บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

ความเข้าใจพื้นฐานในสมรรถนะของยวดยานเป็นสิ่งจำเป็นที่นำมาใช้ในการออกแบบแนวเส้นทางเชิงเรขาคณิตของถนน การออกแบบแนวทางเชิงเรขาคณิตจะต้องกำหนดองค์ประกอบการออกแบบจำเพาะต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจรแบบความกว้างของเกาะกลางถนน ความยาวของช่องเร่งความเร็วและชะลอความเร็วจำนวนช่องไต่เนินของรถบรรทุกบนลาดชัน และรัศมีเลี้ยวโค้ง สำหรับองค์ประกอบในการออกแบบถนนดังกล่าวคุณสมบัติในการปฏิบัติงานของยวดยาน จะมีบทบาทอย่างมาก อาทิเช่น สมรรถนะในการเร่งและชะลอความเร็วของยวดยานมีผลกระทบโดยตรงต่อช่องความเร็ว และชะลอความเร็วซึ่งต้องการความยาวที่ทำให้เกิดความปลอดภัยและการไหลจราจรอย่างเป็นระเบียบ การกำหนดช่องไต่เนินของรถบรรทุกทางลาดชันกับจำนวนช่องจราจรที่ต้องการเนื่องจากระยะห่างระหว่างยวดยานสัมพันธ์โดยตรงกับสมรรถนะของยวดยาน ขนาดของยวดยานมีผลต่อองค์ประกอบที่ใช้ในการออกแบบ เช่น รัศมีการเลี้ยวโค้ง ความสูงลอดใต้สิ่งกีดขวางความกว้างช่องจราจรเป็นต้น

2.1 ประเภทถนน ส่วนใหญ่แบ่งเป็น 3 ประเภทหลักดังนี้

2.1.1 ถนนสายประธาน (Primary distributors) หมายถึง ระบบที่มีเส้นทางหลายเส้นทางต่อเนื่องกันตลอดเมือง และใช้เป็นถนนที่ช่วยให้การจราจรเคลื่อนที่ผ่านอย่างสะดวกและปลอดภัย ซึ่ง แบ่งย่อยออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่มีการควบคุมการเข้าถึง (Control of access) และประเภทที่ไม่มีการควบคุมการเข้าถึง การควบคุมการเข้าถึงหมายถึงข้อกำหนดในการควบคุมสิทธิของผู้คนที่จะเข้าออกเส้นทางอย่างเต็มที่หรือเพียงบางส่วนซึ่งบังคับโดยหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ถนนอีกประเภทหนึ่งของประเภทคือถนนสายหลักใหญ่ (Major arterials) ซึ่งอาจเป็นถนนที่มีการแบ่งแยกทิศทางจราจร (Divided roads) ออกจากกันโดยเด็ดขาดหรือไม่มีการแบ่งแยกก็ได้ บริเวณทางแยกโดยทั่วไป มักเป็นทางแยกที่มีถนนตัดกันในระดับเดียวกัน และมักมีเส้นทางเข้าถึงพื้นที่ข้างเคียงได้โดยตรงตามสภาพการควบคุมทางเข้าออกและคันของถนนที่ใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาทั้งการออกแบบเชิงเรขาคณิต และการควบคุมการจราจรเพื่อให้สามารถรองรับการจราจรที่ผ่านตลอดได้ให้สะดวกและปลอดภัยได้ด้วยความเร็วขนาด 30-65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดระหว่างทางด่วนกับถนนสายหลักใหญ่ก็คือระยะทางระหว่างทางตัดผ่านจากทางเชื่อมต่างๆ ทางด่วนจะมีทางเชื่อมได้เพียงเล็กน้อยถ้าจำเป็น ทางแยกไม่มีโดยเด็ดขาดยกเว้นกรณีทางแยกเลี้ยวซ้ายเท่านั้นทางสายสำคัญที่ผ่านทางด่วนจะต้องเป็นทางต่างระดับ

2.1.2 ถนนสายรองประธาน (Secondary Distributors) ถนนระบบนี้จะหมายรวมถึงถนนทั้งหมดที่เป็นตัวกระจายที่เป็นตัวรวบรวมการจราจรซึ่งถนนเหล่านี้รองรับปริมาณจราจรที่มาใช้บริการระหว่างถนนสายประธานกับถนนท้องถิ่น บางครั้งอาจหมายรวมถึงถนนในเมือง (Streets) ที่จัดเตรียมไว้สำหรับการจราจรผ่านตลอดภายในพื้นที่และสำหรับการเข้าถึงเขตต่อระหว่าง (Abutting properties) ซึ่งเป็นเขตระวางที่ดินข้างเคียง

2.1.3 ถนนเข้าถึงท้องถิ่น (Local Access Roads) ถนนระบบนี้หมายถึงถนนในเมืองที่ส่วนใหญ่ใช้สำหรับการเข้าถึงเขตที่อยู่อาศัย ย่านพาณิชย์ ย่านอุตสาหกรรม และอสังหาริมทรัพย์อื่น ๆ ถนนระบบนี้จะช่วยให้การจราจรเข้าถึงเขตต่อระวางและเชื่อมต่อถนนในเมืองสายอื่น ๆ ที่เป็นตัวรวบรวมการจราจรต่าง ๆ ไว้ ถนนระบบนี้ไม่ได้เน้นสำหรับจราจรผ่านตลอด

ตารางที่ 2.1 ข้อแนะนำความเร็วที่ใช้ในการออกแบบสำหรับถนนในแต่ละประเภท

ประเภทถนน	ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ(กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ในเมือง	นอกเมือง
ถนนสายประธาน		
- ทางด่วน	80-97	91-113
- ถนนสายหลักใหญ่	65-97	80-113
ถนนสายรองประธาน	48	32-97
ถนนเข้าถึงท้องถิ่น	32-48	32-80

ที่มา : วัชรินทร์ วิทยกุล

2.2 การออกแบบถนน จะต้องพิจารณาถึงเกณฑ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.2.1 ความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรตามที่ออกแบบ และเหมาะสมกับรถยนต์ชนิดต่างๆ ตอลดจนสามารถรองรับความเร็วที่ออกแบบ

2.2.2 การให้ความปลอดภัยและก่อให้เกิดความมั่นใจแก่ผู้ขับรถ ในเรื่องการในถนน

2.2.3 ไม่ควรให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันของการวางแนวถนน ทางโค้งทางราบและความชันตลอดจนระยะสายตา

2.2.4 ออกแบบถนนให้สมบูรณ์ มีสิ่งอำนวยความสะดวก อีกทั้งระบบควบคุมการสัญจรต่างๆ ที่จำเป็นเช่น ป้าย สัญญาณไฟ ฯลฯ

2.2.5 ควรคำนึงถึงความประหยัดในการก่อสร้างตลอดจนการบำรุงรักษา

2.2.6 ความสวยงามเพื่อก่อให้เกิดความพอใจของผู้ใช้ถนนและผู้อาศัยบริเวณใกล้เคียง

2.2.7 ควรมีประโยชน์ต่อสังคมและชุมชน

2.2.8 มลภาวะที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมทั่วไป

2.3 ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน แบ่งแยกออกได้เป็น

2.3.1 ศึกษานโยบายและข้อมูลที่เกี่ยวกับสายทางนั้นพร้อมกับการวางแผนและการเตรียมงานสำรวจดังนี้

2.3.1.1 มีความประสงค์จะสร้างทางจากที่ใดไปที่ใด

2.3.1.2 มีจุดบังคับที่ใดบ้าง คือจุดออก จุดผ่าน และจุดบรรจบ

2.3.1.3 จะสร้างเป็นทางชั้นใด มีมาตรฐานอย่างไร

2.3.1.4 ทำงานเสร็จเพื่องานอะไร เช่น เพื่อก่อสร้างใหม่ บูรณะหรือเพียงแต่ทำแผนที่แนวทาง

2.3.1.5 ศึกษาแนวทางจากแผนที่หลัก (Base Map) หรือภาพถ่ายทางอากาศในบริเวณที่จะสำรวจแนวทางที่ผ่านไป

2.3.1.6 กำหนดเวลาเตรียมงาน พนักงาน คนงานและเครื่องมือ

2.3.1.7 จัดเตรียมแบบแปลนและรูปตัดตามยาว (Plan and Profile) ที่จะต่องานและจุดบรรจบพร้อมทั้งค่าหมุดหลักฐาน (Bench Mark; B.M.) ที่จะใช้ในการปฏิบัติงานสำรวจทาง

2.3.2 การเตรียมงานและเครื่องมือเครื่องใช้ในการสำรวจทาง

2.3.2.1 ก่อนออกปฏิบัติงานสำรวจทางจะต้องเตรียมเครื่องมือเครื่องใช้ให้พร้อมที่จะปฏิบัติงานได้ทันที โดยไม่ขาดตกบกพร่อง

2.3.2.2 เตรียมแบบฟอร์มรายงาน เครื่องเขียนและแบบพิมพ์ต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการสำรวจทางให้ครบถ้วนและเพียงพอ

2.3.3 การสำรวจขั้นต้น

2.3.3.1 ในกรณีที่มีทางเดินอยู่แล้วทำให้การตรวจสอบแนวทางทั้งทางแนวทางราบและแนวทางดิ่ง ลักษณะทางภูมิประเทศ พร้อมทั้งข้อมูลต่างๆ เพื่อประกอบการพิจารณาในการสำรวจขั้นต่อไป

2.3.3.2 ในกรณีที่เป็นแนวทางใหม่ต้องกำหนดแนวทางลงในแผนที่หลักหรือในภาพถ่ายทางอากาศก่อนแล้วทำการตรวจสอบและศึกษาแนวทางที่กำหนดไว้ในสนามด้วย บางครั้งอาจต้องทำการสำรวจแผนที่อย่างคร่าว ๆ โดยใช้เครื่องมือ เช่น เข็มทิศ บารอมิเตอร์ ตลับเทปวัดระยะ เป็นต้น และพยายามพิจารณาเลือกจุดเส้นความชันความสูงไว้เพื่อให้ได้แนวทางที่เหมาะสม โดย

หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม เช่น บริเวณที่ลุ่ม บริเวณที่จะก่อให้เกิดการเคลื่อนตัวหรือลื่นไถล เป็นต้น

2.3.4 การสำรวจขั้นพื้นฐาน

2.3.4.1 ในกรณีที่เป็นแนวเดิมมีถนนอยู่แล้วให้หาแนวทางเดิมโดยการเล็งหลักแดนด้วยตาเปล่า ถ้าจำเป็นต้องแก้แนวทางเป็นระยะยาวๆ และมองไม่เห็นภาพเพียงพอ ให้ทำวงรอบและนำมาพล็อตพิจารณาขีดแนวหลายๆ แนวโดยเลือกเอาแนวที่เหมาะสมที่สุด ไว้ใช้สำหรับวางแนวทางต่อไป

2.3.4.2 ในกรณีที่เป็นแนวใหม่ ถ้าไม่มีแนวประเมินกำหนดไว้ในแผนที่หลักหรือในแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

2.3.4.2.1 การสำรวจทำวงรอบ วัดมุม วัดระยะ สำรวจ รายละเอียดจากแนวรอบให้ได้รายละเอียดเพียงพอแก่ความต้องการ

2.3.4.2.2 พล็อดงานวงรอบ พร้อมกับรายลเอียด

2.3.4.2.3 ขีดแนวเส้นทางหลายๆ แนวเลือกเส้นที่พิจารณาโดยถี่ถ้วนว่าเหมาะสมที่สุดเพื่อการสำรวจแนวทางต่อไป

2.3.5 การสำรวจแนวทาง การสำรวจวางแนวเป็นการสำรวจขั้นสุดท้ายตามแนวทางที่ได้พิจารณาว่าเหมาะสมที่สุดแล้ว การสำรวจในขั้นนี้แบ่งงานออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

2.3.5.1 การวางแนวศูนย์กลางแนวทาง พร้อมวางโค้ง

2.3.5.2 การวัดระยะ

2.3.5.3 การวางหมุดพยาน

2.3.5.4 การทำหมุดหลักฐานระดับ

2.3.5.5 การหารูปตัดตามความยาว

2.3.5.6 การหารูปตัดตามขวาง

2.3.5.7 การสำรวจรายละเอียดสองข้างทางถนน

2.3.5.8 การสำรวจรายละเอียดช่องน้ำ

2.3.5.9 การเขียนแผนที่ต่างๆ

2.4 การออกแบบทางเรขาคณิต (Geometric Design)

การออกแบบทางเรขาคณิตหมายถึงการออกแบบทางด้านรูปร่างทรวดทรงที่ปรากฏแก่สายตาของถนนต่างๆ เป็นการออกแบบแนวทางที่ประกอบด้วยแนวในทางราบ (Horizontal Alignment) และในทางดิ่ง (Vertical Alignment) ซึ่งมีผลต่อการปฏิบัติงานความปลอดภัยและความจุของถนน วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบเชิงเรขาคณิตเพื่อให้ระบบขนส่งทางถนนมีความปลอดภัย ประหยัด และมีประสิทธิภาพสอดคล้องตามสภาพ ปริมาณ ความเร็ว ความหนาแน่น ของจราจรตลอดจนลักษณะต่างๆ ของยวดยานและผู้ขับขี่

การกำหนดแนวเส้นทางและการออกแบบด้านเรขาคณิต สำหรับทางหลวงจะต้องพิจารณาถึงความโค้ง (Curvature) เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (Percent Grade) ความเร็วการออกแบบ (Design Speed) การระบายน้ำ (Drainage) สภาพดิน (Soil Condition) ความปลอดภัย (Safety) ระยะการมองเห็นที่ปลอดภัย (Safe Sight Distance) ความกว้างของถนนเครื่องป้องกันข้างถนน (Roadside Safeguards) ฯลฯ

ในการออกแบบด้านเรขาคณิตขั้นแรกจะต้องกำหนดความเร็วออกแบบเปอร์เซ็นต์ ความลาดชันของถนน ปริมาณจำนวนยวดยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ศึกษาลักษณะพื้นที่ที่ทำการก่อสร้างและงบประมาณในการก่อสร้าง โดยที่ความเร็วออกแบบและเปอร์เซ็นต์ความลาดชันจะเป็นหลักเบื้องต้นในการตั้งมาตรฐานขั้นต่ำ สำหรับการออกแบบแนวราบและในแนวทางดิ่ง จากนั้นผู้ออกแบบจะใช้วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) หาค่าที่เหมาะสมตามมาตรฐานลงในแปลนและรูปตัดตามยาวของทางหลวงที่ต้องการออกแบบ ขณะเดียวกันผู้ออกแบบจะต้องกำหนดรายละเอียดทางด้านเรขาคณิตของทางแยกทางร่วม (Intersection) หรือชุมทางต่างระดับ (Interchange) ฯลฯ และขั้นสุดท้ายจะต้องคำนึงถึงสัญญาณต่างๆ ป้ายจราจรและการควบคุมระบบจราจรตลอดถึงระบบระบายน้ำซึ่งจะต้องทำการออกแบบควบคู่กันไปกับการออกแบบทางด้านเรขาคณิต

การออกแบบถนนที่ดีจะต้องคำนึงถึงหลักสำคัญ 3 ประการ คือ ประการแรก ความปลอดภัย (Safety) จะต้องคำนึงถึงเป็นประการแรก ทุกๆ ส่วนของถนนจะต้องให้ความปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่ยานพาหนะให้มากที่สุด การลดมาตรฐานการออกแบบเพื่อเหตุผลอื่นเป็นสิ่งที่ไม่ควรกระทำอย่างยิ่งเพราะจะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่ยานพาหนะ ประการที่สองประสิทธิภาพ (Efficiency) ถนนที่ดีจะต้องมีประสิทธิภาพ ให้ความสะดวกสบายและปลอดภัยกับผู้ขับขี่ยานพาหนะ ประการสุดท้าย ประหยัด (Economic) การออกแบบจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยด้วย ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่าจะสร้างถนนให้ราคาถูกที่สุดและดีที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ การประหยัดในที่นี้หมายถึง ได้ผลคุ้มค่ากับการลงทุน โดยมีอัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับกับราคาค่าลงทุนสูงด้วย

2.5 ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ

ความเร็วสูงสุดที่ปลอดภัย จะต้องกำหนดให้มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ ชนิดของผิวทางปริมาณจราจรและระยะมองเห็นได้ไกลสุดที่ผู้ขับขี่จะแซงหรือหยุดรถได้อย่างปลอดภัย

การเลือกความเร็วที่ใช้ออกแบบที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง เพราะการเลือกนี้จะไปกำหนดลักษณะของโค้งระยะที่มองเห็น (Sight Distance) และลักษณะด้านเรขาคณิต สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการออกแบบกับเปอร์เซ็นต์ความลาดชันสูงสุด (Maximum Grades) ของทางหลวงแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความลาดชันที่ความเร็วออกแบบต่างๆ กัน

ลักษณะภูมิประเทศ	ความเร็วที่ใช้ออกแบบ (km/hr)							
	30	40	50	60	65	70	75	80
ทางราบ	6	5	4	3	3	3	3	3
ทางเนิน	7	6	5	4	4	4	4	4
ทางเขา	9	8	7	6	6	5	-	-

ที่มา : เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2540

2.6 ความจุของทาง

ความจุของทาง (Highway Capacity) เป็นความสามารถของทางหลวงที่จะรับผิดชอบปริมาณการจราจรสูงสุดได้ใน 1 ชั่วโมง ตามสภาพทางและการจราจรปกติ ความจุของทางหลวงแสดงในตารางที่ 2.3 ความสามารถของทางหลวงเมื่ออยู่ในสภาพสมบูรณ์จะต้องมีสมบัติตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้คือ

2.6.1 มีอย่างน้อย 2 ช่องจราจรที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน

2.6.1 รถทุกคันจะต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ด้วยอัตราเร็ว 45-65 กิโลเมตร/ชั่วโมง

2.6.2 ยานพาหนะมีรถยนต์นั่งแต่เพียงอย่างเดียว

2.6.3 ความกว้างของไหล่ทางและความสูงของช่องลอดใต้สะพานต้องเพียงพอที่จะไม่เป็นอุปสรรคสำหรับระยะการมองเห็นที่จะแซงได้อย่างปลอดภัย

2.6.4 ความลาดชันถูกต้องตามมาตรฐาน ไม่มีทางแยกหรือคนข้ามถนนตัดผ่าน อันจะก่อให้เกิดการกีดขวางการจราจร

ตารางที่ 2.3 ความจุทางหลวงในสภาพสมบูรณ์

ชนิดของทาง	จำนวนรถโดยสาร(คัน/ชั่วโมง)
ถนนหลายช่องจราจร	2,000 (ต่อหนึ่งช่องจราจร)
ถนน 2 ช่องจราจร 2 ทิศทาง	2,000 (ทั้ง 2 ทิศทาง)
ถนน 3 ช่องจราจร 2 ทิศทาง	4,000 (ทั้ง 2 ทิศทาง)

ที่มา : เผ่าพงศ์ นิจจันทร์ศรี , 2540

2.7 ความหนาแน่น

ความหนาแน่น (Density) หมายถึงจำนวนยวดยานที่ครอบครองพื้นที่ถนนในช่วงหน่วยความยาวตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยปกติจะแสดงในหน่วยจำนวนยวดยานต่อระยะทางเช่น คันต่อกิโลเมตร เป็นต้น

2.8 ระยะมองเห็น

ระยะมองเห็น (Sight Distance) เป็นระยะทางเบื้องหน้าที่ผู้ขับรถสามารถมองเห็นได้ไกลสุดเพื่อการตัดสินใจกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น หยุดรถเมื่อมีสิ่งกีดขวาง ตัดสินใจแซงผ่านรถคันหน้า ชะลอเมื่อถึงทางแยก ฯลฯ

2.9 ระยะหยุดรถที่ปลอดภัย

ระยะหยุดรถที่ปลอดภัย (Sight Stopping Distance) เป็นระยะทางที่รถวิ่งด้วยความเร็วสูง สุดและสามารถที่จะหยุดรถได้ทันทีอย่างปลอดภัย โดยที่ไม่ชนกับสิ่งกีดขวางที่อยู่ข้างหน้า ประกอบด้วย 2 ระยะทางคือ

2.9.1 ระยะตัดสินใจ (Perception and Reaction Distance) เป็นระยะทางที่คนขับรถตัดสินใจคูณกับความเร็วขณะที่เริ่มเหยียบเบรก

2.9.2 ระยะหยุดรถ(Breaking Distance) เป็นระยะทางที่คนขับรถเริ่มเยียบเบรกจนกระทั่งหยุดรถมี 2 ระยะคือ

2.9.2.1 ระยะหยุดรถในทางราบ

2.9.2.2 ระยะหยุดรถในทางลาดชัน

2.10 ระยะแซงที่ปลอดภัย

ระยะแซงที่ปลอดภัย(Passing Sight Distance) เป็นระยะทางที่ผู้ขับรถเร่งความเร็วเพื่อแซงรถคันหน้าบนถนนซึ่งมีรถแล่นสวนทางมาและสามารถที่จะนำรถกลับเข้าไปในช่องทางเดิมได้อย่างปลอดภัย ในการหาระยะสั้นสุดสำหรับการแซงเพื่อใช้ในการออกแบบ จะต้องมีลักษณะดังนี้

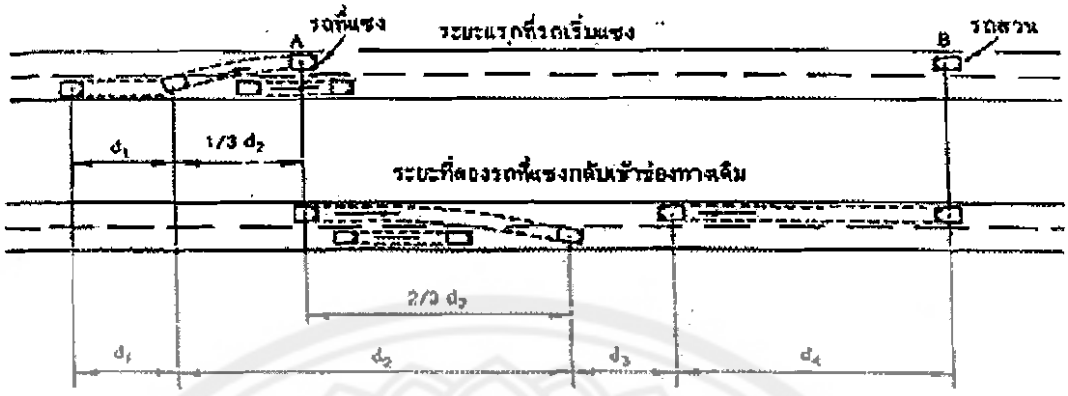
2.10.1 รถคันที่ถูกแซงจะต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ

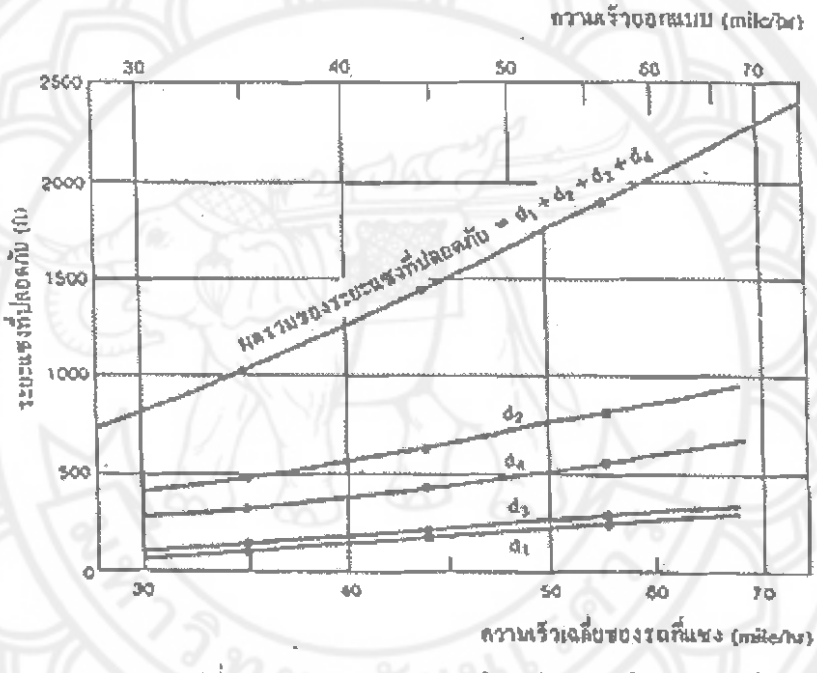
2.10.2 รถคันที่แซงจะต้องลดความเร็วลงแต่แล่นตามหลังรถคันที่ถูกแซง โดยจะแซงเมื่อมีจังหวะแซง

2.10.3 เมื่อเห็นระยะทางข้างหน้ามีระยะห่างจากรถคันที่สวนมาเป็นระยะที่จะแซงได้จึงรีบแซง

2.10.4 ขณะที่กำลังแซงรถคันที่แซงจะต้องมีความเร็วมากกว่ารถคันที่ถูกแซงอย่างน้อย 10 ไมล์ต่อชั่วโมง

2.10.5 เมื่อแซงแล้วจะกลับเข้าช่องทางเดิมจะต้องมีระยะห่างจากรถคันที่สวนมาเพียงพออย่างปลอดภัย





รูปที่ 2.1 แสดงระยะแซงรถโดยปลอกภัยในถนน 2 ช่องจราจร

ระยะทางต่างๆ สำหรับการแซงรถดังรูปที่ 2.1 มีดังนี้

d_1 = ระยะทางอยู่ในระหว่างเวลาตัดสินใจแล้วจึงเริ่มแซง(ฟุต)

= $1.47t_1 (V\text{-}m + at_1/2)$

d_2= ระยะทางที่เริ่มแซงจนกลับเข้ามาอยู่ในช่องทางเดิม (ฟุต)

= $1.47\ V\ t_2$

d_3 = ระยะทางระหว่างรถที่แซงกลับเข้าอยู่ในช่องทางเดิมห่างจากรถที่สวนมา (ฟุต)

d_4 = ระยะทางของรถที่สวนมาเคลื่อนที่นับตั้งแต่เริ่มแซงจนกระทั่งรถที่แซงกลับเข้ามาอยู่ในช่องทางเดิม (ฟุต)

= $(2/3)\ d_2$

ดารางที่ 2.4 ระยะแซงที่ปลอดภัยสำหรับทางหลวง 2 ช่องจราจร

กลุ่มความเร็ว(ไมล์ต่อชั่วโมง)	30-40	40-50	50-60	60-70
ความเร็วเฉลี่ยที่แซง(ไมล์ต่อชั่วโมง)	34.9	43.8	52.6	62.0
การตัดสินใจเริ่มแซง				
a = อัตราความเร่งเฉลี่ย (ไมล์/ชั่วโมง/วินาที)	1.4	1.43	1.47	1.5
t_1 = เวลา (วินาที)	3.6	4	4.3	4.5
d_1 = ระยะทางที่เคลื่อนที่ (ฟุต)	145	216	2879	366
ขณะที่แซงอยู่ช่องจราจรด้านขวา				
t_2 = เวลา (วินาที)	9.3	10	10.7	11.3
d_2 = ระยะทางที่เคลื่อนที่ (ฟุต)	477	644	827	1030
ระยะทางระหว่างรถที่แซงกลับมาอยู่ในช่องทางเดิม ห่างจากรถที่สวนมา				
d_3 = ระยะทางที่เคลื่อนที่ (ฟุต)	100	180	250	300
รถที่แล่นสวนมา				
d_4 = ระยะทางที่เคลื่อนที่ (ฟุต)	318	429	551	687
ผลรวมของระยะแซงที่ปลอดภัย				
$d_1 + d_2 + d_3 + d_4$ (ฟุต)	1040	1469	1917	2383

ที่มา : เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2540

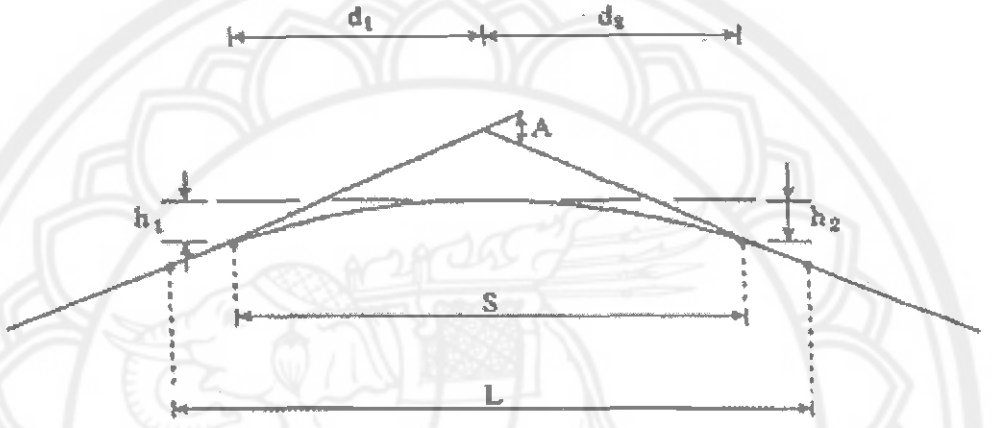
2.11 การวางแนวเส้นทางในแนวดิ่ง

แนวเส้นทางในแนวดิ่งประกอบด้วยชุดของเส้นตรงที่มีความลาดชันมาต่อเชื่อมกันด้วยโค้งแนวดิ่งรูปพาราโบลา ในการออกแบบแนวเส้นทางในแนวดิ่งนี้ผู้ออกแบบจะต้องพยายามรักษาปริมาณงานดินให้สิ้นเปลืองน้อยที่สุด และสอดคล้องกับระยะมองเห็นที่ปลอดภัยและข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เหมาะสม ในบริเวณทางขึ้นลงเนินเขาอาจต้องกำหนดให้สมดุลกันระหว่างดินตัดกับงานดินถมในกรณีพื้นที่ราบอาจกำหนดระดับแนวทางขนานกับระดับผิวดินเดิมแต่จะต้องยกให้สูงพอสำหรับการระบายน้ำ

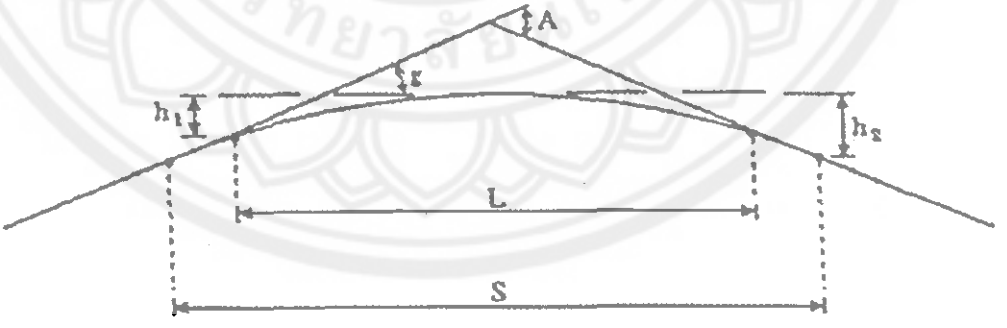
ความรวดเร็วของยวดยาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเร็วของรถบรรทุกจะได้รับอิทธิพลจากความลาดชันของถนนหรือความยาวของความลาดชันจะมีผลกระทบต่อความเร็วนั่นเอง ความลาดชันค่ามากถึงแม้จะสั้นกว่าความลาดชันค่าน้อยที่ยาวกว่าแต่ก็อาจให้ผลกระทบต่อความเร็วได้

เท่ากันอย่างไรก็ตามความลาดชันที่ยอมรับได้เมื่อปริมาณการจราจรเบาบางและการแซงผ่านสามารถกระทำได้ก็อาจใช้ไม่ได้ดีพอเมื่อประมาณการจราจรสูงขึ้นซึ่งลดโอกาสในการแซงผ่านได้

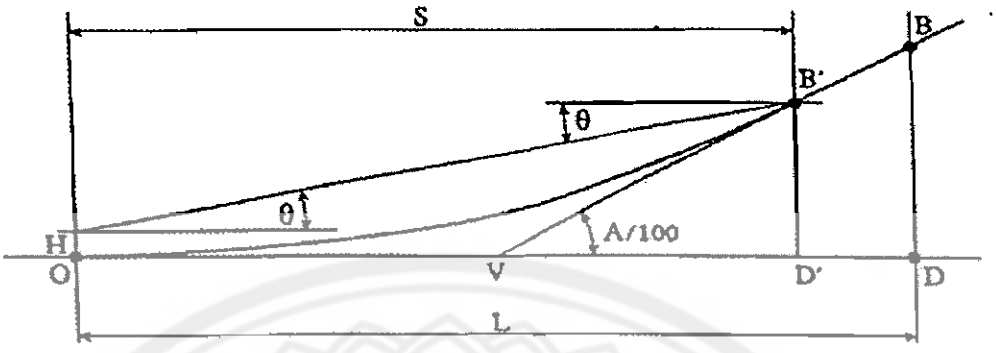
โดยทั่วไปแล้วการออกแบบโค้งแนวดิ่งมักนิยมใช้โค้งพาราโบลาแนะนำว่าความยาวโค้งจะต้องมากพอตามสภาพภูมิประเทศเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการขับขี่ซึ่งความยาวโค้งจะต้องมากกว่าค่าต่ำสุดของข้อกำหนดที่ระบุไว้เช่น กรณีของโค้งแนวตั้งที่คว่ำลงเป็นรูปเนินเขา ค่าความยาวต่ำสุดกำหนดจากระยะมองเห็นที่ปลอดภัย และความสบายในการขับขี่ เป็นต้น



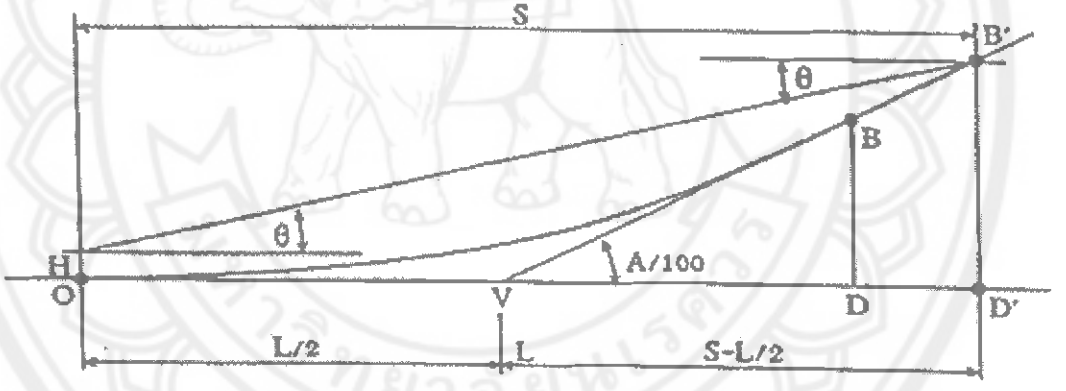
รูปที่ 2.2 ความยาวของโค้งคว่ำแนวดิ่งรูปเนินเขาในกรณีระยะมองเห็นปลอดภัยน้อยกว่าหรือเท่ากับความยาวโค้ง ($S \leq L$)



รูปที่ 2.3 ความยาวของโค้งคว่ำแนวดิ่งรูปเนินเขาในกรณีระยะมองเห็นปลอดภัยมากกว่าความยาวโค้ง ($S > L$)



รูปที่ 2.4 ระยะมองเห็นที่ปลอดภัยจากโค้งดิ่งรูปก้นกระทะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความยาวโค้ง ($S \leq L$)



รูปที่ 2.5 ระยะมองเห็นที่ปลอดภัยจากโค้งดิ่งรูปก้นกระทะมีค่ามากกว่าความยาวโค้ง ($S > L$)

2.12 ทางแยก

ทางแยกของถนนหมายถึง บริเวณที่มีถนนตั้งแต่สองเส้นทางขึ้นไปมาเชื่อมเข้าด้วยกันหรือแยกออกจากกันหรือตัดผ่านกันเพื่ออำนวยประโยชน์ต่อการเคลื่อนที่ของจราจรตรงบริเวณนั้น ทางแยกเป็นส่วนที่สำคัญของเส้นทางถนนเนื่องจากประสิทธิภาพ ความปลอดภัย ความเร็วค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการจราจร และความจุของถนนล้วนแต่ขึ้นกับการออกแบบบริเวณทางแยก ให้เหมาะสม เป็นส่วนใหญ่ด้วยตามปกติและจะแบ่งแยกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ

2.12.1 ทางแยกระดับที่ระดับเดียวกัน (At Grade Intersections) คือทางร่วมทางแยกที่ทาง

ทุกสายเชื่อมมาหรือตัดกันที่ระดับเดียวกัน ทางส่วนมาก (นอกจากฟรีเวย์) ตัดกันที่ระดับเดียวกัน ประกอบขึ้นเป็นแนวทางร่วมแยกได้หลายรูปแบบ ได้แก่ทางแยกแบบสามแยกรูปตัวที (T) หรือตัววาย(Y) สี่แยกที่ตัดกันทำมุมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 90 องศา ทางแยกแบบหลายแยก (Multileg Intersection) และวงเวียน (Rotary Intersection หรือ Round About) ทางแยกอาจจะแบ่งย่อยออกเป็น

2.12.1.1 ออกแบบทางแยกโดยไม่มีการแบ่งกั้นช่องจราจร (Unchanneled Intersection) เป็นทางแยกที่ราคาถูกที่สุดและประณีตน้อยที่สุด เพียงแต่เชื่อมถนนที่มาต่อหรือตัดกันด้วยส่วนโค้งของวงกลมเพื่อเพิ่มผิวจราจรสำหรับรถเลี้ยว ถ้าปริมาณการจราจรน้อยก็ไม่ต้องทำอะไรมากกว่านี้อีก แต่อาจจะยกเป็นขอบถนนขึ้นมาเพื่อให้รถวิ่งอยู่ในช่องทาง หรือ เพื่อช่วยการระบายน้ำหรือใช้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจราจรก็ได้ เมื่อปริมาณจราจรมากขึ้นก็อาจจะเพิ่มความจุและความปลอดภัยที่ทางร่วมแยกโดยการขยายหรือเพิ่มช่องจราจร (Flared Design) ทำให้การลดความเร็วเพื่อหยุดหรือเลี้ยวและการเร่งความเร็วเพื่อเข้าสู่ช่องรถวิ่งเร็วทำได้สะดวกยิ่งขึ้น

2.12.1.2 ออกแบบทางแยกโดยมีการแบ่งกั้นช่องจราจร (Channelede Intersections) หมายถึงการจราจรที่เคลื่อนที่ขัดแย้งกันให้แยกออกจากกันตามแนววิถีทางที่ชัดเจน แน่นอนโดยการทำเครื่องหมายบนผิวจราจรหรือทำเกาะยกสูงขึ้นหรือวิธีอื่นที่เหมาะสมเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนที่ได้อย่างปลอดภัยและทำให้การเคลื่อนที่กันตามลำดับทั้งยวดยานและคนเดินเท้าการแบ่งกั้นช่องจราจรแบบเกาะกลางถนน (Island Channelisation) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

2.12.1.2.1 เกาะนำทาง (Directional Islands) ซึ่งได้รับการออกแบบเพื่อเป็นตัวบ่งบอกทิศทางให้แก่ผู้ขับขี่ที่บริเวณทางแยกจึงควรวางตำแหน่งให้เหมาะสมต่อการมองเห็นและง่ายต่อการปฏิบัติตาม

2.12.1.2.2 เกาะแบ่งช่องทาง (Divisional Islands) ซึ่งใช้แยกทิศทางการจราจรหรือแบ่งกั้นช่องจราจรทิศทางเดียวกันที่เคลื่อนที่ในทางตรง มักใช้ทีทางแยกของทางหลวงที่ไมมีการแบ่งแยกผิวจราจรออกจากกันตามทิศทาง(Undivided Highway) เพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่ระมัดระวังยวดยานจากถนนที่ตัดผ่านและบังคับให้กระแสจราจรที่เคลื่อนที่เข้าและออกบริเวณทางแยกเป็นไปอย่างมีระเบียบ อย่างไรก็ตามความกว้างน้อยที่สุดไม่ควรน้อยกว่า 1.20 เมตร ในบางครั้งถนนขาไปและขากลับได้รับการออกแบบแยกไม่ขึ้นแก่กัน ความกว้างของเกาะกลางอาจกว้างถึง 100 เมตร ถ้าเกาะกลางแคบมากจะต้องยกระดับเป็นขอบขึ้นมาและควรมีอุปกรณ์สำหรับบังแสงไฟจากรถที่สวนมา

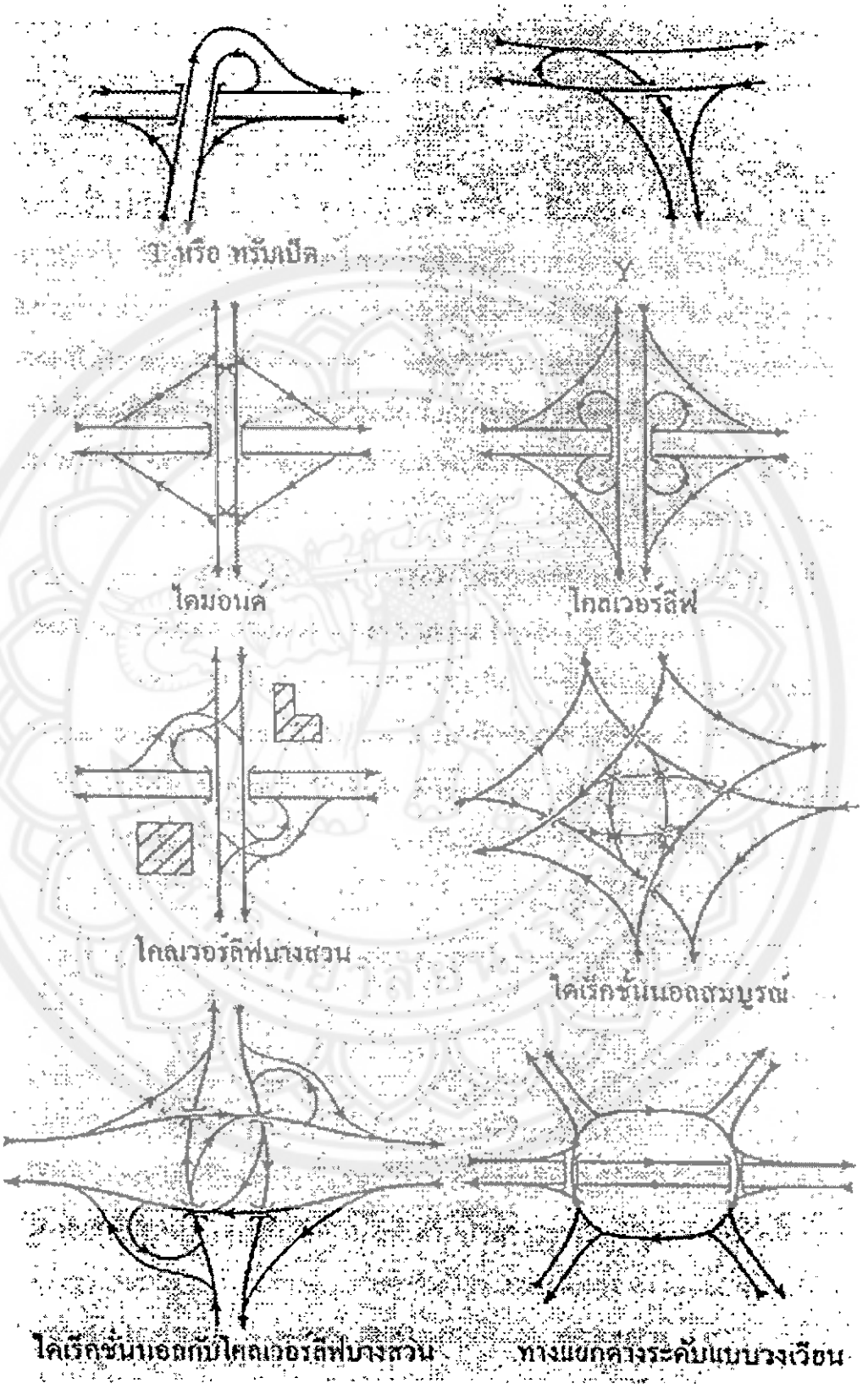
2.12.1.2.3 เกาะที่พัก (Refuge Island) ซึ่งติดตั้งอยู่ที่หรือใกล้ทางเดินข้ามถนน

เพื่อเป็นที่พักอาศัยให้ความปลอดภัยแก่คนเดินเท้าใช้กับถนนที่มีความกว้างมากในเขตเมืองที่มีผู้โดยสารรถขึ้นลงจำนวนมาก เกาะกลางถนนเหล่านี้ควรมีดันของเกาะค่อนข้างสูงจากผิวจราจร จุดประสงค์หลักของการแบ่งกั้นช่องจราจรเพื่อแบ่งแยกกระแสจราจรตามทิศทาง การเลี้ยว และความเร็วเพื่อลดการขัดแย้ง แยกคนเดินเท้าออกจากกระแสจราจร โดยจัดเกาะกลางถนนให้คนเดินเท้าสามารถรอคอยได้อย่างปลอดภัยพร้อมทั้งจัดช่องจราจรเก็บสะสมและช่องเลี้ยวให้แก่ยวดยานที่ต้องการเลี้ยวควบคุมความเร็วและมุมเข้าใกล้โดยการลู่เข้าหา เช่นกำหนดแนวทางเชื่อมให้เข้าบรรจบกับทางสายหลักด้วยค่ามุมน้อยๆ ใช้อำนวยความสะดวกหรือห้ามเกี่ยวกับการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา การเข้าการออกบังคับผู้ขับขี่ให้ขับยวดยานไปตามช่องทางที่กำหนดเพื่อป้องกันความสับสนและลดโอกาศในการเลือกช่องทางเพื่อป้องกันการกีดขวางการจราจรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับสัญญาณไฟจราจร ซึ่งควบคุมบริเวณทางแยกที่มีการเลี้ยวอย่างสลับซับซ้อนและยังช่วยเพิ่มเนื้อที่สำหรับติดตั้งอุปกรณ์เกี่ยวกับสัญญาณไฟจราจรอีกด้วย

2.12.2 ชุมทางต่างระดับ(Interchange) เป็นทางร่วมทางแยกที่ทางสองสายตัดข้ามต่างระดับกันและมีทางเลี้ยวอย่างน้อยหนึ่งสายเชื่อมระหว่างทางสองสายนั้นเพื่อให้สามารถเดินทางระหว่าง Intersection Leg ได้แต่ถ้าทางสองสายพาดข้ามกันต่างระดับโดยไม่มีทางเลี้ยวเชื่อมเรียกว่า (Grade Separation)

2.12.2.1 ทางแยกแบ่งระดับไม่มีทางลาดเชื่อมทางแยกประเภทนี้จะพิจารณาก่อสร้างก็ต่อเมื่อปริมาณจราจรที่ต้องการเลี้ยวมีไม่มากพอที่จะคุ้มกับการลงทุนสร้างทางลาดเชื่อมซึ่งมีราคาสูง ในเขตเมืองมักใช้ทางแยกประเภทนี้เพื่อลดจำนวนทางแยกที่ระดับเดียวกันบนถนนสายหลักวิธีนี้ช่วยในการจราจรมีความปลอดภัยยิ่งขึ้น และเคลื่อนย้ายที่อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นบางครั้งนิยมก่อสร้างทางแยกประเภทนี้ครงบริเวณที่มีสภาพยุ่งยากต่อการสร้างทางแยกระดับที่มีทางลาดเชื่อม

2.12.2.2 ชุมทางต่างระดับมีทางลาดเชื่อม (Ramp หรือ Slip Rods)หรือเรียกว่าชุมทางต่างระดับ (Interchanges) เนื่องจากเป็นทางแยกที่อำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อถนนสายต่างๆ ตั้งแต่สองสายขึ้นไปให้ยวดยานสามารถแล่นผ่านไปมาถึงกันได้บนถนนซึ่งสร้างไว้คนละระดับโดยไม่เกิดการติดขัดตามบริเวณทางแยกนั้นโดยทั่วไปทางแยกต่างระดับมีอยู่หลายรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ชุมทางต่างระดับประเภทต่างๆ

2.12.2.2.1 ชุมทางต่างระดับ 3 ทาง (3Way Interchanges) มักเป็นรูปตัว T หรือที่เรียกว่าทรัมเป็ด (Trumpet) กับรูปตัว Y การเคลื่อนที่ซึ่งแสดงในรูปจะมีการใช้สะพานหนึ่งแห่งสำหรับอำนวยความสะดวกให้การจราจรเลี้ยวที่มีปริมาณสูง ส่วนการจราจรเลี้ยวที่มีปริมาณต่ำก็ให้ใช้ทางวน (Loop) แทน การออกแบบประเภทนี้มักใช้กับการเชื่อมติดต่อระหว่างถนนสายหลักสองสายที่มีการจราจรเคลื่อนไหลในทางวนปริมาณเล็กน้อยแต่ถ้าหากว่าการเคลื่อนที่ตามแนวทางวนมีปริมาณมากจะต้องทำสะพานพิเศษเพื่อใช้ให้เกิดความเท่าเทียมกันระหว่างการเลี้ยว

2.12.2.2 ชุมทางต่างระดับ 4 ทาง(4-Way Interchanges) มีหลายรูปแบบดังนี้

2.12.2.2.1 ชุมทางต่างระดับแบบไดมอนด์ (Diamond Interchange)

ประเภทนี้จัดว่าเป็นแบบที่ธรรมดาที่สุดประกอบด้วยสะพานหนึ่งแห่งกับทางลาดเชื่อมแล่นทิศทางเดียวอีกสี่แห่ง การจราจรบนถนนสายหลักกับการจราจรบนทางลาดเชื่อมบริเวณทางเข้าและออกของถนนสายหลักจะเป็นไปอย่างสะดวกไม่มีการขัดแย้งแต่บริเวณทางเข้าและออกของถนนสายรองมีการขัดแย้งกันบ้างจึงอาจต้องมีการติดสัญญาณไฟจราจรถ้าหากปริมาณยวดยานบนถนนสายรองมีปริมาณมากพอ ดังนั้นการออกแบบทางลาดเชื่อมจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อมิให้ปริมาณการจราจรบนทางลาดเชื่อมมีผลกระทบไปถึงการจราจรกระแสตรงบนถนนสายหลักได้ ข้อเสียอีกประการนี้ก็คืออาจทำให้มีการเลี้ยวผิดทางอย่างผิดกฎหมายเกิดขึ้นได้วิธีแก้อาจทำโดยใช้การกั้นแบ่งช่องทางและการติดตั้งป้ายจราจรซึ่งจะช่วยลดข้อผิดพลาดดังกล่าวได้

2.12.2.2.2 ชุมทางต่างระดับ แบบ โคลเวอร์ลีฟ (Cloverleaf Interchange)

ประเภทนี้เป็นแบบที่ไม่มีการเลี้ยวซ้ายบนระดับเดียวกันเลยจะมีแต่การเลี้ยวซ้ายแบบต่างระดับ ถือว่าเป็นแบบที่นิยมมากที่สุดของทางแยกต่างระดับ 4 ทางเพราะเป็นการเลี้ยวซ้ายสามารถกระทำได้โดยไม่มีการขัดแย้งการจราจรกระแสตรงอย่างไรก็ตามทางแยกประเภทนี้ก็มีข้อเสียหลายประการเช่นกัน ดังต่อไปนี้

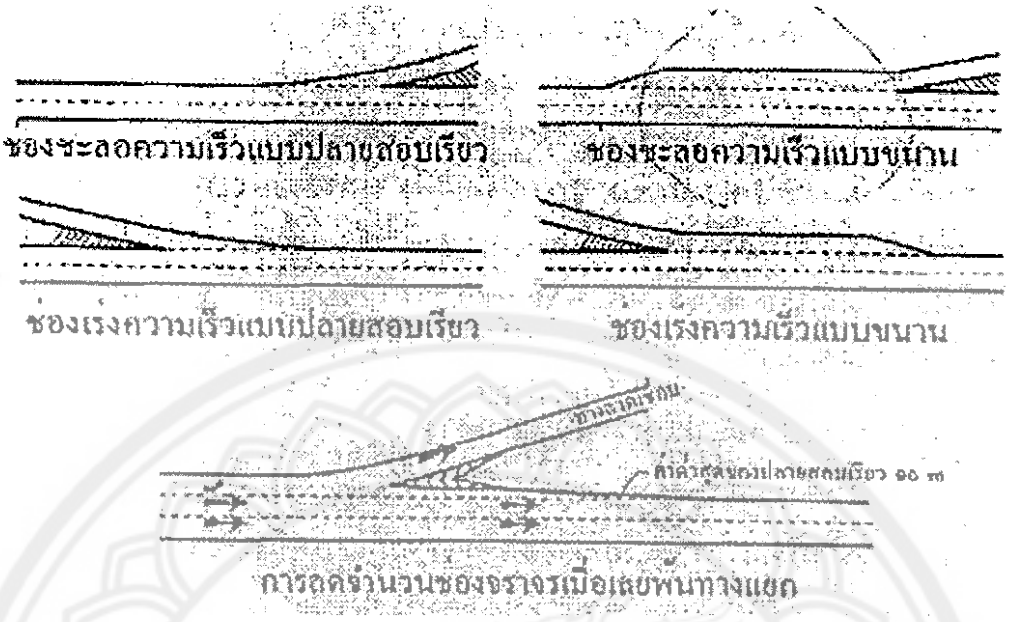
- ใช้บริเวณกว้างใหญ่มากสำหรับทางเชื่อมของถนนสองสายที่การจราจรใช้ความเร็วสูงและมีปริมาณมากเพื่อก่อสร้างทางวนให้สามารถรองรับการจราจรให้แล่นได้ด้วยความเร็วที่ลดลงเพียงเล็กน้อย บางกรณีไม่มีบริเวณมากพอสำหรับการก่อสร้างทางแยกแบบโคลเวอร์ลีฟได้เต็มที่ก็อาจออกแบบสร้างเป็นโคลเวอร์ลีฟบางส่วนร่วมกับการเลี้ยวที่มีการตัดผ่านกันด้วยก็ได้
- การเลี้ยวซ้ายที่มีมุมเลี้ยวแคบ และมีความลาดเอียงค่อนข้างชัน
- มีการขัดแย้งแบบสานกันระหว่างยวดยานที่จะเข้ากับยวดยานที่จะออกของถนนสายหลักกับทางวน

2.12.2.2.3 ชุมทางต่างระดับแบบไดเร็คชั่นนอล (Directional Interchanges) ประเภทนี้ถือว่าเป็นแบบที่ดีที่สุดของทางแยกต่างระดับเนื่องจากการเลี้ยวทุกทิศทางสามารถกระทำได้โดยตรงเหมาะสำหรับทางแยกของถนนประเภททางด่วนและทางด่วนพิเศษที่มีปริมาณการจราจรสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแบบโคลเวอร์ลีฟ (บางครั้งเรียกว่า Semi-Direct Interchange) แบบไดเร็คชั่นนอลจะช่วยลดระยะทางรักษาความเร็วให้ความจุมากกว่าและลดปัญหาการเคลื่อนที่แบบสวนกัน ทางแยกต่างระดับประเภทนี้มักมีทางลาดเชื่อมเป็นรูปทางโค้งและมีเส้นทางถนนที่ใช้ค่ารัศมีค่ามาก ทำให้ต้องใช้บริเวณพื้นที่ในการก่อสร้างมากจึงมีราคาแพงมากเนื่องจากรูปแบบและมีสะพานจำนวนมากนั้นเอง

2.12.2.2.4 ชุมทางต่างระดับหลายทางแยกต่างระดับประเภทนี้เป็นทางแยกที่มีถนนตั้งแต่ 5 ขาขึ้นไปรวมทั้งประเภทวงเวียนซึ่งต้องการออกแบบเป็นพิเศษให้เหมาะกับสภาพทางกายภาพและข้อกำหนดของการจราจร โดยทั่วไปอาจใช้โครงสร้างหลายๆ อย่างหรือใช้โครงสร้างหลายระดับหรือใช้ทั้งสองอย่างประกอบกันทางแยกต่างระดับแบบวงเวียนอาจมีข้อดีกว่าในบางกรณีอย่างไรก็ตามทางแยกต่างระดับประเภทนี้มักจะให้ทางสายหลักข้ามผ่านด้านบนหรือลอดผ่านข้างล่างใต้วงเวียน ยวดยานเข้าและออกจากทางสายหลักบนทางลาดเชื่อมเหมือนกับทางแยกต่างระดับแบบไดมอนด์การติดตั้งป้ายจราจรต่างๆ สำหรับทางแยกต่างระดับเป็นสิ่งสำคัญเพราะจะช่วยนำทางให้ผู้ขับขี่สามารถปฏิบัติได้อย่างราบรื่นและปลอดภัย ควรติดตั้งป้ายเตือนเกี่ยวกับการใช้ช่องจราจรที่ถูกต้องไว้ล่วงหน้าเป็นระยะอย่างน้อยที่สุด 2 กิโลเมตรก่อนที่จะเข้าถึงทางแยกต่างระดับ นอกจากนั้นต้องติดตั้งป้ายบอกทางลาดเชื่อมที่ใช้ออกจากทางแยกต่าง ระดับด้วย

2.13 ช่องจราจรสำหรับการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

บนถนนที่มีปริมาณการจราจรสูงสุดควรจัดให้มีช่องจราจรสำหรับการเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อยวดยานแล่นผ่านบนทางลาดเชื่อมของทางแยกต่างระดับที่บรรจบกับถนนสายหลักหรือทางด่วน ช่องจราจรนี้อาจออกแบบเป็นช่องปลายสอบเรียวแยกออกจากช่องทางตรงหรือออกแบบเป็นช่องจราจรพิเศษขนานกับช่องทางตรงดังแสดงในรูปที่ 2.7 และจะต้องมีความยาวของช่องจราจรสำหรับการเปลี่ยนแปลงความเร็วนี้จะต้องเพียงพอให้ยวดยานสามารถเร่งความเร็วและเคลื่อนที่เข้ารวมกันกระแสจราจรทางตรงที่มีความเร็วสูงได้ในกรณีที่เป็นช่องจราจรสำหรับการเร่งความเร็วและให้มีช่องทางว่างพอที่จะสะสมยวดยานซึ่งจะชะลอความเร็วสำหรับออกจากทางตรงที่มีความเร็วสูงในกรณีที่เป็นช่องจราจรสำหรับชะลอความเร็ว



รูปที่ 2.7 ช่องจราจรสำหรับการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

2.13.1 ช่องจราจรสำหรับความเร็ว ตามปกติจะออกแบบสำหรับการเร่งความเร็ว (Acceleration Lanes) ให้มีปลายสอบเรียวสม่ำเสมอด้วยค่า 50: 1 บนทางด่วนพิเศษ และใช้ค่าระหว่าง 20:1 ถึง 50:1 บนทางหลวงทั่วไปในกรณีที่ทางหลวงมีปริมาณจราจรสูงมักใช้ช่องจราจรสำหรับการเร่งความเร็วเป็นทางขนาน ความยาวของช่องจราจรสำหรับการเร่งความเร็วขึ้นกับความเร็วของผู้ขับขี่ใช้แล่นเข้าร่วมกับการจราจรกระแสตรงและความเร็วที่ผู้ขับขี่ใช้แล่นเข้าสู่ช่องจราจรสำหรับการเร่งความเร็วพร้อมทั้งลักษณะของการเร่งความเร็วของผู้ขับขี่ โดยความเร็วที่ผู้ขับขี่ใช้แล่นเข้ารวมกับการจราจรกระแสตรงสามารถประมาณได้จากความเร็วที่ใช้ออกแบบของทางหลวง ส่วนความเร็วที่ผู้ขับขี่ใช้แล่นเข้าสู่ช่องจราจรสำหรับการเร่งความเร็วอาจสมมุติจากความเร็วที่ใช้ออกแบบทางลาดเชื่อมเลี้ยว อัตราการเร่งความเร็วจะมีค่าแปรตามผู้ขับขี่อัตราสูงสุดจะมีค่าระหว่าง 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมงต่อวินาทีที่ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงกับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมงต่อวินาทีที่ความเร็ว 110 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ค่าเฉลี่ยของผู้ขับขี่โดยทั่วไปจะเร่งเพียงส่วนหนึ่งของความเร่งตามที่นี้ การเร่งปกติของผู้ขับขี่ทั่วไปมีค่าประมาณ 60 % ของอัตราเต็มที่ ค่าความยาวของช่องจราจรสำหรับการเร่งความเร็วที่แนะนำไว้สำหรับความเร็วที่ใช้ออกแบบค่าต่างๆ ของทางตรงและทางลาดเชื่อมเลี้ยวแสดงได้ในตารางข้างล่างซึ่งเป็นความยาวที่พิจารณาจากรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ส่วนความยาวที่พิจารณาจากรถบรรทุกและรถโดยสารจะมีค่ามากกว่า ที่บริเวณปลายช่องจราจรนี้ไม่ควรมีอุปสรรคด้านข้างเช่นคันขอบถนนเพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถใช้ไหล่ทางได้ในกรณีฉุกเฉิน

ตารางที่ 2.5 ความยาวของช่องจราจรสำหรับการเร่งความเร็วและชะลอความเร็ว

ประเภทช่องจราจร	ความเร็วที่ใช้ออกแบบของถนนทางตรง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ความยาวของช่องจราจรสำหรับเปลี่ยนแปลงความเร็ว (เมตร)						
		ความเร็วที่ใช้ออกแบบของทางลาดเชื่อมเลี้ยว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)						
		0	24	32	40	50	57	65
การเร่งความเร็ว	65	170	140	120	110	80	60	40
	80	260	220	200	180	150	90	80
การชะลอความเร็ว	65	110	90	90	80	70	60	50
	80	140	120	110	110	90	85	80

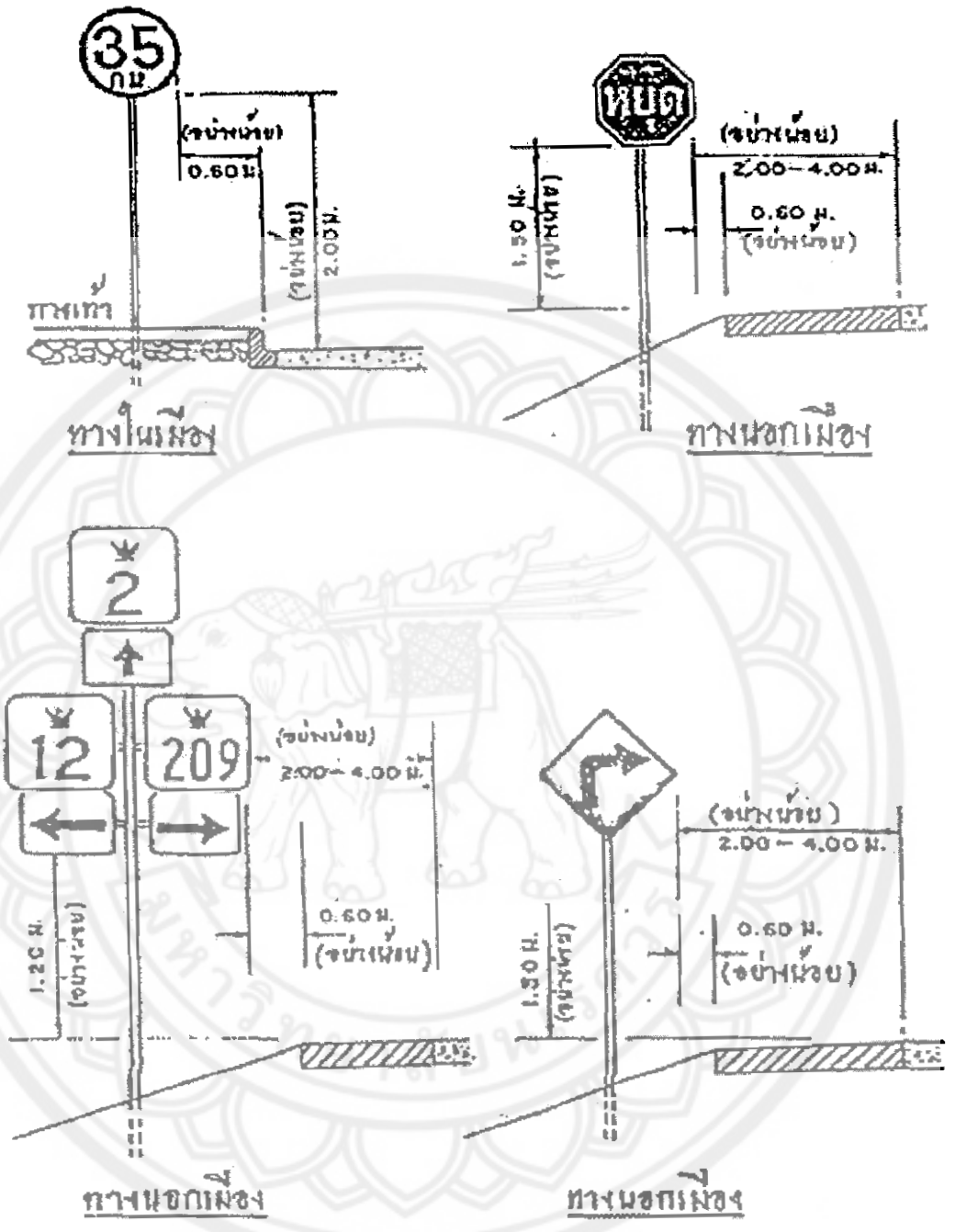
หมายเหตุ : ค่าในตารางใช้กับบริเวณที่มีความลาดเอียงน้อยตั้งแต่ 2% ลงมาส่วนความลาดเอียงที่ชันกว่าให้ใช้ตัวประกอบปรับแก้ดังต่อไปนี้

ที่มา : วัชรินทร์ วิทยกุล ,2539

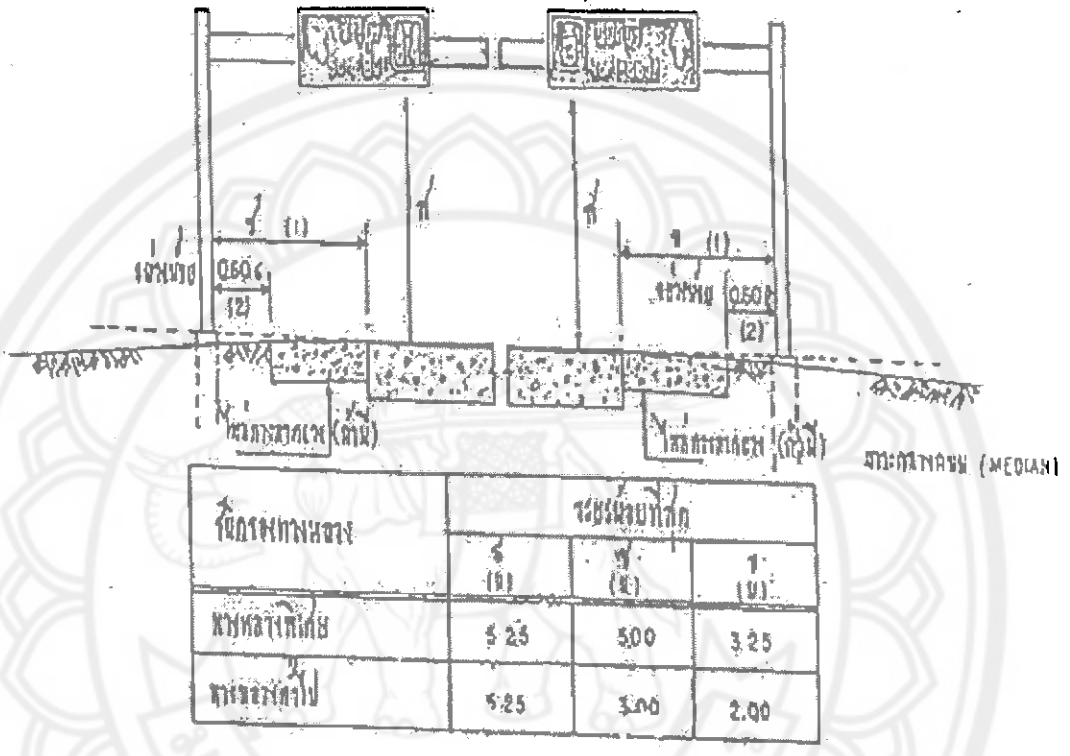
ขึ้นเนิน 3% - 4% ช่องชะลอความเร็วให้ลดลง 10%
ช่องเร็งความเร็วให้เพิ่มขึ้น 30%
5% - 6% ช่องชะลอความเร็วให้ลดลง 20%
ช่องเร่งความเร็วให้เพิ่มขึ้น 50%
ลงเนิน 3% -4% ช่องชะลอความเร็วให้เพิ่มขึ้น 20%
ช่องเร่งความเร็วให้ลดลง 30%
5%-6% ช่องชะลอความเร็วให้เพิ่มขึ้น 35%
ช่องเร่งความเร็วให้ลดลง 40%

2.13.2.ช่องจราจรสำหรับการชะลอความเร็ว ความยาวของช่องจราจรสำหรับการชะลอความเร็ว (Deceleration Lanes) ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการคือ

2.13.2.1 ความเร็วที่ผู้ขับขี่ใช้บนช่องทางจราจรพิเศษ (ใกล้เคียงกับความเร็วที่ใช้ออกแบบถนนสายหลัก)



รูปที่ 2.8 มาตรฐานการติดตั้งป้ายในเมืองและนอกเมือง

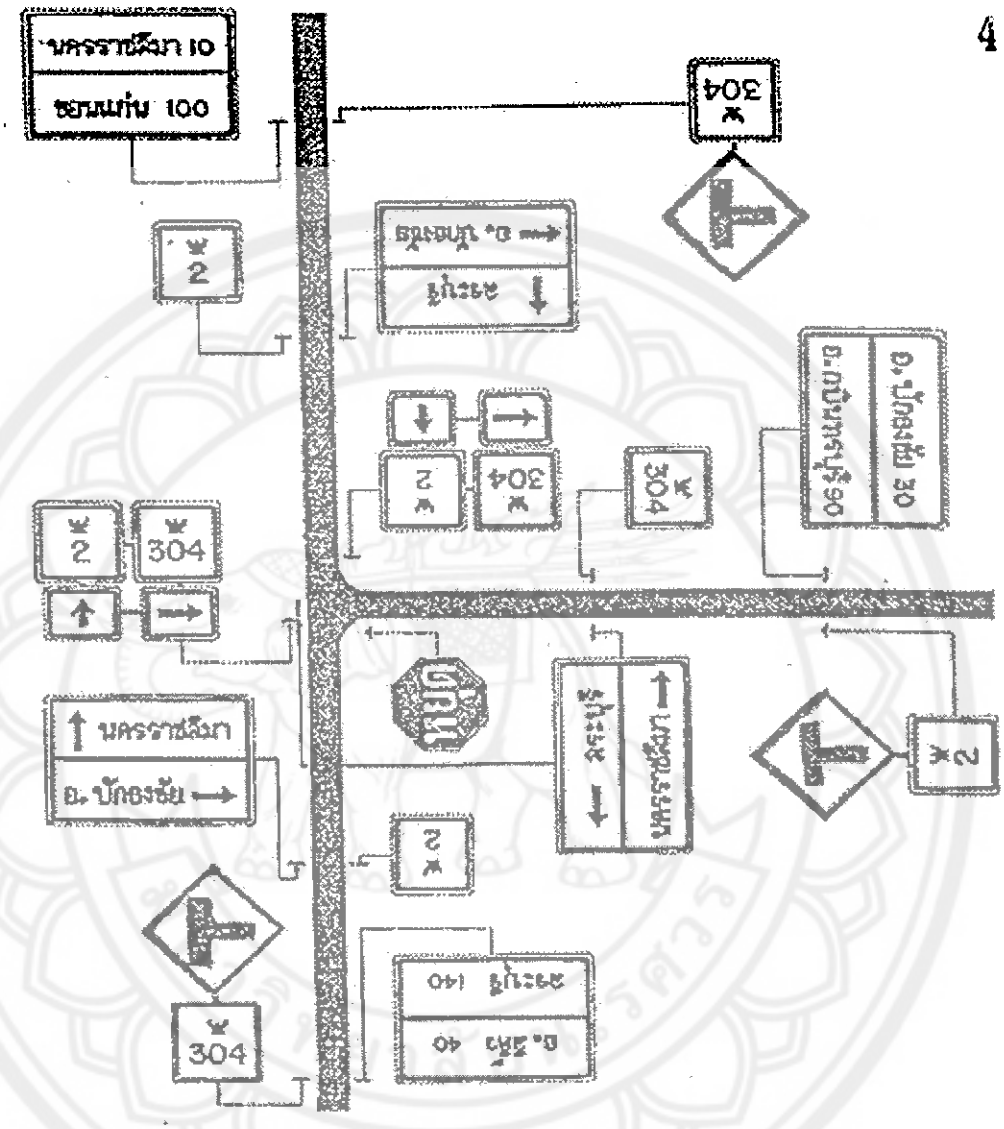


ประเภทของทาง	ระยะห่างของป้าย		
	ก (1)	ข (2)	ค (3)
ทางหลวงพิเศษ	5.25	5.00	3.25
ทางหลวงทั่วไป	5.25	5.00	2.00

รูปที่ 2.9 มาตรฐานการติดตั้งป้ายชนิดคร่อมทาง

ป
TE
175
ก514
2545

สำนักหอสมุด
2 S.A. 2546
4740050



รูปที่ 2.10 การติดตั้งป้ายบริเวณทางแยก

2.14.4 ชนิดของป้ายจราจร ป้ายจราจรแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

- ป้ายบังคับเป็นป้ายซึ่งมีผลบังคับตามกฎหมายผู้ที่ละเมิดหรือฝ่าฝืนจะต้องโทษตามที่กฎหมายระบุ
- ป้ายเตือนเป็นป้ายซึ่งให้เพื่อเตือนผู้ใช้ยวดยานให้ระมัดระวังก่อนถึงจุดหรือตำแหน่งที่อาจจะเกิดอันตราย
- ป้ายแนะนำเป็นป้ายแสดงถึงทิศทางจุดหมายปลายทางสถานที่น่าสนใจตลอดจนหมายเลขของทาง(ถนน)

2.14.5 ป้ายบังคับ

ป้ายบังคับใช้ติดตั้งในถนนเพื่อให้ผู้ใช้ยวดยานปฏิบัติตาม ผู้ใดฝ่าฝืนย่อมมีความผิดตามกฎหมาย การติดตั้งป้ายบังคับนี้จะต้องพิจารณาอย่างรอบครอบและจะติดตั้งเฉพาะบริเวณที่จำเป็นเท่านั้นบังคับโดยทั่วไป มีลักษณะเป็นแผ่นกลมโดยมีตัวอักษร ตัวเลข เครื่องหมาย สัญลักษณ์เป็นสีดำอยู่บนพื้นป้ายสีขาว ขอบป้ายสีแดง ยกเว้นป้ายหยุด (Stop Sign) ป้ายให้ทาง (Yield Sign) และป้ายห้ามจอด (No Parking Sign)

ป้ายหยุดมีลักษณะเป็นรูปแปดเหลี่ยมด้วนเท่า มีตัวอักษรสีขาว "หยุด" บนพื้นป้ายสีแดง ป้ายให้ทางมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า โดยมีปลายแหลมชี้ลง มีตัวอักษรสีดำว่า "ให้ทาง " บนพื้นป้ายสีขาว ขอบป้ายสีแดง และสำหรับป้ายห้ามจอดรถนั้นเป็นลักษณะแผ่นกลมมีเส้นคาดทะแยงสีแดงบนพื้นป้ายสีน้ำเงิน ขอบป้ายสีแดง

2.14.6 ป้ายเตือน

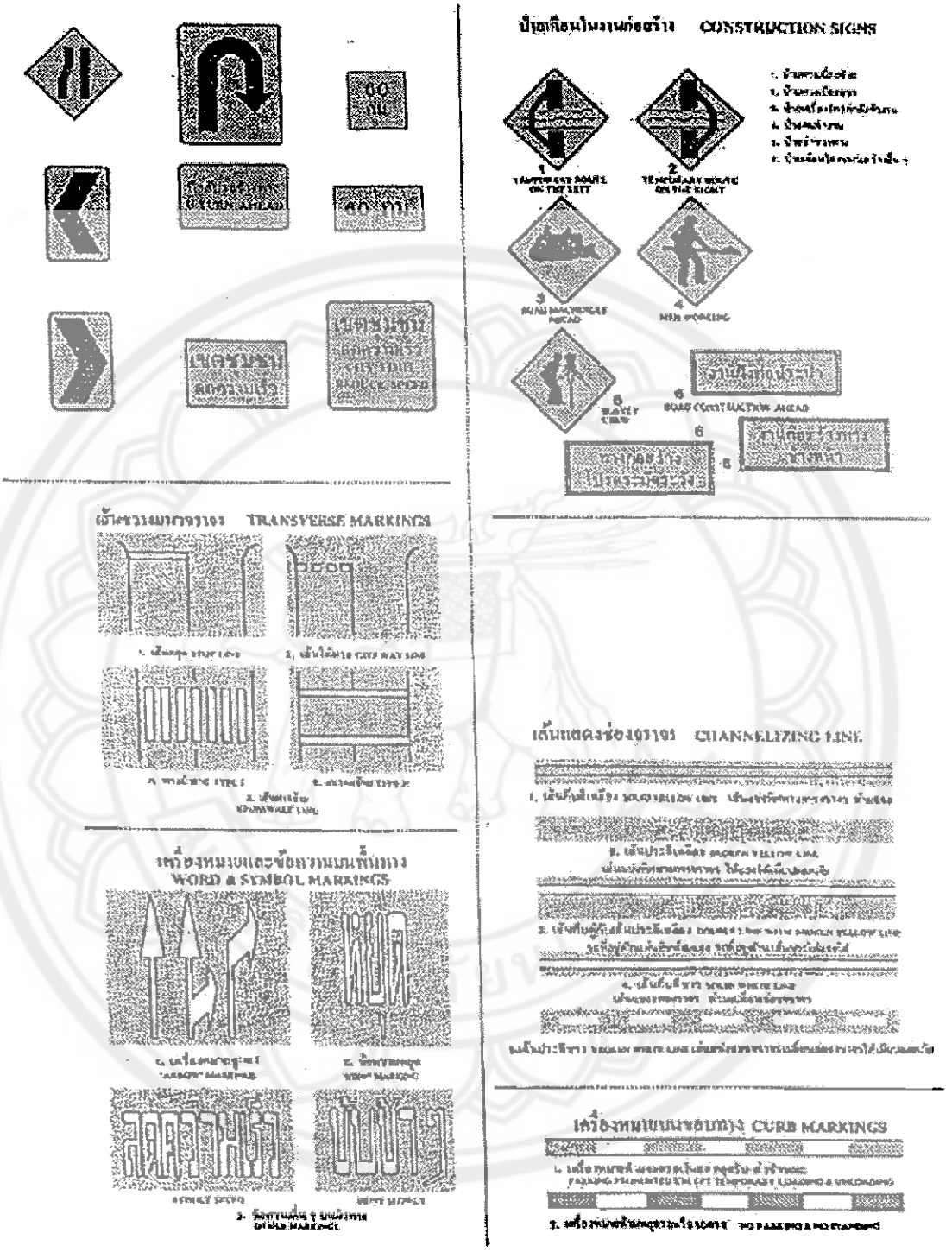
ป้ายเตือนที่ติดตั้งในถนนเพื่อเตือนผู้ใช้ยวดยานล่วงหน้าให้ทราบถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากสภาพของถนน หรือสภาวะที่อาจจะเกิดขึ้นผู้ใช้ยวดยานจะได้ระมัดระวังมากขึ้นโดยชลอความเร็วลงเพื่อความปลอดภัย การใช้ป้ายเตือนที่ถูกต้องและเพียงพอจะมีส่วนช่วยในการขับรถและป้องกันอันตรายได้เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามการติดตั้งป้ายเตือนควรติดตั้งเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ทั้งนี้เพราะการติดตั้งพร่ำเพรื่อหรือโดยไม่จำเป็นจะทำให้ป้ายขาดความสนใจจากผู้ใช้ยวดยาน การใช้ป้ายเตือน ตำแหน่งหรือบริเวณอันตราย ซึ่งควรใช้ป้ายเตือนเพื่อให้ทราบล่วงหน้ามีดังต่อไปนี้คือ ทางโค้ง ทางแยก สัญญาณไป การลดจำนวนช่องทางวิ่ง (จำนวนเลน) ผิวจราจรแคบลง ทางลาด ทางชัน สภาพของผิวจราจร ทางข้าม บริเวณโรงเรียน สถานศึกษา ทางรถไฟ และอื่นๆ

2.14.6.1 ลักษณะของป้ายเตือน

2.14.6.1 กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ได้กำหนดลักษณะของป้ายเตือน คือ ป้ายเตือนเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสตั้งมุมขึ้น ยกเว้นป้ายเตือนความเร็วซึ่งเป็นป้ายสี่เหลี่ยมจัตุรัส ป้ายเตือนทุกแบบใช้พื้นป้ายสีเหลือง เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษรสีดำ ยกเว้น

ป้ายเตือนเกี่ยวเนื่องกับงานก่อสร้างและงานบำรุงทาง ใช้พื้นป้ายสีแดแสด เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษร สีดำ

2.14.6.1.2 คณะกรรมการจราจรแห่งชาติ และกองกำกับกลาง กองตำรวจจราจร กระทรวงมหาดไทย ได้กำหนดลักษณะป้ายเตือนคือ ป้ายเตือนมีลักษณะรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า พื้นป้ายสีขาว เส้นขอบป้ายสีแดง สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษร สีดำ



รูปที่ 2.12(ต่อ)เครื่องหมายจราจรประเภทเตือน

2.14.7 ป้ายแนะนำ

ป้ายแนะนำติดตั้งขึ้นเพื่อใช้แนะนำให้ผู้ใช้ยวดยานไปสู่จุดหมายปลายทางได้ถูกต้องและให้ข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นในการเดินทางตลอดเส้นทางนั้นๆ ด้วยป้ายแนะนำใช้ติดตั้งบริเวณทางแยกเพื่อให้ผู้ใช้ยวดยานทราบถึงทิศทาง ระยะทางถ้าใช้ติดตั้งบริเวณอื่นเพื่อให้ข้อมูลแก่ผู้ขับขี่เกี่ยวกับระยะทางและสถานที่ต่าง ๆ เช่น สวนสาธารณ ฯลฯ รวมทั้งสถานที่ท่องเที่ยว และสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์

2.14.7.1 ลักษณะของป้ายแนะนำ

ป้ายแนะนำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยมีด้านสั้นเป็นด้านตั้งและรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ส่วนสีบนป้ายแนะนำนั้นมี 3 แบบ คือ

2.14.7.1.1 ใช้พื้นป้ายสีขาว เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษรสีดำ

2.14.7.1.2 ใช้พื้นป้ายสีน้ำเงิน เส้นขอบป้ายสีขาว เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษรสีดำ หรือ/และสีแดง

2.14.7.1.3 ใช้พื้นป้ายสีเขียว เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษรสีขาว ป้ายชนิดนี้ใช้เฉพาะกับถนนประเภททางสายด่วน (Expressway or Freeway)

2.15 เครื่องหมายจราจร(Markings)

เครื่องหมายจราจร เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมการจราจรให้ยวดยานสามารถเคลื่อนที่ไปได้สะดวกรวดเร็ว และปลอดภัย นอกเหนือไปจากป้ายจราจร และไฟสัญญาณในบางกรณีเครื่องหมายจราจรจะใช้เพื่อช่วยเสริมความหมายของป้ายจราจรและไฟสัญญาณอีกด้วย

2.15.1 ขอบเขตการใช้เครื่องหมายจราจรให้จัดทำเครื่องหมายจราจรให้เสร็จเรียบร้อยก่อนการเปิดจราจรบนทางหลวง ที่ก่อสร้างหรือบูรณะใหม่ ทางเบี่ยงหรือทางชั่วคราวเครื่องหมายจราจรที่ใช้อยู่ในสภาพของทางหลวงหรือข้อกำหนดนั้นเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้ถูกต้องทันที เครื่องหมายจราจรที่ไม่ต้องการใช้แล้ว ถ้ายังคงทิ้งไว้บนทางหลวงอาจก่อให้เกิดความสับสนต่อผู้ขับขี่ยวดยาน เครื่องหมายจราจรที่ต้องการให้มองเห็นได้ในเวลาที่มีแสงสว่างน้อยจะต้องเป็นแบบสะท้อนแสง

2.15.2 ประเภทเครื่องหมายจราจร แบ่งออกเป็น 65 ประเภทดังนี้

2.15.2.1 เครื่องหมายจราจรบนผิวทางตามยาว (Longitudinal Pavement Markings)

2.15.2.2 เครื่องหมายจราจรบนผิวทางตามขวาง (Transverse Pavement Markings)

2.15.2.3 เครื่องหมายจราจรบนสันขอบทาง (Curb Markings)

2.15.2.4 เครื่องหมายจราจรแสดงตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง (Object Markings)

2.15.2.5 เครื่องหมายนำทาง (Delineators)

2.15.2.6 เครื่องหมายปุ่มบนผิวจราจร (Raised Pavement Markings)

2.15.3 สีของเครื่องหมายจราจรเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง ให้ใช้สีขาวและเหลือง ส่วนสีดำให้ใช้ร่วมกับสีดังกล่าวเพื่อการตัดสี

สีขาวใช้เป็นเครื่องหมายจราจรดังนี้

- เส้นแบ่งช่องจราจร
- เส้นขอบทางด้านซ้าย
- รูปปั้งบริเวณหัวเกาะ
- เส้นหยุด
- เส้นให้ทาง
- ทางคนข้าม
- เส้นแสดงการจอดรถ
- รูปเกาะบริเวณทางแยก
- เครื่องหมายและข้อความบนผิวจราจร

สีเหลืองใช้เป็นเครื่องหมายจราจรดังนี้

- เส้นแบ่งทิศทางจราจร
- เส้นขอบทางด้านขวาบนทางคู่
- เส้นเฉียงบริเวณเกาะแบ่งทิศทางจราจร
- เส้นทแยงห้ามหยุดขวาง

เครื่องหมายจราจรอื่นๆ ให้ใช้ทั้งสีขาวสีดำ แล้วแต่ ความหมายและการใช้งานเฉพาะแห่ง เช่น สันขอบทางบริเวณใดหรือที่ทาสีเหลืองสลับขาวหมายความว่าบริเวณนั้นห้ามจอดรถ หรือ เว้นแต่หยุดรับ-สงชั่วขณะบริเวณใดที่ทาสีแดงสลับขาวหมายความว่าห้ามหยุดหรือจอดรถ ส่วนสันขอบทางสีดำ สลับขาวมีไว้เพื่อแสดงตำแหน่งอุปสรรค สำหรับสีแดงใช้เป็นเครื่องหมายห้าม ทิศทางจราจรที่มองเห็นป้ายสีแดงหมายความว่าห้ามเข้า

2.15.4 วัสดุสำหรับเครื่องหมายจราจรบนผิวทางที่ใช้ทั่วไปมีดังนี้

2.1.5.4.1 สีทาหรือพ่น เป็นวัตถุที่มีอายุใช้งานสั้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้เป็นเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง แต่เนื่องจากมีราคาถูก จึงเหมาะที่จะใช้งานบนทางที่จะต้องบูรณะซ่อมแซมในอนาคตอันใกล้หรือทางหลวงที่มีปริมาณจราจรต่ำ

2.1.5.4.2 สีเทอร์โมพลาสติก เป็นวัสดุที่มีอายุใช้งานนานและคงทนต่อการเสียดสี

ของการจราจร แต่มีราคาแพงกว่าสีทาหรือสีพ่นธรรมดา สีเทอร์โมพลาสติกจึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมและประหยัดในการใช้เป็นเครื่องหมายจราจรบนผิวทางที่ได้มาตรฐานและมีปริมาณจราจรสูง

2.1.5.4.3 แผ่นเทปสำเร็จรูปใช้ติดบนผิวจราจรโดยใช้กาวหรือสารยึดแน่นอื่น คุณสมบัติของแผ่นเทปที่ใช้จะต้องมีความทนทานต่อการเสียดสีของยางรถ มีสีที่ถาวรไม่ซีดหรือเปลี่ยนสีเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน สารยึดแน่นจะต้องสามารถยึดปแผ่นเทปให้ติดกับผิวจราจรได้แน่นไม่หลุดหรือเคลื่อนที่ แผ่นเทปสำเร็จรูปที่มีขายในท้องตลาดส่วนมากจะมีอายุใช้งานได้ทัดเทียมหรือนานกว่าสีเทอร์โมพลาสติก แต่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าคือสามารถเปิดการจราจรได้ทันทีที่ติดตั้งเสร็จจึงเหมาะที่จะใช้เป็นเครื่องหมายจราจรบนผิวทางตามขวาง บนทางหลวงในเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น

2.1.5.4.4 ปุ่มติดบนผิวจราจรเมื่อติดบนผิวจราจรเมื่อติดตั้งแล้วจะนูนขึ้นจากผิวทางความสูง และลักษณะของปุ่มจะต้องไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อการจราจร ข้อดีของการใช้ปุ่มเป็นเครื่องหมายจราจรบนทางผิวคือ ทำให้ผู้ขับขี่มองเห็นเครื่องหมายจราจรด้วยมุมที่กว้างขึ้น จึงเห็นได้ชัดกว่าเครื่องหมายจราจรที่แบนราบกับผิวทางและเมื่อผู้ขับรถผ่านปุ่มผู้ขับขี่จะมีความรู้สึกสะดุดเล็กน้อยทำให้ระมัดระวังมากขึ้น ขนาดของปุ่มอาจทำด้วยโลหะหรืออโลหะก็ได้แต่จะต้องมีสีตามความหมายที่ใช้

2.1.5.4.5 วัสดุฝังในผิวจราจร ในการก่อสร้างทางใหม่หรือทำผิวจราจรใหม่อาจใช้วัสดุที่สีต่างจากผิวทางฝังไว้แสดงเป็นเครื่องหมายจราจรก็ได้ วัสดุที่ใช้ควรมีความแข็งแรงเทียบเท่าวัสดุผิวทาง

2.1.6 การบำรุงรักษา เครื่องหมายจราจรทุกแห่งจะต้องได้รับการดูแลรักษา ให้อยู่ในสภาพเรียบร้อยและมองเห็นได้ง่ายและชัดเจนอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้รวมถึงการที่สามารถสะท้อนในเวลากลางคืนด้วยเครื่องหมายจราจรบนผิวทางทุกประการรวมทั้งปุ่มติดบนผิวจราจรจะต้องได้รับการตรวจสอบเป็นระยะ ๆ ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน หากชำรุดบกพร่องต้องรีบเปลี่ยนแก้ไขหรือทางสีตีเส้นใหม่ ให้จัดทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทางโดยเร็วที่สุดหลังจากก่อสร้างปูพื้นผิวจราจรใหม่เว้นแต่กรณีที่เส้นและเครื่องหมายจราจรอาจถูกรถงานก่อสร้างทำให้สกปรกหรือชำรุดก็ให้จัดทำแบบชั่วคราวก่อนโดยเฉพาะบริเวณที่จะเกิดอันตรายได้โดยง่ายถ้าเส้นจราจรหรือเครื่องหมายจราจรไม่ปรากฏบนผิวทาง