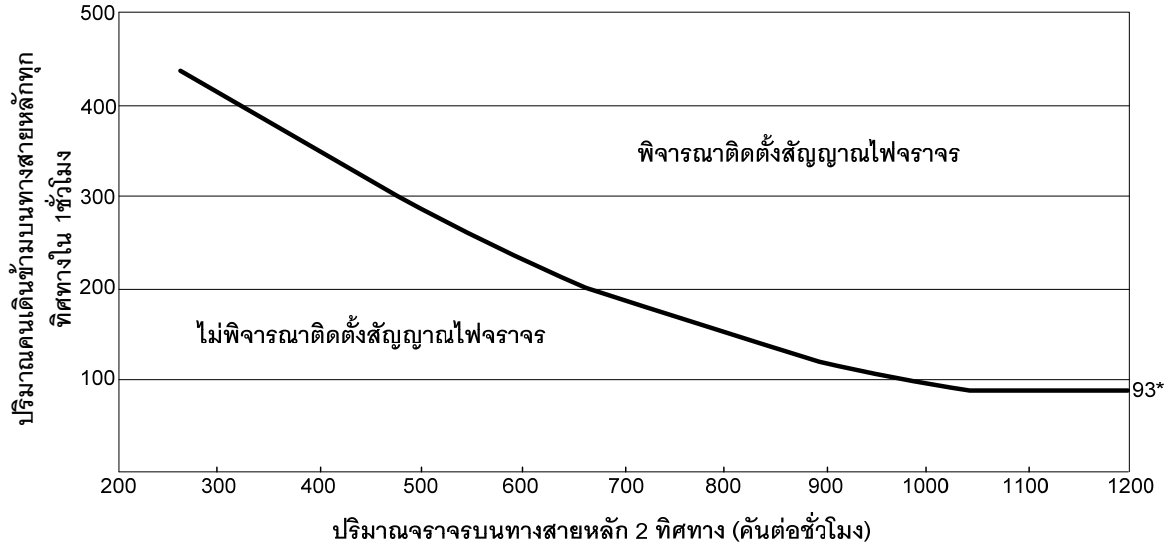
รูปที่ 6-7 (2) เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร
โดยพิจารณาปริมาณคนเดินข้ามถนนสำหรับชั่วโมงใดๆ 4 ชั่วโมง (70% ของเกณฑ์) (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ 75* หมายถึง ปริมาณคนเดินข้ามถนนสายหลักค่าเริ่มต้น ทุกทิศทางใน 1 ชั่วโมง



รูปที่ 6-8 (1) เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร
โดยพิจารณาปริมาณคนเดินข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ 133* หมายถึง ปริมาณคนเดินข้ามถนนสายหลักค่าเริ่มต้น ทุกทิศทางใน 1 ชั่วโมง

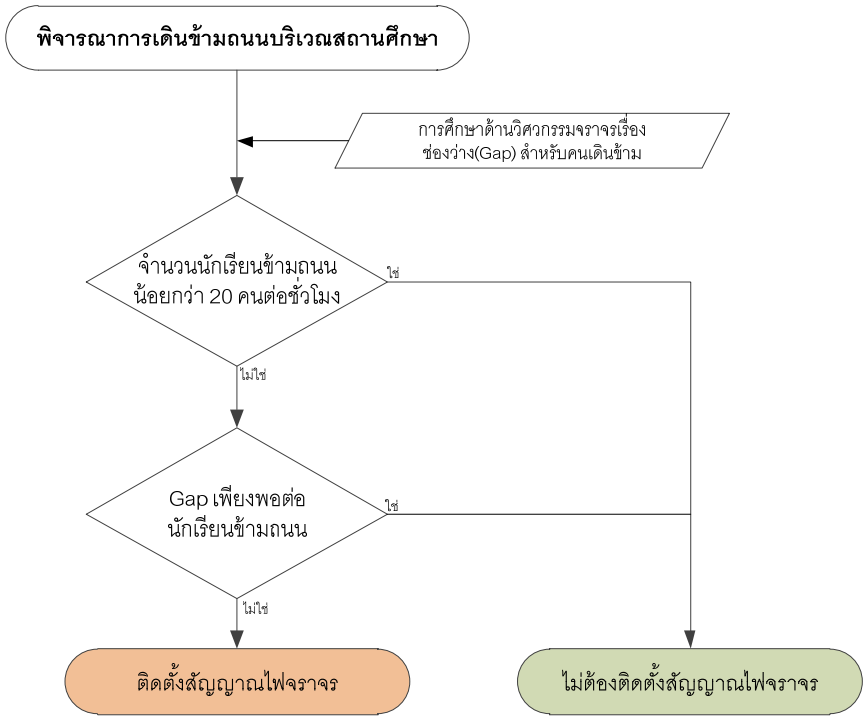


รูปที่ 6-8 (2) เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร
โดยพิจารณาปริมาณคนเดินข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน (70% ของเกณฑ์) (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ 93* หมายถึง ปริมาณคนเดินข้ามถนนสายหลักค่าเริ่มต้น ทุกทิศทางใน 1 ชั่วโมง

6.2.5 การเดินข้ามถนนบริเวณสถานศึกษา

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่ใช้หลักเกณฑ์การเดินข้ามถนนบริเวณสถานศึกษา มีแนวทางการพิจารณา ดัง**รูปที่** 6-9



รูปที่ 6-9 **เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร**
พิจารณาการเดินข้ามถนนบริเวณสถานศึกษา (MUTCD, 2009)

ควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรหากพิจารณาคนเดินข้ามถนนบริเวณสถานศึกษา ในกรณีที่มีการศึกษาด้านวิศวกรรมจราจรเกี่ยวกับช่องว่าง (Gap) ของกระแสจราจรแล้ว พบว่ามีจำนวนช่องว่างในกระแสจราจรไม่เพียงพอต่อความต้องการข้ามถนน และมีจำนวนเด็กนักเรียนข้ามถนนไม่น้อยกว่า 20 คนในชั่วโมงข้ามถนนสูงที่สุด

ก่อนที่จะตัดสินใจติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณด้านหน้าสถานศึกษา ให้พิจารณาเลือกใช้มาตรการอื่นๆ ก่อน เช่น การติดตั้งป้ายเตือน พร้อมกับสัญญาณไฟกระพริบ การควบคุมความเร็วบริเวณด้านหน้าสถานศึกษา การสร้างสะพานลอยข้ามถนน

เหตุอันควรในหัวข้อนี้ไม่ควรพิจารณาประยุกต์ใช้กับบริเวณที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร หรือทางแยก “หยุด” ทุกด้านในบริเวณใกล้เคียง (ภายในระยะ 90 เมตร) ยกเว้นในกรณีที่การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรดังกล่าวจะไม่ขัดขวางการเคลื่อนแบบต่อเนื่องของการจราจรบนถนนสายหลัก

6.2.6 การประสานสัญญาณไฟจราจร

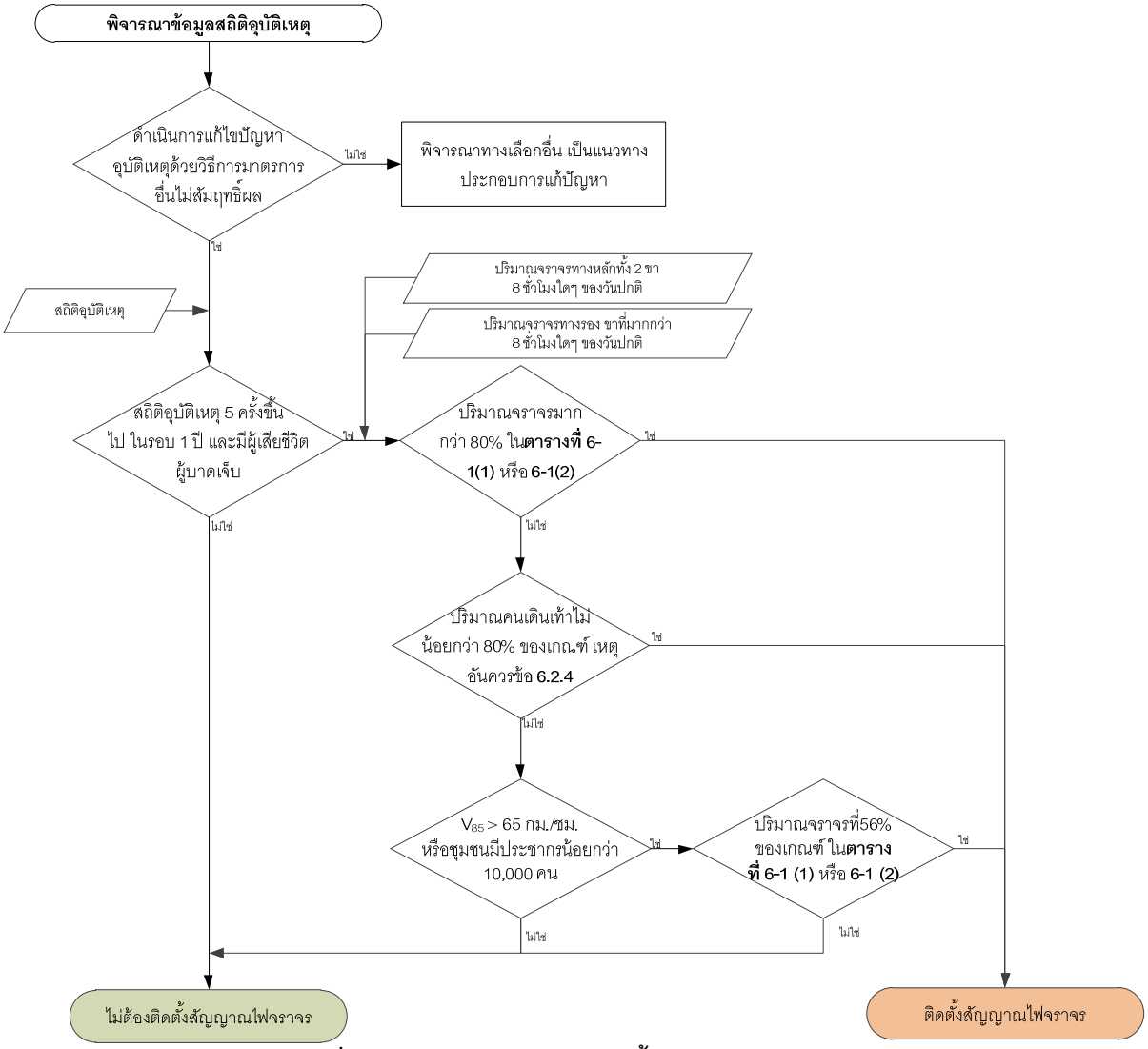
ควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยก หากพบว่าการประสานสัญญาณไฟถึงเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งดังต่อไปนี้

ก. บนถนนวิ่งทิศทางเดียว หรือถนนวิ่งสองทิศทางที่มีปริมาณจราจรด้านใดด้านหนึ่งสูงกว่าอีกด้านหนึ่งมาก สัญญาณไฟจราจรที่ใกล้ที่สุดอยู่ห่างออกไปเกินกว่าที่จะควบคุมให้เกิด Platoon ของกระแสจราจรได้

ข. บนถนนวิ่งสองทิศทาง สัญญาณไฟจราจรบริเวณใกล้เคียงบนถนนนั้น ไม่สามารถควบคุมให้เกิด Platoon ของกระแสจราจรได้ และการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่บริเวณนั้น จะช่วยให้การควบคุมให้เกิด Platoon เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6.2.7 สถิติอุบัติเหตุ

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่ใช้หลักเกณฑ์สถิติอุบัติเหตุ มีแนวทางการพิจารณา ดัง**รูปที่** 6-10



รูปที่ 6-10 **เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร**
พิจารณาการเดินข้ามถนนบริเวณสถานศึกษา (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ
ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลักและถนนสายรอง จะต้องพิจารณาจาก 8 ชั่วโมงเดียวกัน อย่างไรก็ตาม 8 ชั่วโมงของสถานการณ์ A (**ตารางที่** 6-1 (1)) กับสถานการณ์ B (**ตารางที่** 6-1 (2)) อาจแตกต่างกันได้ ส่วนปริมาณจราจรบนถนนสายรองนั้นจะพิจารณาจากขาที่มีปริมาณจราจรสูงกว่า โดยไม่จำเป็นต้องมาจากขาเดียวกันทั้ง 8 ชั่วโมง (สามารถสลับไปมาได้)

ควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยก หากพบว่าสถิติอุบัติเหตุที่บริเวณดังกล่าวมีค่าถึงเกณฑ์ทั้ง 3 เกณฑ์ดังต่อไปนี้

ก. การดำเนินการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุในบริเวณดังกล่าวด้วยวิธีการ/มาตรการอื่นไม่สัมฤทธิ์ผล และ

ข. เกิดอุบัติเหตุประเภทที่แก้ไขได้ด้วยสัญญาณไฟจราจรจำนวนไม่น้อยกว่า 5 ครั้งในรอบ 12 เดือน โดยอุบัติเหตุแต่ละครั้งเป็นเหตุให้เกิดการบาดเจ็บและทำลายทรัพย์สินที่มีการจดบันทึกโดยเจ้าหน้าที่ และ

ค. สำหรับชั่วโมงใดๆ จำนวน 8 ชั่วโมงของวันปกติ ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) และบนถนนสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) มีค่าไม่น้อยกว่าค่าในคอลัมน์ 80% ในสถานการณ์ A จาก**ตาราง 6-1 (1)** หรือ

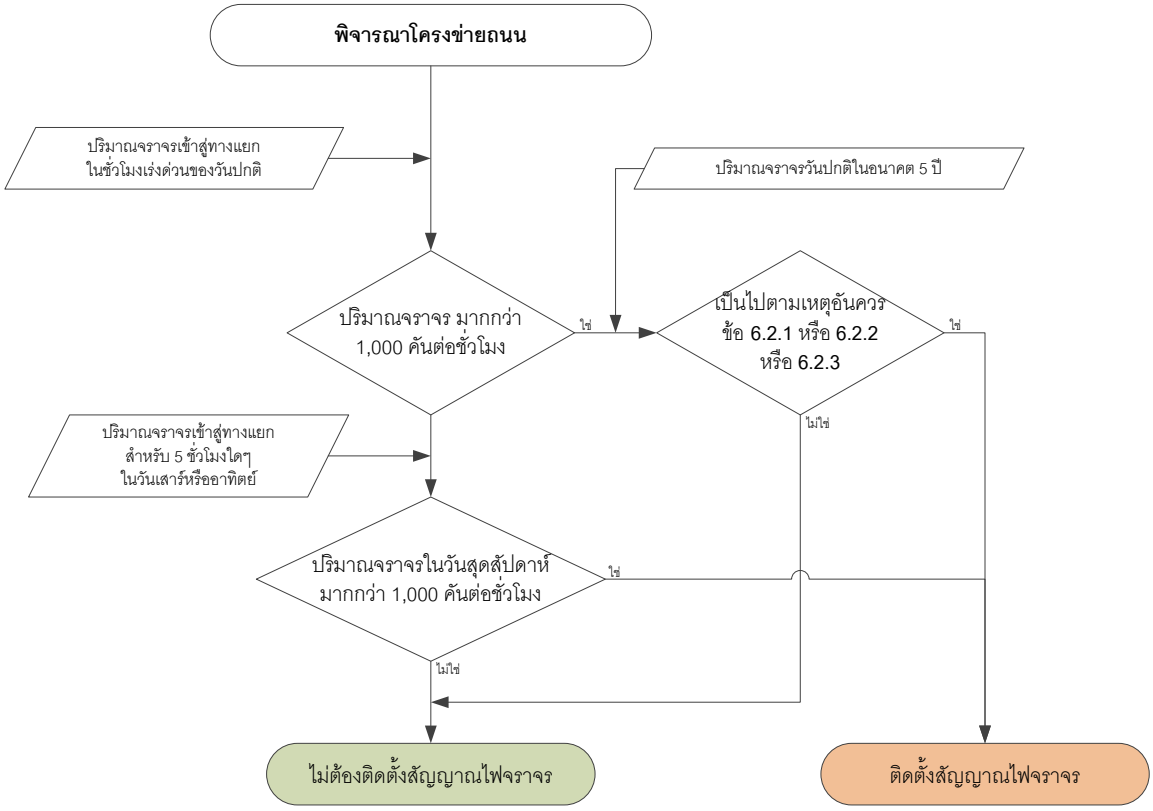
ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) และบนถนนสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) มีค่าไม่น้อยกว่าค่าในคอลัมน์ 80% ในสถานการณ์ B จาก**ตาราง 6-1 (2)** หรือ

จำนวนคนเดินเท้าไม่น้อยกว่า 80% ของเกณฑ์ที่กำหนดในเหตุอันควรข้อ 6.2.4 และในการพิจารณาแต่ละสถานการณ์นั้น ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลักและถนนสายรองจะต้องพิจารณาจาก 8 ชั่วโมงเดียวกัน อย่างไรก็ตาม 8 ชั่วโมงของสถานการณ์ A กับสถานการณ์ B อาจแตกต่างกันได้ ส่วนปริมาณจราจรบนถนนสายรองนั้น ให้พิจารณาจากขาที่มีปริมาณจราจรสูงกว่าโดยไม่จำเป็นจะต้องมาจากขาเดียวกันทั้ง 8 ชั่วโมง (สามารถสลับไปมาได้)

สำหรับถนนที่มีความเร็วจำกัดหรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 สูงกว่า 65 กม./ชม. หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 10,000 คน วิศวกรสามารถพิจารณาใช้เกณฑ์ที่ระดับ 56% ของเกณฑ์ (แทนที่ระดับ 80%) ได้ (**ตารางที่ 6-1 (1)** และ**ตารางที่ 6-1 (2)**)

6.2.8 โครงข่ายถนน

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่ใช้หลักเกณฑ์โครงข่ายถนน มีแนวทางการพิจารณา ดัง**รูปที่** 6-11



รูปที่ 6-11 เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาโครงข่ายถนน (MUTCD, 2009)

ควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจร หากพิจารณาทางแยกที่เป็นถนนสายหลัก 2 เส้นตัดกันแล้วพบว่ามีค่าตามเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งต่อไปนี้

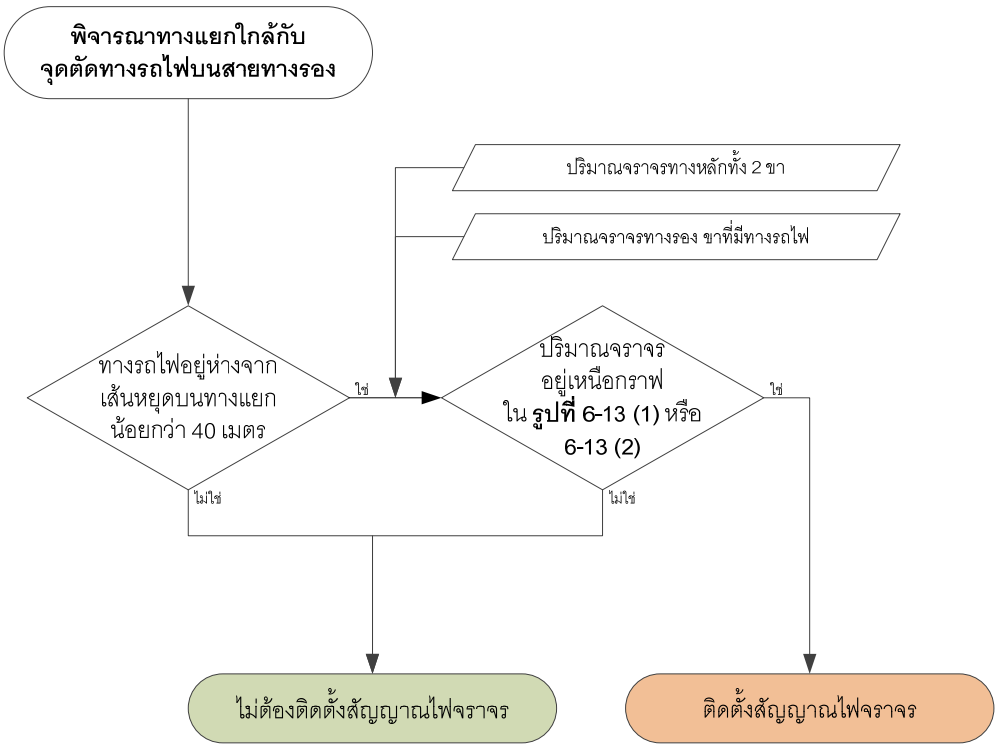
- ปริมาณจราจรเข้าสู่ทางแยกรวมในชั่วโมงเร่งด่วนของวันปกติ อย่างน้อย 1,000 คันต่อชั่วโมง และปริมาณจราจรภายในระยะ 5 ปีอนาคต จะมีปริมาณจราจรตามเหตุอันควรข้อ 6.2.1 หรือข้อ 6.2.2 หรือข้อ 6.2.3 ในวันปกติ หรือ
- ปริมาณจราจรเข้าสู่ทางแยกรวมรายชั่วโมง สำหรับ 5 ชั่วโมงใดๆ ในวันหยุดสุดสัปดาห์ (เสาร์หรืออาทิตย์) ไม่น้อยกว่า 1,000 คันต่อชั่วโมง

สำหรับถนนสายหลักที่เข้าเกณฑ์เหตุอันควรนี้ ต้องมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

- เป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายถนนหลักที่ให้บริการกระแสจราจรวิ่งผ่านเมือง
- เป็นทางหลวงนอกเขตเมือง
- เป็นเส้นทางสายหลักที่ระบุไว้ในแผนการพัฒนาในอนาคต

6.2.9 ทางแยกใกล้กับจุดตัดทางรถไฟ

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่ใช้หลักเกณฑ์ทางแยกใกล้กับจุดตัดทางรถไฟ มีแนวทางการพิจารณา ดัง**รูปที่** 6-12

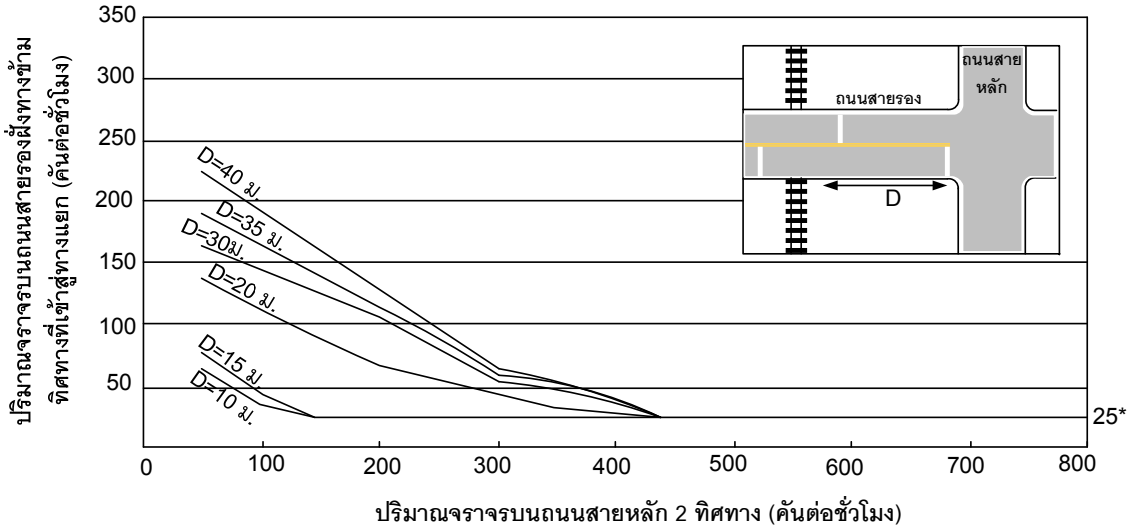


รูปที่ 6-12 **เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร**
พิจารณาทางแยกใกล้กับจุดตัดทางรถไฟ (MUTCD, 2009)

ควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจร หากพิจารณาจุดตัดทางรถไฟที่อยู่ใกล้ทางแยกแล้วพบว่าเป็นไปตามเกณฑ์ทั้ง 2 ข้อ ต่อไปนี้

ก. จุดตัดทางรถไฟอยู่บนขาที่ควบคุมด้วยป้ายหยุดหรือป้ายให้ทาง และแนวรางรถไฟที่อยู่ใกล้กับทางแยกมากที่สุดอยู่ห่างเพียง 40 เมตร จากเส้นหยุดของขานั้น

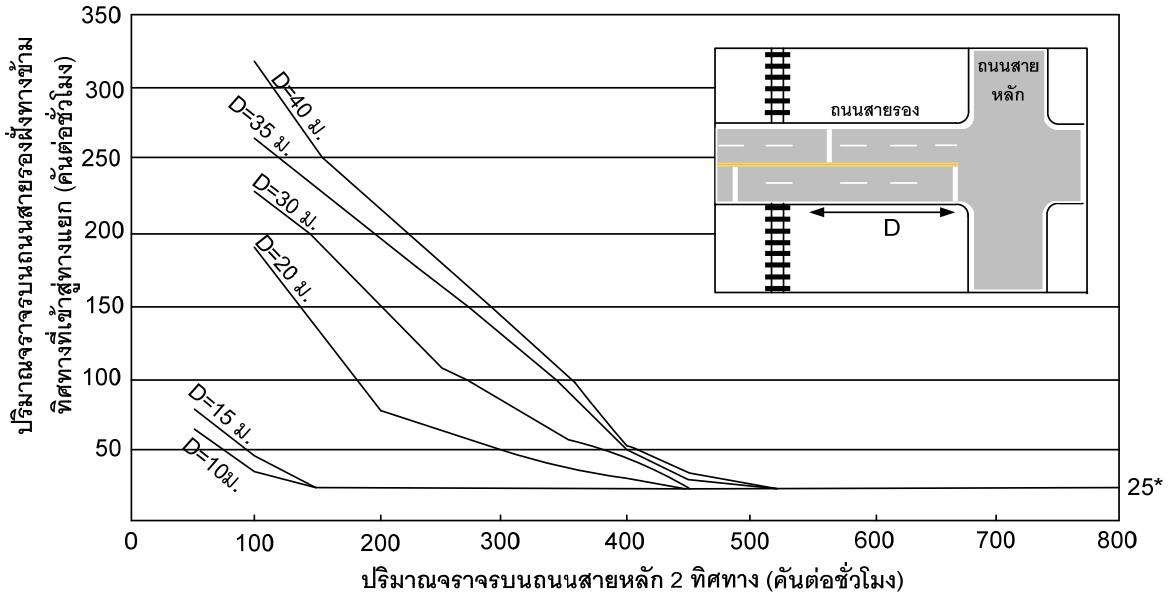
ข. ในชั่วโมงปริมาณจราจรสูงสุดขณะที่รถไฟวิ่งผ่าน มีปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) กับถนนสายรอง (สำหรับขาที่อยู่ด้านจุดตัดทางรถไฟ) มีค่าอยู่เหนือเส้นกราฟดัง**รูปที่** 6-13 (1) (1 ช่องจราจร) หรือ**รูปที่** 6-13 (2) (2 ช่องจราจรหรือมากกว่า)



รูปที่ 6-13 (1) **เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากทางแยกใกล้จุดตัดทางรถไฟ สำหรับถนน 1 ช่องจราจร** (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ 25* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คันต่อชั่วโมง) บนถนนสายรองช่วงเข้าสู่ทางข้าม

มิติหน่วย 1 ฟุต เท่ากับ 0.3048 เมตร



รูปที่ 6-13 (2) **เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากทางแยกใกล้จุดตัดทางรถไฟ สำหรับถนน 2 ช่องจราจรหรือมากกว่า** (MUTCD, 2009)

หมายเหตุ 25* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คันต่อชั่วโมง) บนถนนสายรองช่วงเข้าสู่ทางข้าม

มิติหน่วย 1ฟุต เท่ากับ 0.3048 เมตร

และหากเป็นไปตามเหตุอันควรในหัวข้อนี้แล้ว

- ระบบสัญญาณไฟต้องเป็นแบบ Semi-Actuation
- ควรใช้ระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบ Preemption
- ควบคุมจุดตัดทางรถไฟด้วยสัญญาณไฟกระพริบเหลือง

6.3 ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

ระบบควบคุมไฟสัญญาณที่ใช้กับงานทางหลวงมีอยู่ 2 ระบบ ดังนี้

6.3.1 ระบบตั้งเวลาแน่นอน (Fixed Time)

เป็นระบบที่มีการออกแบบจังหวะสัญญาณไฟจราจรไว้แน่นอนและตั้งเวลาจังหวะไฟเขียว-ไฟแดงของแต่ละช่วงเวลาไว้ตายตัว ไม่ว่าปริมาณจราจรจะมากน้อยเพียงใด รวมทั้งสามารถตั้งเพียงโปรแกรมเดียวแต่ใช้งานได้ตลอดวัน หรืออาจตั้งได้หลายโปรแกรมตามช่วงเวลาต่างๆ ของวัน

6.3.2 ระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร (Vehicle Actuated (VA))

เป็นระบบที่มีการออกแบบจังหวะสัญญาณไฟจราจรตามปริมาณจราจรที่เป็นจริงในขณะนั้น จึงสามารถปรับได้ทั้งเฟสและเวลาครบรอบให้สัมพันธ์กับปริมาณจราจร ซึ่งจะช่วยลดความล่าช้าของรถได้ทุกทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก โดยทั่วไป ระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ประเภทจังหวะสัญญาณไฟเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจรแบบไม่เต็มที่ (Semi –Actuated) เป็นรูปแบบที่ติดตั้งตัวรับสัญญาณ (Loop Detector) บนช่องจราจรบนถนนสายรองเพียงอย่างเดียว และหากไม่มีรถวิ่งมาบนช่องจราจรดังกล่าว ตู้ควบคุมจะไม่จัดเวลาให้กับถนนสายรอง ส่งผลให้ถนนสายหลักได้จังหวะไฟเขียวนานต่อเนื่อง แต่หากมีรถบนถนนสายรองวิ่งเข้าสู่ทางแยก ตู้ควบคุมจะเริ่มจัดเวลาเพื่อเปิดจังหวะไฟเขียวให้แก่ถนนสายรอง เหมาะติดตั้งบนทางแยกที่มีปริมาณจราจรน้อย หรืออาจมากบ้างในบางช่วงเวลา ส่วนถนนสายหลักจะมีปริมาณจราจรที่สม่ำเสมอ
2. ประเภทจังหวะสัญญาณไฟเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจรแบบเต็มที่ (Full –Actuated) เป็นรูปแบบที่ติดตั้งตัวรับสัญญาณ (Loop Detector) ทั้งถนนสายหลักและถนนสายรอง เหมาะสำหรับทางแยกที่มีปริมาณจราจรของถนนสายหลักและถนนสายรองที่เท่ากัน

ระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร จะมีข้อจำกัดอยู่บางประการ คือ มีราคาในการติดตั้งและมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง เมื่อเทียบกับระบบตั้งเวลาแน่นอน

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันบางหน่วยงานได้มีการนำเทคโนโลยีการประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์รูปแบบอื่น มาใช้กับงานควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก ได้แก่

6.3.3 ระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบปรับเปลี่ยนอัตโนมัติ (Adaptive Control)

เป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ในการประมวลผล จังหวะสัญญาณไฟจราจรจะเปลี่ยนไปตามสภาพการจราจรที่วัดจากเครื่องตรวจนับ มีหลักการทำงานคือเมื่อคอมพิวเตอร์ส่วนกลางได้รับข้อมูลปริมาณจราจร จะทำการประมวลผลข้อมูลทั้งหมดของโครงข่ายถนน เพื่อคำนวณหาจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่มีความเหมาะสมกับทางแยกมากที่สุด โดยระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบปรับเปลี่ยนอัตโนมัติจะมีลักษณะที่แตกต่างจากระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร คือสามารถคาดการณ์รูปแบบปริมาณจราจรในช่วงเวลาถัดไปได้ ส่งผลให้สัญญาณไฟจราจรจะถูกปรับให้สอดคล้องกับระบบการจราจรอยู่ตลอดเวลาโดยไม่ต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบใหม่

6.3.4 อุปกรณ์เสริม

สัญญาณไฟจราจรแบบนับเวลาถอยหลัง คือ ระบบที่ติดตั้งตัวนับเวลาถอยหลัง เพื่อให้ผู้ขับขี่ทราบเวลาล่วงหน้า ของการได้จังหวะสัญญาณไฟเขียวและสามารถกำหนดช่วงการเคลื่อนตัวจากทางแยกได้เร็วและต่อเนื่องขึ้น หรือ การทราบเวลาจังหวะสัญญาณไฟแดงล่วงหน้า เพื่อสามารถหยุดรถในตำแหน่งที่เหมาะสมและปลอดภัย

เกณฑ์การพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบนับเวลาถอยหลัง (กรมทางหลวง, 2554b)

สัญญาณไฟจราจรแบบนับเวลาถอยหลัง เมื่อติดตั้งแล้วระบบควบคุมไฟสัญญาณจะต้องเป็นแบบตั้งเวลาแน่นอน (Fixed Time) เพื่อที่จะสามารถกำหนดระยะเวลาในการนับถอยหลังของแต่ละจังหวะสัญญาณไฟได้ แต่หากระบบสัญญาณไฟที่ติดตั้งอยู่เดิมเป็นแบบเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร (Vehicle Actuated) ที่ติดตั้งตัวรับสัญญาณ (Loop Detector) เพื่อควบคุมจังหวะสัญญาณไฟในการระบายยานพาหนะ ทำให้ปริมาณจราจรไม่เกินความจุบริเวณทางแยก จะไม่แนะนำให้มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบนับเวลาถอยหลัง

การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบนับเวลาถอยหลัง ต้องมีเหตุอันควรผ่านตามเกณฑ์ทั้ง 2 ข้อดังนี้

1. เป็นทางแยกที่ตัดกันของทางหลวงที่อยู่ในพื้นที่ชุมชน
2. ความเร็วของการจราจรเข้าสู่ทางแยกที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ ไม่เกิน 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

6.4 วัสดุและอุปกรณ์สัญญาณไฟจราจร

ข้อพิจารณาทั่วไปเกี่ยวกับวัสดุและอุปกรณ์สัญญาณไฟจราจร มีดังนี้

- ชุดหัวไฟสัญญาณจราจรประกอบด้วยเลนส์ดวงโคมที่ทำมาจากโพลีคาร์บอเนตโปร่งแสงหรือวัสดุอะคริลิคโปร่งแสง ทนความร้อน ไม่แตกง่าย และไม่เป็นอันตรายเมื่อเกิดอุบัติเหตุ มีความทนทานสูงต่อสภาวะอากาศที่ร้อนและสามารถป้องกันน้ำขณะฝนตก
- ชุดหัวไฟสัญญาณจราจรจะต้องติดตั้งแผ่นบังหลัง (Backing Board) ทุกชุด แผ่นบังหลังจะต้องกว้างจากศูนย์กลางดวงโคมทุกดวงไม่น้อยกว่า 230 มม.หากเป็นสัญญาณไฟกระพริบหรือไฟชั่วคราวไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งแผงบังหลัง

6.4.1 ชนิดดวงโคมสัญญาณไฟจราจร

ระบบการให้แสงสว่างสำหรับสัญญาณไฟจราจรต้องทำงานตลอดเวลา ดังนั้น หลอดไฟที่เลือกใช้ต้องมีประสิทธิภาพดีและสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง สัญญาณไฟจราจรที่ใช้กันอยู่ทั่วไปส่วนใหญ่มี 2 ประเภท คือ หลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen Lamp) และหลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode) โดยแต่ละชนิดมีคุณสมบัติดังนี้

1. หลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen Lamp) ต้องมีแรงดันไฟ 12 โวลท์ กำลังส่องสว่างอย่างน้อย 50 วัตต์และเป็น Pre-Focused Lamps อย่างไรก็ตาม หลอดทังสเตนฮาโลเจนยังมีประสิทธิภาพในการเกิดแสงต่ำและอายุการใช้งานไม่ยาวนานนัก คุณสมบัติทั่วไปของหลอดทังสเตนฮาโลเจนแสดงใน**ตารางที่** 6-2

ตารางที่ 6-2 ข้อดี – ข้อจำกัดของหลอดทังสเตนฮาโลเจน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2547)

ข้อดี	ข้อจำกัด
1) หลอดมีกำลังสูงแต่ราคาต่ำ	1) ประสิทธิภาพแสงต่ำมาก (ประมาณ 16– 25 lm/W)
2) ค่าดัชนีเทียบสีสูง (Ra = 100)	2) พลังงานที่สูญเสียก่อให้เกิดความร้อนสูงกว่า 80%
3) ให้แสงสว่างทันทีเมื่อเปิดใช้งาน	3) แสงมีความร้อนทำให้สีของวัตถุซีดจาง เสื่อมสภาพ
4) ไม่ต้องใช้บัลลาสต์ อุณหภูมิไม่มีผลต่อความสว่าง	4) หลอดไฟเสื่อมสภาพเร็วมากเมื่อเทียบกับหลอดชนิดอื่น
5) หรี่แสงได้ง่ายโดยการปรับลดแรงดันไฟฟ้าขาเข้า	5) เลือกอุณหภูมิสีไม่ได้
6) มีขนาดเล็ก เบา ติดตั้งและควบคุมทิศทางแสงได้ง่าย	6) ตัวหลอดมีความร้อนสูง การใช้งานจึงต้องระมัดระวัง
7) กลมกลืนกับโคมไฟได้ดี	7) อายุการใช้งานสั้น (ประมาณ 3,000 ชั่วโมง)

2. หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode) เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเทียบกับหลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen Lamp) เป็นหลอดที่ใช้กำลังไฟต่ำ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานประมาณ 7 - 10 ปี มีอัตราการใช้พลังงานต่ำ สามารถลดต้นทุนในการบำรุงรักษาและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การใช้หลอดแอลอีดีกับงานสัญญาณไฟจราจรจึงเหมาะสมและคุ้มค่าในระยะยาว และหลอดไฟแอลอีดียังมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับหลอดทังสเตนฮาโลเจน คือ

    1) หลอด LED ให้ความสว่างมากกว่าหลอดทังสเตนฮาโลเจนที่ระดับการใช้พลังงานเท่ากัน
    2) หลอด LED ปล่อยพลังงานความร้อนต่ำจึงไม่เกิดการเผาไหม้วัสดุ แต่หลอดทังสเตนฮาโลเจนมีการปล่อยพลังงานความร้อนสูงทำให้หลอดเกิดการเผาไหม้เป็นฝ้าดำ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้งานลดลง
    3) หลอด LED ใช้พลังงานต่ำ ทำให้สายไฟเสื่อมสภาพช้า จึงต้องการการบำรุงรักษาน้อยกว่า
    4) หลอด LED ใช้พลังงานต่ำดัง**ตารางที่** 6-3 จึงสามารถใช้ไฟสำรองประเภทแบตเตอรี่ได้เมื่อเกิดปัญหาไฟตก

ตารางที่ 6-3 **อัตราการใช้พลังงานของหลอดไฟทังสเตนฮาโลเจน และหลอดไฟ** LED **ประเภทต่าง ๆ**

ประเภทหลอดไฟ	พลังงาน (วัตต์)
หลอดไฟสัญญาณจราจรแบบทังสเตนฮาโลเจน	135
หลอดไฟสัญลักษณ์คนข้ามแบบทังสเตนฮาโลเจน	60
หลอดไฟ LED สีแดงขนาด 300 มม.	10
หลอดไฟ LED สีเหลืองขนาด 300 มม.	22
หลอดไฟ LED สีเขียวขนาด 300 มม.	12
หลอดไฟสัญลักษณ์คนข้ามแบบ LED	6

ที่มา: Conventional vs. LED Traffic Signals; Operational Characteristics and Economic Feasibility, 2003

การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรโดยใช้หลอดไฟ LED นั้นจะใช้มาตรฐานในการติดตั้งเดียวกับการติดตั้งเสาสัญญาณไฟจราจรทั่วไป แต่จะใช้ความเข้มข้นของแสง (Luminous Intensity) และอัตราการส่องสว่างเฉลี่ย (Average luminance) แตกต่างไปจากหลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen Lamp) ดัง**ตารางที่** 6-4

ตารางที่ 6-4 ความเข้มส่องสว่างและความสว่างแนะนำในการติดตั้งเสาสัญญาณไฟจราจรโดยหลอด LED

ประเภทไฟสัญญาณจราจร	หลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen Lamp)		หลอดแอลอีดี (LED)	
	ความเข้มส่องสว่าง (cd)	ความสว่าง (cd/m^2)	ความเข้มส่องสว่าง (cd)	ความสว่าง (cd/m^2)
สีแดง	157	5,000	133	4,250
สีเหลืองอำพัน	726	23,121	617	19,652
สีเขียว	314	10,000	267	8,500

ที่มา: Institute of Transportation Engineers 1998

6.4.2 ขนาดของดวงโคมสัญญาณไฟจราจร

ดวงโคมสัญญาณไฟจราจรที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีด้วยกัน 2 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มม.และ 300 มม. หลักเกณฑ์การเลือกใช้จะพิจารณาจากลักษณะกายภาพบริเวณทางแยก ความเร็วยานพาหนะ การมองเห็นของผู้ขับขี่ ประเภทของเสาที่ติดตั้ง (เสาธรรมดาหรือเสาแบบแขวนสูง) และดวงโคมที่มีลูกศรกำกับ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- เลือกใช้ดวงโคมสัญญาณไฟจราจรขนาด ϕ200 มม. เมื่อ
    - ติดตั้งบนเสาธรรมดา (หากมีลูกศรใช้ขนาด ϕ300 มม.)
    - ติดตั้งบนเสา Mast Arm บนทางแยกที่ใช้ความเร็วต่ำกว่า 80 กม./ชม.

  ทั้ง 2 กรณีดังกล่าว หากต้องการเพิ่มการมองเห็นที่ชัดเจนขึ้น สามารถเปลี่ยนดวงโคมเป็นขนาด ϕ 300 มม. ได้

- เลือกใช้ดวงโคมสัญญาณไฟจราจรขนาด ϕ300 มม. เมื่อ
    - ติดตั้งกับแขนหรือคานของเสาสูง (Mast Arm หรือ Overhead)
    - เลือกใช้กับดวงโคมที่ให้แสงในลักษณะลูกศร ไม่ว่าจะติดตั้งไว้กับเสาชนิดใด
    - ติดตั้งบริเวณทางแยกที่ใช้ความเร็วสูง

การเลือกใช้ดวงโคมขนาด ϕ300 มม. ควรเลือกชนิดหลอดไฟแบบแอลอีดี (LED) และหากมีการติดตั้งดวงโคมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 300 มม. จะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขเพิ่มเติมที่มีการกำหนดไว้ในแบบเท่านั้น

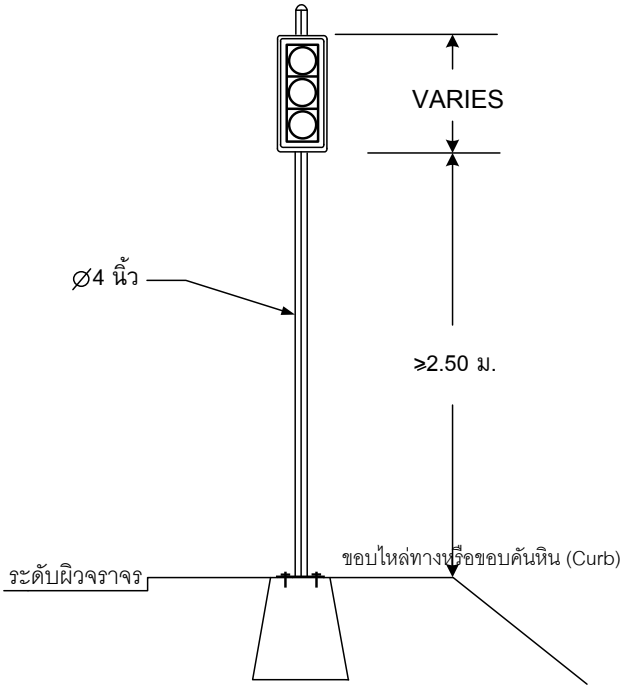
6.5 รูปแบบดวงโคมสัญญาณไฟจราจร

โดยทั่วไป สัญญาณไฟจราจรจะประกอบด้วยสัญญาณไฟ 3 สี มีลักษณะเรียงในแนวตั้ง ดวงโคมบนสุดจะแสดงสีแดง ดวงกลางแสดงสีเหลืองอำพัน และดวงล่างแสดงสีเขียว การใช้ดวงโคมสีเขียวสามารถใช้เป็นลูกศรระบุทิศทางแทนหรือสามารถติดตั้งเพิ่มบน Backing Board เดียวกันได้

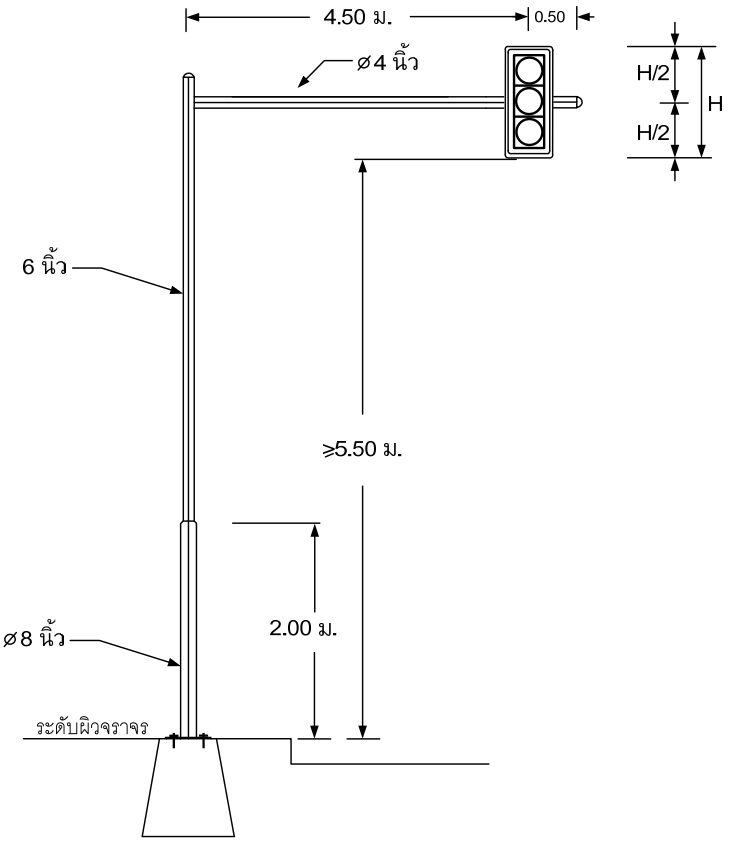
รูปแบบของโคมสัญญาณไฟจราจรแบ่งได้ 3 แบบ คือ

- แบบสามดวงโคม
- แบบสามดวงโคมคู่
- แบบสี่ดวงโคม (L-Type)

6.5.1 แบบสามดวงโคม

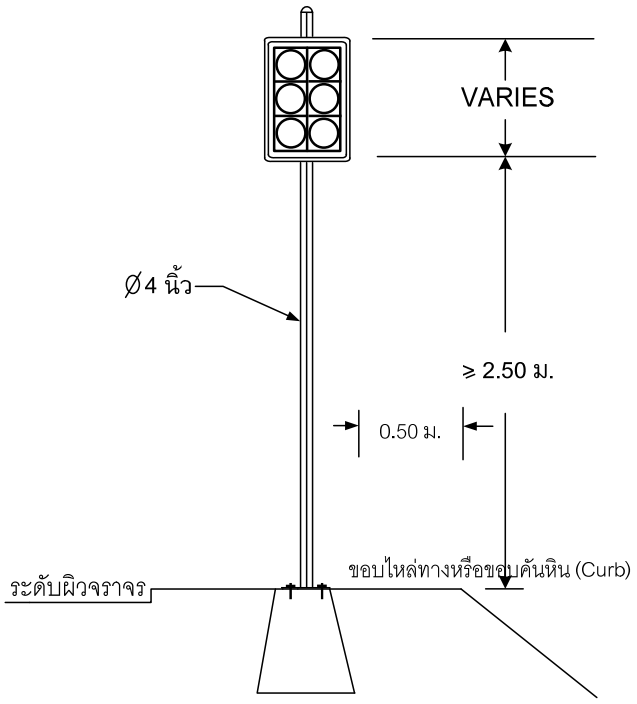


รูปที่ 6-14 ชุดสามดวงโคมบนเสาธรรมดา

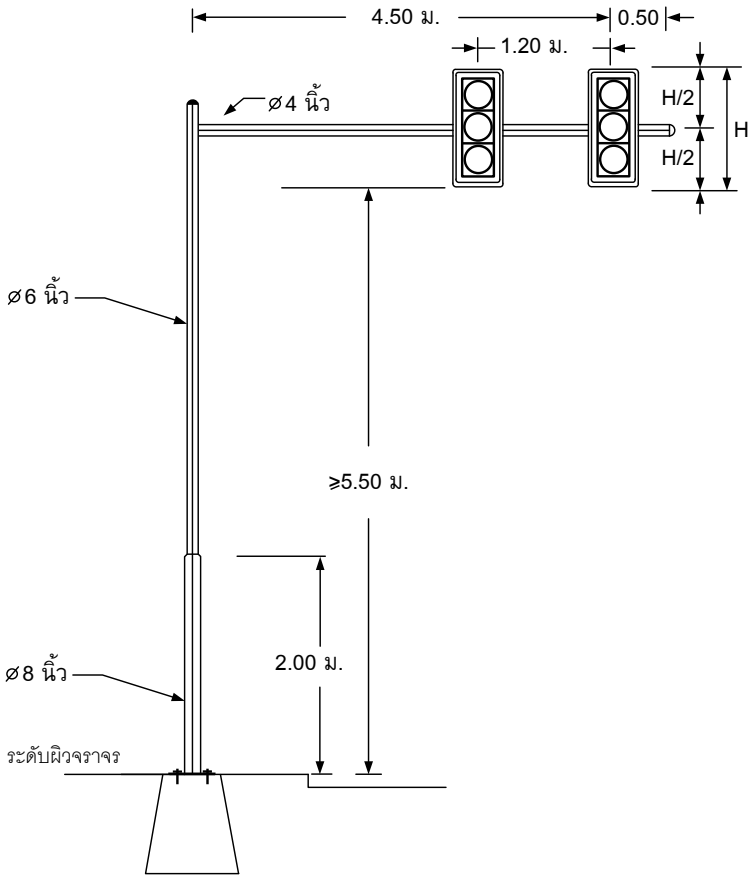


รูปที่ 6-15 ชุดสามดวงโคมบนเสาแขวนสูง

6.5.2 แบบสามดวงโคมคู่

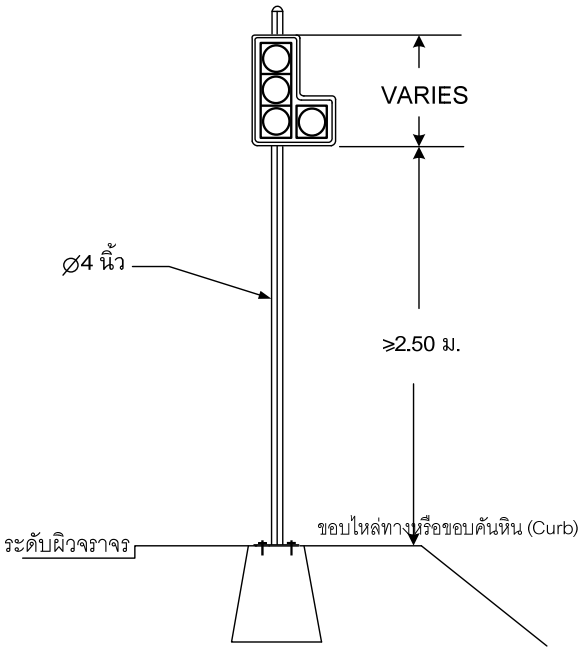


รูปที่ 6-16 ชุดดวงโคมคู่บนเสาธรรมดา

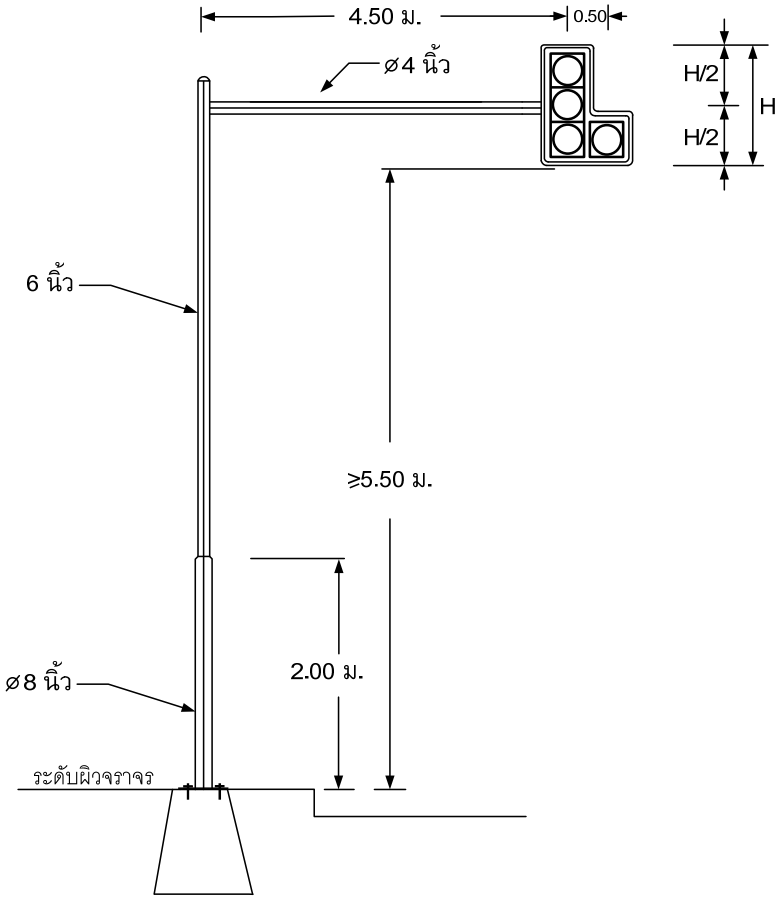


รูปที่ 6-17 ชุดดวงโคมคู่บนเสาแขวนสูง

6.5.3 แบบสี่ดวงโคม (L-Types)



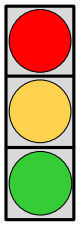
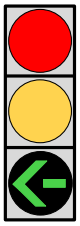
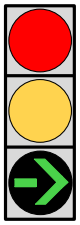
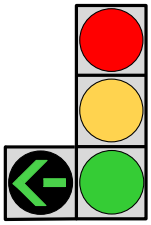
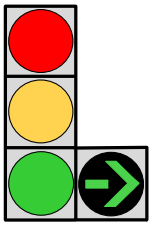
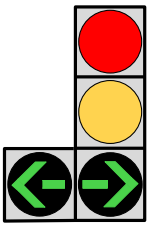
รูปที่ 6-18 ชุดดวงโคม (L-Types) บนเสาธรรมดา



รูปที่ 6-19 ชุดดวงโคม (L-Types) บนเสาแขวนสูง

รูปแบบของสัญญาณไฟจราจรที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลายรูปแบบตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ดังแสดงใน **ตารางที่** 6-5

ตารางที่ 6-5 รูปแบบสัญญาณไฟจราจรและวัตถุประสงค์การใช้งาน (MUTCD, 2003)

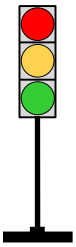
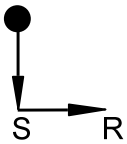
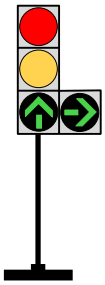
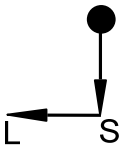
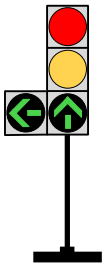
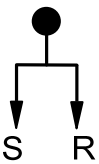
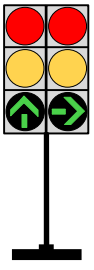
รูปแบบ	สัญญาณไฟจราจร	วัตถุประสงค์
1		ควบคุมการจราจรทุกทิศทางโดยสัญญาณไฟสีเขียว คือ การให้รถในขานั้นไปได้ในทุกทิศทาง ไม่ว่าจะเป็นขับตรง เลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา
2		ใช้ในกรณีที่บังคับให้รถเลี้ยวซ้ายทั้งหมด เหมาะสำหรับทางแยกเลี้ยวซ้ายที่ต้องการเพิ่มความปลอดภัยให้กับคนข้ามถนน ส่วนไฟสัญญาณสีแดงเป็นสัญญาณเตือนให้รถที่เลี้ยวซ้ายหยุดเพื่อให้คนข้าม
3		ใช้ในกรณีที่บังคับให้รถเลี้ยวขวาทั้งหมด เหมาะสำหรับทางแยกเลี้ยวขวาที่ต้องการเพิ่มความปลอดภัยให้กับคนข้ามถนน สัญญาณไฟสีแดงเป็นสัญญาณเตือนให้รถที่เลี้ยวขวาหยุดเพื่อให้คนข้าม
4		ใช้ควบคุมการจราจรที่อนุญาตให้รถเลี้ยวซ้ายได้ตลอดเวลา หรือในบริเวณที่ให้สิทธิ์แก่รถเลี้ยวซ้าย หากสัญญาณไฟเลี้ยวซ้ายสีเขียวและสีแดงเปิดใช้พร้อมกัน หมายความว่าอนุญาตให้รถเลี้ยวซ้ายได้อย่างเดียว
5		ใช้ควบคุมการจราจรที่อนุญาตให้รถเลี้ยวขวาได้ตลอดเวลา หรือในบริเวณที่ให้สิทธิ์แก่รถเลี้ยวขวา หากสัญญาณไฟเลี้ยวขวาสีเขียวและสีแดงเปิดใช้พร้อมกัน หมายความว่าอนุญาตให้รถที่เลี้ยวขวาได้อย่างเดียว
6		ใช้ควบคุมการจราจรทางแยกที่มีการเลี้ยวซ้ายและขวาเท่านั้น (3 แยกตัว T)

6.6 ตำแหน่งติดตั้งดวงโคมสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก

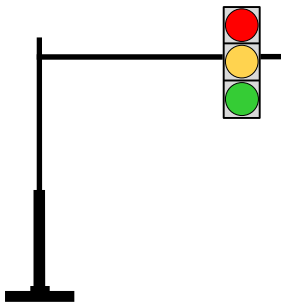
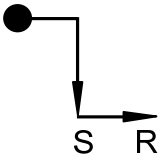
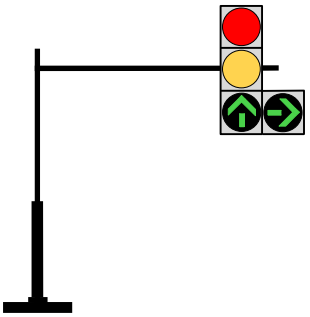
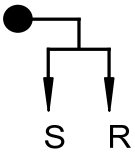
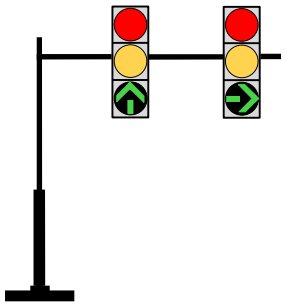
6.6.1 สัญลักษณ์ (Symbols)

สัญญาณไฟจราจรที่ติดตั้งบริเวณทางแยก ได้มีการกำหนดสัญลักษณ์เพื่อใช้ระบุทิศทางการจราจร โดยแบ่งตามรูปแบบเสาสัญญาณไฟจราจร **ดังตารางที่** 6-6 และ 6-7

ตารางที่ 6-6 **สัญลักษณ์ของชุดโคมสัญญาณไฟที่ติดตั้งบนเสาธรรมดา** (กรมทางหลวง, 2554b)

สัญลักษณ์	ความหมาย	ตัวอย่าง
	ชุดโคมสัญญาณไฟ (เขียว เหลือง แดง) 3 ดวงโคม ติดตั้งบนเสาธรรมดา	
	ชุดโคมสัญญาณไฟ (เขียว เหลือง แดง) 4 ดวงโคม (L-TYPE) เลี้ยวขวา ติดตั้งบนเสาธรรมดา	
	ชุดโคมสัญญาณไฟ (เขียว เหลือง แดง) 4 ดวงโคม (L-TYPE) เลี้ยวซ้าย ติดตั้งบนเสาธรรมดา	
	ชุดโคมสัญญาณไฟ (เขียว เหลือง แดง) 3 ดวงโคม จำนวน 2 ชุด ติดตั้งบนเสาธรรมดา	

ตารางที่ 6-7 สัญลักษณ์ของชุดโคมสัญญาณไฟที่ติดตั้งบนเสาแบบแขวนสูง (กรมทางหลวง, 2554b)

สัญลักษณ์	ความหมาย	ตัวอย่าง
	ชุดโคมสัญญาณไฟ (เขียว เหลือง แดง) 3 ดวงโคม ติดตั้งบนเสาแขวนสูง (MAST ARM)	
	ชุดโคมสัญญาณไฟ (เขียว เหลือง แดง) 4 ดวงโคม (L-TYPE) เลี้ยวขวา ติดตั้งบนเสาแขวนสูง (MAST ARM)	
	ชุดโคมสัญญาณไฟ (เขียว เหลือง แดง) 3 ดวงโคม จำนวน 2 ชุด ติดตั้งบนเสาแขวนสูง (MAST ARM)	
	ดีแทคเตอร์ (DETECTOR)	

หมายเหตุ S คือ ไฟเขียวของชุดโคมสัญญาณไฟจราจร เป็นหัวลูกศรสีเขียวตรงไป

R คือ ไฟเขียวของชุดโคมสัญญาณไฟจราจร เป็นหัวลูกศรสีเขียวเลี้ยวขวา

L คือ ไฟเขียวของชุดโคมสัญญาณไฟจราจร เป็นหัวลูกศรสีเขียวเลี้ยวซ้าย

6.6.2 ตำแหน่งการติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจร

6.6.2.1 **สัญญาณหลัก** (Primary)

ถือเป็นตำแหน่งที่สำคัญมากที่สุด ทุกทางแยกสัญญาณไฟจราจรต้องติดตั้งสัญญาณหลักเสมอ ตำแหน่งติดตั้งต้องอยู่เลยเส้นหยุดไปไม่น้อยกว่า 1.0 เมตร และต้องไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของโคมสัญญาณอยู่ภายในระยะ 0.50 เมตร จากขอบไหล่ทางหรือคันหิน (Curb) จุดประสงค์เพื่อให้ยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งเข้าสู่ทางแยกสามารถมองเห็นสัญญาณไฟและหยุดในตำแหน่งที่เหมาะสม มีตำแหน่งติดตั้ง 2 ตำแหน่ง คือ

ติดด้านซ้ายฝั่งใกล้ (Primary Signal) เป็นตำแหน่งติดตั้งหลัก เพื่อให้ผู้ขับขี่ในช่องจราจรซ้ายสุดและช่องจราจรถัดไปมองเห็นสัญญาณไฟจราจรและสามารถหยุดรถได้ในตำแหน่งเหมาะสม

ติดด้านขวาฝั่งใกล้ (Dual Primary Signal) เหมาะกับการติดตั้งบนเส้นทางที่มีช่องจราจรเข้าสู่ทางแยก 2 ช่องจราจรขึ้นไป เพื่อให้ผู้ขับขี่ในช่องจราจรขวาสุดมองเห็นสัญญาณไฟจราจรและสามารถหยุดรถได้ในตำแหน่งเหมาะสม โดยตัวเสาติดตั้งบริเวณเกาะกลาง และมีระยะห่างจากจมูกเกาะไม่น้อยกว่า 1.2 เมตร

6.6.2.2 **สัญญาณรอง** (Secondary)

เป็นตำแหน่งที่มีความสำคัญรองลงมา สัญญาณรองจะติดตั้งในตำแหน่งที่มองเห็นชัดเจนบริเวณด้านขวาหรือด้านซ้ายของไหล่ทางหรือทางเท้าด้านตรงข้ามกับที่รถหยุด จุดประสงค์การติดตั้ง เพื่อเสริมสัญญาณหลักให้ผู้ขับขี่ที่หยุดรถบริเวณเส้นหยุดมองเห็นสัญญาณไฟและพร้อมที่จะเริ่มเคลื่อนตัวในจังหวะไฟเขียวที่เหมาะสม มีตำแหน่งติดตั้ง 3 ตำแหน่ง คือ

ติดด้านขวาฝั่งไกล ช่วยเสริมการมองเห็นสำหรับผู้ขับขี่ในช่องจราจรขวาสุด ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่ยากต่อการมองเห็นสัญญาณหลัก

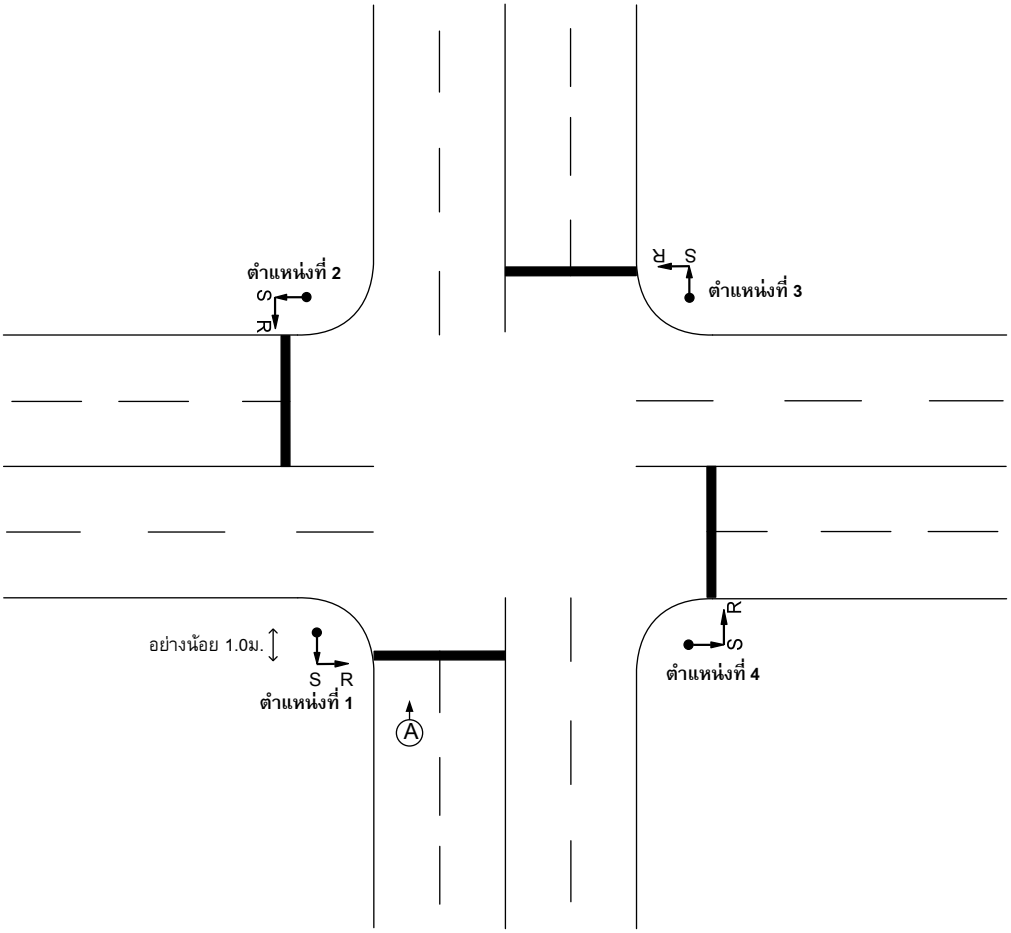
ติดด้านซ้ายฝั่งไกล ช่วยเสริมการมองเห็นสำหรับผู้ขับขี่ หากตำแหน่งหยุดรถไม่สามารถมองเห็นสัญญาณไฟหลักที่ติดด้านซ้ายฝั่งใกล้ได้

ติดด้านขวาฝั่งไกลสุด กรณีที่ช่องจราจรในทิศทางเข้าสู่ทางแยกมีจำนวนมาก และตำแหน่งติดด้านขวาฝั่งไกลไม่เพียงพอต่อการมองเห็นสัญญาณไฟจราจร สามารถติดตั้งด้านขวาฝั่งไกลสุดเสริมได้ โดยการติดตั้งควรพิจารณาความเหมาะสมในเรื่องของขนาดทางแยก

6.6.3 รูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรหลักและรอง

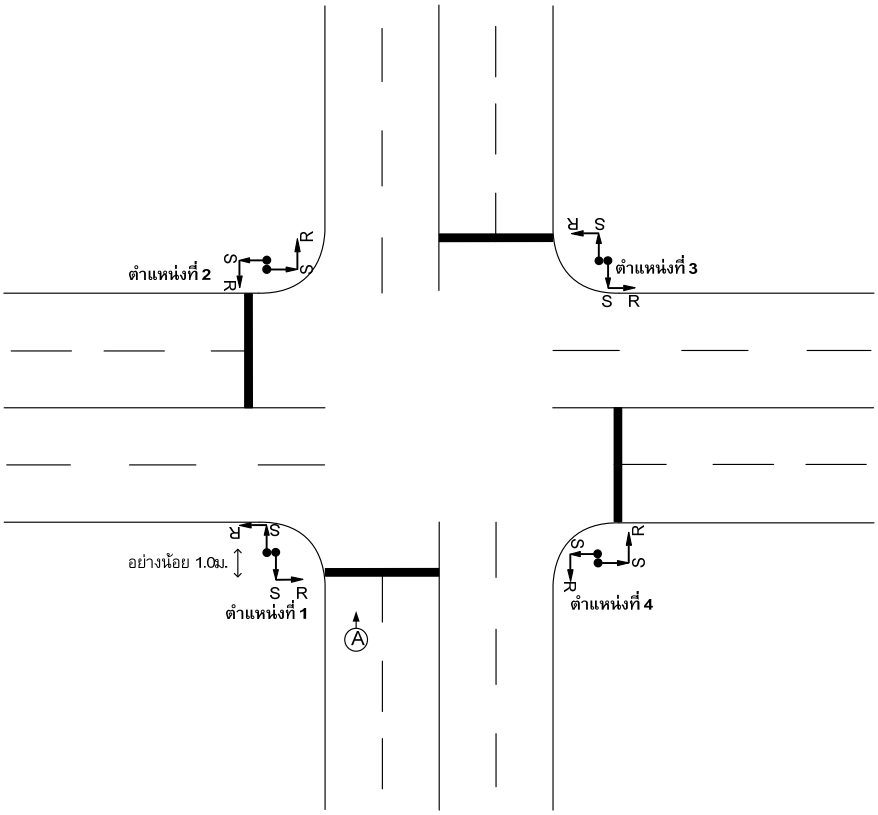
การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรหลัก สัญญาณไฟจราจรรอง แบ่งตามรูปแบบทางแยกดังนี้

สำหรับทางแยก 4 ขาขนาดเล็กที่มีจำนวนช่องจราจรไม่เกิน 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง ควรติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรอย่างน้อย 2 ตำแหน่งต่อทิศทาง คือ ติดโคมสัญญาณไฟจราจรหลักด้านซ้ายฝั่งใกล้ โดยจะติดตั้งทุกทิศทางที่ยานพาหนะเข้าสู่ทางแยกดัง**รูปที่** 6-20 (1) และติดโคมสัญญาณไฟจราจรรองด้านขวาฝั่งไกล หากกรณีที่ติดตั้งบนเสาแบบแขวนสูง โคมสัญญาณไฟจราจรรองให้ติดด้านซ้ายฝั่งไกล

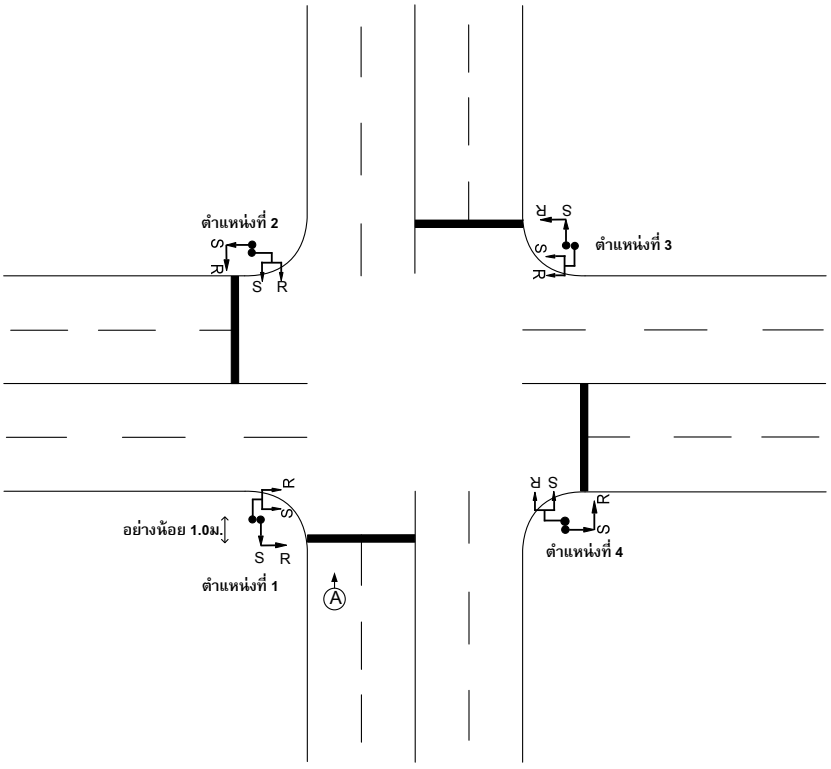


รูปที่ 6-20 (1) **ตำแหน่งที่ติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรหลัก บริเวณทางแยก 4 ขาขนาดเล็กที่มีจำนวนช่องจราจรไม่เกิน 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง**

สำหรับการติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรรอง หากพิจารณาจากทิศทาง A เข้าสู่ทางแยก โคมสัญญาณไฟจราจรรองควรพิจารณาติดตั้งตำแหน่งที่ 3 (ติดด้านขวาฝั่งไกลดัง**รูปที่** 6-20 (2)) หรือหากใช้เสาแบบแขวนสูงให้พิจารณาติดตั้งตำแหน่งที่ 2 (ติดด้านซ้ายฝั่งไกลดัง**รูปที่** 6-20 (3))



รูปที่ 6-20 (2) ตำแหน่งติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรรองติดด้านขวาฝั่งไกลบนเสาธรรมดา บริเวณทางแยก 4 ขาขนาดเล็กที่มีจำนวนช่องจราจรไม่เกิน 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง

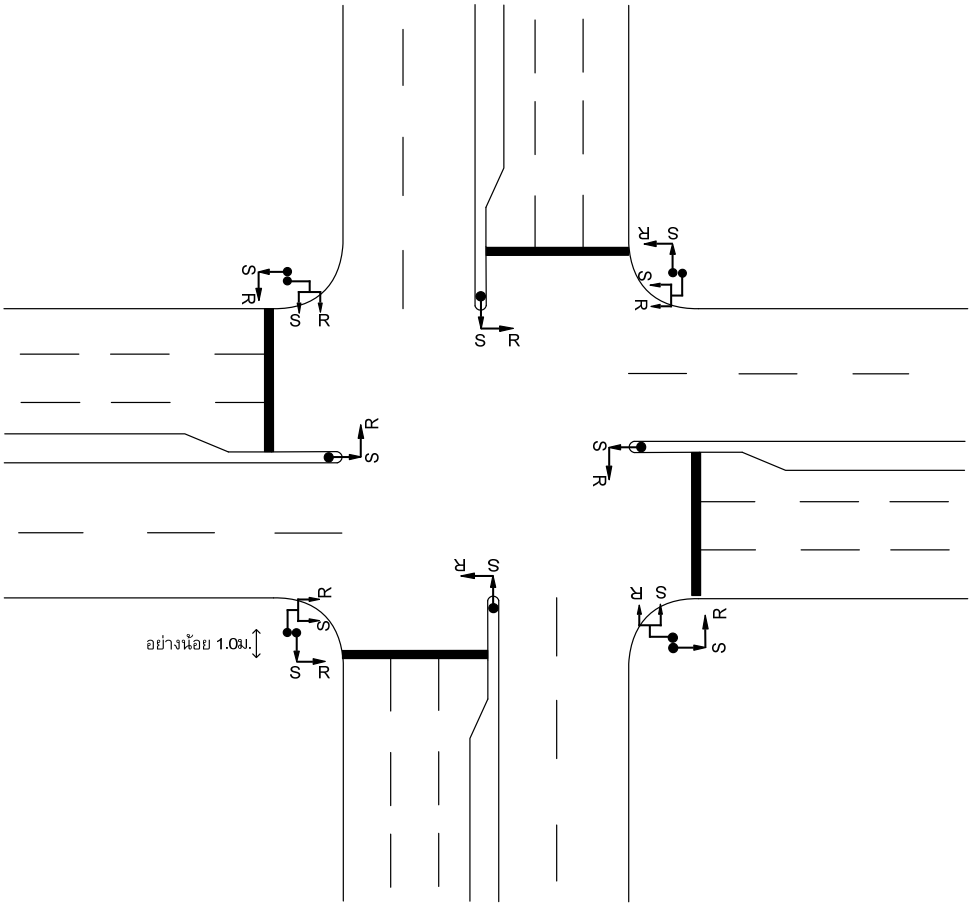


รูปที่ 6-20 (3) ตำแหน่งติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรรองติดด้านซ้ายฝั่งไกลบนเสาแบบแขวนสูง บริเวณทางแยก 4 ขาขนาดเล็กที่มีจำนวนช่องจราจรไม่เกิน 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง

สำหรับทางแยก 4 ขาขนาดใหญ่ที่มีจำนวนช่องจราจรมากกว่า 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง หรือมีช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา ควรติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรอย่างน้อย 3 ตำแหน่งต่อทิศทาง คือ

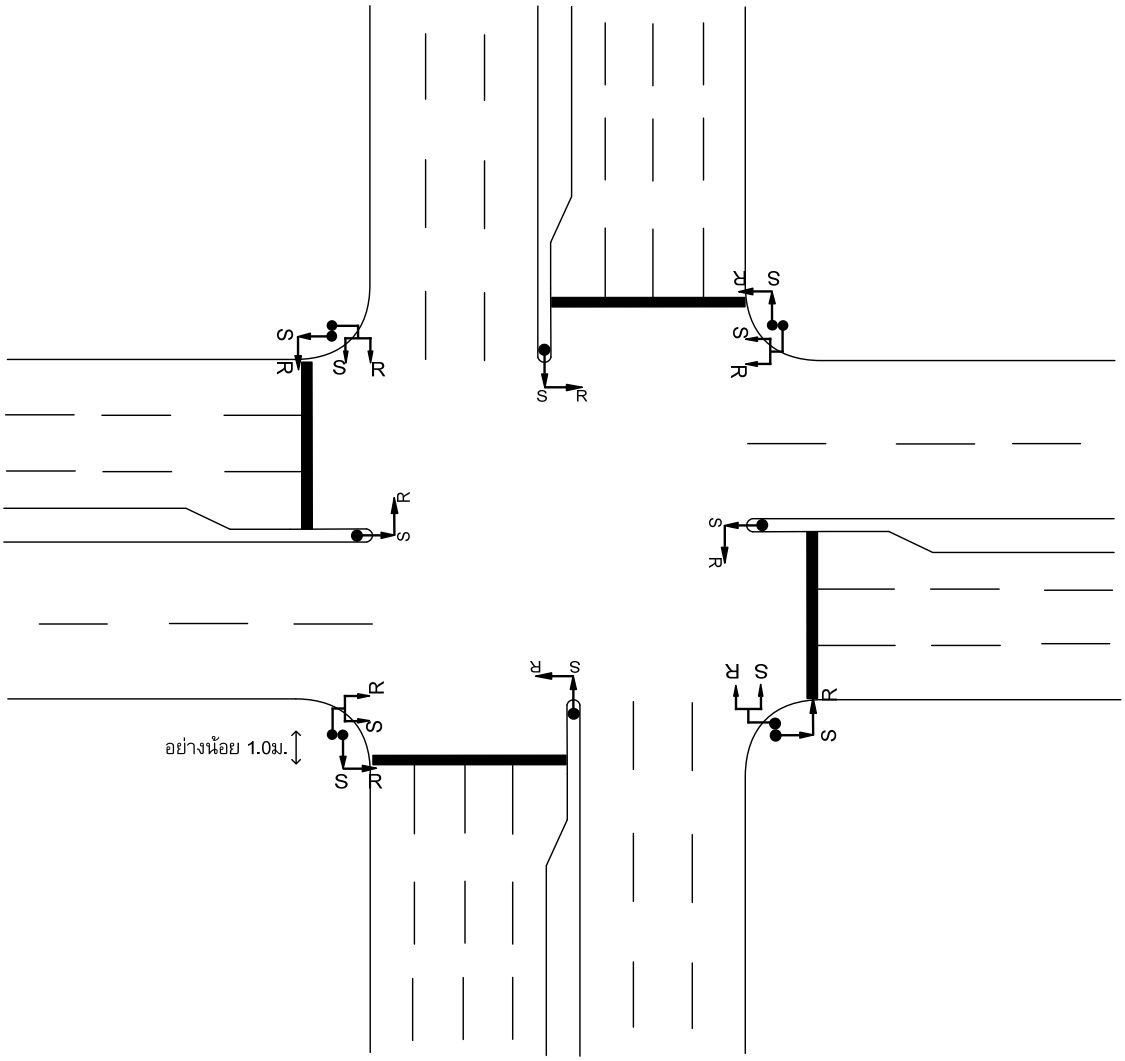
- โคมสัญญาณไฟจราจรหลักติดด้านซ้ายฝั่งใกล้ ติดบนเสาธรรมดา
- โคมสัญญาณไฟจราจรรองติดด้านขวาฝั่งไกล ติดบนเสาธรรมดา
- โคมสัญญาณไฟจราจรรองติดด้านซ้ายฝั่งไกล ติดบนเสาแบบแขวนสูง

อย่างไรก็ตาม หากกรณีที่มีช่องจราจรเลี้ยวขวาเฉพาะ (Exclusive Right Turn Lane) โคมสัญญาณไฟจราจรรองที่ติดด้านขวาฝั่งไกล ควรพิจารณาติดตั้งแบบสี่ดวงโคม (L-Shape) และโคมสัญญาณไฟจราจรรองติดด้านซ้ายฝั่งไกล (เสาสูง) ควรพิจารณาติดตั้งแบบสามดวงโคมคู่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการมองเห็นให้แก่ผู้ขับขี่ **ดังรูปที่** 6-21 (1) และ (2)



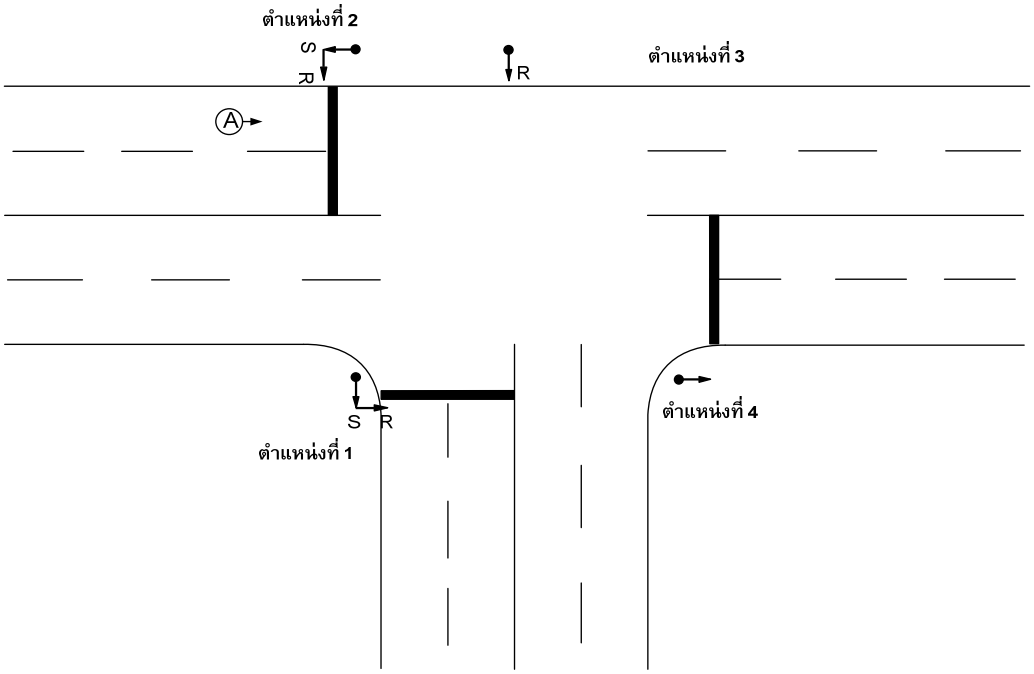
รูปที่ 6-21 (1) **ทางแยก 4 ขาขนาดใหญ่แบบมีเกาะกลาง และมีช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา**

(กรมทางหลวง, 2554b)



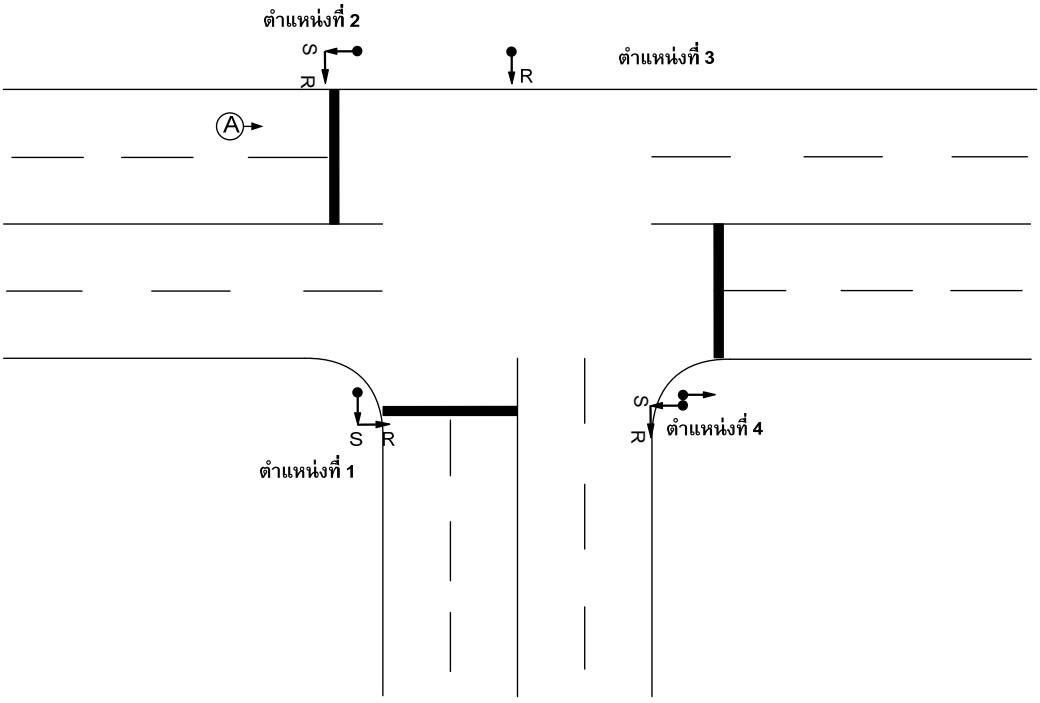
รูปที่ 6-21 (2) **ทางแยก 4 ขาขนาดใหญ่แบบมีเกาะกลาง และมีช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา**

สำหรับทางแยก 3 ขา ที่มีจำนวนช่องจราจรบนทางเอกไม่เกิน 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง ควรติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรอย่างน้อย 2 ตำแหน่งต่อทิศทาง คือ ติดโคมสัญญาณไฟจราจรหลักด้านซ้ายฝั่งใกล้ โดยจะติดตั้งทุกทิศทางที่ยานพาหนะเข้าสู่ทางแยกดัง**รูปที่** 6-22 (1) และ ติดโคมสัญญาณไฟจราจรรองด้านขวาฝั่งไกล หากกรณีที่ติดตั้งบนเสาแบบแขวนสูง โคมสัญญาณไฟจราจรรองให้ติดด้านซ้ายฝั่งไกล

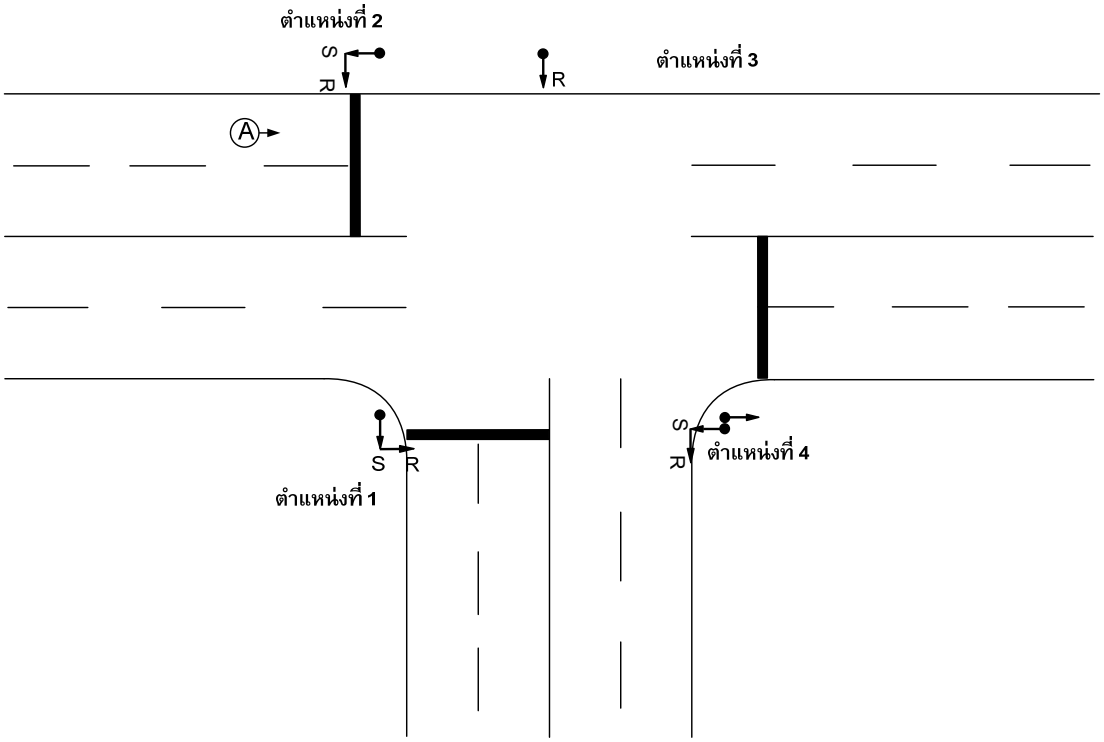


รูปที่ 6-22 (1) **ทางแยก 3 ขารูปตัวที ที่มีจำนวนช่องจราจรบนทางเอกไม่เกิน** 2 **ช่องจราจรต่อทิศทาง**

สำหรับการติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรรอง หากพิจารณาจากทิศทาง A เข้าสู่ทางแยก โคมสัญญาณไฟจราจรรองควรพิจารณาติดตั้งตำแหน่งที่ 4 (ติดด้านขวาฝั่งไกลดัง**รูปที่** 6-22 (2)) หรือหากใช้เสาแบบแขวนสูงให้พิจารณาติดตั้งตำแหน่งที่ 3 (ติดด้านซ้ายฝั่งไกลดัง**รูปที่** 6-22 (3))



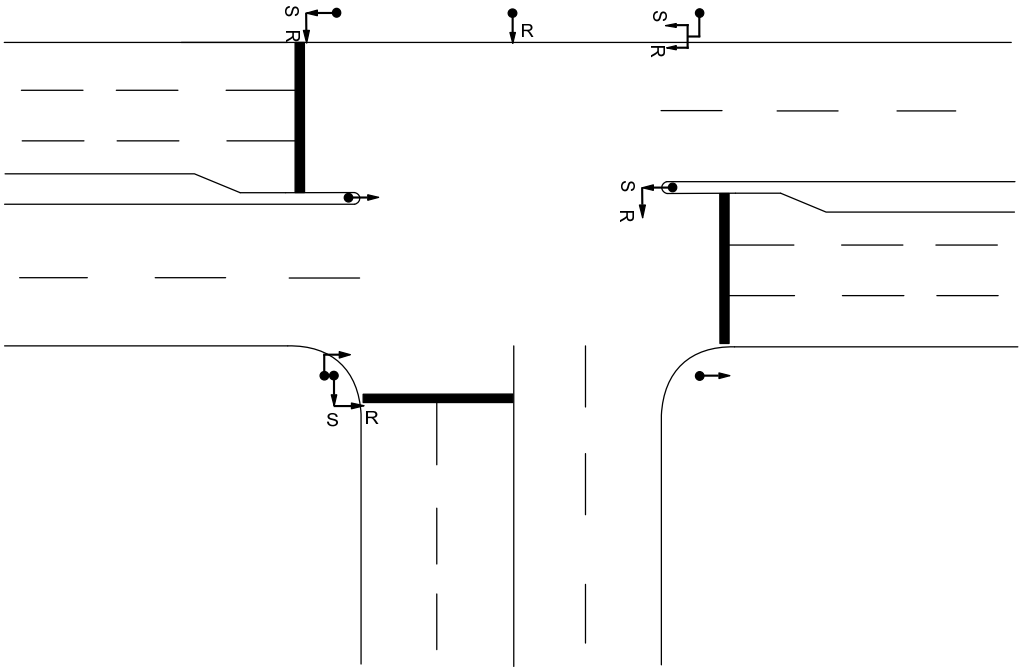
รูปที่ 6-22 (2) **ตำแหน่งติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรรองติดด้านขวาฝั่งไกลบนเสาธรรมดา ทางแยก** 3 **ขารูปตัวที ที่มีจำนวนช่องจราจรบนทางเอกไม่เกิน** 2 **ช่องจราจรต่อทิศทาง**



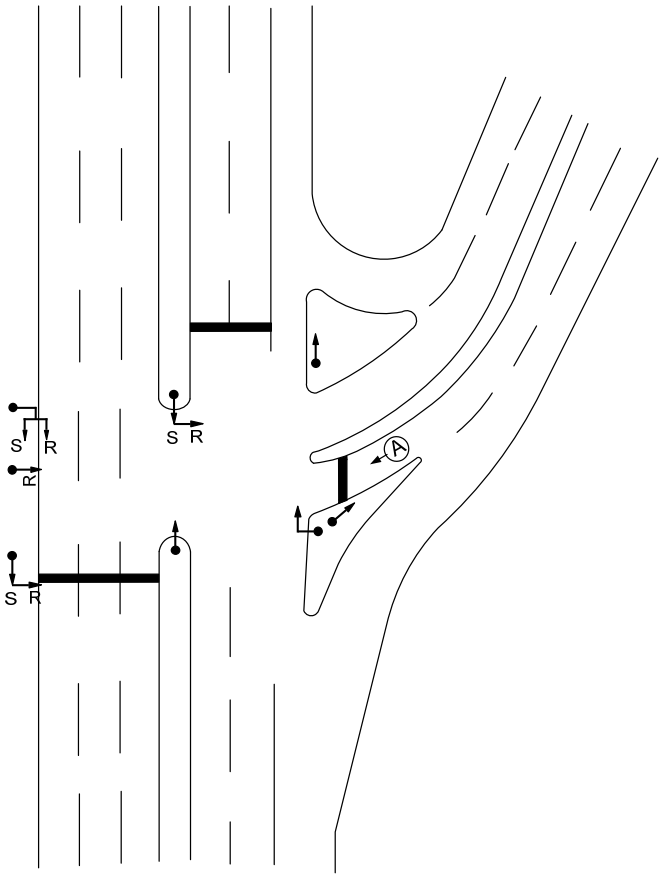
รูปที่ 6-22 (3) **ตำแหน่งติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรรองติดด้านซ้ายฝั่งไกลบนเสาแบบแขวนสูง ทางแยก 3 ขารูปตัวที ที่มีจำนวนช่องจราจรบนทางเอกไม่เกิน 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง**

สำหรับทางแยก 3 ขา ที่มีจำนวนช่องจราจรบนทางเอกมากกว่า 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง หรือมีช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา ควรติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรอย่างน้อย 3 ตำแหน่งต่อทิศทางบนทางเอก (**รูปที่** 6-23 และ 6-24) คือ

- โคมสัญญาณไฟจราจรหลักติดด้านซ้ายฝั่งใกล้ ติดบนเสาธรรมดา
- โคมสัญญาณไฟจราจรรองติดด้านขวาฝั่งไกล ติดบนเสาธรรมดา
- โคมสัญญาณไฟจราจรรองติดด้านซ้ายฝั่งไกล ติดบนเสาแบบแขวนสูง



รูปที่ 6-23 **ทางแยก 3 ขารูปตัวที ที่มีจำนวนช่องจราจรบนทางเอกมากกว่า 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง และมีช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา**



รูปที่ 6-24 **ทางแยก** 3 **ขารูปตัววาย ที่มีจำนวนช่องจราจรบนทางเอกมากกว่า** 2 **ช่องจราจรต่อทิศทาง**

(กรมทางหลวง, 2554b)

อย่างไรก็ตาม การติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรหลักและรอง ในรูปแบบทางแยก 3 และ 4 ขาทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ มีข้อควรพิจารณาเพิ่มเติม (กรมทางหลวง, 2554b) คือ

- ไม่ควรพิจารณาติดตั้งชุดโคมสัญญาณไฟบนเสาแบบแขวนสูงทั้งสำหรับสัญญาณไฟจราจรหลักและรอง เพื่อควบคุมการจราจรในทิศทางเดียวกัน เพราะจะทำให้เกิดการซ้อนทับของดวงโคมเมื่อผู้ขับขี่มองจากระยะไกล
- โดยปกติ โคมสัญญาณไฟจราจรหลักให้พิจารณาติดตั้งบนเสาธรรมดา และโคมสัญญาณไฟรองที่ติดด้านไกลฝั่งซ้ายให้พิจารณาติดบนเสาแบบแขวนสูง ยกเว้นกรณีหากการติดตั้งในรูปแบบดังที่กล่าวข้างต้น ก่อให้เกิดความสับสนแก่ผู้ใช้ทาง อาจพิจารณาติดตั้งโคมสัญญาณไฟหลักด้านใกล้โดยใช้เสาแบบแขวนสูง และติดตั้งโคมสัญญาณไฟรองด้านไกลโดยใช้เสาแบบธรรมดา

6.7 ข้อกำหนดการติดตั้งเสาสัญญาณไฟจราจร

โดยทั่วไป เสาสัญญาณไฟจราจรจะไม่ใช้ฐานแบบ Breakaway ดังนั้น การป้องกันอันตรายและลดความรุนแรงจากการชนเสา คือ การเลือกติดตั้งในบริเวณที่มีความเสี่ยงที่จะถูกชนน้อย และอยู่ห่างจากทางแยกในตำแหน่งที่ปลอดภัย หรือทำการติดตั้งอุปกรณ์กั้น

รูปแบบเสาสัญญาณไฟจราจรที่ใช้ในงานทางหลวงมี 2 แบบ คือแบบเสาธรรมดาและแบบเสาแขวนสูง มีข้อพิจารณาประกอบการติดตั้งดังนี้

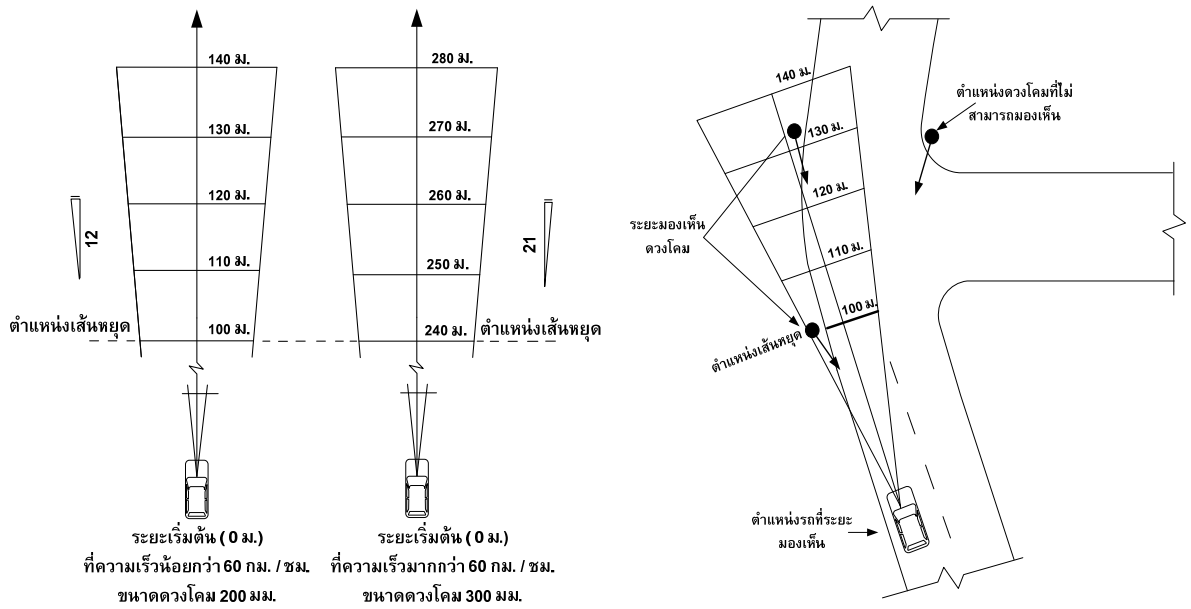
6.7.1 การติดตั้งดวงโคมสัญญาณไฟจราจรบนเสาธรรมดา

- เสาต้องทำมาจากเหล็กกลมขนาด ϕ4 นิ้ว และมีความหนาของเนื้อเหล็กอย่างน้อย 4 มม.
- ส่วนล่างสุดของ Backing Board จะต้องสูงจากขอบไหล่ทางหรือทางเท้าไม่น้อยกว่า 2.5 เมตร
- ขอบของดวงโคมอยู่ห่างจากขอบทางเท้าหรือไหล่ทางในระยะ 0.50 เมตร

6.7.2 การติดตั้งดวงโคมสัญญาณไฟจราจรบนเสาแขวนสูง

- เสาแบบแขวนสูงเหมาะที่จะติดตั้งบนทางแยกที่มีข้อกำหนด ดังนี้
    - บริเวณทางแยกที่มีระยะมองเห็นปลอดภัยไม่เพียงพอ เช่น แนวถนนทางราบและทางดิ่งไม่ปลอดภัย เสาหรือต้นไม้ใหญ่เป็นอุปสรรคต่อการมองเห็นสัญญาณไฟจราจร
    - บริเวณทางแยกที่มีช่องจราจรมาก
- เสาแบบแขวนสูงจะมีโครงสร้างที่แข็งแกร่ง จึงควรพิจารณาตำแหน่งติดตั้งเสาที่จะมีโอกาสรถหลุดเข้ามาชนได้น้อยที่สุด
- ส่วนล่างสุดของ Backing Board จะต้องสูงจากระดับผิวจราจรไม่น้อยกว่า 5.50 เมตร
- ระยะห่างตามแนวขวางจากศูนย์กลางเสาสัญญาณไฟจราจรถึงขอบทางเท้าเท่ากับ 1 เมตร แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 0.6 เมตร หากมีพื้นที่จำกัด
- หากติดตั้งบริเวณเกาะกลาง ระยะห่างตามแนวขวางของเสาสัญญาณไฟจราจรควรห่างจากขอบคันหินไม่เกิน 2 เมตร
- ความยาวแขนยื่นไม่ควรเกิน 4.50 เมตร (กรณีติดตั้งดวงโคมเดี่ยว)
- ระยะมองเห็นปลอดภัยสำหรับสัญญาณจราจรบนเสาแขวนสูง จะแบ่งตามขนาดของดวงโคมและความเร็วขับขี่ ดังนี้ (ตัวอย่างดัง**รูปที่** 6-25)

- สำหรับเสาแขวนสูงที่ติดโคมไฟสัญญาณจราจรขนาด 200 มม. หากใช้ความเร็วน้อยกว่า 60 กม./ชม. ระยะปลอดภัยที่ผู้ขับขี่ควรมองเห็นโคมไฟสัญญาณจราจรด้านใกล้ฝั่งซ้ายอยู่ที่ 100 เมตร จากตำแหน่งรถถึงเส้นหยุดบริเวณทางแยก
- สำหรับเสาแขวนสูงที่ติดโคมไฟสัญญาณจราจรขนาด 300 มม. หากใช้ความเร็วมากกว่า 60 กม./ชม. ระยะปลอดภัยที่ผู้ขับขี่ควรมองเห็นโคมไฟสัญญาณจราจรด้านใกล้ฝั่งซ้ายอยู่ที่ 240 เมตร จากตำแหน่งรถถึงเส้นหยุดบริเวณทางแยก



รูปที่ 6-25 รูปแบบการมองเห็นที่ความเร็วขับขี่และขนาดดวงโคมแตกต่างกัน (Austroads, 2009)

6.8 ข้อจำกัดในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

ในปัจจุบัน การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรพบข้อจำกัดที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน รายละเอียดดัง **ตารางที่** 6-8

ตารางที่ 6-8 **ข้อจำกัดและแนวทางแก้ไขในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร**

ข้อจำกัด	แนวทางการแก้ไข
1) ความไม่เหมาะสมของพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร เช่น การติดตั้งบนทางแยกที่ติดกับทางโค้ง	ควรตรวจสอบความเหมาะสมของพื้นที่ติดตั้ง และควรมีการติดตั้งป้ายเตือนสัญญาณไฟจราจรก่อนเข้าสู่ทางแยกในทุกขา หากพบว่าจำเป็นต้องรื้อย้าย หรือเปลี่ยนตำแหน่ง ต้องได้รับอนุญาตจากวิศวกรผู้ควบคุมงานหรือผู้บังคับบัญชาก่อน
2) การติดตั้งในบริเวณที่มีวัตถุบดบังการมองเห็นสัญญาณไฟจราจร	ควรตรวจสอบประเภทของวัตถุที่บดบังการมองเห็นสัญญาณไฟจราจร หากเป็นวัตถุประเภทที่รื้อย้ายหรือปรับเปลี่ยนได้ ควรรีบดำเนินการแก้ไข เช่น การตัดแต่งกิ่งต้นไม้ที่บดบัง หากเป็นวัตถุถาวร ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการแก้ไข โดยพิจารณาจากสภาพพื้นที่ปฏิบัติงาน เช่น การติดตั้งป้ายเตือนในระยะใกล้หรือไกลทางแยกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ การแก้ไขปัญหาควรขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของวิศวกรผู้ควบคุมงานหรือผู้บังคับบัญชา
3) การออกแบบรอบสัญญาณไฟจราจรที่ไม่เหมาะสม	ดำเนินการตรวจสอบภาคสนามอย่างละเอียด หากพบว่าการให้จังหวะสัญญาณไฟจราจรไม่เหมาะสม ควรพิจารณาเก็บข้อมูลปริมาณจราจรและปัจจัยที่สำคัญอื่นๆ เพื่อออกแบบรอบสัญญาณไฟใหม่
4) การติดตั้งตู้ควบคุมในตำแหน่งที่ไม่ปลอดภัย เช่น บริเวณที่อาจมีน้ำท่วมขัง หรือกรณีไฟไหม้ไม้ล้มลุกจนลามไปไหม้ตู้ควบคุม	ควรเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมกับการติดตั้งตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร ในกรณีน้ำท่วมขัง ควรมีการตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถี่ และระดับน้ำท่วมขังจากหน่วยงานในท้องถิ่นตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ส่วนในกรณีไฟไหม้ ไม่ควรติดตั้งในบริเวณที่ง่ายต่อการติดไฟหรือมีสื่อที่เป็นวัตถุไวไฟ และหมวดการทางควรทำการตรวจสอบสภาพและความสะอาดบริเวณรอบข้างตู้ควบคุมตามความเหมาะสม
5) ความเสียหายของดวงโคมสัญญาณไฟจราจร เนื่องจากรถบรรทุกวัตถุที่สูงเกิน 5.5 เมตร	ควรพิจารณาสัดส่วนปริมาณจราจรรถบรรทุกและธรรมชาติในการขนส่งในบริเวณดังกล่าวตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ หากพื้นที่ดังกล่าวมีการส่งเสริมการขนส่งสินค้าทางการเกษตร ควรมีการออกแบบเสาสัญญาณไฟให้สูงเพิ่มขึ้น แต่หากเป็นการดัดแปลงการขนส่งที่ไม่เหมาะสมอื่นๆ ควรขอความร่วมมือในการป้องกันจากเจ้าหน้าที่ตำรวจ

ในกรณีที่สัญญาณไฟจราจรถูกใช้งานเป็นเวลานานจนเสื่อมสภาพหรือระบบสัญญาณไฟจราจรที่ใช้อยู่ไม่เหมาะสมกับสภาพการจราจร เช่น สมควรเพิ่มเฟสขึ้น ควรเปลี่ยนเป็นระบบ VA การเปลี่ยนขนาดดวงโคมเป็น ϕ300 มม. หรือการติดตั้งเสาสัญญาณไฟจราจรเพิ่มขึ้น เป็นต้น ขอให้แขวงการทางทำการสำรวจข้อมูลประกอบที่มีความเกี่ยวข้องและเสนอไปยังสำนักงานทางหลวงเพื่อพิจารณาปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรบริเวณดังกล่าวต่อไป

6.9 การตรวจสอบและบำรุงรักษาสัญญาณไฟจราจร

การตรวจสอบตำแหน่งติดตั้งเสาสัญญาณไฟจราจร ผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้ตรวจสอบตำแหน่งและชนิดของเสาไฟสัญญาณให้ตรงตามที่กำหนดในแบบอย่างละเอียด หากพบว่าจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง โยกย้าย หรือสลับเปลี่ยนให้เหมาะสม สามารถดำเนินการแก้ไขเปลี่ยนแปลงแต่ต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้รับผิดชอบโดยตรง

การตรวจสอบและบำรุงรักษาหลังการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ผู้รับจ้างจะต้องรับประกันคุณภาพของหลอดไฟสัญญาณเป็นระยะเวลา 24 เดือน และอุปกรณ์ที่ติดตั้งอื่นๆ เป็นระยะเวลา 36 เดือน นับตั้งแต่วันที่คณะกรรมการตรวจรับงานได้ตรวจรับแล้ว หากพบว่าหลอดไฟสัญญาณและส่วนติดตั้งอื่นๆ เสื่อมคุณภาพลงผู้รับจ้างจะต้องเปลี่ยนหรือซ่อมแซมให้เรียบร้อยภายใน 1-2 วัน นับตั้งแต่เวลาที่ได้รับแจ้งจากกรมทางหลวง ทั้งนี้ ได้กำหนดให้ผู้รับจ้างส่งมอบหลอดไฟสำรองให้กับแขวงการทางเป็นจำนวนเท่ากับจำนวนดวงโคมทั้งหมด เพื่อให้แขวงการทางสามารถเปลี่ยนได้ทันที เมื่อเกิดการชำรุดเสียหายและผู้รับจ้างไม่มาทำการเปลี่ยนตามที่ได้แจ้งไว้

บทที่ 7

ป้ายจราจร

7.1 บทนำ

7.1.1 วัตถุประสงค์ของการติดตั้งป้ายจราจร

ป้ายจราจรจัดเป็นวัตถุข้างทางอย่างหนึ่งที่ช่วยสื่อสารกฎข้อบังคับ คำเตือน คำแนะนำ หรือข้อความอื่นๆ ที่จำเป็นต่อผู้ใช้ทางเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการเดินทาง การติดตั้งป้ายจราจรอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยเพิ่มความสามารถในการตัดสินใจของผู้ใช้ทาง มีข้อควรพิจารณาอยู่ 5 ประการ คือ

- ป้ายจราจรจะติดตั้งตามวัตถุประสงค์และตรงตำแหน่งที่จำเป็นต่อผู้ใช้ทางเท่านั้น
- ป้ายจราจรต้องมีจำนวนไม่มากจนผู้ใช้ทางขาดความสนใจ
- สัญลักษณ์หรือข้อความที่สื่อสารต้องชัดเจน ถูกต้อง และเข้าใจง่าย
- สามารถบังคับและควบคุมให้ผู้ใช้ทางปฏิบัติตามข้อบังคับหรือข้อแนะนำ
- ผู้ใช้ทางต้องมีเวลาเพียงพอสำหรับการมองเห็น ทำความเข้าใจ และปฏิบัติตาม

7.1.2 หลักการปฏิบัติโดยทั่วไป

1. การติดตั้งป้ายจราจรต้องพิจารณาถึงความจำเป็นในการใช้งานตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ และต้องไม่ใช้ป้ายจราจรเพื่อแก้ไขความบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการออกแบบทาง
2. ป้ายจราจรต้องติดตั้งตามมาตรฐานที่กำหนดให้เรียบร้อยก่อนที่จะเปิดใช้เส้นทางใหม่ ทางเบี่ยง หรือทางชั่วคราว
3. ป้ายจราจรที่ติดตั้งต้องสอดคล้องกับสภาพและรูปแบบการจราจรที่แท้จริง หากสภาพทางหลวงมีการเปลี่ยนแปลง ต้องติดตั้งป้ายจราจรเพิ่มเติมหรือรื้อถอนป้ายจราจรที่ไม่เหมาะสมออกทันที
4. การติดตั้งป้ายจราจรต้องคำนึงถึงมาตรฐานของการออกแบบป้าย สภาพการจราจรและทางหลวงประเภทเดียวกันต้องใช้ป้ายจราจรแบบเดียวกัน
5. ป้ายจราจรประเภทป้ายเตือนและป้ายบังคับ ควรติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมและไม่ควรติดมากเกินความจำเป็น เพราะจะทำให้ผู้ใช้ทางขาดความสนใจและไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขของป้าย
6. การติดตั้งป้ายแนะนำประเภทบอกเส้นทางและป้ายบอกหมายเลขทางหลวง ควรติดเป็นระยะๆ เพื่อประโยชน์ต่อผู้ใช้ทาง
7. หากกรณีที่ไม่สามารถปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ในคู่มือนี้ได้ ควรพิจารณาแนวทางที่เหมาะสมอื่นที่ไม่ขัดต่อข้อบังคับของกรมทางหลวง

7.2 ป้ายจราจรแบบแขวนสูง

ป้ายจราจรแบบแขวนสูงที่นำมาใช้กับทางหลวงในปัจจุบัน แบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ ป้ายจราจรแบบแขวนสูงชนิดแขนยื่น (Overhang Sign) และป้ายจราจรแบบแขวนสูงชนิดคร่อมผิวจราจร (Overhead Sign) ซึ่งการพิจารณาว่าจะเลือกติดตั้งป้ายประเภทใดขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

7.2.1 เหตุอันควรในการติดตั้งป้ายจราจรแบบแขวนสูงชนิดแขนยื่น (Overhang Sign)

ป้ายจราจรแบบแขวนสูงชนิดแขนยื่นจะติดตั้งบนทางหลวงขนาด 2 ช่องจราจรหรือมากกว่า หรือบริเวณทางแยกหลังจากที่ได้มีการขยายแล้ว มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้ทางมองเห็นป้ายได้ชัดเจนมากขึ้น โดยบริเวณที่ติดตั้งต้องมีเหตุอันควรข้อใดข้อหนึ่งตามข้อกำหนดดังนี้

- บริเวณทางหลวงที่มีปริมาณจราจรมากกว่า 4,000 คันต่อวันต่อทิศทาง
- สภาพข้างทางไม่เอื้ออำนวยต่อการติดตั้งป้ายข้างทาง เช่น ทางหลวงที่มีไหล่ทางจำกัด
- บริเวณทางหลวงที่ควบคุมจุดเข้า-ออก

7.2.2 เหตุอันควรในการติดตั้งป้ายจราจรแบบแขวนสูงชนิดคร่อมผิวจราจร (Overhead Sign)

ควรทำการติดตั้งป้ายจราจรแบบแขวนสูงชนิดคร่อมผิวจราจรหากพบข้อกำจัดทางด้านกายภาพในด้านจำนวนช่องจราจร ปริมาณการจราจร และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ที่ส่งผลให้ผู้ขับขี่ไม่สามารถมองเห็นป้ายจราจรได้ชัดเจน อย่างไรก็ตาม ก่อนติดตั้งควรพิจารณาความเหมาะสมตามหลักทางวิศวกรรมควบคู่กันไป โดยบริเวณที่ติดตั้งต้องมีเหตุอันควรข้อใดข้อหนึ่งตามข้อกำหนดดังนี้

- บริเวณทางหลวงที่มีปริมาณจราจรมากกว่า 8,000 คันต่อวันต่อหนึ่งทิศทาง
- ต้องการใช้ป้ายจราจรแนะนำผู้ขับขี่ให้เดินทางตามช่องจราจรแต่ละช่องให้ถูกต้อง
- บริเวณทางต่างระดับที่มีการออกแบบซับซ้อน
- บริเวณทางหลวงที่มีทางเดินรถตั้งแต่ 3 ช่องจราจรขึ้นไปในแต่ละทิศทาง
- บริเวณทางหลวงที่ถูกจำกัด เช่น ระยะมองเห็นปลอดภัยไม่เพียงพอ และอุปสรรคอื่นๆ จนทำให้มองเห็นป้ายจราจรไม่ชัดเจน
- บริเวณทางหลวงที่ไฟฟ้าแสงสว่างทำให้เกิดการพร่ามัว จนผู้ขับขี่ไม่สามารถมองเห็นป้ายจราจรได้
- บริเวณทางแยกต่างระดับ (Interchange) บนทางหลวงห่างกันอย่างน้อย 2 กิโลเมตร

- สภาพข้างทางไม่เอื้ออำนวยต่อการติดตั้งป้ายข้างทาง เช่น ทางหลวงที่มีไหล่ทางจำกัด
- บริเวณทางหลวงที่มีทางออกมากกว่าหนึ่งช่องจราจร
- บริเวณทางหลวงที่มีสัดส่วนรถขนาดใหญ่มากกว่า 28%
- บริเวณที่เป็นทางหลวงพิเศษ 2 เส้นทางมาเชื่อมต่อกัน
- บริเวณทางหลวงที่ควบคุมจุดเข้า-ออก

7.3 มาตรฐานและรูปแบบแผ่นป้ายจราจร

7.3.1 การเลือกใช้มาตรฐานป้ายจราจร

ข้อแนะนำวิธีการใช้และติดตั้งป้ายจราจรที่มีขนาดมาตรฐานในเขตทางหลวง จะมีลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการออกแบบและสภาพปริมาณการจราจรบนทางหลวงแต่ละประเภท ดังนั้น เพื่อให้สามารถเลือกใช้ป้ายได้อย่างเหมาะสม จึงจำแนกมาตรฐานป้ายจราจรออกเป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงใน**ตารางที่** 7-1 โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาประกอบด้วย ความเร็วการจราจร ความกว้างของผิวทาง จำนวนช่องจราจร แบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้

- **กลุ่มที่** 1 แผ่นป้ายจราจรขนาดเล็ก เหมาะสำหรับทางหลวงในเขตเมืองที่มีเขตทางจำกัด และใช้ความเร็วต่ำหรือทางขนาน (ขับรถสวนทางกัน)
- **กลุ่มที่** 2 แผ่นป้ายจราจรขนาดกลาง เหมาะสำหรับทางหลวงสายหลักและสายรอง ที่จำนวนช่องจราจรไม่เกิน 4 ช่องจราจร หรือทางขนานมากกว่า 1 ช่อง (ขับรถทิศทางเดียว)
- **กลุ่มที่** 3 แผ่นป้ายจราจรขนาดใหญ่ เหมาะติดตั้งสำหรับทางหลวงสายหลักและสายรอง ที่มีจำนวนมากกว่า 4 ช่องจราจร หรือทางหลวงพิเศษทั่วไป

หากเป็นช่วงทางหลวงที่มีแนวโน้มต่อการเกิดอุบัติเหตุสูง เช่น ระยะการมองเห็นปลอดภัยจำกัด ความสับสนบริเวณทางแยก ตำแหน่งที่มีสถิติอุบัติเหตุสูง อาจเปลี่ยนไปใช้ป้ายจราจรที่มีขนาดใหญ่กว่าได้ตามความจำเป็น แต่ต้องมั่นใจว่าจะเพิ่มประสิทธิภาพในการมองเห็นและการตัดสินใจของผู้ขับขี่ให้ดีขึ้นจริง

สำหรับป้ายแนะนำและป้ายเตือนที่ใช้ข้อความนั้น ความยาวของป้ายสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความยาวของข้อความที่ใช้ แต่ให้คงขนาดความสูงของตัวอักษรไว้ตามเดิม

ตารางที่ 7-1 กลุ่มประเภททางหลวงสำหรับการเลือกใช้ขนาดป้ายจราจร (กรมทางหลวง, 2531)

ประเภททางหลวงและสภาพการจราจร	กลุ่มที่
1. ทางหลวงแผ่นดิน	
1.1 ขนาด 2 ช่องจราจร	1
1.2 ขนาด 4 ช่องจราจร	2
1.3 ขนาด 6 ช่องจราจรขึ้นไป	3
1.4 ทางขนาน 1 ช่อง (ขับรถทิศทางเดียว)	1
1.5 ทางขนานมากกว่า 1 ช่อง (ขับรถทิศทางเดียว)	2
1.6 ทางขนาน (ขับรถสวนทางกัน)	1
2. ทางหลวงพิเศษ	
2.1 ทั่วไป	3
2.2 ทางขนาน	ใช้หลักเกณฑ์ตามข้อ 1.4-1.6

หมายเหตุ: สามารถเลือกใช้ป้ายที่มีขนาดใหญ่กว่าที่กำหนดไว้ในตารางได้เมื่อมีเหตุอันควร

7.3.2 ประเภทของป้ายจราจร

ป้ายจราจรที่มีประสิทธิภาพควรมีข้อพิจารณาประกอบการติดตั้งดังนี้

- บริเวณที่ติดตั้ง ผู้ใช้ทางต้องมองเห็นได้ชัดเจน
- ข้อความ เครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ อ่านแล้วต้องเข้าใจง่าย
- ควรเลือกรูปแบบให้สม่ำเสมอและเป็นมาตรฐานเดียวกัน

ป้ายจราจร แบ่งตามหน้าที่ได้ดังนี้

- **ป้ายบังคับ** เป็นป้ายแสดงกฎจราจรเฉพาะที่นั้นๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้ทางต้องปฏิบัติตามข้อบังคับและควบคุมการจราจร หากป้ายบังคับเกิดความเสียหายต้องเร่งซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ทันที โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 1 วัน นับจากวันที่พบความเสียหาย
- **ป้ายเตือน** เป็นป้ายเพื่อใช้เตือนผู้ขับขี่ถึงลักษณะสภาพเส้นทางที่อาจเกิดอันตรายหรือมีการบังคับควบคุมการจราจรข้างหน้าที่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ การติดตั้งป้ายเตือนที่ถูกต้องและเพียงพอจะมีส่วนช่วยผู้ใช้ทางในการป้องกันอุบัติเหตุได้มาก หากป้ายเตือนเกิดความเสียหายต้องเร่งซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่โดยเร็วที่สุด โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 3 วันนับจากวันที่พบความเสียหาย
- **ป้ายแนะนำ** เป็นป้ายเพื่อแนะนำให้ผู้ใช้ทางไปสู่จุดหมายปลายทางได้ถูกต้อง สะดวกและปลอดภัย ได้แก่ ป้ายแสดงหมายเลขทางหลวง จุดหมายปลายทาง ทิศทาง ระยะทาง สถานที่สำคัญ สถานบริการ และอื่นๆ หากป้ายแนะนำเกิดความเสียหายต้องเร่งซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่

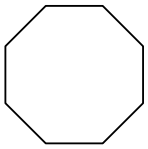
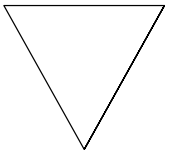
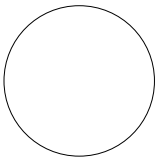
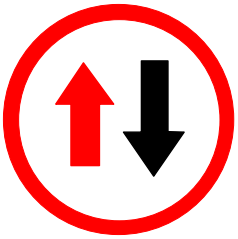
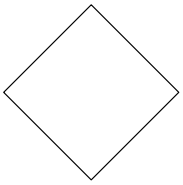
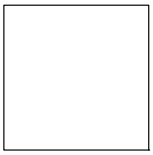
โดยเร็ว โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 7 วัน นับจากวันที่พบความเสียหายหรืออาจพิจารณาตามลำดับความสำคัญของป้าย

7.3.3 มาตรฐานการออกแบบป้ายจราจร

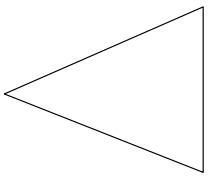
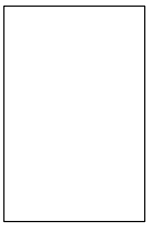
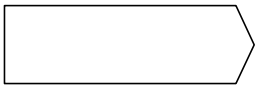
แบบ รูปร่าง สี ขนาด เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข และตัวอักษรของป้ายจราจรที่ออกแบบไว้นั้น ต้องอ่านง่าย มีเวลาเพียงพอที่จะเข้าใจและปฏิบัติตาม ป้ายจราจรที่ดีต้องสื่อสารให้ผู้ขับขี่รับรู้และมองเห็นได้ถูกต้องและชัดเจน

ลักษณะของป้ายจราจรที่ติดตั้งบนทางหลวงทุกแห่งจะต้องเป็นป้ายที่ตรงตามมาตรฐาน ไม่ว่าจะเป็นรูปร่าง สี ขนาด เครื่องหมายและสัญลักษณ์ ตัวเลขและตัวอักษร เส้นขอบป้าย ดังแสดงใน**ตารางที่** 7-2 และ **ตารางที่** 7-3

ตารางที่ 7-2 รูปร่างของป้ายจราจรและรูปแบบการใช้งาน (กรมทางหลวง, 2531)

ลักษณะและชื่อรูปทรงแผ่นป้าย	รูปแบบการใช้งาน	ตัวอย่างป้าย
 รูปแปดเหลี่ยม (Octagon Shape)	ใช้เฉพาะป้ายหยุด	
 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามุมชี้ลง (Equilateral Triangle Shape)	ใช้เฉพาะป้ายให้ทาง	
 รูปกลม (Round Shape)	ใช้เฉพาะป้ายบังคับ	
 รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสตั้งมุมขึ้น (Diamond Shape)	ใช้เฉพาะป้ายเตือน	
 รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Shape)	ใช้เฉพาะป้ายแนะนำ และป้ายเตือนบางแบบ	
 รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square Shape)	ใช้เฉพาะป้ายแนะนำและ ป้ายเตือนความเร็ว	

ตารางที่ 7-2 (ต่อ) รูปร่างของป้ายจราจรและรูปแบบการใช้งาน (กรมทางหลวง, 2531)

ลักษณะและชื่อรูปทรงแผ่นป้าย	รูปแบบการใช้งาน	ตัวอย่างป้าย
 รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วมุมแหลมชี้ไปทางซ้าย (Isosceles Triangle Shape)	ใช้เฉพาะป้ายเขตห้ามแซง	
 รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านยาวเป็นแนวตั้ง (Rectangular Shape)	ใช้เฉพาะป้ายแนะนำสถานที่ท่องเที่ยว	
 รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนมีปลายแหลมหนึ่งด้าน (ทางซ้ายหรือทางขวา)	ใช้เฉพาะป้ายแนะนำประเภทชี้บอกทิศทางบริเวณทางแยก	
 รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนมีปลายแหลมทั้งสองด้าน	ใช้เฉพาะป้ายแนะนำชื่อถนนและซอยต่างๆ	

ตารางที่ 7-3 **สีของป้ายจราจรแยกตามประเภทป้าย** (กรมทางหลวง, 2531)

ประเภทป้าย	รายละเอียด
ป้ายบังคับ	- พื้นป้ายเป็นสีขาว เส้นขอบป้ายและเส้นขีดกลางใช้สีแดง เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข และตัวอักษรใช้สีดำ
	ยกเว้น ป้ายห้ามจอดรถ พื้นป้ายสีน้ำเงิน เส้นขอบป้ายและเส้นขีดกลางใช้สีแดง ป้ายหยุด พื้นป้ายสีแดง เส้นขอบป้ายและตัวอักษรใช้สีขาว ป้ายสุดเขตบังคับ พื้นป้ายสีขาว เส้นขอบป้ายและเส้นขีดกลางสีดำ
ป้ายเตือน	- ใช้พื้นป้ายสีเหลือง เส้นขอบป้าย เครื่องหมายสัญลักษณ์ ตัวเลข และตัวอักษรบนป้ายใช้สีดำ - ป้ายเตือนงานก่อสร้างและงานบำรุงทาง ใช้พื้นป้ายสีส้ม เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข และตัวอักษรบนป้ายใช้สีดำ
ป้ายแนะนำทั่วไป	ป้ายแนะนำทั่วไป มี 4 แบบ แบบที่ 1 พื้นป้ายสีขาว เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ใช้สีดำ แบบที่ 2 พื้นป้ายสีเขียว เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวเลขตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สีขาว หรือสีอื่นที่กำหนดเฉพาะป้าย เช่น ป้ายแนะนำล่วงหน้า แบบที่ 3 พื้นป้ายสีน้ำเงิน เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวเลขตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สีขาว หรือสีอื่นที่กำหนดเฉพาะป้าย แบบที่ 4 พื้นป้ายสีน้ำเงิน ภาพสัญลักษณ์สีน้ำเงินบรรจุในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีขาว เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวเลข ตัวอักษรสีขาว (ป้ายแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติ) แบบที่ 5 พื้นป้ายสีขาว ภาพสัญลักษณ์ สีขาวบรรจุในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีน้ำตาล เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวเลข ตัวอักษรสีน้ำตาล (ป้ายแหล่งท่องเที่ยวโบราณสถาน)
ป้ายแนะนำบนทางหลวงพิเศษ	ป้ายแนะนำชนิดพิเศษ หรือใช้ติดตั้งบนทางหลวงพิเศษ มี 2 แบบ แบบที่ 1 พื้นป้ายสีเขียว เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวอักษรใช้สีขาว สัญลักษณ์ใช้สีขาว แบบที่ 2 พื้นป้ายสีน้ำเงิน เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวเลข และตัวอักษรใช้สีขาว สัญลักษณ์ใช้สีขาว หรือสีอื่นที่กำหนดเฉพาะ

7.3.4 การให้แสงสว่างและการใช้วัสดุสะท้อนแสงบนป้ายจราจร

7.3.4.1 **การให้แสงสว่างแก่ป้ายจราจร** ทำได้ 3 วิธี

- การให้แสงจากข้างหลังป้าย โดยให้แสงผ่านเฉพาะเครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษร หรือผ่านเฉพาะพื้นป้ายหรือทั้งสองประการ โดยผ่านวัสดุโปร่งแสง
- การติดตั้งไฟส่องสว่างข้างหน้าป้าย โดยให้มีความสว่างสม่ำเสมอทั่วทั้งป้าย
- ใช้หลอดไฟทำเป็นรูปเครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษรให้ชัดเจนในเวลากลางคืน

การให้ความสว่างแก่ป้ายจราจร ต้องให้ป้ายมีสีเหมือนเดิม และไฟที่ส่องสว่างจะต้องไม่สะท้อนเข้าตาผู้ขับขี่จนพร่ามัว (Glare)

7.3.4.2 การใช้วัสดุสะท้อนแสงบนป้ายจราจร

สำหรับป้ายจราจรประเภทสะท้อนแสง เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษร และเส้นขอบป้ายหรือพื้นป้ายอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง ต้องทำมาจากวัสดุสะท้อนแสง (Reflective Material)

วัสดุสะท้อนแสง (Reflective Material)

การสะท้อนแสงของวัสดุประเภทนี้เกิดจากแสงกระทบกลับไปยังแหล่งที่มาในลักษณะกรวยแคบ (Narrow Cone) โดยมีแสงหักเหเข้าสู่นัยน์ตาของผู้ขับขี่ซึ่งอยู่สูงกว่าโคมไฟในระดับปกติอย่างพอเพียง วัสดุสะท้อนแสงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 3 ชนิด คือ

- กระดุมสะท้อนแสง (Reflector Button) เป็นวัสดุสะท้อนแสงจัดเรียงไปตามแบบของเครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวอักษร ด้วยขนาดและระยะห่างที่เหมาะสม ทำให้มองเห็นเป็นเส้นหรือพื้นที่อย่างสม่ำเสมอ กระดุมสะท้อนแสงส่วนใหญ่ทำจากแก้วหรือพลาสติกโปร่งใส (Transparent Plastics) มีเลนส์หรือปริซึมสำหรับสะท้อนแสงติดอยู่
- วัสดุเคลือบสะท้อนแสง (Reflective Coating หรือ Sheeting) เป็นสีทาหรือสีแผ่น ใช้เคลือบบนพื้นป้ายหรือเคลือบบนเครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษร เพื่อให้ป้ายมองเห็นได้ชัดเจน วัสดุเคลือบสะท้อนแสงทำจากลูกแก้วกลมเม็ดละเอียด (Beads) ฝังกระจายไปทั่ว หน้าลูกแก้วแต่ละเม็ดเป็นวัสดุสะท้อนแสง
- แผ่นสะท้อนแสงประเภทกาวเปียก โครงสร้างของแผ่นสะท้อนแสงผลิตแบบ Enclosed Lens เคลือบด้วยไอโลหะปิดทับด้วยฟิล์มโปร่งใส มีลักษณะผิวหน้าเรียบ ไม่มีลวดลาย กาวที่ใช้ติดต้องมีคุณสมบัติที่ไม่หลุดล่อนง่าย มีอายุการใช้งาน 5 ปี

7.3.4.3 การตรวจสอบการสะท้อนแสงสำหรับป้ายจราจร

แนวทางการตรวจสอบการสะท้อนแสงของป้ายจราจร จะทำการตรวจสอบความชัดเจนในการมองเห็นของป้ายทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนตลอดระยะเวลารับประกันคุณภาพงาน

- ค่าสัมประสิทธิ์สีขาวแบบ Engineering Grade 70-140 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ เมื่อเริ่มใช้งาน
- ค่าสัมประสิทธิ์สีขาวแบบ High Intensity Grade 250-500 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ เมื่อเริ่มใช้งาน

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงจะต้องไม่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานดังนี้

- แบบ Engineering Grade ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่ 80-85% หลังการใช้งาน 7 ปี
- แบบ High Intensity Grade ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่ 70-80% หลังการใช้งาน 10 ปี

ก่อนทำการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ ต้องทำความสะอาดป้ายจราจรก่อนทุกครั้ง

7.3.5 มาตรฐานวัสดุสำหรับป้ายจราจร

ส่วนประกอบของป้ายจราจรทั้งหมดต้องใช้วัสดุที่มีคุณภาพและถูกต้องตามมาตรฐานกรมทางหลวง และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

- แผ่นป้ายโลหะต้องผลิตจากอลูมิเนียมโลหะผสม (Aluminum Alloy) มีความหนา 2 มม. และ 3 มม. และมีคุณลักษณะตาม มอก. 331-2523
- แผ่นป้ายเหล็กอาบสังกะสี มีความหนา 1.2 มม. มีคุณภาพวัสดุตามมาตรฐาน มอก. 50-2538
- โครงป้ายที่เชื่อมระหว่างแผ่นป้ายโลหะกับเสาป้าย มีลักษณะเป็นท่อเหล็กสี่เหลี่ยมมุมฉากเชื่อมต่อกันตลอดโครง และมีคุณลักษณะตาม มอก. 389
- แผ่นสะท้อนแสงระดับ 1 (Engineering Grade) และระดับ 2 (High Intensity Grade) มีคุณลักษณะตาม มอก. 606-2529

7.4 ข้อแนะนำสำหรับการเลือกรูปแบบ ขนาดในการติดตั้งเสาป้ายจราจร

7.4.1 เสาป้ายจราจร

เสาป้ายจราจรที่ใช้สำหรับงานทางหลวงในปัจจุบัน ส่วนใหญ่ทำจากคอนกรีตที่กำลังอัด 210 ksc เทียบกับลูกบาศก์ขนาด 0.15 x 0.15 x 0.15 เมตร ที่การบ่ม 28 วัน ตัวเสาจะมี 2 ขนาดดังนี้

1) เสาเดี่ยวจะมีหน้าตัด 0.12 x 0.12 เมตร เหมาะสำหรับการติดตั้งป้ายบังคับ ป้ายเตือน และป้ายบอกหมายเลขทางหลวงดัง**รูปที่** 7-1
2) เสาคู่จะมีหน้าตัด 0.15 x 0.15 เมตร จะเลือกใช้เสาคู่หากมีพื้นที่ป้ายไม่เกิน 2 ตารางเมตร และ 4 ตารางเมตร เหมาะสำหรับการติดตั้งป้ายแนะนำหรือป้ายเตือนที่เป็นข้อความดัง**รูปที่** 7-1

เสาป้ายทั้ง 2 ประเภท ส่วนใหญ่ตัวเสาทำจากคอนกรีต มีระยะฝังจากระดับผิวดินลงไปประมาณ 1.20 เมตร และเทคอนกรีตเพื่อยึดฐานเสา เสาคอนกรีตจากฐานเสาเหนือขึ้นมา 20 ซม. จะทาสีดำ และที่ความสูงอื่นๆ ของตัวเสาจะทาสีขาว โครงป้ายที่เชื่อมระหว่างแผ่นป้ายโลหะกับเสาคอนกรีตจะมีลักษณะเป็นท่อเหล็กสี่เหลี่ยมมุมฉากเชื่อมต่อกันตลอดโครง มีขนาด 50 x 25 x 1.6 มม. และมีคุณลักษณะตาม มอก. 389



ป้ายจราจรชนิดเสาเดี่ยว



ป้ายจราจรชนิดเสาคู่

รูปที่ 7-1 ป้ายจราจรชนิดเสาเดี่ยวและเสาคู่

ในปัจจุบัน หลายประเทศได้พัฒนาเสาป้ายจราจรทั้งขนาดใหญ่และเล็กให้มีฐานแบบแตกหักได้ (Breakaway) เพราะเมื่อรถชนกับตัวเสา กลไกจะทำงานให้เสาล้มขนานกับทิศทางการจราจร สามารถลดความรุนแรงของอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยรูปแบบเสาป้ายจราจรขนาดใหญ่และเล็กที่มีฐานแบบ Breakaway มีรายละเอียดการออกแบบดังนี้

7.4.1.1 **เสาป้ายขนาดใหญ่** (Large Roadside Signs)

เป็นเสาที่มีพื้นที่ป้ายใหญ่กว่า 5 ตารางเมตร โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นเสา 2 ต้นหรือเป็นเสากลุ่ม ออกแบบให้มีฐานแบบ Breakaway แต่ตัวโครงสร้างสามารถต้านแรงลมได้ มีความปลอดภัยและสามารถคาดการณ์รูปแบบการเสียรูปของเสาหากเกิดการชนได้ โดยมีข้อแนะนำในการออกแบบฐานเสาแบบ Breakaway ดัง**รูปที่** 7-2 และ**รูปที่** 7-3

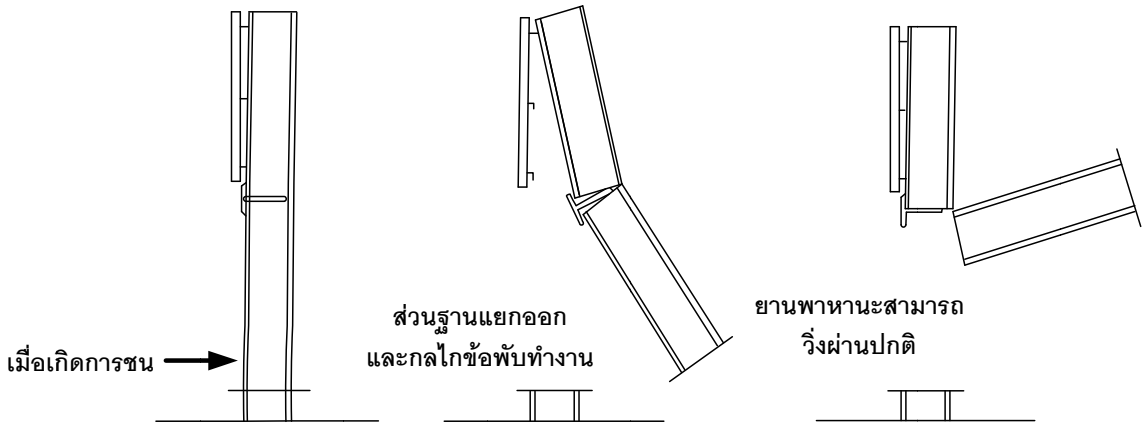


ข้อกำหนดเบื้องต้น

- น้ำหนักเสาควรน้อยกว่า 65 กก./ม. สำหรับเสาประเภทเดี่ยวหรือเสาที่ระยะห่างจากเสาต้นอื่นมากกว่า 2.1 เมตร และน้ำหนักทั้งหมดจากส่วนล่างของข้อพับ (Hinge) และอยู่เหนือบริเวณ Shear Plate ของฐาน Breakaway ไม่ควรเกิน 270 ซม.
- น้ำหนักเสาควรน้อยกว่า 25 กก./ม. สำหรับเสาประเภทกลุ่ม ที่มีระยะห่างของเสาน้อยกว่า 2.1 ม.

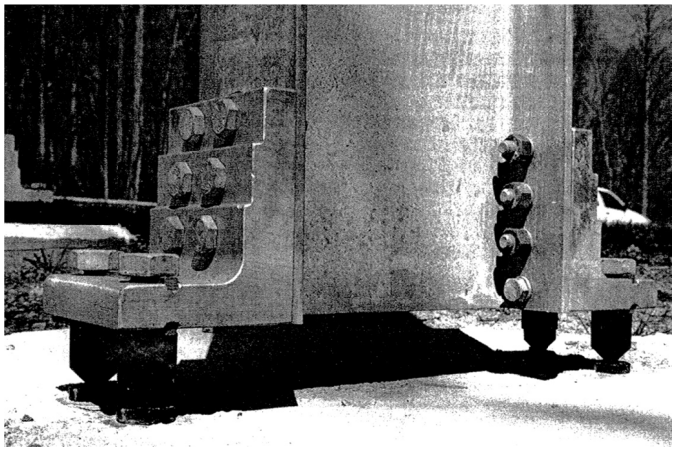
รูปที่ 7-2 **ความสูงข้อพับและน้ำหนักแนะนำของเสาป้ายขนาดใหญ่** (AASHTO, 2006)

อย่างไรก็ตาม หากเสาป้ายขนาดใหญ่ไม่ได้ถูกออกแบบให้มีฐานแบบ Breakaway จำเป็นต้องป้องกันการชนด้วยการติดตั้งอุปกรณ์กั้นหรือการติดตั้งตัวเสาให้อยู่นอกเขตปลอดภัย (Clear Zone)



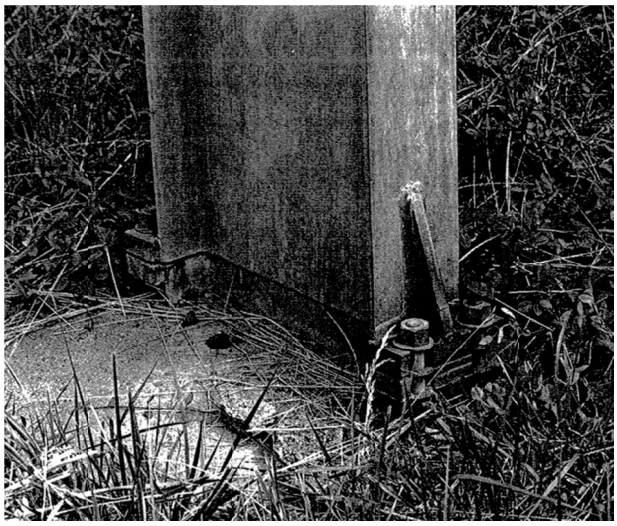
รูปที่ 7-3 รูปแบบการเสียรูปของเสากลุ่ม ที่มีส่วนรองรับฐานแบบ Breakaway (AASHTO, 2006)

เสาป้ายขนาดใหญ่ที่มีฐานแบบ Breakaway เช่น เสาเหล็กรูปตัว I (I-Beam Steel Post) จะแบ่งเป็นชนิดแบบแตกหัก (Fracture) หรือแบบฐานเลื่อน (Slip-Base) สำหรับแบบแตกหักประกอบไปด้วยอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Couples) หรือเสาไม้ที่จะลดขนาดหน้าตัด กรณีการใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อ ส่วนใหญ่จะเลือกออกแบบเป็น Multi-Directional Couples โดยจะมีสลักเกลียวส่วนหนึ่งเชื่อมต่อฐานเสากับตัวเสา และใช้สลักเกลียวจำนวน 4 ตัว เชื่อมต่อฐานเสากับพื้นที่เทด้วยคอนกรีต เมื่อเกิดการชน กลไกที่เชื่อมต่อระหว่างฐานเสากับพื้นจะขาดออกจากกัน ตัวเชื่อมต่อชนิด Multi-Directional Couples ที่ใช้กันทั่วไปดัง**รูปที่ 7-4**



รูปที่ 7-4 ตัวเชื่อมต่อชนิด Multi-directional Couples (AASHTO, 2006)

กลไกชนิดฐานเลื่อน (Slip-Base) จะเริ่มทำงานเมื่อแผ่นโลหะคู่ขนาน (Plate) 2 แผ่น เลื่อนออกจากกัน ขณะที่สลักเกลียวจะหลุดออกเมื่อเกิดแรงปะทะจากการชน การออกแบบอาจเป็นแบบ Uni-Directional หรือแบบ Multi-Directional ลักษณะทั่วไปของกลไกชนิด Slip-Base ส่วนฐานจะใช้สลักเกลียวจำนวน 4 ตัวเพื่อเชื่อมกับโครงสร้างเสาดัง**รูปที่ 7-5**



รูปที่ 7-5 กลไกชนิดฐานเลื่อน (Slip-Base) แบบ Uni-Directional (AASHTO, 2006)

การออกแบบชนิด Uni-Directional สำหรับข้อพับส่วนบน (Upper Hinge) เพื่อรับแรงปะทะ ประกอบด้วย Slotted Fuse Plate ที่ติดตั้งเพื่อรับแรงกระทำด้านข้างและเป็น Saw Cut ตลอด Web ของเสาจนถึงตำแหน่ง Rear Flange โดย Rear Flange จะทำหน้าที่เป็นข้อพับ (Hinge) เมื่อเสาหมุนไปข้างหน้า Slotted Plates อาจจะติดตั้งทั้ง 2 ด้านของเสาเพื่อรับการกระทำที่อาจเกิดจากด้านใดหนึ่งของเสาดัง**รูปที่ 7-6**



รูปที่ 7-6 การออกแบบ Slotted fuse plate (AASHTO, 2006)

รูปแบบการเชื่อมต่อฐานแบบ Slip Base และข้อพับส่วนบน (Upper Hinge) จะต้องออกแบบสลักเกลียวให้มีความเหมาะสมเพื่อรับแรงบิด เพราะหากสลักเกลียวอยู่ภายใต้แรงบิด ตัวเสาอาจไม่ปลอดภัยเมื่อมีแรงลมหรือแรงที่ทำให้เกิดการแกว่งมากระทำ

7.4.1.2 **เสาป้ายขนาดเล็ก** (Small Roadside Signs)

เป็นเสาที่มีพื้นที่ป้ายน้อยกว่า 5 ตารางเมตร ตัวเสาสามารถตอกลงไปในดินได้โดยตรง การขุดเพื่อฝังเสาหรือติดตั้งบนฐานที่แยกจากพื้นดินเดิม ตัวป้ายจราจรควรอยู่สูงจากพื้นดินไม่ต่ำกว่า 2.1 เมตร และความสูงขอบบนสุดไม่ต่ำกว่า 2.7 เมตร ถึงแม้ความรุนแรงจากการชนจะไม่เท่าเสาป้ายขนาดใหญ่แต่ก็จัดเป็นเสาที่มีความอันตรายเช่นกัน

เสาป้ายขนาดเล็กที่มีฐานแบบ Breakaway จะมีกลไกของฐานเป็นชนิดการแตกหักจากการดัด (Bending a Fracture) หรือการออกแบบฐานเป็น Slip Base เพื่อป้องกันความเสียหายจากแรงลมหรือการบิดล้มเนื่องจากการชน

7.4.1.3 **เสาป้ายขนาดเล็กชนิดเสาเหล็กรูปตัว** U (U-Channel Steel Post)

ตัวเสาผลิตจากเหล็กรูปพรรณรีดร้อน (Hot Rolled Steel) เมื่อเกิดการชนตัวเสาจะเกิดการดัด แตกหัก หรือหลุดออกจากฐาน หากน้ำหนักไม่เกิน 4.5 กิโลกรัม/เมตร จะติดตั้งเป็นเสาเดี่ยว ที่โคนเสาจะไม่ติดตั้งกลไกแบบ Breakaway ตัวเสามีระยะฝังจากระดับพื้นดินลงไปไม่เกิน 1.00 เมตร ผิวบนเทปิดด้วยคอนกรีตเพื่อยึดฐานเสา ดัง**รูปที่** 7-7 เมื่อเกิดการชนหรือเสาเสียรูปจะสะดวกในการรื้อย้าย

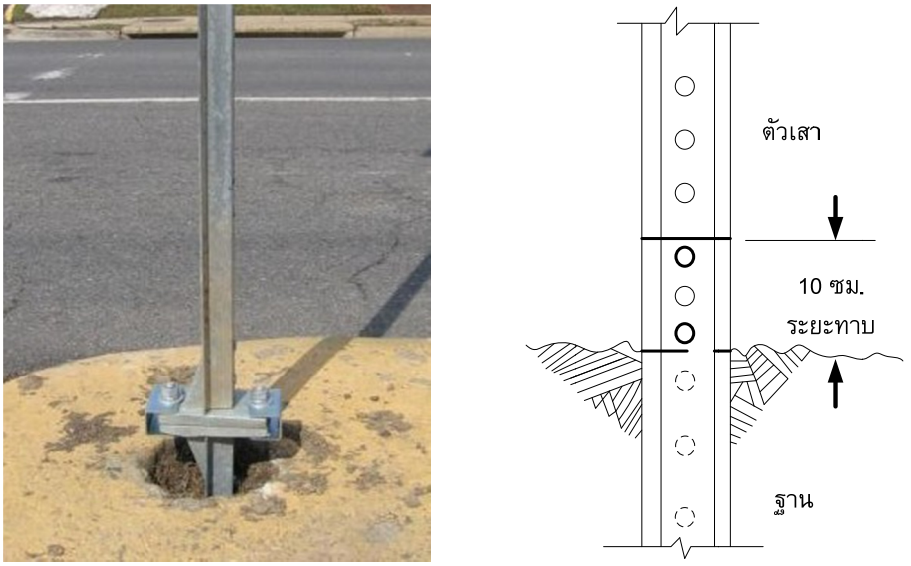


รูปที่ 7-7 **เสาเหล็กรูปตัว** U (U-Channel Steel Post) (FHWA ,2010)

สำหรับกรณีฐานแบบ Breakaway จะมีน้ำหนักเสาอยู่ประมาณ 4.5 กิโลกรัม/เมตร หรือตามข้อกำหนดของการติดตั้งฐานรองรับแบบ Breakaway บริเวณฐานจะมีแผ่นเหล็กขนาด 10 x 30 x 0.6 ซม. เชื่อมต่อด้วยสลักเกลียวเพื่อป้องกันป้ายจากแรงลมที่ปะทะ

การติดตั้งเสาเหล็กรูปตัวยูจะไม่แนะนำให้มีการต่อเสา เพราะเมื่อเกิดการชนจะยากต่อการกำหนดทิศทางการล้มของเสา แต่หากจำเป็นต้องต่อเสา จะต้องผ่านการทดสอบก่อน ซึ่งบริเวณที่ต่อควรใกล้โคนเสา มีระยะซ้อนกันของแผ่นเหล็กที่ประมาณ 10 ซม. และเชื่อมต่อกันด้วยสลักเกลียวดัง**รูปที่** 7-8 กรณีที่มีการต่อเสาจะเหมาะติดตั้งในบริเวณพื้นที่ข้างทางที่เป็นคอนกรีต เพื่อความแข็งแรงและสะดวกในการซ่อมแซมและรื้อย้าย

อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้เสาเหล็กรูปตัวยูยังมีข้อจำกัดอยู่บางประการ เช่น ความสามารถในการรับน้ำหนักได้น้อย



รูปที่ 7-8 **ส่วนรองรับฐานแบบ Breakaway และรูปแบบการต่อเสา** (FHWA ,2010)

7.4.1.4 **เสาป้ายขนาดเล็กชนิดเสาไม้** (Wood Post)

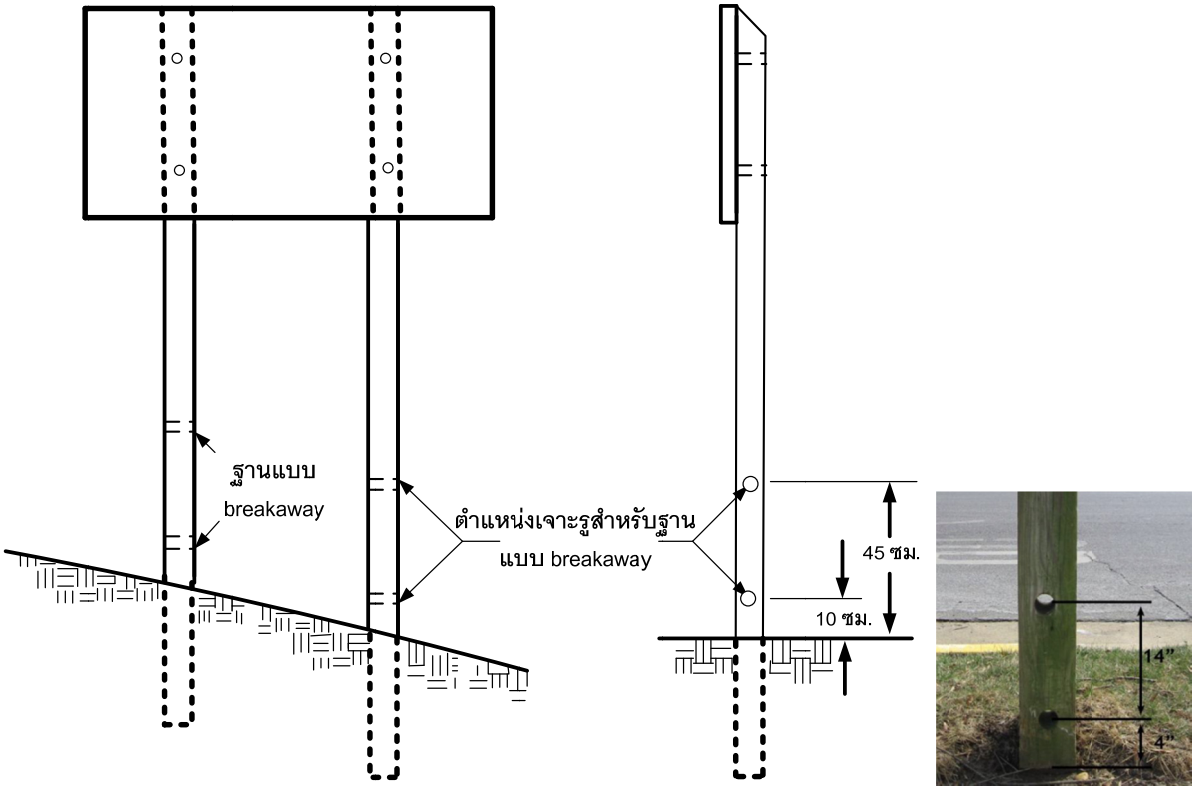
หากภูมิประเทศที่ไม้เป็นวัสดุซึ่งหาได้ง่ายและสะดวกต่อการขนส่ง การใช้ไม้เป็นโครงสร้างเสาป้ายจราจรจะประหยัดกว่าเสาประเภทอื่น ขนาดทั่วไปที่เลือกใช้ คือ 10 x 10 ซม. ถึง 15 x 20 ซม. โดยเสาไม้ที่มีขนาดมากกว่า 10 x 10 ซม. ขึ้นไปจะพิจารณาติดตั้งฐานแบบ Breakaway เสาไม้แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1) เสาป้ายจราจรชนิดไม้ขนาดเล็ก (Small Support) เป็นเสาที่มีพื้นที่หน้าตัดประมาณ 100 ตร.ซม. จะมีระยะฝังจากระดับพื้นดินลงไปประมาณ 75 - 90 ซม. ดัง**รูปที่** 7-9 แต่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของชนิดดิน เสาไม้ขนาดเล็กนั้นจำเป็นต้องฝังให้ลึกเพื่อป้องกันแรงลมที่ปะทะ การติดตั้งอาจติดแบบเสาต้นเดี่ยวหรือติดเป็นเสา 2 ต้นที่มีระยะใกล้กัน เพราะเมื่อเกิดการชน แรงปะทะจะทำให้เสาล้มไปในทิศทางเดียวกัน



รูปที่ 7-9 เสาป้ายขนาดเล็กชนิดเสาไม้ (FHWA, 2010)

2) เสาป้ายจราจรชนิดไม้ขนาดใหญ่ (Large Support) เป็นเสาที่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่า 10 x 10 ซม. ขึ้นไป เสารูปแบบนี้จะแตกต่างจากเสาไม้ขนาดเล็กเพราะต้องเจาะช่องลักษณะวงกลมกลวงในทิศตั้งฉากกับทิศทางการวิ่งของยานพาหนะ ขนาด 7.5 ซม. จำนวน 2 ตำแหน่ง ในบริเวณที่ห่างจากระดับพื้นดินเป็นระยะ 10 ซม. และ 45 ซม.ตามลำดับ เพื่อให้ฐานเสามีลักษณะแบบ Breakaway ดัง**รูปที่ 7-10**



รูปที่ 7-10 ตำแหน่งเจาะรู เพื่อให้ฐานเสามีลักษณะแบบ Breakaway (USDA, 2003; FHWA, 2010)

7.4.1.5 **เสาเหล็กท่อเหลี่ยม** (Square Steel Tube)

เป็นเสารูปแท่งสี่เหลี่ยมกลวง มี 4 ด้าน แต่ละช่องจะห่างกันประมาณ 2.5 ซม. เสาที่มีขนาด 5.7 ซม. หรือขนาดเล็กกว่า จะเลือกติดตั้งฐานแบบ Breakaway โดยทั่วไปเสาเหล็กท่อเหลี่ยมจะไม่ติดตั้งบริเวณที่เป็นพื้นคอนกรีต แต่จะติดตั้งบริเวณที่เป็นพื้นดิน โดยมีระยะฝังจากระดับพื้นดินลงไปมากกว่า 90 ซม. และเมื่อเกิดการชนจนเสียหาย จะสะดวกในการรื้อย้าย

สำหรับกรณีที่มีฐานแบบ Breakaway มีลักษณะการติดตั้ง 2 รูปแบบ คือ แบบสวม โดยนำท่อเหล็กเหลี่ยมที่มีขนาดต่างกันมาสวมเข้าบริเวณที่ฐานเสาแล้วยึดด้วยสลักเกลียว หรือแบบเชื่อมต่อแผ่นโลหะ (Plate) ด้วยสลักเกลียวบริเวณใกล้ฐานเสาดัง**รูปที่** 7-11 ซึ่งการติดตั้งทั้ง 2 รูปแบบจะเกิดการหักบริเวณฐานเสาหรือเฉือนออกจากกัน ทำให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทาง และสามารถรื้อย้ายเพื่อติดตั้งใหม่ได้สะดวก



รูปที่ 7-11 **เสาเหล็กท่อเหลี่ยม** (Square Steel Tube) **ที่มีฐานแบบ** Breakaway (FHWA, 2010)

7.4.1.6 **การติดตั้งเสาป้ายแบบข้อยึดด้านหลัง** (Sign Backing)

การติดตั้งเสาป้ายในลักษณะ Sign Backing ตัวเสาทำมาจากวัสดุชนิดแข็ง เช่น อลูมิเนียม เหล็ก ไม้ หรือวัสดุกึ่งแข็ง (Composite Plastic) โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้อลูมิเนียมทั้งตัวเสาและข้อยึดระหว่างเสากับตัวป้าย เพราะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และมีราคาไม่สูงมากดัง**รูปที่** 7-12 การติดตั้งป้ายลักษณะนี้เหมาะกับบริเวณเขตเมืองที่มีพื้นที่ข้างทางเป็นคันหิน (Curb) หรือสามารถติดตั้งบนอุปกรณ์กั้นประเภทกำแพงคอนกรีตได้หากมีพื้นที่จำกัด



รูปที่ 7-12 การติดตั้งเสาป้ายในลักษณะ Sign Backing

วัสดุประเภทไม้อัด (Plywood) จะใช้ติดตั้งกับป้ายจราจรชั่วคราว เพราะราคาถูกและมีความสว่างกว่าอลูมิเนียม กรณีวัสดุประเภท Fiberglass - Reinforced Plastic มีข้อดีตรงที่สามารถถอดเปลี่ยนและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

7.4.2 เสาป้ายจราจรแบบแขวนสูง

มีรูปแบบการติดตั้งโครงสร้างเสาอยู่ 2 ชนิด คือชนิดแขนยื่น (Overhang Sign) และชนิดคร่อมผิวจราจร (Overhead Sign) เสาทั้ง 2 แบบมีความแข็งแรงมากเนื่องจากต้องออกแบบให้สามารถรับแรงลมได้ ตัวเสาและสลักเกลียวผลิตจากเหล็กที่ผ่านกระบวนการกัลวาไนซ์ (Galvanized) และต้องเคลือบผิวด้วยสังกะสีหนักไม่น้อยกว่า 550 กรัม/ตารางเมตร ส่วนใหญ่จะใช้เป็นป้ายแนะนำเส้นทาง โดยทั่วไปแล้วเสาป้ายแบบแขวนสูงทั้ง 2 ชนิด ไม่ควรออกแบบให้มีส่วนฐานแบบ Breakaway และหากนำไปติดตั้งในเขตปลอดภัยควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กั้น

7.5 หลักในการติดตั้งป้ายจราจรทั่วไป

7.5.1 ข้อกำหนดในการติดตั้งเสาหรือป้ายจราจร

- ระยะในการติดตั้งป้ายจราจรล่วงหน้าต้องสัมพันธ์กับความเร็วในการขับขี่
- โดยปกติทางหลวง 2 ช่องจราจร จะติดตั้งป้ายทางด้านซ้ายของผิวจราจร ยกเว้นป้ายห้ามแซง
- กรณีทางหลวงที่มีช่องจราจรสำหรับรถวิ่งทิศทางเดียวกันตั้งแต่ 2 ช่องจราจรขึ้นไป และมีเกาะกลางแบ่งทิศทางจราจร ควรพิจารณาติดตั้งป้ายเพิ่มทางด้านขวาที่เกาะกลาง เพื่อช่วยให้ผู้ขับขี่ที่วิ่งช่องจราจรขวาสุดมองเห็นป้ายได้ชัดเจนขึ้น
- กรณีทางหลวงที่จัดการจราจรแบบเดินรถทางเดียว ควรพิจารณาติดตั้งป้ายเพิ่มด้านขวา เพื่อช่วยให้ผู้ขับขี่ที่วิ่งช่องจราจรขวาสุดมองเห็นป้ายได้ชัดเจนขึ้น
- เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสะท้อนแบบกระจกเงา (Mirror Reflection) จากป้าย การติดตั้งป้ายจราจรทุกป้ายจะต้องปักเข้าหาทิศทางการจราจร โดยเบนออกจากแนวที่ตั้งฉากการจราจรประมาณ 5 องศา
- การติดตั้งช่วงทางโค้ง ต้องพิจารณาการมองเห็นป้ายของผู้ขับขี่เป็นสำคัญ
- ห้ามติดตั้งป้ายแนะนำร่วมกับป้ายประเภทอื่นนอกจากที่กำหนดไว้โดยเฉพาะ
- ไม่ควรติดตั้งป้ายบังคับหรือป้ายเตือนเกินหนึ่งป้าย ยกเว้นป้ายเตือนความเร็วที่ใช้ติดตั้งร่วมกับป้ายเตือนอื่นๆ
- การติดตั้งป้ายบังคับและป้ายเตือนร่วมกัน จะต้องเป็นป้ายที่มีความหมายเสริมกัน
- ป้ายหยุดให้ติดตั้งเดี่ยว

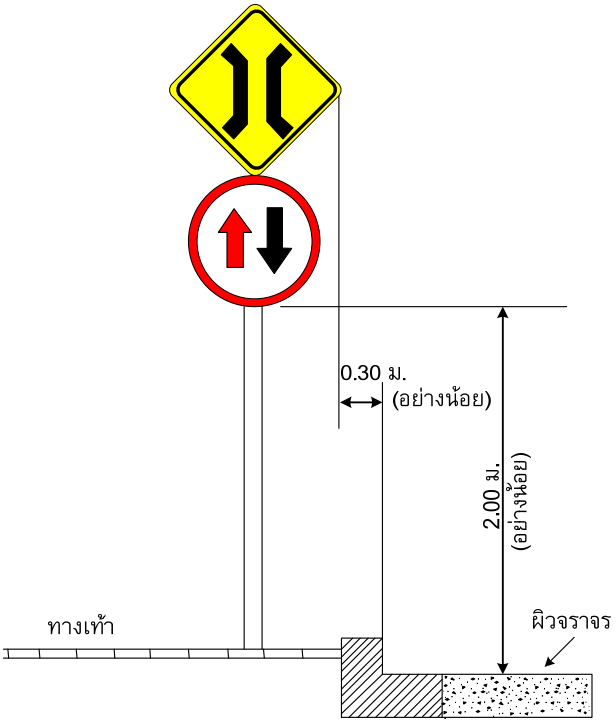
7.5.2 ข้อกำหนดความสูงของป้ายจราจร

- การติดตั้งป้ายจราจรในเขตเมือง ส่วนขอบล่างสุดของป้าย (ทั้งป้ายเดียวหรือมากกว่าหนึ่งป้าย) จะต้องสูงจากระดับผิวจราจรอย่างน้อย 2 เมตร ดัง**รูปที่** 7-13
- การติดตั้งป้ายจราจรนอกเมือง ขอบล่างสุดของป้ายจะสูงจากผิวจราจรอย่างน้อย 1.50 เมตร ดัง**รูปที่** 7-14 และกรณีติดตั้งป้ายในแนวดิ่งเกิน 1 ป้าย ขอบล่างสุดของป้ายจะสูงจากผิวจราจรอย่างน้อย 1.20 เมตร ดัง**รูปที่** 7-15 (1) และ**รูปที่** 7-15 (2)
- บนทางหลวงพิเศษหรือบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางระดับการมองเห็นของผู้ขับขี่ที่เป็นป้ายเดี่ยวหรือมีป้ายอื่นประกอบ ต้องสูงจากระดับผิวจราจรอย่างน้อย 2 เมตร ดัง**รูปที่** 7-16 และ**รูปที่** 7-17
- ป้ายเตือนสิ่งกีดขวาง ให้ขอบล่างสุดของป้ายสูงจากผิวจราจร 0.50 เมตร

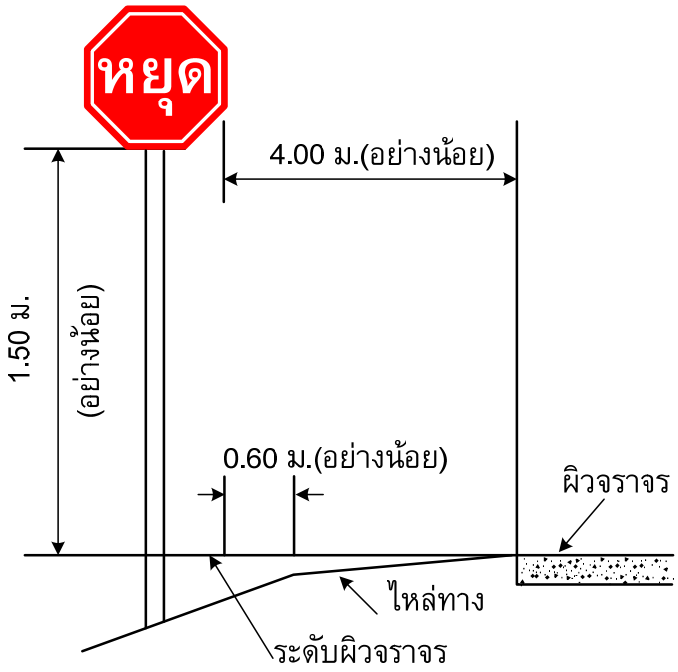
- สำหรับการติดตั้งป้ายจราจรแบบแขวนสูงชนิดแขนยื่นและแบบคร่อมผิวจราจร ส่วนขอบล่างสุดของป้ายต้องสูงจากระดับผิวจราจรอย่างน้อย 5.50 เมตร ดัง**รูปที่** 7-18 ถึง**รูปที่** 7-20

7.5.3 ระยะติดตั้งตามแนวขวางของป้ายจราจร

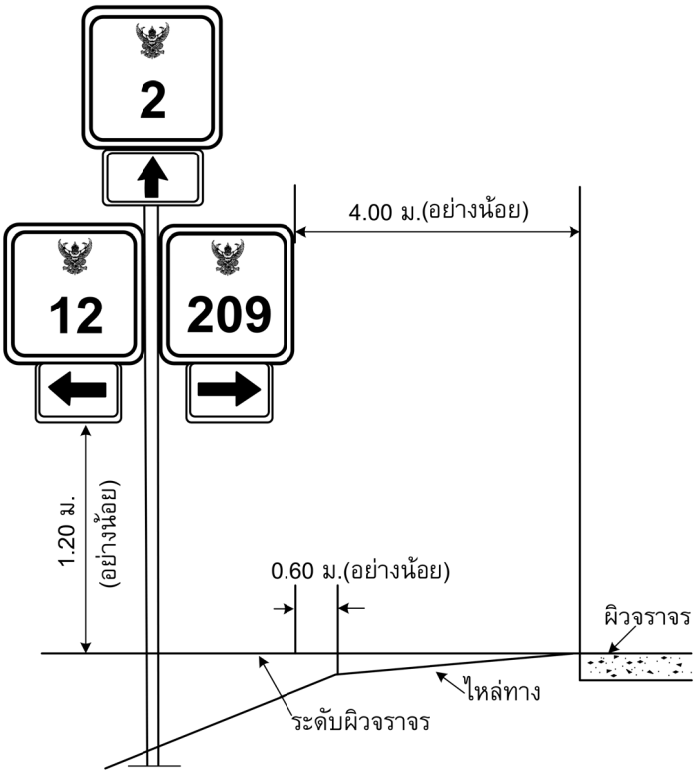
- การติดตั้งป้ายจราจรข้างทาง ต้องติดตั้งห่างจากขอบคันหิน (Curb) หรือราวกันอันตราย (Guardrail) ไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร และระยะจากขอบป้ายจราจรที่ใกล้สุดต้องห่างจากขอบผิวจราจรอย่างน้อย 4.00 เมตร เว้นแต่ลักษณะกายภาพของขอบทางไม่เอื้อต่อการติดตั้งตามข้อกำหนด
- บนทางหลวงระหว่างเมือง ป้ายจราจรสองป้ายที่มีวัตถุประสงค์ต่างกันควรจะติดตั้งห่างกันอย่างน้อย 60 เมตร แต่หากเป็นป้ายแนะนำควรจะติดตั้งห่างกันอย่างน้อย 100 เมตร
- กรณีทางหลวงพิเศษ จะแยกเป็น 2 กรณี
    - กรณีติดตั้งทางด้านซ้าย ต้องห่างจากขอบผิวจราจรอย่างน้อย 4.00 เมตร
    - กรณีติดตั้งทางด้านขวา ต้องห่างจากขอบผิวจราจรอย่างน้อย 3.00 เมตร
- กรณีป้ายที่ไม่มีผลต่อการจราจรโดยตรง เช่น ป้ายบอกสถานที่ ให้ติดตั้งห่างจากขอบผิวจราจรไม่น้อยกว่า 6 เมตร
- กรณีถนนในเขตเมือง ต้องมีระยะห่างจากขอบคันหินไม่น้อยกว่า 0.30 เมตร
- กรณีที่จะติดตั้งราวกันอันตรายเพื่อป้องกันเสาป้ายจราจรแบบแขวนสูง ราวกันอันตรายจะต้องห่างจากขอบผิวจราจรอย่างน้อยที่สุดเท่ากับความกว้างของไหล่ทางหรือห่างจากขอบคันหินอย่างน้อย 0.30 เมตร



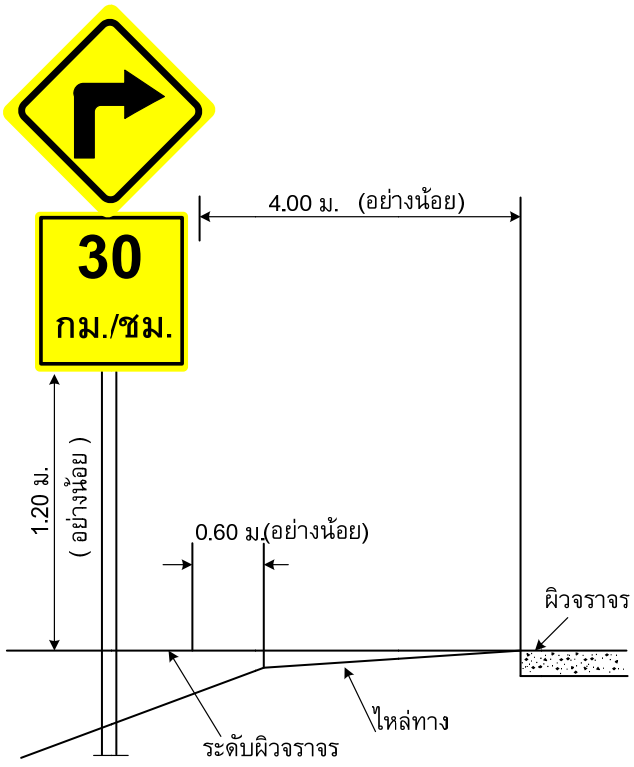
รูปที่ 7-13 มาตรฐานการติดตั้งป้ายบนทางหลวงแผ่นดิน ในเขตเมือง (กรมทางหลวง, 2531)



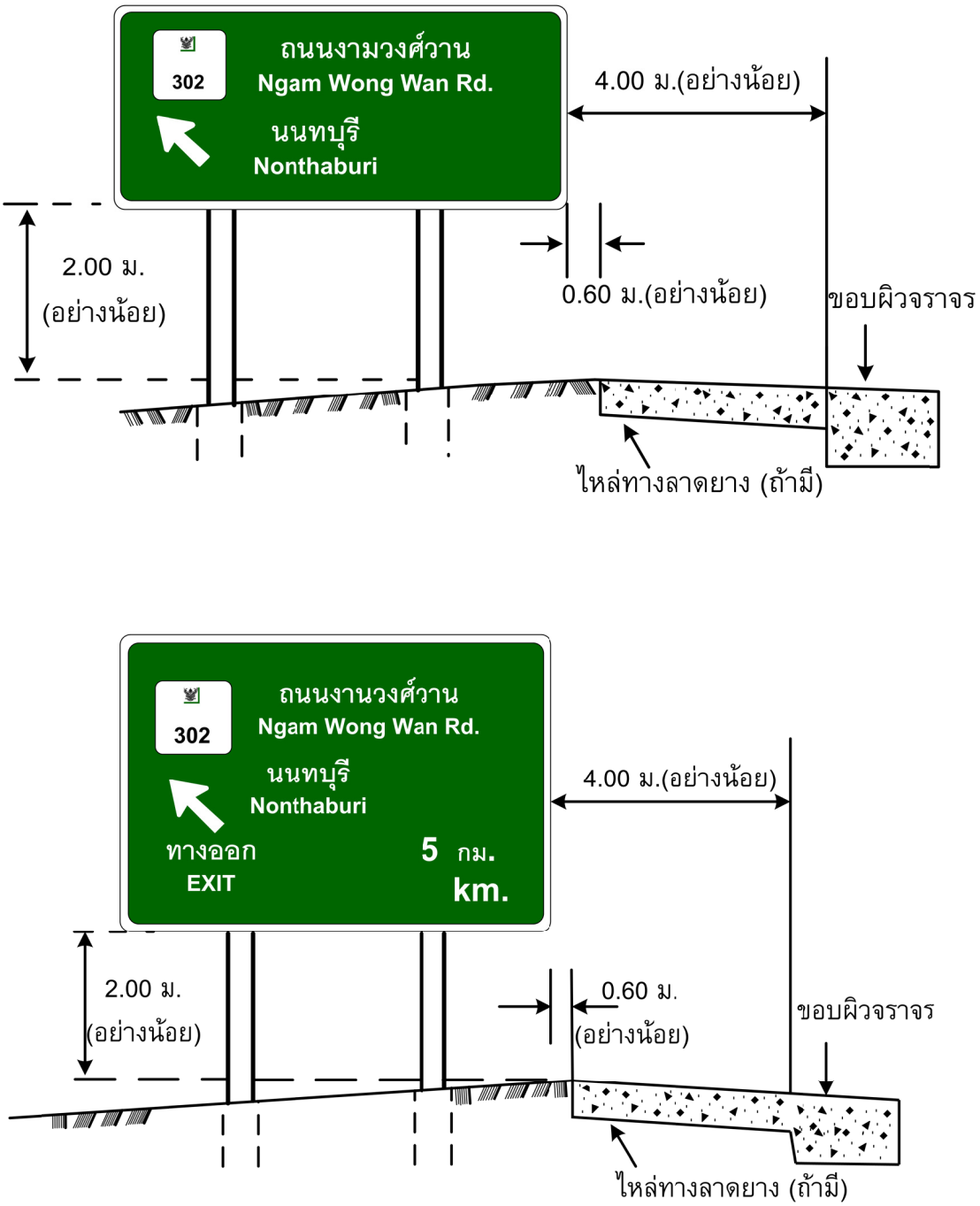
รูปที่ 7-14 มาตรฐานการติดตั้งป้ายเดี่ยวบนทางหลวงแผ่นดิน ในเขตนอกเมือง (กรมทางหลวง, 2531)



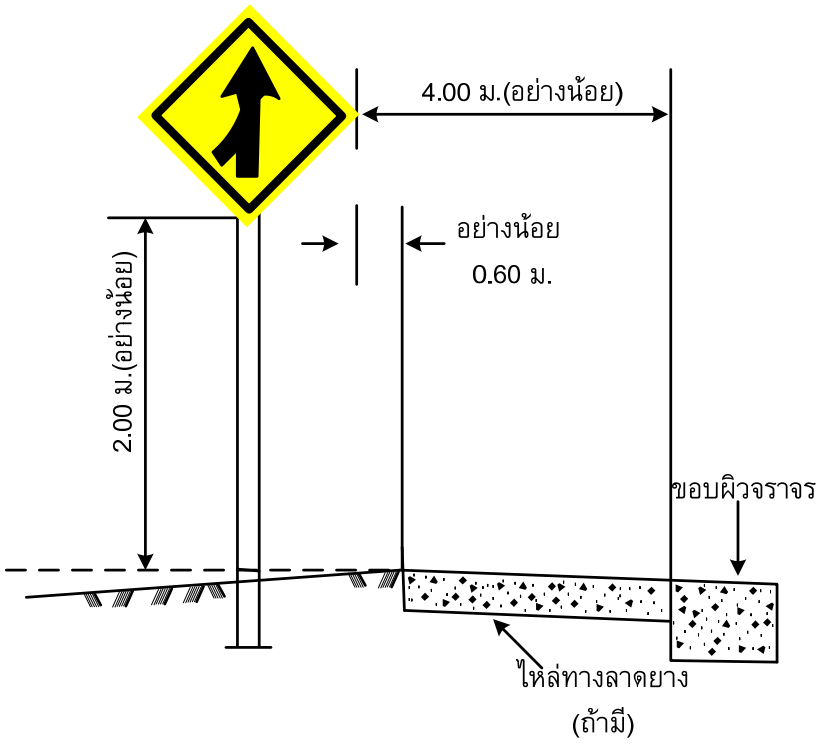
รูปที่ 7-15 (1) มาตรฐานการติดตั้งป้ายแนะนำแบบมีป้ายเสริมบนทางหลวงแผ่นดิน ในเขตนอกเมือง
(กรมทางหลวง, 2531)

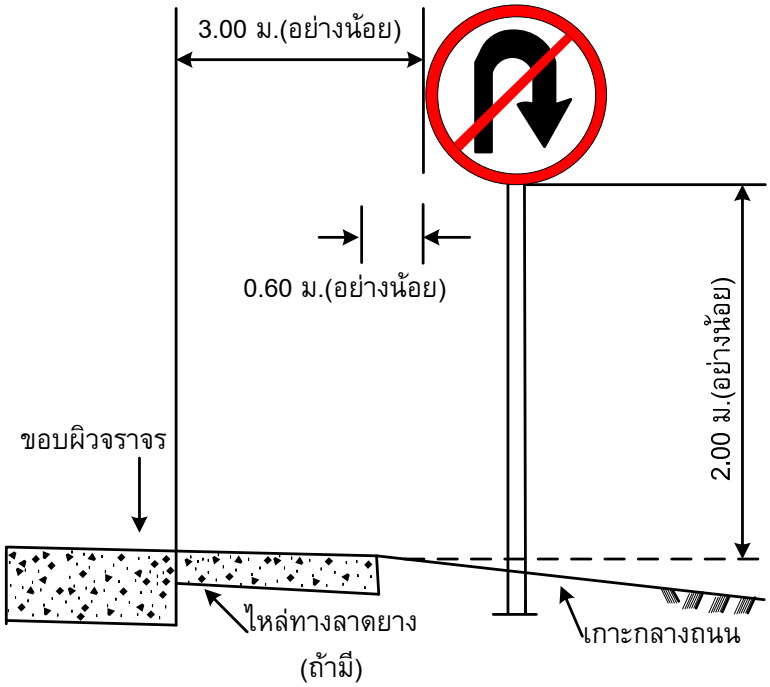


รูปที่ 7-15 (2) มาตรฐานการติดตั้งป้ายเสริมบนทางหลวงแผ่นดิน ในเขตนอกเมือง (กรมทางหลวง, 2531)

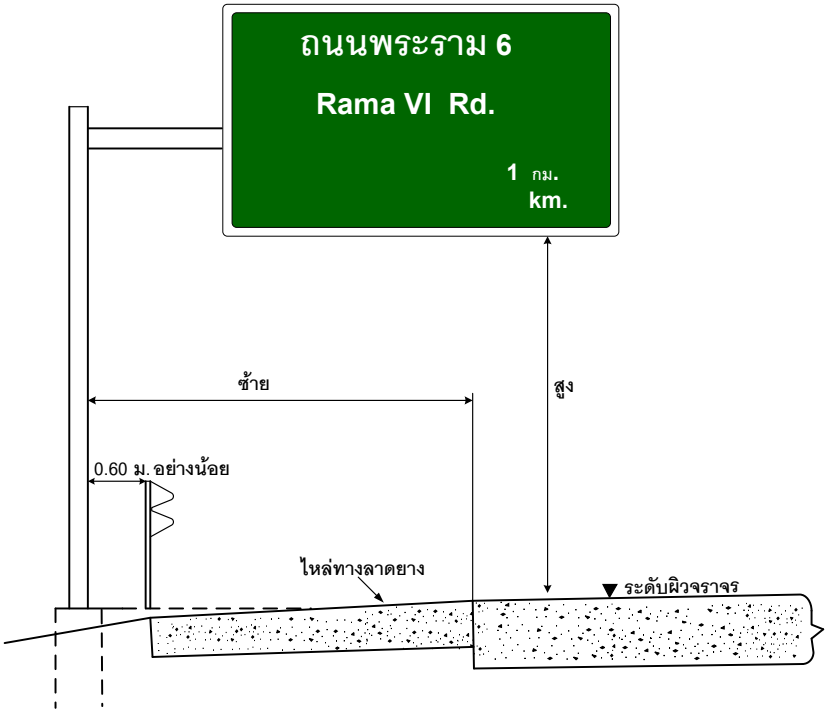


รูปที่ 7-16 มาตรฐานการติดตั้งป้ายแนะนำเส้นทางบนทางหลวงพิเศษ (กรมทางหลวง, 2531)

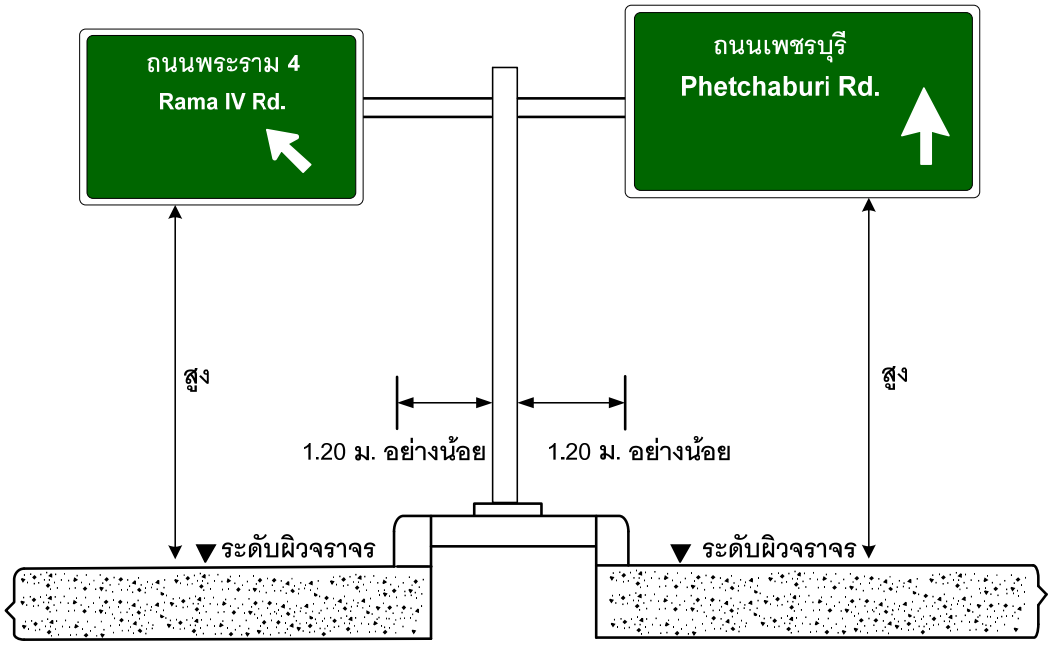




รูปที่ 7-17 มาตรฐานการติดตั้งป้ายจราจรบนทางหลวงพิเศษ (กรมทางหลวง, 2531)



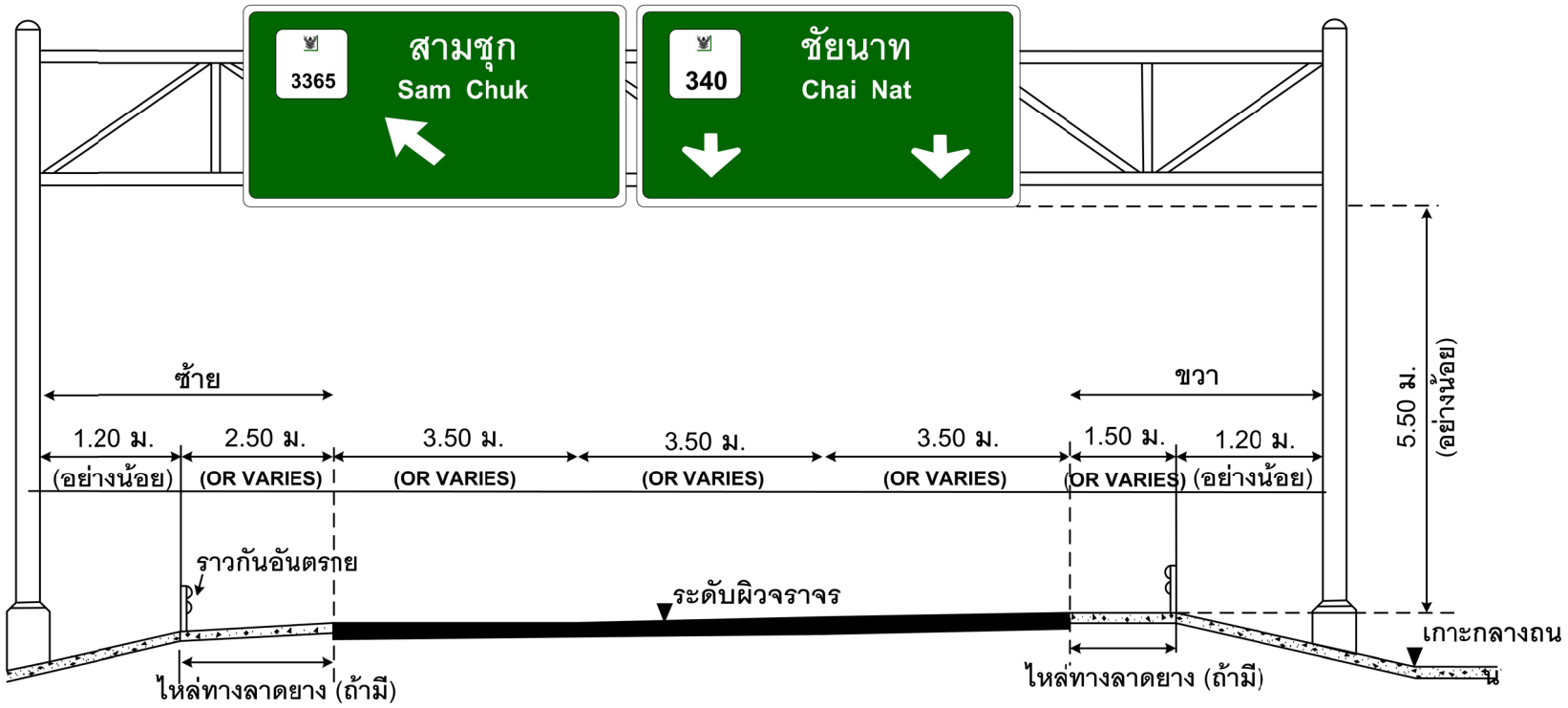
รูปที่ 7-18 มาตรฐานการติดตั้งป้ายจราจรแบบแขวนสูงชนิดแขนยื่นข้างเดียว (กรมทางหลวง, 2531)



รูปที่ 7-19 มาตรฐานการติดตั้งป้ายจราจรแบบแขวนสูงชนิดแขนยื่นสองข้าง (กรมทางหลวง, 2531)

ชนิดทางหลวง	ความสูงจากระดับผิวจราจรถึงขอบล่างของป้าย (เมตร)	ระยะน้อยที่สุด		เกาะกลางเป็นขอบทาง ระยะห่างอย่างน้อย	
		ซ้าย (เมตร)	ขวา (เมตร)	ซ้าย (เมตร)	ขวา (เมตร)
ทางหลวงพิเศษ	5.50	5.00	3.75	1.20	1.20
ทางหลวงทั่วไป	5.50	4.00	2.75	1.20	1.20

หมายเหตุ: ในกรณีที่มีเส้นขอบทางหรือราวกันอันตราย (Guard rail) ระยะ 0.60 เมตร ให้วัดจากขอบทางหรือราวกันอันตราย



รูปที่ 7-20 มาตรฐานการติดตั้งป้ายจราจรแบบแขวนสูงชนิดคร่อมผิวจราจร (กรมทางหลวง, 2554c)

ชนิดทางหลวง	ระยะน้อยที่สุดจากแนวขอบผิวจราจรหรือขอบทางถึงเสา (เมตร)			
	ไม่มีขอบทาง (No Curb)		มีขอบทาง (Curb)	
	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
ทางหลวงพิเศษ	5.00	3.75	1.20	1.20
ทางหลวงทั่วไป	4.00	2.75	1.20	1.20

7.5.4 ตำแหน่งของการติดตั้งป้ายจราจร

- ป้ายบังคับบางป้ายอาจจำเป็นต้องติดตั้งซ้ำกันเป็นช่วงๆ ตลอดระยะทางที่ต้องการบังคับ
- ป้ายแนะนำให้ติดตั้งก่อนถึงทางแยก เพื่อให้ผู้ขับขี่มีเวลามากพอในการตัดสินใจเลือกเส้นทาง
- ป้ายเตือน โดยปกติจะติดตั้งไว้ล่วงหน้าก่อนถึงจุดที่จะเตือนผู้ใช้ทาง สำหรับการติดตั้งป้ายบังคับ เช่น ป้ายหยุด ให้ติดตั้งในจุดที่ต้องการบังคับ โดยติดตั้งให้ใกล้จุดที่ต้องการให้รถหยุดมากที่สุด
- ป้ายแนะนำเกี่ยวกับความเร็ว ควรติดตั้งก่อนถึงจุดที่ต้องการให้ลดความเร็ว โดยระยะติดตั้งป้ายเตือนล่วงหน้าจะขึ้นอยู่กับความเร็วออกแบบ (ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์) ดัง**ตารางที่** 7-4

ตารางที่ 7-4 ระยะสำหรับติดตั้งป้ายล่วงหน้าเพื่อให้ผู้ขับขี่ลดความเร็ว (กรมทางหลวง, 2531)

ความเร็วออกแบบ (กม./ชม.)[1]	**ความเร็วที่ให้ใช้ตรงจุดที่กำหนด กม./ชม.**							
	หยุด	20	30	40	50	60	70	80
	ระยะทางสำหรับเตือนล่วงหน้า (เมตร)[2]							
100	400	375	375	350	300	250	175	125
90	325	325	300	275	250	150	125	125
80	275	250	250	200	175	150	125	-
70	175	175	175	150	125	125	-	-
60	150	125	125	125	125	-	-	-
50	125	125	125	125	-	-	-	-
40	100	100	100	-	-	-	-	-
30	100	100	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ 1. ความเร็วออกแบบ (Design Speed) คือ ความเร็วที่เปอร์เซนต์ไทล์ 85 ของยานพาหนะทั้งหมด ใช้ความเร็วต่ำกว่าความเร็วนี้

2. ระยะทางที่กำหนดไว้ ให้ใช้เฉพาะถนนทางตรงราบ สำหรับทางลงเขาหรือขึ้นเขา ระยะอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้

ตารางที่ 7-4 ระยะติดตั้งป้ายขึ้นอยู่กับความเร็วของรถยนต์ขณะขับขี่ (โดยไม่ใช้การห้ามล้อ) จนกว่าจะเหลือ 40 กม./ชม. และระยะทางที่ใช้ห้ามล้อจากความเร็ว 40 กม./ชม. จนกว่าจะถึงความเร็วที่ต้องการ โดยใช้ช่วงเวลารับรู้และปฏิบัติตาม (Perception Reaction Time) 2.5 วินาที และระยะทางที่สามารถอ่านป้ายได้ 100 เมตร

ระยะล่วงหน้าสำหรับติดตั้งป้าย คือ ระยะทางที่รถลดความเร็ว รวมกับระยะทางรับรู้และปฏิบัติตาม โดยมีสูตรคำนวณ ดังนี้

ระยะทางรับรู้และปฏิบัติตาม (เมตร) = 0.278 x ความเร็วสำคัญ (กม./ชม.) x 2.5

สำหรับระยะทางที่สามารถอ่านป้ายได้ จะพิจารณาจาก ขนาดตัวอักษรสูง 20 ซม. แต่หากใช้ขนาดที่แตกต่างไป สามารถพิจารณาระยะอ่านป้ายที่ประมาณ 10 เมตร ต่อความสูงของตัวอักษร 2.0 ซม.

7.6 ระบบการบริหารจัดการป้ายจราจร

ระบบการบริหารจัดการป้ายจราจร มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุม ตรวจสอบตั้งแต่กระบวนการติดตั้ง การซ่อมบำรุง และการติดตามผล ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

7.6.1 การจัดทำฐานข้อมูล

การจัดทำฐานข้อมูลป้ายจราจรเป็นวิธีการเบื้องต้นที่ช่วยให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถดูแล ซ่อมแซม และบำรุงรักษาป้ายจราจรได้ง่ายขึ้น วัตถุประสงค์ทั่วไปของการจัดทำฐานข้อมูล มีดังนี้

- เพื่อให้ทราบอายุของป้ายจราจร (Sign Life) เนื่องจากป้ายจราจรมีอายุการใช้งานทันทีหลังติดตั้ง ดังนั้น ฐานข้อมูลอายุป้ายจราจรจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดช่วงเวลาในการตรวจสอบคุณภาพและการบำรุงรักษาป้ายให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณภาพของป้ายในช่วงเวลากลางคืน
- เพื่อการจัดการและการจัดลำดับความสำคัญของป้ายจราจร (Manage and Prioritize) จัดทำเป็นฐานข้อมูลโดยจดบันทึกตำแหน่งติดตั้งและวันเวลาที่บำรุงรักษา ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลต่อไปนี้
    - ตำแหน่งติดตั้งป้ายเดี่ยว เมื่อต้องรื้อย้ายหรือเปลี่ยนป้ายจราจรใหม่
    - สามารถย้ายตำแหน่งติดตั้งได้ง่าย หากมีการเปลี่ยนแปลงกายภาพของเส้นทาง เช่น เปลี่ยนเป็นทางเชื่อม
    - ทราบช่วงเวลาที่จะต้องบำรุงรักษา เช่น ช่วงเวลาที่ต้องตัดไม้พุ่มที่บดบังการมองเห็น
- เพื่อให้ง่ายต่อการจัดสรรงบประมาณ (Budgeting) ในการจัดหาแหล่งผลิตหรือวัสดุอุปกรณ์สำหรับการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงป้ายจราจร
- ฐานข้อมูลป้ายจราจรจะช่วยเชื่อมโยงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Efficiency) สามารถติดตามผลการดำเนินงานและช่วงเวลาในการบำรุงรักษาป้าย

ปัจจุบัน ระบบการจัดการฐานข้อมูลป้ายจราจร สามารถบันทึกด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย และสามารถเชื่อมโยงกับระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) ที่ระบุตำแหน่งติดตั้งป้ายบนแผนที่ได้ถูกต้องแม่นยำ

ประเภทข้อมูลและรายละเอียดที่ทำการบันทึกดัง**ตารางที่** 7-5

ตารางที่ 7-5 รูปแบบข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูล (FHWA, 2010)

ข้อมูล	รายละเอียด
หมายเลขประจำเสาป้ายจราจร	ตัวเลขที่ระบุเสาป้ายจราจร
ตำแหน่งที่ตั้ง	ชื่อถนน ตำแหน่งอ้างอิง ข้อมูลพิกัด GPS
รหัสป้ายจราจร	ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของหน่วยงาน
ตำแหน่งป้ายจราจร	ตำแหน่งที่ตั้งที่สัมพันธ์กับทางหลวง (ซ้าย ขวา แบบแขวนสูง)
ระยะอ้างอิง	ระยะทางที่วัดจากขอบผิวทาง
ความสูง	ความสูงของป้ายจราจรจากระดับขอบผิวจราจร
ขนาดป้ายจราจร	มิติความกว้างและความสูงของแผ่นป้าย
วัสดุเคลือบสะท้อนแสง	ระดับของวัสดุเคลือบสะท้อนแสง
วันที่ติดตั้ง	วันที่ดำเนินการติดตั้งป้าย
ชนิดของเสาและฐานรองรับ	ตัวเสาทำมาจากวัสดุไม้ อะลูมิเนียม

7.6.2 การตรวจสอบ

การตรวจสอบป้ายจราจร เป็นกิจกรรมสำคัญเพื่อให้ผู้ใช้ทางมั่นใจในประสิทธิภาพของป้ายจราจรที่มีต่อการมองเห็นทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืน และการตรวจสอบป้ายจราจรยังทำให้ผู้ปฏิบัติงานกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการบำรุงรักษาได้ การดำเนินงานทั่วไปมีดังนี้

- **การฝึกอบรมผู้ปฏิบัติที่เกี่ยวข้อง** เป็นการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ด้านงานตรวจสอบและบำรุงรักษาเพื่อให้กระบวนการตรวจสอบความชำรุดของป้ายเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุดเมื่อปฏิบัติงานจริง
- **การจัดทำตารางตรวจสอบ** เป็นการกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมเพื่อทำการตรวจสอบป้ายและฐานรองรับ ซึ่งต้องพิจารณาลำดับความสำคัญของป้าย ประเภทของถนน และปริมาณการจราจรร่วมด้วย
- **ขั้นตอนการตรวจสอบ** เป็นระเบียบวิธีแนะนำว่าผู้ปฏิบัติจะดำเนินการตรวจสอบอย่างไร โดยสาระสำคัญของแต่ละขั้นตอนจะถูกอธิบายให้กับผู้ปฏิบัติงานทราบตั้งแต่เริ่มฝึกอบรม
- **การซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่เฉพาะตำแหน่ง** ป้ายจราจรที่เสียหายและไม่สามารถใช้งานได้ควรได้รับการแก้ไขทันทีโดยเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง และขณะปฏิบัติงาน บริเวณใกล้จุดซ่อมต้องวางกรวยและใช้สัญญาณมือเตือนให้ผู้ใช้ทางทราบล่วงหน้า
- **การเตรียมตัวในขั้นตอนการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหา** เป็นการจัดระบบการทำงานเพื่อให้มีเวลาเพียงพอสำหรับการซ่อมแซมป้ายจราจร
- **การบันทึกผลอย่างสม่ำเสมอ** เป็นการบันทึกผลการตรวจสอบและซ่อมแซมป้ายจราจรซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยการบันทึกผลการตรวจสอบจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนบริหารจัดการความเสี่ยงและการป้องกันการละเมิดทรัพย์สินต่างๆ

แผ่นป้ายบังคับ แผ่นป้ายเตือน และแผ่นป้ายแนะนำที่ติดตั้งบนทางหลวง จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพการสะท้อนแสง โดยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของป้ายจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ การตรวจสอบค่าสะท้อนแสงทำได้ดังนี้

- การใช้เครื่องตรวจวัดคุณภาพการสะท้อนแสงของแผ่นป้ายจราจร (Retroreflectometer) เป็นวิธีที่ถูกต้องมากที่สุด
- การเปรียบเทียบการมองเห็นป้ายจราจร ด้วยการทดสอบแผ่นป้ายจราจรกับแผ่นทดสอบที่มีค่าสะท้อนแสงขั้นต่ำตามมาตรฐานที่ยอมรับได้
- การตรวจสอบการมองเห็นด้วยตา จะประเมินความเห็นโดยผู้ตรวจสอบที่ผ่านการฝึกอบรมแล้ว

การจัดทำรายการเพื่อตรวจสอบป้ายจราจร (Sign Inspection Checklist) มีรายละเอียดดังนี้

รายละเอียดข้อมูลตรวจสอบ (FHWA, 2010)

- เส้นทางที่สำรวจจำเป็นต้องติดตั้งป้ายจราจรหรือไม่
- เส้นทางที่สำรวจมีการติดตั้งป้ายจราจรเพียงพอหรือไม่
- ป้ายจราจรมีการติดตั้งถูกต้องหรือไม่ (พิจารณาความถูกต้องจากคู่มือข้อกำหนดและมาตรฐานการติดตั้งป้ายของหน่วยงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน)
- ป้ายจราจรติดตั้งในตำแหน่งและระยะที่เหมาะสมหรือไม่ โดยพิจารณาจาก
    - ระยะติดตั้งตามแนวขวางของป้ายจราจร
    - ความสูงของป้ายจากขอบผิวจราจร
    - ตำแหน่งติดตั้งตลอดแนวทางหลวง
- แผ่นป้ายจราจรที่ติดตั้งมีความชัดเจนในการมองเห็นทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืนหรือไม่ (พิจารณาระยะมองเห็นปลอดภัยประกอบด้วย)
- บริเวณที่ติดตั้งป้ายจราจรมีอุปสรรคต่อการมองเห็นแผ่นป้ายจราจรของผู้ใช้ทางหรือไม่ เช่น การบดบังจากต้นไม้ข้างทาง
- การตรวจสอบคุณภาพของแผ่นป้ายจราจร
    - สภาพของแผ่นป้าย เช่น การฉีกขาด การลอกหรือร่อนและอื่นๆ
    - ความชัดเจนของสีแผ่นป้าย
    - ความสว่าง
    - คุณภาพด้านการสะท้อนแสง
    - ความเสียหายหรือการถูกทำลายอื่นๆ เช่น การฉีดสเปรย์บริเวณแผ่นป้าย
- การติดตั้งป้ายจราจร ต้องตรวจสอบตำแหน่งติดตั้งเสาว่าอยู่นอกเขตปลอดภัย (Clear Zone) หรือไม่ และหากติดตั้งในเขตปลอดภัย ต้องตรวจสอบว่ามีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นหรือไม่
- กรณีเสาป้ายจราจรแบบเสาแขวนสูงชนิดคร่อมผิวจราจร (Overhead Sign) และชนิดแขนยื่น (Overhang Sign) หากติดตั้งอยู่ในเขตปลอดภัย (Clear Zone) ต้องตรวจสอบว่ามีการติดตั้งอุปกรณ์กั้นหรือไม่

7.6.3 การป้องกันและบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง

การป้องกันและบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องเป็นวิธีที่ช่วยรักษาประสิทธิภาพของป้ายจราจรให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์และใช้งานได้นาน วิธีการป้องกันและบำรุงรักษามีดังนี้

- การทำความสะอาดป้ายจราจร
- การควบคุมการเจริญเติบโตของพืช
- อุปกรณ์ป้องกันการลักขโมย
- การปรับแต่งฐานรองรับป้ายจราจร

7.6.3.1 **การทำความสะอาดป้ายจราจร**

ป้ายจราจรทั้งในเขตเมืองและเขตชนบท หลังการติดตั้งและใช้งาน จะพบความสกปรกที่เกิดจากฝุ่นละอองรอยเปื้อน เชื้อรา ทำให้มองเห็นป้ายไม่ชัดเจน โดยปกติแล้ว การทำความสะอาดจะนิยมทำในช่วงฤดูร้อน และตำแหน่งติดตั้งที่พบความสกปรกส่วนใหญ่จะติดตั้งอยู่ในบริเวณต่อไปนี้

- ป้ายจราจรที่ติดตั้งใต้ต้นไม้ใหญ่หรือใกล้ไม้พุ่ม
- ป้ายจราจรที่ติดตั้งบนทางหลวงที่มีการสัญจรของรถบรรทุกเป็นจำนวนมาก
- ป้ายจราจรที่ติดตั้งในพื้นที่ที่มีฝนตกน้อย
- ป้ายจราจรที่ติดตั้งในเขตอุตสาหกรรมหรือพื้นที่ก่อสร้าง

การทำความสะอาดป้ายจราจร เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะช่วยให้การทำงานของป้ายมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมไปถึงช่วยยืดอายุการใช้งานของป้ายให้นานยิ่งขึ้น

7.6.3.2 **การควบคุมการเจริญเติบโตของพืช**

การติดตั้งป้ายจราจรบริเวณข้างทางที่มีการปลูกไม้ยืนต้น มักพบปัญหากิ่งของต้นไม้บดบังการมองเห็น จำเป็นต้องอาศัยการตรวจสอบสายทางของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ โดยการจัดทำตารางเวลาตรวจสอบ นับจากวันที่ตรวจสอบครั้งสุดท้ายเพื่อกำหนดเวลาตรวจสอบครั้งต่อไป

7.6.3.3 **อุปกรณ์ป้องกันการลักขโมย**

การขโมยวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งป้ายจราจรเป็นปัญหาที่ยากต่อการแก้ไขและยากที่จะจับผู้กระทำผิดมาดำเนินคดี วิธีการแก้ไขปัญหาวิธีหนึ่ง คือ การใช้อุปกรณ์ยึดรั้งระหว่างตัวเสากับแผ่นป้าย และตัวเสากับฐานเสาที่ยากต่อการถอด อุปกรณ์ยึดรั้งที่มีคุณสมบัติช่วยยึดแน่นและใช้กับงานติดตั้งป้ายจราจรมีดังนี้

- การใช้ข้อต่อแบบพุกเหล็ก (Expanding Anchor Bolts) และตัวยึดรอยต่อแบบ Aluminum Rivets

- เลือกใช้สลักเกลียวที่ต้องใช้เครื่องมือในการติดตั้งและถอดรื้อย้าย เช่น Star Bolts
- เลือกใช้สลักเกลียวแบบชนิด Shear-Off Head
- การใช้ค้อนดัดส่วนปลายที่ยื่นออกมาของสลักเกลียวเมื่อขันแน่นแล้ว วิธีนี้จะทำให้การขันสกรูออกได้ยาก แต่อย่างไรก็ตาม รูปแบบนี้อาจไม่เหมาะสม เพราะจะทำให้การซ่อมบำรุงทำได้ยากขึ้นตามไปด้วย

7.6.3.4 **ฐานรองรับป้ายจราจร**

ฐานรองรับถือเป็นส่วนสำคัญที่ต้องพิจารณาควบคู่ไปกับป้ายและเสา ข้อควรพิจารณาเพื่อช่วยในการบำรุงรักษามีดังนี้

- ตัวเสาต้องยึดแน่นกับฐานอย่างมั่นคง ระหว่างตรวจสอบป้ายจราจรต้องมีการตรวจสอบความมั่นคงของตัวเสาควบคู่กัน โดยพิจารณาการเอียงของตัวเสาว่าออกจากแนวที่เคยติดตั้งหรือไม่ หากพบว่ามีการเอียงออกมาก เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานต้องวางแผนเพื่อซ่อมแซมให้ป้ายกลับมาอยู่ในสภาพที่ปลอดภัยต่อผู้ใช้ทาง
- การพิจารณาตำแหน่งติดตั้งป้ายจราจรที่เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงต่อการชน หรือการเพิ่มเติมเครื่องหมายเพื่อช่วยให้มองเห็นมากขึ้น เช่น การติดตั้งป้ายจราจรบริเวณที่ใกล้กับเกาะกลางที่แคบมักจะมีโอกาสถูกชนอยู่บ่อยครั้งเนื่องจากวงเลี้ยวของยานพาหนะขนาดใหญ่ นอกจากนี้ การทาสีหรือทำเครื่องหมายบริเวณตัวเสา ก็จะเพิ่มการมองเห็นต่อโครงสร้างป้ายได้อีกรูปแบบหนึ่ง
- สภาพแวดล้อมโดยรอบ เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการล้มของเสาป้ายจราจร ซึ่งได้แก่ การกัดเซาะดินและการเจริญเติบโตของพืชบริเวณฐานรองรับ

7.6.4 การซ่อมแซมและการเปลี่ยนใหม่

การซ่อมแซมหรือเปลี่ยนป้ายจราจรใหม่ ควรมีสาเหตุมาจาก

- ความเสียหายจากการถูกทำลาย
- ความเสียหายจากการถูกชน
- การรื้อย้ายหรือเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งเนื่องด้วยเหตุผลเฉพาะที่ เช่น การขยายเส้นทาง การเปิดช่องทางเข้า-ออกใหม่
- ความเสียหายจากภัยธรรมชาติ
- การเสื่อมสภาพของป้ายจราจรเนื่องจากอายุการใช้งาน

หากพบว่าในบริเวณใดที่มีการซ่อมบำรุงป้ายจราจรหลายครั้ง ควรพิจารณาถึงสาเหตุของปัญหา เพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาระยะยาวต่อไป

ป้ายจราจรที่เสียหายจากการถูกทำลาย เช่น เกิดการดัด การเสียรูป การปะทะกับแรงลม การขีดเขียนบนแผ่นป้าย หรือจากยานพาหนะเสียหลักหลุดออกข้างทางแล้วพุ่งชนเสาป้าย ความเสียหายต่างๆ เหล่านี้ จะทำให้ป้ายจราจรขาดประสิทธิภาพในเรื่องความแข็งแรงและความชัดเจนของการสะท้อนแสง ดังนั้นการตรวจสอบและบำรุงรักษาจึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้ป้ายจราจรมีประสิทธิภาพเช่นเดิม

สำหรับการพิจารณาว่าจะซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่นั้น ผู้ปฏิบัติควรวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมและความคุ้มค่า ในกรณีที่ป้ายเสียหายมากจนไม่อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ การเปลี่ยนใหม่อาจมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการซ่อมแซม หรือหากพิจารณาซ่อมแซมควรตรวจสอบอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ของแผ่นป้ายหลังทำการซ่อม

7.6.4.1 ป้ายที่หมดอายุการใช้งานหรือเกินอายุการใช้งาน

ป้ายจราจรที่มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน สีจะเริ่มเสื่อมคุณภาพและมีผลโดยตรงต่อความสว่างของตัวอักษรและพื้นหลัง การสะท้อนแสงของแผ่นป้ายที่ลดลง ปัญหาต่างๆ เหล่านี้เป็นสัญญาณเตือนให้ทราบถึงความเสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งานของป้าย ทำให้ผู้ใช้ทางไม่สามารถมองเห็นป้ายในระยะที่เหมาะสม

ผู้ปฏิบัติงานสามารถวางแผนเปลี่ยนป้ายจราจรใหม่จากผลการวัดระดับการสะท้อนแสงต่ำสุด โดยอาศัยข้อพิจารณาอื่นๆ นอกจากการตรวจสอบภาคสนาม ดังนี้

- พิจารณาจากอายุการใช้งานของป้ายที่ได้กำหนดไว้ (Based on Expected Sign Life) โดยอาศัยข้อมูลการเสื่อมสภาพการสะท้อนแสงของป้าย
- ป้ายจราจรที่ติดตั้งพร้อมกัน หากต้องเปลี่ยนใหม่ ควรเปลี่ยนตลอดแนวหรือตลอดช่วงบริเวณ (Blanket Replacement)

7.6.5 การรายงานและบันทึกผลอย่างสม่ำเสมอ

การรายงานความก้าวหน้า การบันทึกผลการดำเนินงาน รวมไปถึงแผนการบำรุงรักษาป้ายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้เห็นขั้นตอนการจัดการป้ายจราจรอย่างเป็นระบบ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะมีประโยชน์มากในกรณีเกิดการร้องเรียนจากผู้ใช้ทางที่เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งอาจมีการกล่าวอ้างว่ามีสาเหตุมาจากปัญหาการเสื่อมสภาพหรือการชำรุดของป้าย การบันทึกผลอย่างสม่ำเสมอจะมีประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงานดังนี้

- ช่วยเพิ่มการตัดสินใจในการเปลี่ยนป้ายจราจรเก่าเมื่อถึงเวลาอันสมควร
- ช่วยให้การรื้อย้ายหรือเปลี่ยนป้ายจราจรที่เสียหายบ่อยได้เร็วขึ้น
- ช่วยให้พิจารณาได้ว่าวัสดุชนิดใดเหมาะกับพื้นที่ใด และจะช่วยให้การวางแผนการจัดการป้ายจราจรมีประสิทธิภาพขึ้น
- ช่วยลดการทำลายป้ายจราจรที่เกิดจากผู้ใช้ทาง โดยอาศัยการบังคับใช้กฎหมาย

- ช่วยเป็นข้อมูลพยานหลักฐาน หากเกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้ทางและมีการฟ้องร้องเกิดขึ้น

การจัดทำฐานข้อมูลป้ายจราจร มีขั้นตอนที่จะทำการบันทึกเพื่อประโยชน์ในการซ่อมแซมและบำรุงรักษา อยู่ 2 ส่วน คือ

7.6.5.1 **รายงานอุบัติการณ์** (Incident Report)

เป็นรายงานที่บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดปัญหาขึ้นและผลที่ตามมามีรายละเอียดดังนี้

- วันและเวลาที่รายงานถูกทำขึ้นหรือถูกพิจารณายอมรับ
- ผู้ที่จัดทำรายงานและผู้ที่พิจารณายอมรับรายงาน
- รายละเอียดโดยย่อของปัญหาที่นำเสนอในรายงาน
- กระบวนการแก้ไขปัญหา ผู้ที่ดำเนินการแก้ไข หากมีการตรวจสอบงานภายหลัง ต้องระบุชื่อผู้ที่ทำการตรวจสอบ

7.6.5.2 **การบันทึกกิจกรรมซ่อมแซมและบำรุงรักษา**

การบันทึกผลการบำรุงรักษาควรดำเนินการเมื่อมีการติดตั้งป้ายจราจรใหม่ การซ่อมแซมป้ายจราจรที่ติดตั้งเดิม หรือการเปลี่ยนป้ายจราจรและตัวเสาใหม่ การบันทึกผลการบำรุงรักษาควรมีรายละเอียดดังนี้

- วันเวลาของการดำเนินการงาน
- ชื่อเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน
- ตำแหน่งที่ติดตั้งป้ายจราจร ควรระบุชื่อถนนหรือทางหลวงและทิศทางการจราจร
- ชนิดและขนาดแผ่นป้ายจราจรหากมีการเปลี่ยนป้ายใหม่
- ชนิดและขนาดตัวเสา หากมีการเปลี่ยนป้ายใหม่
- ความสูงของป้ายจากระดับขอบผิวจราจร
- สีของป้ายจราจร
- ขนาดของป้ายจราจร
- การแตกหักของฐานแบบ Breakaway
- ความชัดเจนของป้ายจราจร
- ความเสื่อมสภาพของป้ายจราจร (สีแผ่นป้ายจราจรจางลง)
- ตำแหน่งติดตั้งที่ห่างจากขอบผิวทาง
- อุปสรรคต่อการมองเห็นป้ายของผู้ขับขี่

7.7 ข้อจำกัดในการติดตั้งป้ายจราจร

ในปัจจุบัน การติดตั้งป้ายจราจร พบข้อจำกัดที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน รายละเอียดดัง**ตารางที่** 7-6

ตารางที่ 7-6 **ข้อจำกัดและแนวทางแก้ไขในการติดตั้งป้ายจราจร**

ข้อจำกัด	แนวทางแก้ไข
1) ข้อจำกัดด้านการติดตั้งเสาป้ายจราจร เช่น บดบังบริเวณพื้นที่พักอาศัย หรือพื้นที่ค้าขาย	ควรทำความเข้าใจกับผู้พักอาศัยและผู้ประกอบการถึงโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้ทางหากระยะมองเห็นไม่เพียงพอ เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาร่วมกัน เช่น การขอความร่วมมือ เคลื่อนย้าย หรือขยับพื้นที่ค้าขาย เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นป้ายจราจรได้ชัดเจน และหากจำเป็นต้องรื้อย้าย หรือเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งป้ายต้องได้รับอนุญาตจากวิศวกรผู้ควบคุมงานหรือผู้บังคับบัญชาก่อน
2) ข้อจำกัดของพื้นที่ติดตั้งหน้างาน เช่น ความกว้างของเขตทาง คันทางสูง	กรณีที่จำเป็นต้องเปลี่ยน/ลดระยะติดตั้งป้ายจราจรข้างทาง ควรพิจารณาถึงความเหมาะสมและความปลอดภัยต่อผู้ใช้ทาง และต้องได้รับอนุญาตจากวิศวกรผู้ควบคุมงานหรือผู้บังคับบัญชาก่อน
3) การขโมยแผ่นป้ายจราจรหรือตัวเสาที่ทำจากเหล็ก	ควรเพิ่มความถี่ในการตรวจสอบ และขอความร่วมมือจากชุมชนในการช่วยประสานงานกับทางการ หากพบผู้ละเมิดทรัพย์สินของกรมทางหลวง
4) การติดตั้งป้ายแนะนำไม่ตรงกับช่องจราจร	ควรดำเนินการปรับเปลี่ยนป้ายจราจรให้ตรงตำแหน่งกับช่องจราจรที่ต้องการระบุ เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนกับผู้ใช้ทาง
5) ตำแหน่งติดตั้งป้ายไม่เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้ทางมองเห็นไม่ชัดเจน	ควรดำเนินการปรับเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งป้ายจราจรให้อยู่ในที่เหมาะสมต่อการมองเห็นของผู้ขับขี่

7.8 การซ่อมแซมและบำรุงรักษาป้ายจราจร

การซ่อมแซมป้ายจราจร กรณีโครงการติดตั้งป้ายจราจรใหม่หรือโครงการปรับปรุงป้ายจราจร ผู้รับจ้างจะต้องรับประกันคุณภาพของงานติดตั้งป้ายจราจรในระยะเวลา 24 เดือน นับตั้งแต่วันที่คณะกรรมการตรวจรับงานได้ตรวจรับแล้ว หากพบว่าป้ายจราจรและส่วนติดตั้งอื่นๆ เสื่อมคุณภาพลงหรือไม่ได้มาตรฐาน ผู้รับจ้างจะต้องเปลี่ยนหรือซ่อมแซมให้กลับมาพร้อมใช้งานตามระยะเวลาที่ได้แจ้งไว้กับกรมทางหลวง

กรณีสิ้นสุดระยะรับประกันคุณภาพงาน จะมีแนวทางปฏิบัติในการตรวจสอบ โดยหมวดการทางจะทำหน้าที่ตรวจสอบตามสายทางที่รับผิดชอบ และเมื่อพบการชำรุดเสียหายจะแจ้งมายังแขวงการทาง จากนั้นหน่วยงานจราจรสงเคราะห์หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของแขวงการทาง/หมวดการทางจะเป็นผู้ดำเนินการซ่อมแซมป้ายจราจรในสายทางที่รับผิดชอบ

สำหรับแนวทางปฏิบัติในการบำรุงรักษาป้ายจราจร จะต้องมีการตรวจสอบเป็นประจำ และควรมีตารางปฏิบัติในการบำรุงรักษา เช่น การทาสี ล้างทำความสะอาดป้าย และเปลี่ยนป้ายที่ชำรุดเสียหาย ป้ายจราจรทุกป้ายจะได้รับการบำรุงรักษาอย่างน้อย 2 ครั้งต่อปี และหากพบว่ามีการเสื่อมคุณภาพการสะท้อนแสงของป้ายจราจร ควรดำเนินการบำรุงรักษาตามสภาพปัญหาดังนี้

- หากเกิดคราบสกปรกจาก ฝุ่นควัน หรือเขม่าควันจากรถยนต์ ควรดำเนินการทำความสะอาดป้ายจราจร โดยใช้ผ้าชุบน้ำที่ผสมน้ำยาล้างชนิดอ่อน เช่น สบู่ ล้างทำความสะอาด แล้วล้างออกด้วยน้ำอีกรอบ และเช็ดให้แห้ง
- หากเกิดจากความเสื่อมสภาพของป้ายจราจรตามอายุการใช้งาน เจ้าหน้าที่ควรรีบดำเนินการเปลี่ยนใหม่

แต่หากเป็นช่วงที่มีผู้ใช้ทางเป็นจำนวนมาก เช่น ช่วงเทศกาลสงกรานต์หรือเทศกาลปีใหม่ อาจจะมีการตรวจสอบ บำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม สะอาด และอ่านได้ชัดเจน ก่อนถึงช่วงเทศกาล

บทที่ 8

หลักนำทาง

8.1 บทนำ

8.1.1 วัตถุประสงค์และเหตุอันควรในการติดตั้งหลักนำทาง

หลักนำทางเป็นอุปกรณ์ข้างทางที่ติดตั้งบริเวณขอบทางเพื่อช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นขอบเขตทางเดินรถได้ชัดเจนขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืน รวมทั้งช่วยลดอุบัติเหตุจากการที่รถหลุดออกจากถนนและไปชนกับวัตถุข้างทางได้ดัง**รูปที่** 8-1 วัตถุประสงค์ของการติดตั้งหลักนำทางบนทางหลวง คือ

- เพื่อเตือนผู้ขับขี่ถึงแนวทางหลวงที่เป็นอุปสรรคในการมองเห็น เช่น ทางโค้งราบ ทางโค้งดิ่ง ทางขึ้นเนิน จุดเชื่อมต่อระหว่างถนนกับสะพาน
- เพื่อเตือนผู้ขับขี่ถึงอุปสรรคข้างทาง เช่น ท่อระบายน้ำหรือคูน้ำข้างทาง
- เพื่อเตือนผู้ขับขี่ถึงบริเวณที่กายภาพทางหลวงเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น บริเวณทางร่วม ทางแยก บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้างของช่องจราจร



รูปที่ 8-1 หลักนำทางติดตั้งบริเวณทางโค้งราบ

สำหรับทางหลวงระหว่างเมืองที่พื้นที่การส่องสว่างไม่เพียงพอต่อการมองเห็น สามารถติดตั้งหลักนำทางได้ทั้งบนถนนที่แบ่งทิศทางการจราจรแบบมีเกาะกลางและแบบไม่มีเกาะกลาง เพื่อช่วยให้ผู้ขับขี่ทราบถึงกายภาพถนนข้างหน้า

สำหรับทางหลวงในเขตเมือง ส่วนใหญ่มักไม่เหมาะสมที่จะติดตั้งหลักนำทาง เว้นแต่พื้นที่ดังกล่าวมีแสงสว่างไม่เพียงพอและมีกายภาพถนนที่อาจก่อให้เกิดอันตรายกับผู้ใช้ทางได้

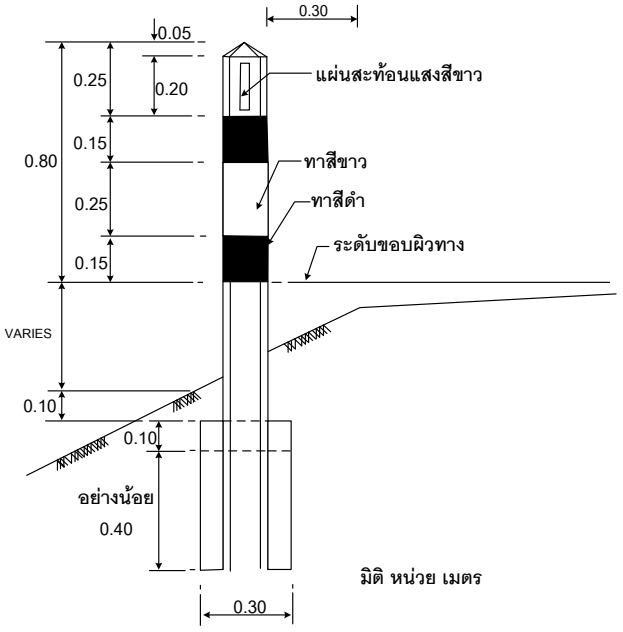
8.1.2 ชนิดหลักนำทาง

หลักนำทางที่ใช้ทั่วไปบนทางหลวงแยกเป็น 2 ประเภทแบ่งตามวัสดุที่นำมาใช้งาน คือหลักนำทางชนิดแข็ง (Rigid Guide Post) และหลักนำทางชนิดอ่อนตัว (Flexible Guide Post) นอกจากนี้ มีวัสดุบางประเภทที่สามารถนำมาใช้ทำหลักนำทางได้ เช่น หลักนำทางชนิดเสาไม้ (Timber Guide Post) และหลักนำทางชนิดกึ่งอ่อนตัว (Semi Flexible Guide Post)

8.1.2.1 **หลักนำทางชนิดแข็ง** (Rigid Guide Post)

เป็นชนิดที่นิยมติดตั้งบนทางหลวงมากที่สุดดัง**รูปที่** 8-2 ทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงและเสียรูปยากเมื่อเกิดการชน เช่น คอนกรีต ลักษณะเป็นเสาแท่งสี่เหลี่ยมขนาดหน้าตัด 15 x 15 ซม. ความสูง 80 ซม. จากระดับผิวจราจร ผิวนอกทาสีขาวสลับดำ โดยแถบสีขาวสูง 25 ซม. สลับด้วยแถบสีดำสูง 15 ซม. ปลายบนสุดมีลักษณะเป็นยอดแหลม ขอบด้านบนจะทาวัสดุสีขาวสะท้อนแสงขนาด 15 x 3 ซม. ฐานรากฝังลึกลงไปอย่างน้อย 50 ซม. จากระดับผิวจราจร

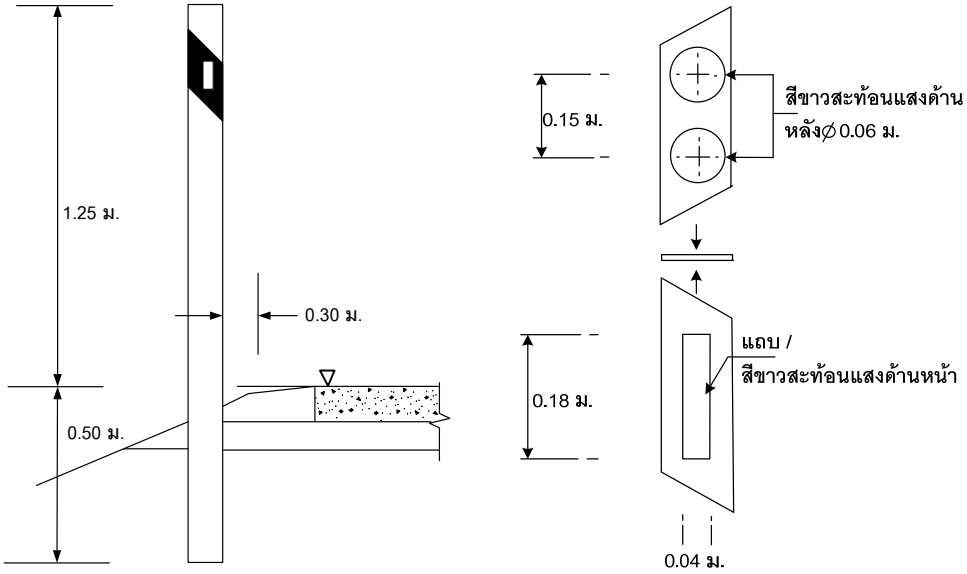
อย่างไรก็ตาม หลักนำทางชนิดแข็งก่อให้เกิดอันตรายสูงมากหากมีรถพุ่งชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถจักรยานยนต์ เพราะคอนกรีตเป็นวัตถุที่ความแข็งแกร่งสูง หากแรงที่มาปะทะมาก ความรุนแรงจากการชนจะมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 8-2 **หลักนำทางชนิดแท่งคอนกรีต** (กรมทางหลวง, 2537)

8.1.2.2 **หลักนำทางชนิดอ่อนตัว** (Flexible Guide Post)

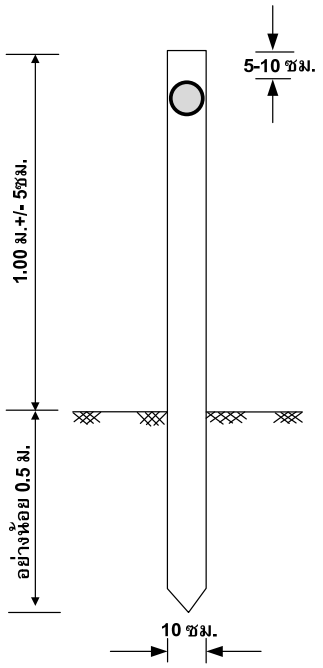
เป็นชนิดหลักนำทางที่ผลิตจากวัสดุที่มีความยืดหยุ่น คืนตัวได้ สามารถทนต่อแรงกระแทกและความร้อนได้ดี เช่น พลาสติกบางประเภท อาทิ โพลีคาร์บอเนต หรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติแบบอ่อนตัวดัง**รูปที่** 8-3 ลักษณะเป็นเสาแท่งสี่เหลี่ยม สีขาวกว้างประมาณ 10 ซม. มีความสูง 125 ซม. จากระดับผิวจราจร ขอบบนส่วนด้านหน้าจะติดแถบสีขาวสะท้อนแสง ฐานรากจะฝังลงไปลึกอย่างน้อย 50 ซม. จากระดับผิวจราจร มีข้อดีที่สำคัญคือไม่ก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรง หากรถเสียหลักพุ่งเข้าไปชน



รูปที่ 8-3 **หลักนำทางชนิดอ่อนตัว** (กรมทางหลวง, 2537)

8.1.2.3 **หลักนำทางชนิดเสาไม้** (Timber Guide Post)

เป็นหลักนำทางที่มีขนาดหน้าตัด 10 x 5 ซม. ดัง**รูปที่** 8-4 มีความสูง 100 ซม. จากระดับผิวจราจร ขอบบนส่วนด้านหน้าจะติดวัสดุสะท้อนแสงลักษณะวงกลม ฐานรากจะฝังลงไปลึกอย่างน้อย 50 ซม. จากระดับผิวจราจร ผิวด้านนอกของเสาไม้จะทาสีขาวเพื่อเพิ่มความชัดเจนในการมองเห็น



รูปที่ 8-4 **หลักนำทางชนิดเสาไม้** (Austroad, 2009)

8.1.2.4 **หลักนำทางชนิดกึ่งอ่อนตัว** (Semi Flexible Guide Post)

เป็นหลักนำทางที่มีคุณสมบัติทางวัสดุศาสตร์กึ่งยืดหยุ่น เมื่อเกิดการชน ตัวหลักนำทางจะหักหรือดัดเสียรูป มีมิติด้านกว้างประมาณ 10 ซม. ตัวเสาทาสีขาวและผลิตจากพลาสติก โลหะชนิดอ่อนตัว หรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติกึ่งอ่อนตัว

ทั้งนี้ หลักนำทางที่ทำมาจากวัสดุบางชนิดสามารถซ่อมแซมกลับมาใช้ใหม่ได้หากเสียหายเมื่อเกิดการชน

8.2 การเลือกชนิดหลักนำทาง

หลักนำทางต้องมีรูปแบบที่ปลอดภัยและไม่เพิ่มความรุนแรงกับผู้ประสบเหตุเมื่อเกิดการชน ข้อพิจารณาในการเลือกชนิดหลักนำทาง มีดังนี้

- หลักนำทางชนิดอ่อนตัว (Flexible Guide Post) เมื่อเกิดการชน ตัวเสาที่อยู่เหนือระดับผิวจราจรจะพับหรือล้มทันที ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ทางน้อยที่สุด เหมาะที่จะติดตั้งบริเวณทางโค้งรัศมีแคบ บริเวณที่มีไหล่ทางแคบ และถนนที่มีปริมาณการใช้รถจักรยานยนต์และรถจักรยานสูง
- หลักนำทางชนิดไม้หรือชนิดกึ่งอ่อนตัว (Timer or Semi – Flexible) เหมาะที่จะติดตั้งบริเวณทางหลวงที่มีความเสี่ยงในการถูกชนน้อย
- บริเวณทางหลวงที่มีปริมาณคนเดินข้ามถนนสูง หากติดตั้งหลักนำทางควรจะติดวัสดุหรือแผ่นสะท้อนแสงขนาดเล็กบริเวณส่วนบนของตัวหลัก เพื่อเพิ่มการมองเห็นให้ผู้ขับขี่ชะลอความเร็ว
- หลักนำทางชนิดแข็ง เช่น ชนิดหลักคอนกรีต เหมาะที่จะติดตั้งในบริเวณที่เป็นพื้นที่อันตรายข้างทาง เช่น คูน้ำ หนองน้ำขนาดเล็ก ปากท่อระบายน้ำ เป็นต้น เพราะหากยานพาหนะพุ่งเข้าชนหลักนำทาง อาจจะก่อให้เกิดอันตรายน้อยกว่าการพุ่งชนปากท่อหรือพลัดตกในหนองน้ำข้างทาง

8.3 หลักการติดตั้งหลักนำทางทั่วไป

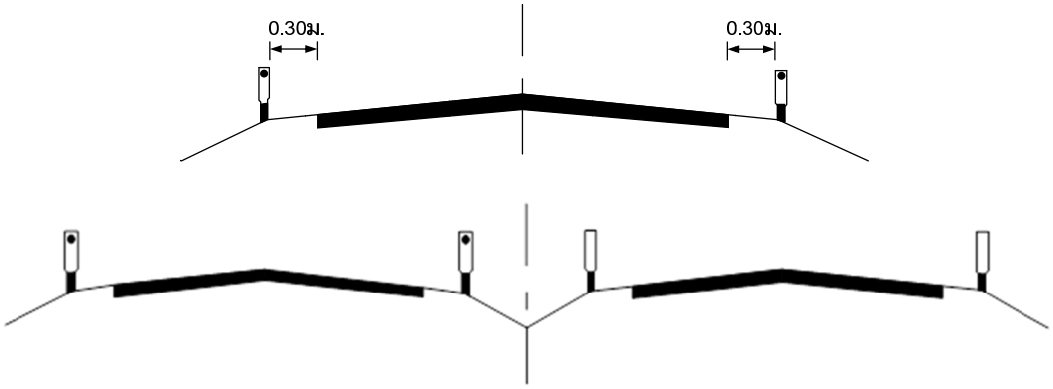
8.3.1 การติดตั้งวัตถุสะท้อนแสงบนหลักนำทาง

วัตถุสะท้อนแสงที่ติดตั้งบนหลักนำทางจะติดให้อยู่สูงจากผิวจราจรไม่น้อยกว่า 70 ซม. และไม่เกิน 125 ซม. โดยในสภาพอากาศปกติจะต้องสามารถสะท้อนแสงไฟสูงของรถกลับมายังผู้ขับขี่ได้ที่ระยะ 300 เมตร

8.3.2 ระยะติดตั้งตามแนวขวางของหลักนำทาง

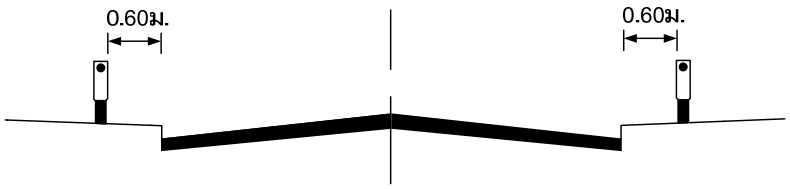
บริเวณทางหลวงนอกเมืองหรือทางหลวงในเมือง ให้ติดตั้งหลักนำทางห่างจากขอบไหล่ทางหรือขอบคันหินตามข้อกำหนดดังนี้

- หากข้างทางเป็นไหล่ทาง หลักนำทางจะติดตั้งห่างจากขอบไหล่ทางประมาณ 30 ซม. ดัง**รูปที่** 8-5



รูปที่ 8-5 **รูปแบบการติดตั้งหลักนำทางห่างจากขอบไหล่ทาง** (FHWA, 2009)

- หากข้างทางเป็นขอบคันหิน (Curb) หลักนำทางจะติดตั้งห่างจากขอบคันหินประมาณ 60 ซม. ดัง **รูปที่** 8-6



รูปที่ 8-6 **รูปแบบการติดตั้งหลักนำทางห่างจากขอบคันหิน** (FHWA, 2009)

- การติดตั้งหลักนำทางในบริเวณใดบริเวณหนึ่งต้องสูงจากผิวจราจรเท่ากันและห่างจากขอบทางเดินรถเท่ากันโดยตลอด

8.3.3 ข้อกำหนดความสูงหลักนำทาง

หลักนำทางควรติดตั้งให้มีความสูงไม่น้อยกว่า 0.80 เมตร จากระดับผิวจราจร หรือตามที่แบบมาตรฐานงานก่อสร้างทางได้ระบุไว้ (กรมทางหลวง, 2537) และกรณีที่ไหล่ทางมีระดับแตกต่างกัน ควรปรับระดับดินเดิมบริเวณที่จะติดตั้งให้มีระดับที่เสมอกันตลอดแนว และเมื่อติดตั้งหลักนำทางแล้วจะต้องมีความสูงจากผิวจราจรที่ระดับเดียวกัน

8.3.4 ข้อกำหนดระยะห่างในการติดตั้งหลักนำทาง

8.3.4.1 **บริเวณทางตรง**

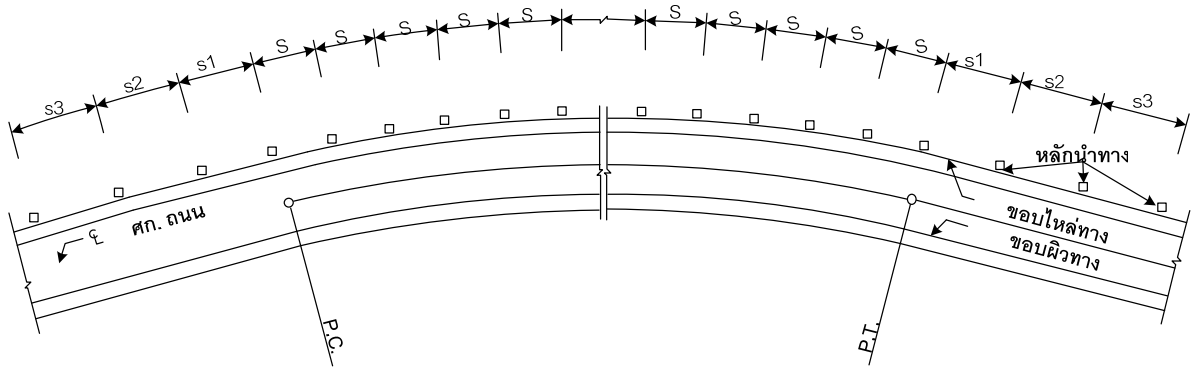
หลักนำทางแต่ละตัวจะติดห่างกันทุกๆ 150 เมตร แต่หากบริเวณที่ติดตั้งมีอุปสรรคจากสภาพอากาศ เช่น มีหมอกหนาปกคลุมในพื้นที่บ่อย สามารถลดระยะห่างระหว่างช่วงเสาลงเหลือ 60 เมตร และหากติดตั้งบนทางหลวงที่เป็นทางราบและมีปริมาณจราจรน้อยกว่า 1,500 คันต่อวัน สามารถเพิ่มระยะห่างระหว่างช่วงเสาออกเป็น 200 เมตรได้

8.3.4.2 **บริเวณทางโค้ง**

ระยะห่างของหลักนำทางแต่ละตัวขึ้นอยู่กับรัศมีความโค้งของถนนบริเวณนั้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือ ระยะก่อนเข้าทางโค้ง (S1 S2 และ S3) และระยะโค้ง (S) ดัง**รูปที่** 8-7 และ**ตารางที่** 8-1 โดยจะต้องมีการตรวจสอบระยะการมองเห็นด้วย

ข้อพิจารณาในการติดตั้งหลักนำทางบริเวณทางโค้งมีดังนี้ (MUTCD, 2009)

1. หากรัศมีโค้งนอกเหนือที่กำหนดไว้ในตาราง สามารถเทียบค่าจากสัดส่วน (Interpolate) ในตารางได้
2. ระยะห่างของหลักนำทางต้องไม่น้อยกว่า 6 เมตร และต้องไม่เกิน 90 เมตร
3. ระยะก่อนเข้าทางโค้ง (S1 S2 และ S3) และระยะโค้ง (S) ดัง**รูปที่** 8-7 สามารถคำนวณจาก $S = 1.7\ (R-15)^{1/2}$ เมื่อ R = รัศมีความโค้ง (เมตร) S1 = 2S; S2 = 3S; S3 = 6S แต่ต้องไม่เกิน 90 เมตร
4. หากมีรัศมีโค้งเกิน 300 เมตร ควรพิจารณาติดตั้งหลักนำทางเท่าที่จำเป็น



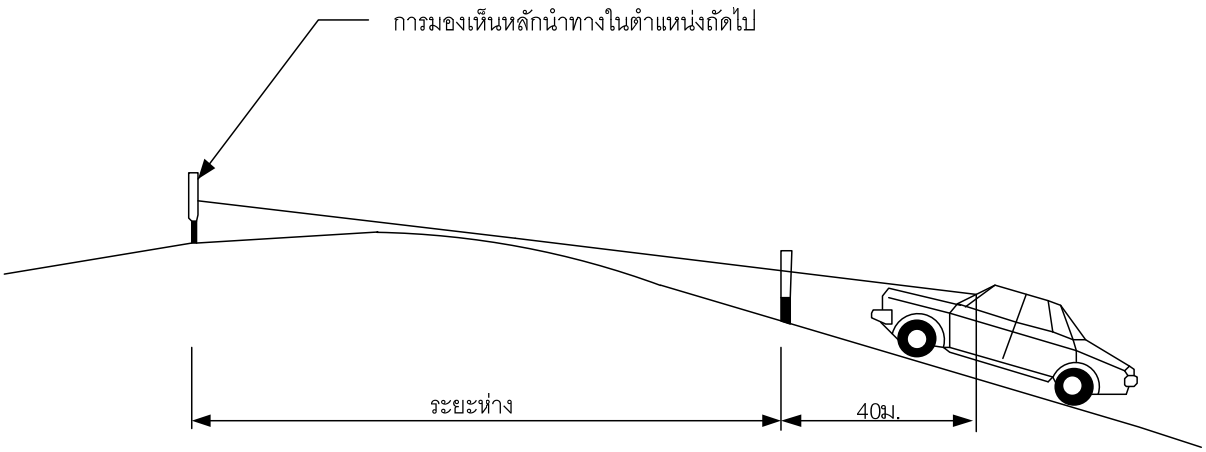
รูปที่ 8-7 ระยะในการติดตั้งหลักนำทางบริเวณทางโค้ง (กรมทางหลวง, 2537)

ตารางที่ 8-1 แสดงระยะห่างของหลักนำทางตามรัศมีโค้งของถนน (MUTCD, 2009; กรมทางหลวง, 2554d)

รัศมีโค้ง (เมตร)	**ระยะห่างของหลักนำทางช่วงที่อยู่ในโค้ง (s)**	**ระยะห่างของหลักนำทางช่วงที่อยู่นอกโค้ง**		
		ช่วงที่ 1 (S1) เมตร	**ช่วงที่ 2 (S2) เมตร**	**ช่วงที่ 3 (S3) เมตร**
15	6	12	18	36
35	8	16	24	48
55	11	22	33	66
75	13	26	39	78
95	15	30	45	90
125	18	36	54	90
155	20	40	60	90
185	22	44	66	90
215	24	48	72	90
245	26	52	78	90
275	27	54	81	90
300	29	58	87	90
400	33	66	90	90
500	37	74	90	90

8.3.4.3 บริเวณทางตรงที่เป็นทางขึ้นเนิน

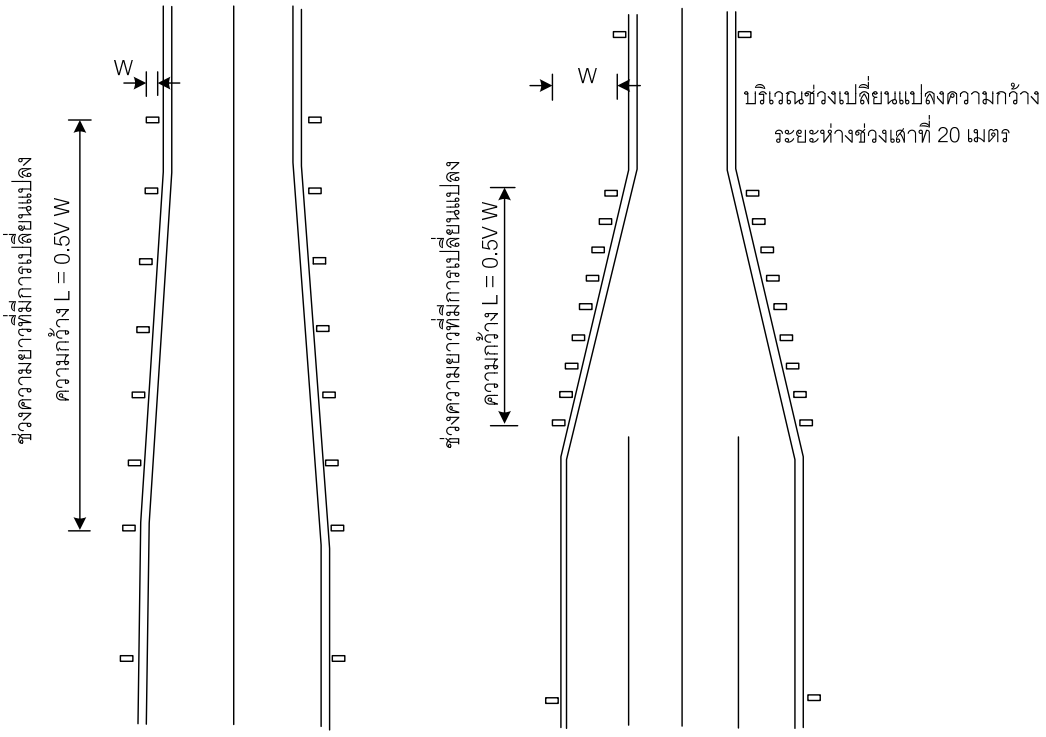
ควรมีการติดตั้งหลักนำทางอย่างน้อย 1 คู่ โดยหลักนำทางตัวแรกจะติดตั้งภายในระยะไม่น้อยกว่า 40 เมตร ก่อนขึ้นเนิน ส่วนระยะห่างของหลักนำทางตัวถัดไปให้พิจารณาจากการมองเห็นของผู้ขับขี่เป็นหลัก โดยให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นหลักนำทางได้ตลอดแนวการติดตั้งดัง**รูปที่** 8-8



รูปที่ 8-8 ระยะห่างในการติดตั้งหลักนำทางบริเวณทางขึ้นเนิน (FHWA, 2009)

8.3.4.4 บริเวณที่เปลี่ยนกายภาพถนน

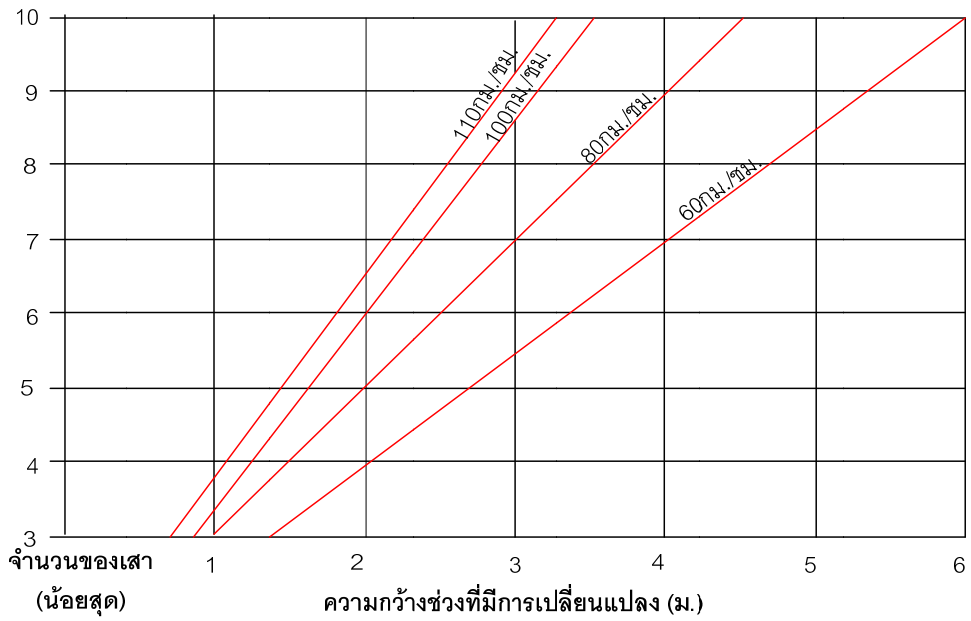
ควรมีการติดตั้งหลักนำทางในช่วงที่เปลี่ยนความกว้างของถนน โดยจำนวนและระยะห่างระหว่างหลักนำทางจะขึ้นอยู่กับช่วงความกว้างและความยาวที่มีการเปลี่ยนแปลงดัง**รูปที่** 8-9 และ**รูปที่** 8-10



ถนน 2 ช่องจราจรทางแคบ **ช่วงเปลี่ยนจาก 4 เป็น 2 ช่องจราจร**

โดยที่ W = ความกว้างด้านข้าง (ม.)
V = ความเร็ว (กม./ชม.)

รูปที่ 8-9 การติดตั้งหลักนำทางบริเวณช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน (RTA, 2010)



รูปที่ 8-10 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวถนนช่วงที่เปลี่ยนกายภาพกับจำนวนหลักนำทางที่น้อยสุด

(RTA, 2010)

8.3.4.5 บริเวณที่มีวัตถุข้างทางที่มีความยาวไม่เกิน 5 เมตร

- บริเวณที่มีท่อระบายน้ำข้างทาง ให้ติดตั้งหลักนำทางจำนวน 2 ต้น โดยแต่ละต้นจะติดตั้งใกล้กับปากท่อระบายน้ำมากที่สุด
- บริเวณที่มีท่อคอนกรีตเสริมเหล็กแบบท่อเดี่ยว (Single Cell Box Culvert) ให้ติดตั้งหลักนำทาง 1 ต้น เพื่อเป็นการเตือนให้ผู้ขับขี่ทราบถึงตำแหน่งวัตถุอันตรายข้างทางดัง**รูปที่** 8-11



รูปที่ 8-11 การติดตั้งหลักนำทางเพื่อระบุตำแหน่งวัตถุอันตรายข้างทาง (DIER, 2011)

8.4 ข้อจำกัดในการติดตั้งหลักนำทาง

ในปัจจุบัน พบข้อจำกัดในการติดตั้งหลักนำทาง ที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน รายละเอียดดัง**ตารางที่** 8-2

ตารางที่ 8-2 **ข้อจำกัดและแนวทางแก้ไขในการติดตั้งหลักนำทาง**

ข้อจำกัด	แนวทางแก้ไข
1) ข้อจำกัดด้านการติดตั้งในบริเวณใกล้ทางเชื่อมเข้า-ออกหมู่บ้าน	หากจำเป็นต้องมีการรื้อย้ายหรือเปลี่ยนตำแหน่ง ควรได้รับอนุญาตจากวิศวกรผู้ควบคุมงานหรือผู้บังคับบัญชาก่อน
2) การฝังฐานรากของหลักนำทาง เช่น บริเวณติดตั้งเป็นพื้นที่เขาหรือพื้นทางเป็นชั้นหิน	ควรจัดหาเครื่องมือขุดเจาะที่เหมาะสมกับสภาพการปฏิบัติงานจริง

อย่างไรก็ตาม การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจะขึ้นกับปัจจัยหลายด้าน เช่น การพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ติดตั้ง การรับฟังข้อคิดเห็นและคำแนะนำจากประชาชน อย่างไรก็ตาม ก่อนที่จะดำเนินการแก้ไขต้องได้รับการพิจารณาถึงความเหมาะสมจากวิศวกรและได้รับการอนุญาตจากหน่วยงานในสังกัด

8.5 การซ่อมแซมและบำรุงรักษาหลักนำทาง

การตรวจสอบและบำรุงรักษาหลังการติดตั้งหลักนำทาง ผู้รับจ้างจะต้องรับประกันคุณภาพหลักนำทางและอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งอื่นๆ ในระยะเวลา 24 เดือน นับตั้งแต่วันที่คณะกรรมการตรวจรับงานได้ตรวจรับแล้ว หากพบการเสื่อมคุณภาพลงในระยะประกันคุณภาพงานติดตั้ง ผู้รับจ้างจะต้องเปลี่ยนหรือซ่อมเพื่อให้กลับมาพร้อมใช้งานตามกำหนดเวลาที่ได้แจ้งไว้กับแขวงการทางฯ

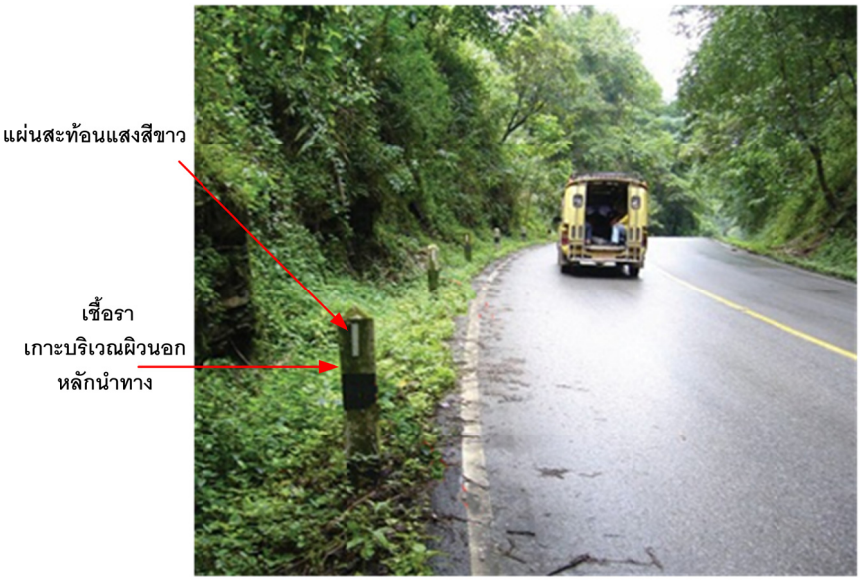
หากสิ้นสุดระยะรับประกันคุณภาพงาน จะมีแนวทางปฏิบัติในการตรวจสอบและบำรุงรักษา คือ หมวดการทางจะเป็นผู้ดูแลในสายทางที่รับผิดชอบ โดยจะต้องมีการตรวจสอบความเสียหาย หากพบว่ามีความเสียหายเกิดขึ้น หมวดการทางต้องดำเนินการซ่อมแซมให้กลับมาอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน แต่ในกรณีไม่สามารถซ่อมแซมหรือจัดหาอุปกรณ์ใหม่มาทดแทนได้ ให้แจ้งเรื่องไปยังแขวงการทาง

สำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพการสะท้อนแสงในช่วงเวลากลางคืนดัง**รูปที่** 8-12 แขวงการทางและ/หรือหมวดการทางควรมีการตรวจสอบในสายทางที่รับผิดชอบอย่างสม่ำเสมอ หากพบการเสื่อมสภาพการสะท้อนแสง ควรดำเนินการทาสีใหม่



รูปที่ 8-12 **การสะท้อนแสงหลักนำทาง** (กรมทางหลวง, 2554e)

การบำรุงรักษาหลักนำทาง เช่น การทำความสะอาด ทาสี ควรปฏิบัติอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง สำหรับบางพื้นที่ติดตั้งที่มีปริมาณความชื้นสูงจนทำให้เกิดวัชพืชหรือเชื้อราปกคลุมผิวนอกของหลักนำทางบ่อยครั้งดัง**รูปที่** 8-13 ควรบำรุงรักษาด้วยการล้างทำความสะอาด จากนั้นให้ทาสีหลักนำทางและเปลี่ยนแผ่นสะท้อนแสงสีขาวหากพบว่าเสื่อมสภาพ



รูปที่ 8-13 วัชพืช รา ปกคลุมผิวนอกของหลักนำทาง (กรมทางหลวง, 2554e)

ในพื้นที่ที่มีปริมาณความชื้นสูงจะแนะนำให้ใช้หลักนำทางชนิดเปลือกนอกผลิตจากวัสดุเซรามิคดัง**รูปที่ 8-14** เพื่อลดปัญหาเชื้อราปกคลุมและลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา



รูปที่ 8-14 หลักนำทางชนิดเปลือกนอกเป็นเซรามิค (กรมทางหลวง, 2554e)

เอกสารอ้างอิง

AASHTO (2003), “Roadside Design Guide”, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C.

AASHTO (2006), Roadside Design Guide. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington, DC.

AASHTO (2009), Guide for Selecting Location and Designing Traffic Barriers, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

AASHTO (2009), “Standard Specifications for Structural Supports for Highway Signs, Luminaires, and Traffic Signals”, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C.

Alberta Infrastructure and Transportation (2007), Roadside Design Practices for Alberta - An Update on Barriers, Guardrail, Clear Zone, etc., Alberta Canada

Arkansas Department of Economic Development (2003), “Conventional Vs LED Traffic Signals; Operational Characteristics and Economic Feasibility

Austroads (2009) “Guide to Traffic Management, Part 10: Traffic Control and Communication Devices”

British Standards Institution (1987), “Code of Practice for Lighting for Single –Level Road Junctions Including Roundabout.

CEN (2000) Road restraint systems - Part 3: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for crash cushions, Comite Europeen De Normalisation (CEN) or European Committee for Standardization.

Department of transportation Minnesota, “Roadway Lighting Design Manual”, May 2006

Development of Infrastructure Energy and Resources (2007), Road Safety Barriers Design Guide Part A

DMR QLD (2000), Road Planning and Design Manual, Sections 8.1, Department of Main Roads, Queensland, Brisbane, Australia

European Standard EN 1317 (1998), Road restraint systems by European Committee for Standardization

FHWA (2003), “Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways; Part 14 Traffic Signals”, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

FHWA (2009) “Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways”, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

FHWA (2010), “Maintenance of Signs and Sign Supports”, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

Hutchinson, J.W. and Kennedy, T.W. (1996), Medians of Divided Highways - Frequency and Nature of Vehicle Encroachments, Engineering Experiment Station Bulletin 487, University of Illinois

IESNA (2000), ANSI / IESNA RP-8-00 American National Standard Practice for Roadway Lighting

IESNA (2001), “The IESNA Lighting Handbook Reference & Application”, Illuminating Engineering Society of North America, New York

Illinois Bureau of Design and Environment Manual (2010), “Chapter fifty-six, Highway Lighting”

Illinois Department of Transportation (2010), Bureau of Design & Environment Manual - 2010 Edition, Chapter 38, Roadside Safety

ITD (2008) Guidelines for Crash Cushions & Barrier End Treatments, Idaho Transportation Department.

JICA (1990), “The Study on Traffic Operation Plan for Roads in the Kingdom of Thailand”, Japan International Cooperation Agency, Department of Highway,

Main Roads (2007), Assessment of Roadside Hazards, Road and Traffic Engineering Technology and Environment Directorate

Maryland Department of Transportation (2006), Guidelines for Traffic Barrier Placement and End Treatment Design

Minnesota Department of Transportation (2001), Road Design Manual

Montana Department of Transportation (2004), Road Design Manual, Chapter 14, Roadside Safety

NCHRP (2004) National Cooperative Highway Research Report 500: Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.

New Jersey Turnpike Authority (NJTA) (2007), Guide Rail/Median Barrier/Attenuator Design Manual (revised 2010)

ODOT (2009) Standard Guidelines for Product Review: Impact Attenuator, Oregon Department of Transportation.

ODOT (2011) Standard Guidelines for Product Review: Impact Attenuator Attribute Checklist, Oregon Department of Transportation.

Powers, R.D., Hall, J.W., Hall, L.E., Turner, D.S. (2007), The "Forgiving Roadside" Design of Roadside Elements. Transportation Research Board. 13:1 – 13:7

RISER (2006), Roadside Infrastructure for Safer European Roads: Summary of European Design Guidelines for Roadside Infrastructure.

Roads and Maritime Services (2011) "Delineation, Guide Posts, and Delineation of Safety Barriers, Section 16", New South Wales Government.

Ross, H.E., Sicking, D.L., Zimmer, R.A., and Michie, J.D. (1993) National Cooperative Highway Research Program Report 350: Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features, Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C.

TRB (2004) Transportation Research Board State of the Art Report 9: Utilities and Roadside Safety, Transportation Research Board, the National Academic, Washington D.C.

UDOT (2012), Guidelines for Crash Cushions & Barrier End Treatments, Utah Department of Transportation.

USDA (2003), "Sign Installation Field Guide", U.S. Department of Agriculture

Wisconsin Department of Transportation (2009), Facilities Development Manual

WSDOT (2011) "Impact Attenuator System Selection", Washington State Department of Transportation.

Zegeer, Charles V., and Martin R. Parker, Jr. (1984) "Effect of Traffic and Roadway Features on Utility Pole Accidents." Transportation Research Record 970, Transportation Research Board. pp. 65–76.

กรมทางหลวง (2522), "ข้อกำหนดและมาตรฐานทั่วไป งานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง"

กรมทางหลวง (2523), "ข้อกำหนดและมาตรฐานทั่วไป งานติดตั้งไฟสัญญาณจราจรและไฟกะพริบบนทางหลวง"

กรมทางหลวง (2531), "คู่มือ เครื่องหมายควบคุมการจราจร ภาค 1"

กรมทางหลวง (2533), "คู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจร ภาค 2"

กรมทางหลวง (2537), "แบบมาตรฐานงานก่อสร้างทาง"

กรมทางหลวง (2539), คู่มือการออกแบบทาง หลักสูตรที่ 1 เล่มที่ 2 ฝ่ายฝึกอบรมด้านโยธา กองฝึกอบรม

กรมทางหลวง (2552), แบบแนะนำการปลูกต้นไม้ในเขตทางหลวง สำนักสำรวจและออกแบบ

กรมทางหลวง (2552), "คู่มือการติดตั้งป้ายจราจรบริเวณทางแยก"

กรมทางหลวง (2554a), "ข้อกำหนดและมาตรฐานทั่วไป งานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง"

กรมทางหลวง (2554b), "คู่มือและมาตรฐานสัญญาณไฟจราจร"

กรมทางหลวง (2554c), "คู่มือและมาตรฐานป้ายจราจร เล่มที่ 1"

กรมทางหลวง (2554d), "คู่มือการใช้อุปกรณ์ควบคุมการจราจรบริเวณทางโค้ง เล่มที่ 5"

กรมทางหลวง (2554e), "วารสารทางหลวง ปีที่ 48 ฉบับที่ 1 มกราคม – กุมภาพันธ์"

กรมทางหลวง (2554f), คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางและเครื่องหมายนำทาง กรมทางหลวง

กรมทางหลวง (2555) ข้อกำหนดและรูปแบบการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง

กรมทางหลวง, “คู่มือความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ งานติดตั้งไฟสัญญาณจราจรตามรูปแบบและ Special Provision ที่ปรับปรุงใหม่”
กรมทางหลวงชนบท (2551), “คู่มือและมาตรฐานอุปกรณ์และระบบอำนวยความปลอดภัยบนทางหลวงชนบท เล่มที่ 2”
กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2547), “หลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับ SMEs”
ทัศนีย์ สุวรรณมงคล, “บทความวิชาการ การควบคุมคุณภาพวัสดุอำนวยความปลอดภัย”
พินิจ แก้วมาคุณ, “คู่มือการออกแบบด้านข้างทาง กรมทางหลวง” สำนักทางหลวงที่ 4 (พิษณุโลก)
พลเทพ เลิศวรวนิช (2553), “การออกแบบสัญญาณไฟจราจรบนทางหลวง, รายงานฉบับที่ วพ .283 สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
สนข. (2547), “คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3”, สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร
สนข. (2548), “โครงการศึกษาการจัดทำระบบมาตรฐานความปลอดภัยด้านการจราจรและขนส่ง ระยะที่ 2 ภาคที่ 1 เล่มที่ 2”, สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร
สภาวิศวกร, “แนวทางการปฏิบัติด้านประสิทธิผลทางพลังงานของโคมไฟถนน สำหรับการจราจรด้วยรถยนต์ (ฉบับร่าง)
สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (Illuminating Engineering Association of Thailand)
สมบูรณ์ เทียนธรรมชาติ (2544), “หัวข้อวิจัย เรื่อง การศึกษาการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวงในประเทศไทย”

สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง
ถนนศรีอยุธยา แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
http://bhs.doh.go.th