

บทที่ 8

การควบคุมที่ทางแยก (Intersection Control)

8.1 คำนำ

ทางแยกมีหน้าที่หลักคือให้การจราจรเปลี่ยนเส้นทางได้ การไหลของการจราจรบนโครงข่ายถนนจะถูกควบคุมด้วยการไหลของการจราจรที่ทางแยก เนื่องจากปกติทางแยกจะมีความจุน้อยกว่าความจุของช่วงถนน ดังนั้นควรจัดการหรือควบคุมที่ทางแยกให้เหมาะสมเพื่อให้ความจุของทางแยกใกล้เคียงกับความจุของช่วงถนน จะทำให้โครงข่ายถนนอำนวยความสะดวกการจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยลดอุบัติเหตุด้วย นอกจากนี้การบังคับใช้กฎจราจรที่ทางแยกอย่างเข้มงวดเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็น ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการควบคุมการจราจรที่ทางแยกระดับเดียวกัน

8.2 วัตถุประสงค์ของการควบคุมที่ทางแยก

การควบคุมที่ทางแยกมีวัตถุประสงค์เพื่อ กำหนดสิทธิของผู้ขับขี่ เพื่อให้การไหลของการจราจรในบริเวณทางแยกเป็นไปอย่างปลอดภัย โดยลดการขัดแย้งของกระแสจราจร ให้การจราจรไหลเป็นไปตามลำดับ และสามารถคาดคะเนการเคลื่อนที่ของกระแสจราจรได้ การควบคุมอาจทำได้ด้วยการใช้สัญญาณจราจร (traffic signal) ป้ายจราจร (traffic sign) เครื่องหมายบนผิวทาง (pavement marking) และการจัดช่องการไหล คู่มือที่ควรใช้ประกอบการควบคุมระบบการจราจรได้แก่ the Manual on Uniform Traffic Control Device, MUTCD (2000) ของสหรัฐอเมริกา

8.3 คุณลักษณะของอุปกรณ์ควบคุมการจราจร

เพื่อให้การควบคุมการจราจรมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์ควบคุมการจราจรควรมีลักษณะดังนี้

- ใช้เพียงเท่าที่จำเป็น ไม่มากเกินไป ไม่น้อยเกินไป
- มีลักษณะดึงดูดความสนใจ
- สื่อความหมายเข้าใจง่าย
- มีลักษณะน่าเชื่อถือ
- ให้เวลาสำหรับตอบสนองอย่างเพียงพอ

อุปกรณ์ควบคุมการจราจรควรได้รับการออกแบบ ขนาด สี รูปร่าง ซึ่งสามารถสื่อความหมาย น่าเชื่อถือ และดึงดูดความสนใจต่อผู้ขับขี่ ตำแหน่งที่ติดตั้งควรอยู่ภายในมุมกรวยประมาณ 10 องศา ของสายตาผู้ขับขี่

การใช้งาน ต้องใช้เพียงเท่าที่จำเป็นเท่านั้น และใช้ในลักษณะสอดคล้องกันและเป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ อุปกรณ์ที่คล้ายกัน ควรใช้ในสถานที่ ตำแหน่ง และในลักษณะที่คล้ายกัน

อุปกรณ์ต่าง ๆ ควรได้รับการบำรุงรักษาให้เห็นชัดเจน อ่านออกได้ อยู่เสมอ ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน

8.4 ประเภทของการควบคุมที่ทางแยก

ประเภทของการควบคุมที่ทางแยก อาจแบ่งได้เป็นดังนี้

- A คือ ทางแยกซึ่งควบคุมด้วยป้ายแนะนำและหรือป้ายเตือนทางแยก และหรือมีเครื่องหมายบนผิวทาง และหรือมีอุปกรณ์นำแนวทางอื่น ๆ
- B คือ ทางแยกซึ่งควบคุมด้วยป้ายหยุดหรือป้ายให้ทาง
- C คือ ทางแยกซึ่งมีการขยายช่องจราจรสำหรับรถเลี้ยว หรือเพิ่มช่องสำหรับรถแล่นตรง
- D คือ ทางแยกซึ่งมีเกาะ
- E คือ ทางแยกแบบวงเวียน
- F คือ ทางแยกซึ่งควบคุมด้วยสัญญาณจราจร

ตารางที่ 8.4.1 แสดงข้อแนะนำในการเลือกประเภทของการควบคุมที่ทางแยก

ตารางที่ 8.4.1 ข้อแนะนำในการเลือกประเภทของการควบคุมที่ทางแยก (Underwood, 1995)

ประเภทของถนนทางแยก	ในเมือง หรือ นอกเมือง	ประเภทของถนนทางโท			
		สายหลักเอก	สายหลักโท	สายรอง	สายท้องถิ่น
สายหลักเอก	ในเมือง	ACDEF	ACDEF	ABCDF	AB
	นอกเมือง	ACDE	ACDE	ABC	AB
สายหลักโท	ในเมือง		ACDEF	ABDF	AB
	นอกเมือง		ACDE	AB	AB
สายรอง	ในเมือง			ABE	ABE
	นอกเมือง			AB	AB
สายท้องถิ่น	ในเมือง				ABE
	นอกเมือง				AB

8.5 ป้ายให้ทาง (Yield Sign)

ผู้ขับขี่ทุกคนที่มุ่งเข้าหาป้ายให้ทาง ต้องชะลอความเร็วและให้สิทธิรถในทางอื่นไปก่อน โดยไม่จำเป็นต้องหยุด แต่ผู้ขับขี่ต้องหยุดในกรณีที่จำเป็นเพื่อหลีกเลี่ยงการชนหรือจะไปรบกวนกระแสจราจรในทิศทางอื่น

ดังนั้นจะติดตั้งป้ายให้ทางในทางโทซึ่งต้องให้สิทธิทางเอกไปก่อน และความเร็วปลอดภัยที่เข้าสู่ทางแยกจากทางโทเกิน 15 km/h รูปที่ 8.6.1 แสดงลักษณะของป้ายให้ทาง

ควรติดตั้งป้ายให้ทาง สำหรับช่องจราจรเลี้ยวซ้าย หรือช่องทางเข้าทางด่วนซึ่งมีความยาวไม่เพียงพอสำหรับเร่งความเร็ว

8.6 ป้ายหยุด (Stop Sign)

ติดตั้งป้ายหยุด เมื่อรถยนต์ที่แล่นเข้าสู่ทางแยกจำเป็นต้องหยุดก่อนที่จะผ่านเข้าไปในทางแยก

ปกติจะติดตั้งป้ายหยุดด้านทางโท ซึ่งตัดกับทางเอกซึ่งรถยนต์ในทางเอกมีความเร็วสูงประกอบด้วยระยะมองเห็นถูกจำกัด และมีอุบัติเหตุบ่อยครั้งในลักษณะที่หากติดตั้งป้ายหยุดแล้วจะช่วยลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุในลักษณะดังกล่าวได้

เนื่องจากป้ายหยุดจะก่อให้เกิดความไม่สะดวกแก่ผู้ขับขี่ และหากติดตั้งในตำแหน่งซึ่งไม่มีความจำเป็นต้องติดตั้ง ผู้ขับขี่จะไม่เชื่อถือ ดังนั้นควรติดตั้งเท่าที่จำเป็นเท่านั้น และไม่ควรติดตั้งป้ายหยุดบริเวณทางแยกซึ่งควบคุมด้วยสัญญาณจราจร

รูปที่ 8.6.1 แสดงลักษณะของป้ายหยุด

ป้ายหยุดในทุกทิศทาง (Multiway Stops)

การติดตั้งป้ายหยุดในทุกทิศทาง สามารถใช้เป็นมาตรการเพิ่มความปลอดภัยสำหรับทางแยกซึ่งมีปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางเท่า ๆ กัน ประกอบกับมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้ด้วย

1. ปัญหาอุบัติเหตุ เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นตั้งแต่ 5 ครั้งขึ้นไปภายในช่วงเวลา 12 เดือน ซึ่งอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นสามารถแก้ด้วยการติดตั้งป้ายหยุดในทุกทิศทาง

2. ก. ปริมาณจราจรทุกทิศทางทั้งหมดที่เข้าสู่แยกโดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 500 คันต่อชั่วโมง สำหรับ แต่ละ 8 ชั่วโมงใด ๆ ในวันปกติ และ ข. ปริมาณจราจร รวม ปริมาณคนเดินเท้า จากทางโท โดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 200 หน่วยต่อชั่วโมงสำหรับ 8 ชั่วโมงเดียวกันนั้น และ ความล่าช้าเฉลี่ยของการจราจรจากทางโทไม่น้อยกว่า 30 วินาทีต่อคันในช่วงชั่วโมง ปริมาณจราจรสูงสุด แต่ ค. เมื่อความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทม์ ของการจราจรจากทางโท เกิน 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ให้ลดเกณฑ์ปริมาณจราจรที่น้อยสุดลงเหลือ 70% จากที่กำหนด
3. เมื่อทางแยกนั้นเข้าเกณฑ์ที่จะติดตั้งสัญญาณจราจร สามารถติดตั้งป้ายหยุดในทุกทิศทางในระหว่างรอการติดตั้งสัญญาณจราจร



รูปที่ 8.6.1 แสดงรูปลักษณะของป้ายหยุดและป้ายให้ทาง

8.7 สัญญาณจราจร

เนื่องจากการติดตั้งสัญญาณจราจรจะทำให้รถยนต์ในทุกทิศทางต้องล่าช้า ดังนั้นจึงควรติดตั้งสัญญาณจราจรเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้น เพราะหากติดตั้งในบริเวณที่ไม่เหมาะสม หรือเปิดใช้ในช่วงเวลาที่ไม่จำเป็นต้องใช้ จะก่อให้เกิดความล่าช้าโดยใช่เหตุ อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุเนื่องจากคนฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดง และอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุในลักษณะชนท้ายกัน ในกรณีที่ปริมาณจราจรแปรปรวนมากในแต่ละช่วงเวลา ควรติดตั้งสัญญาณจราจรแบบปรับเปลี่ยนเวลาได้ในแต่ละช่วงเวลาเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณจราจร หรือในช่วงเวลาซึ่งมีปริมาณจราจรน้อย ๆ และรถยนต์สามารถผ่านทางแยกไปได้โดยปลอดภัยโดยไม่จำเป็นต้องใช้จังหวะสัญญาณจราจรช่วย ควรเปิดเป็นไฟเหลืองกระพริบทางด้านทางเอกและไฟแดงกระพริบทางด้านทางโท อัตราการกระพริบควรประมาณ 50 ถึง 60 ครั้งต่อนาที

8.8 เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณจราจร

MUTCD (2000) ของสหรัฐอเมริกาได้แนะนำเกณฑ์ในการพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟ จำนวน 11 เกณฑ์ หากเข้าเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่ง ก็ควรติดตั้งสัญญาณจราจร จะยกตัวอย่างบางเกณฑ์ที่สำคัญ ดังนี้

8.8.1 เกณฑ์ปริมาณจราจรที่น้อยที่สุดในแต่ละ 8 ชั่วโมง

ปริมาณจราจรในทางเอก และทางโท ในแต่ละชั่วโมงของ 8 ชั่วโมงใด ๆ ในวันปกติต้องไม่น้อยกว่า ค่าที่แนะนำในตารางที่ 8.8.1

ตารางที่ 8.8.1 เกณฑ์ปริมาณจราจรที่น้อยที่สุดในแต่ละ 8 ชั่วโมง (MUTCD, 2000)

เงื่อนไข A - เกณฑ์ปริมาณจราจรที่น้อยที่สุดในแต่ละ 8 ชั่วโมง							
จำนวนช่องจราจรของแต่ละขาที่เข้าสู่แยก		ปริมาณจราจรต่อชั่วโมงบนทางเอก (รวมทั้งสองทิศทาง)			ปริมาณจราจรต่อชั่วโมงบนทางโทด้านที่มาก (ทิศทางเดียว)		
ถนนทางเอก	ถนนทางโท	100% ^a	80% ^b	70% ^c	100% ^a	80% ^b	70% ^c
1	1	500	400	350	150	120	105
2 หรือมากกว่า	1	600	480	420	150	120	105
2 หรือมากกว่า	2 หรือมากกว่า	600	480	420	200	160	140
1	2 หรือมากกว่า	500	400	350	200	160	140

a ปริมาณจราจรซึ่งน้อยที่สุดพื้นฐาน

b ใช้สำหรับกรณีพิจารณาเงื่อนไข A และ B ร่วมกัน

c ใช้เมื่อความเร็วบนทางเอกเกิน 70 km/h หรือ ในย่านซึ่งมีประชากรน้อยกว่า 10,000 คน

8.8.2 เกณฑ์การขัดจังหวะกระแสต่อเนื่อง

เป็นกรณีที่การจราจรในทางโทต้องรอนานเกินไปกว่าจะผ่านเข้าไปในทางแยกได้ เนื่องจากปริมาณจราจรในทางเอกมาก และการที่ปริมาณจราจรในทางเอกมากนั้นทำให้เกิดอันตรายสำหรับขบวนรถในทางโทที่จะผ่านเข้าไปในทางแยก

ปริมาณจราจรในทางเอก และทางโท ในแต่ละชั่วโมงของ 8 ชั่วโมงใด ๆ ในวันปกติต้องไม่น้อยกว่า ค่าที่แนะนำในตารางที่ 8.8.2

ในกรณีซึ่งเข้าเกณฑ์นี้ ระบบสัญญาณจราจรควรเป็นแบบกึ่งกระตุ้น (semi-actuated) โดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับรถทางด้านทางโท การให้เวลาไฟเขียวทางด้านทางโทควรให้ตามปริมาณจราจรทางด้านทางโทซึ่งตรวจนับได้ ถ้าไม่มีรถมาทางด้านทางโทควรเปิดไฟเขียวให้ทางเอกต่อไปจนกว่าจะมีรถทางด้านทางโทมา

ตารางที่ 8.8.2 เกณฑ์การจัดจังหวะกระแสต่อเนื่อง (MUTCD, 2000)

เงื่อนไข B - เกณฑ์การจัดจังหวะกระแสต่อเนื่อง							
จำนวนช่องจราจรของแต่ละขาที่เข้าสู่แยก		ปริมาณจราจรต่อชั่วโมงบนทางเอก (รวมทั้งสองทิศทาง)			ปริมาณจราจรต่อชั่วโมงบนทางโทด้านที่มาก (ทิศทางเดียว)		
ถนนทางเอก	ถนนทางโท	100%a	80%b	70%c	100%a	80%b	70%c
1	1	750	600	525	75	60	53
2 หรือมากกว่า	1	900	720	630	75	60	53
2 หรือมากกว่า	2 หรือมากกว่า	900	720	630	100	80	70
1	2 หรือมากกว่า	750	600	525	100	80	70

8.8.3 เกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนนที่น้อยที่สุด

เกณฑ์นี้ใช้สำหรับพิจารณาติดตั้งสัญญาณจราจรสำหรับคนข้ามถนน โดยสัญญาณจราจรดังกล่าวควรเป็นแบบกระตุ้นโดยมีปุ่มสำหรับให้คนเดินเท้าที่ต้องการข้ามถนนกด

ปริมาณคนข้ามถนนในแต่ละชั่วโมง ใน 4 ชั่วโมงใด ๆ ในวันปกติ ต้องไม่น้อยกว่า 100 คนต่อชั่วโมง และมีช่องว่าง (gap) ในกระแสจราจรซึ่งห่างมากพอที่คนสามารถข้ามถนนได้ น้อยกว่า 60 ช่วงเวลาต่อชั่วโมง และมีทางแยกซึ่งมีสัญญาณจราจรอยู่ห่างจากบริเวณดังกล่าวไม่น้อยกว่า 90 เมตร

8.8.4 เกณฑ์ทางข้ามบริเวณหน้าโรงเรียน

ถ้าในช่วงเวลาซึ่งมีนักเรียนข้ามถนน จำนวนช่องว่างที่ยอมรับได้ มีจำนวนน้อยกว่า จำนวนนาฬิกาของช่วงเวลาดังกล่าว ควรติดตั้งสัญญาณจราจรสำหรับให้คนข้ามถนนแบบมีปุ่มให้คนข้ามกด และสิ่งกีดขวางการมองเห็นต่าง ๆ เช่นการจอดของรถ ต้องถูกห้ามให้อยู่ห่างจากบริเวณดังกล่าวไม่น้อยกว่า 30 เมตรก่อนถึงบริเวณทางข้าม และไม่น้อยกว่า 6 เมตรเลยจากทางข้ามไป

8.8.5 เกณฑ์การเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง

เมื่อพิจารณาเกณฑ์การติดตั้งต่าง ๆ แล้วไม่เข้าเกณฑ์ แต่หากติดตั้งแล้วจะทำให้การเคลื่อนที่ของกระแสนจราจรไหลไปเป็นกลุ่มก้อนอย่างมีประสิทธิภาพ ก็สามารถติดตั้งได้

8.8.6 เกณฑ์อัตราการเกิดอุบัติเหตุ

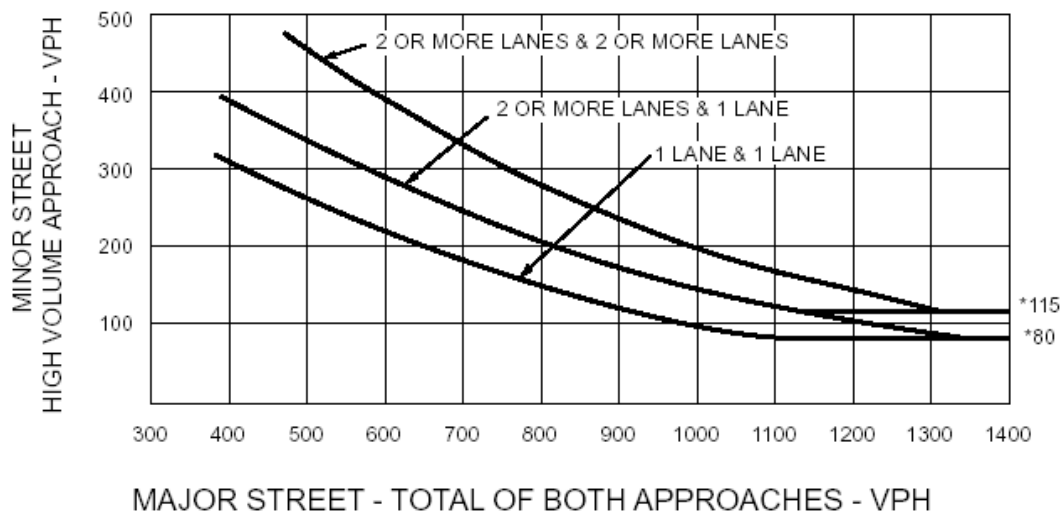
ถ้าเกิดอุบัติเหตุถึงขั้นบาดเจ็บหรือทรัพย์สินเสียหายตั้งแต่ 5 ครั้งขึ้นไปภายในรอบ 12 เดือน โดยอุบัติเหตุที่เกิดมีลักษณะซึ่งหากติดตั้งสัญญาณจราจรแล้ว สามารถช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุในลักษณะดังกล่าวได้ นอกจากนี้จะต้องได้เกณฑ์ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของ เกณฑ์ปริมาณจราจรที่น้อยที่สุด เกณฑ์ขัดจังหวะกระแสต่อเนื่อง หรือ เกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนนที่น้อยที่สุด

8.8.7 เกณฑ์ผสม

ในกรณีที่ไมเข้าเกณฑ์ก่อนหน้านี้เลย แต่ถ้าเข้าเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของทั้งสองเกณฑ์แรกก็ควรติดตั้ง

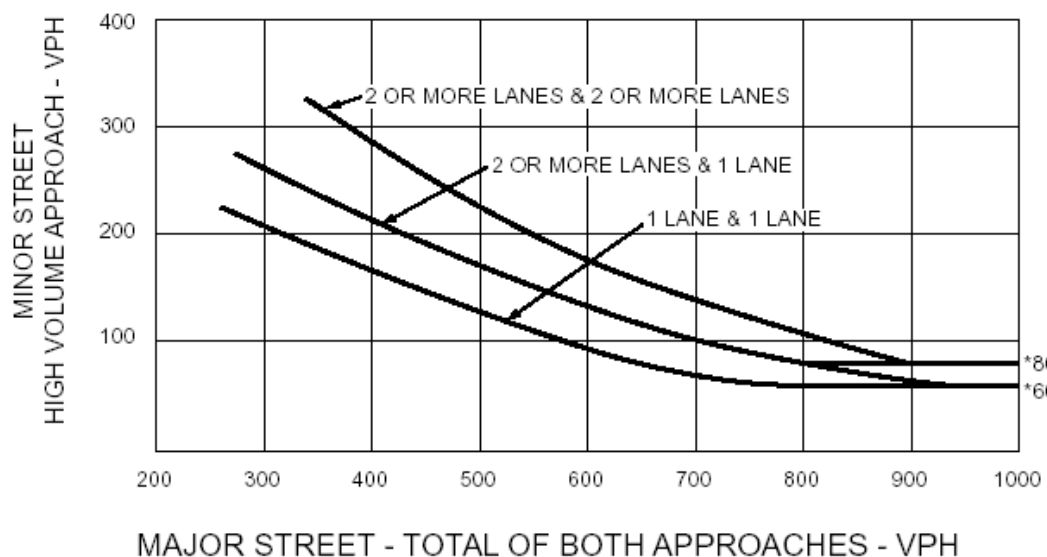
8.8.8 เกณฑ์ปริมาณจราจรในแต่ละ 4 ชั่วโมง

ถ้าปริมาณจราจรในแต่ละ 4 ชั่วโมงใด ๆ ในทางเอกทั้งสองทิศทาง และปริมาณจราจรในทางโท (ทิศทางด้านมากทิศทางเดียว) ในแต่ละ 4 ชั่วโมงเดียวกันนั้น อยู่เหนือเส้นโค้งในรูปที่ 8.8.1 ควรติดตั้งสัญญาณจราจร



รูปที่ 8.8.1 เกณฑ์ปริมาณจราจรในแต่ละ 4 ชั่วโมง (MUTCD, 2000)

ถ้าขีดจำกัดความเร็วหรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทม์ที่ 85 เกิน 70 km/h หรือ บริเวณนั้นเป็นย่านชุมชน เดี่ยวห่างจากชุมชนอื่นและมีประชากรน้อยกว่า 10,000 คน ให้ใช้รูปที่ 8.8.2 แทน

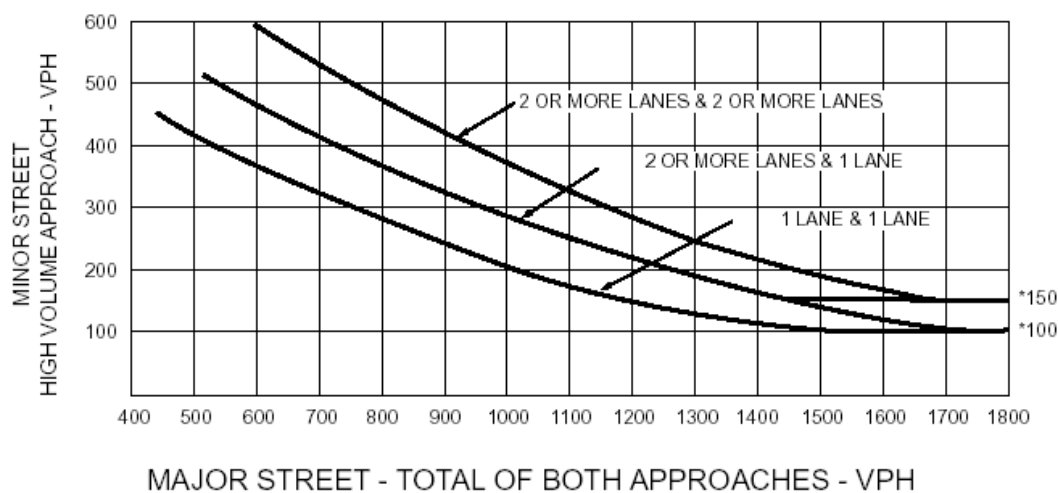


รูปที่ 8.8.2 เกณฑ์ปริมาณจราจรในแต่ละ 4 ชั่วโมงกรณีพิเศษ (MUTCD, 2000)

8.8.9 เกณฑ์ปริมาณจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน

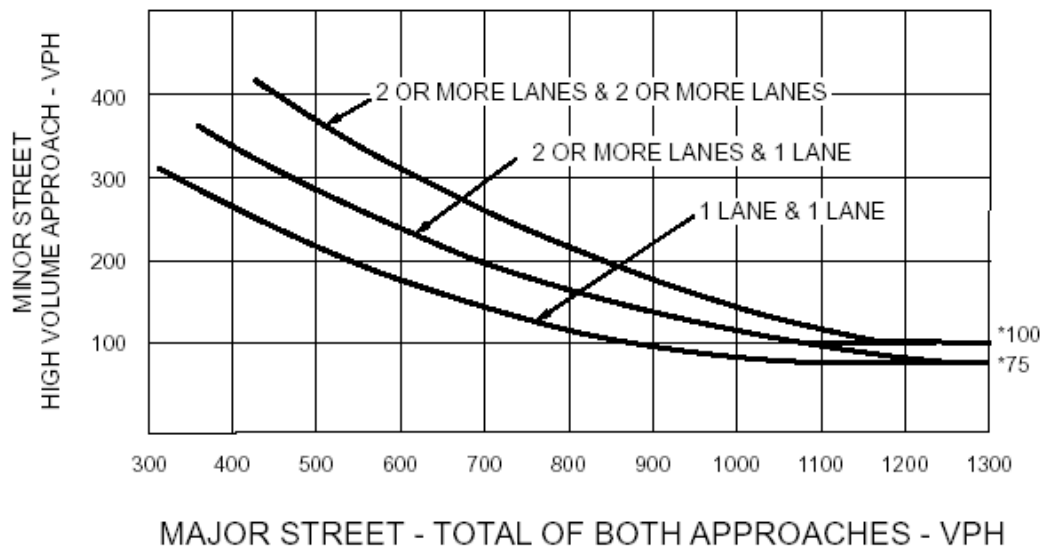
ถ้าสภาพการจราจรใน 1 ชั่วโมงใด ๆ ทำให้เกิดความล่าช้าต่อการจราจรด้านทางโทมากจนเกินไป ถ้าปริมาณจราจรในเส้นทางเอกและทางโทอยู่เหนือเส้นโค้งในรูปที่ 8.8.3 ควรติดตั้งสัญญาณจราจร

ถ้าขีดจำกัดความเร็วหรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 เกิน 70 km/h หรือ บริเวณนั้นเป็นย่านชุมชน เดี่ยวห่างจากชุมชนอื่นและมีประชากรน้อยกว่า 10,000 คน ให้ใช้รูปที่ 8.8.4 แทน



*Note: 150 vph applies as the lower threshold volume for a minor street approach with two or more lanes and 100 vph applies as the lower threshold volume for a minor street approach with one lane.

รูปที่ 8.8.3 เกณฑ์ปริมาณจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (MUTCD, 2000)



*Note: 100 vph applies as the lower threshold volume for a minor street approach with two or more lanes and 75 vph applies as the lower threshold volume for a minor street approach with one lane.

รูปที่ 8.8.4 เกณฑ์ปริมาณจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนในกรณีพิเศษ (MUTCD, 2000)

8.9 หลักการออกแบบสัญญาณจราจร

สัญญาณจราจรที่ออกแบบควรทำให้ความล่าช้าของขบวนโดยรวมลดลง และลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ สัญญาณจราจรควรลดการขัดแย้งของกระแสจราจรให้เหลือน้อยที่สุด แต่หากต้องการลดการขัดแย้งให้เหลือน้อยจำนวนจังหวะต้องมาก ซึ่งหากมีจังหวะมากจะทำให้รอบสัญญาณยาวและจะทำให้เกิดความล่าช้าต่อขบวนโดยเฉลี่ยมาก ดังนั้นโดยทั่วไปควรพิจารณาออกแบบเป็น 2 จังหวะก่อน โดยใช้รอบสัญญาณสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หากวิเคราะห์แล้วไม่เหมาะสมจึงค่อยปรับเปลี่ยนเป็น 3 หรือ 4 จังหวะตามลำดับ

8.9.1 สัญญาณจราจรที่ทางแยกเดี่ยว

รอบสัญญาณจราจรปกติจะอยู่ในช่วง 35 ถึง 60 วินาที (Garber & Hoel, 2002) รอบสัญญาณจราจรไม่ควรนานเกินไป เพราะรอบสัญญาณจราจรที่นานจะทำให้เกิดความล่าช้ามากเกินไป

นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะในทางปฏิบัติดังนี้ (Underwood, 1995)

- เวลาไฟเขียวไม่ควรน้อยกว่า 5 วินาที
- เวลาไฟเขียวสำหรับคนข้ามถนนไม่ควรน้อยกว่า 6 วินาที
- เวลาไฟเขียวนานที่สุดไม่ควรเกิน 80 วินาที
- รอบสัญญาณจราจรไม่ควรนานเกิน 120 วินาทีสำหรับกรณีมีสองจังหวะ และไม่ควรเกิน 200 วินาทีสำหรับกรณีมีมากกว่า 2 จังหวะ

8.9.2 เวลาไฟเหลือง

เวลาไฟเหลืองต้องไม่สั้นเกินไป และ ไม่นานเกินไป เวลาไฟเหลืองต้องพอดีทำให้ผู้ขับขี่สามารถหยุดรถได้ทันก่อนถึงเส้นหยุดอย่างนุ่มนวล หรือสามารถผ่านทางแยกไปด้วยความเร็วคงที่(ตามที่วิศวกรออกแบบ)โดยไม่ต้องเร่ง โดยผ่านพ้นทางแยกไปได้พอดี เมื่อหมดเวลาไฟเหลือง

เวลาไฟเหลืองไม่ควรสั้นเกิน 3 วินาที และไม่ควรนานเกิน 5 วินาที
ในกรณีที่คำนวณไฟเหลืองได้เกิน 5 วินาที ให้กำหนดเวลาส่วนเกินนั้นเป็นเวลาไฟแดงทุกด้าน (all red) (Garber & Hoel, 2002)

วิธีการคำนวณเวลาไฟเหลืองที่น้อยที่สุดที่ต้องการ ดูรายละเอียดในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.3.2
ตารางที่ 8.9.1 แสดงเวลาไฟเหลืองโดยประมาณ ซึ่งพิจารณาเฉพาะปัจจัยความเร็วที่เข้าสู่แยก

ตารางที่ 8.9.1 เวลาไฟเหลืองโดยประมาณ (Homburger et al., 1996)

ความเร็วที่เข้าสู่แยก, km/h	เวลาไฟเหลือง, s
≤ 56	3.0
57 - 64	3.5
65 - 72	4.0
73 - 80	4.5
> 80	5.0

8.9.3 เวลาไฟเขียว

ควรจัดสรรเวลาไฟเขียวให้เพียงพอเท่าที่ปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางต้องการ การให้เวลาไฟเขียวนานเกินไปจนกระทั่งขบวนในกระแสจราจรเริ่มทิ้งช่วงห่างกันมาก หรือไม่มีปริมาณจราจรมาเลย เป็นการใช้เวลาไฟเขียวอย่างไม่มีประสิทธิภาพ จะก่อให้เกิดความล่าช้าโดยใช้เหตุ และจะเป็นการจูงใจให้ผู้ขับขี่ในทิศทางอื่นฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดง

8.10 วิธีการออกแบบสัญญาณจราจรสำหรับทางแยกเดียว

มีวิธีการออกแบบหารอบสัญญาณจราจรที่เหมาะสมหลายวิธี ในที่นี้จะแสดงเฉพาะวิธีการออกแบบของ Webster

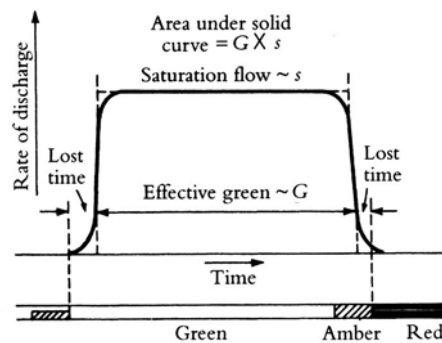
วิธีของ Webster คำนวณหารอบสัญญาณจราจรที่เหมาะสมซึ่งทำให้ความล่าช้าเฉลี่ยของขบวนต่อคันน้อยที่สุด ด้วยสมการ

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i} \quad (8.10.1)$$

เมื่อ

- C_o = รอบสัญญาณที่เหมาะสม, s
- L = เวลาสูญเสียทั้งหมดต่อรอบสัญญาณ, s
- Y_i = ค่าสูงสุดของอัตราส่วนปริมาณจราจรต่ออัตราการไหลอิ่มตัวสำหรับกลุ่มช่องจราจรที่ใช้จังหวะ i
 $= q_{ij}/S_j$
- ϕ = จำนวนจังหวะ
- q_{ij} = ปริมาณจราจรของกลุ่มช่องจราจรที่ได้สิทธิไปในจังหวะ i
- S_j = อัตราการไหลอิ่มตัวของกลุ่มช่องจราจร j

เวลาสูญเสีย ในแต่ละจังหวะจะเกิดความสูญเสียของเวลาไปในตอนต้นไฟเขียว และตอนท้ายของช่วงเวลาไฟเหลือง ดูรูปที่ 8.10.1



รูปที่ 8.10.1 แผนภาพการไหลของการจราจรผ่านทางแยกซึ่งมีสัญญาณจราจร
(Garber & Hoel, 1997)

เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$l_i = G_{ai} + \tau_i - G_{ei} \quad (8.10.2)$$

เมื่อ

- l_i = เวลาสูญเสียของจังหวะ i
- G_{ai} = เวลาไฟเขียวจริงของจังหวะ i (ไม่รวมเวลาไฟเหลือง)
- τ_i = เวลาไฟเหลืองของจังหวะ i
- G_{ei} = เวลาไฟเขียวประสิทธิภาพของจังหวะ i

เวลาสูญเสียทั้งหมด เป็นดังนี้

$$L = \sum_i^{\phi} l_i + R \quad (8.10.3)$$

เมื่อ

- R = เวลาไฟแดงทุกด้านทั้งหมดในหนึ่งรอบสัญญาณ

การจัดสรรเวลาไฟเขียว

เวลาไฟเขียวประสิทธิผลทั้งหมดในหนึ่งรอบสัญญาณ คือ

$$G_{te} = C - L = C - \left(\sum_i^{\phi} l_i + R \right) \quad (8.10.4)$$

เมื่อ

C = รอบสัญญาณจริงที่ใช้ (ปกติจะปิดไฟให้ใกล้ 5 s)

G_{te} = เวลาไฟเขียวประสิทธิผลทั้งหมดในหนึ่งรอบสัญญาณ

เพื่อให้ความล่าช้าทั้งหมดน้อยที่สุด การจัดสรรเวลาไฟเขียวประสิทธิผลตามสัดส่วนของค่า Y ของแต่ละจังหวะ ดังนี้

$$G_{ei} = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\phi}} G_{te} \quad (8.10.5)$$

และ เวลาไฟเขียวจริงของแต่ละจังหวะ หาได้จาก

$$\begin{aligned} G_{a1} &= G_{e1} + l_1 - \tau_1 \\ G_{a2} &= G_{e2} + l_2 - \tau_2 \\ G_{ai} &= G_{ei} + l_i - \tau_i \\ G_{a\phi} &= G_{e\phi} + l_{\phi} - \tau_{\phi} \end{aligned} \quad (8.10.6)$$

เวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุด

ถ้าทางแยกใดมีปริมาณคนข้ามถนนมาก จำเป็นต้องกำหนดเวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุดเพื่อให้คนข้ามถนนสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย ความยาวของเวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุดอาจยาวกว่าเวลาไฟเขียวที่ขบวนรถต้องการเพื่อผ่านทางแยก ดังนั้นเวลาไฟเขียวสำหรับทิศทางการจราจรของขบวนรถในแนวเหนือใต้ต้องยาวไม่น้อยกว่าเวลาที่คนต้องการใช้ในการข้ามถนนในแนวออกตก และในทำนองเดียวกัน เวลาไฟเขียวสำหรับทิศทางการจราจรของขบวนรถในแนวออกตกต้องยาวไม่น้อยกว่าเวลาที่คนต้องการใช้ในการข้ามถนนในแนวเหนือใต้ เวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุด สามารถได้จากสมการของ Highway Capacity Manual, HCM (2000) ดังนี้

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + \left(2.7 \frac{N_{ped}}{W_E} \right) \quad \text{เมื่อ } W_E > 3 \text{ m} \quad (8.10.7)$$

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (2.7 N_{ped}) \quad \text{เมื่อ } W_E < 3 \text{ m} \quad (8.10.8)$$

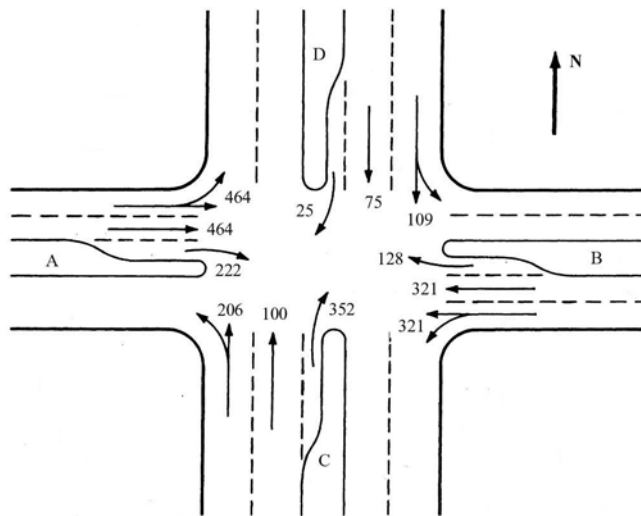
เมื่อ

- G_p = เวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุด, s
 L = ความยาวของทางข้าม, m
 S_p = ความเร็วเฉลี่ยของคนข้าม ปกติใช้ 1.2 m/s (สมมติให้เป็นตัวแทนของความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 15)
 3.2 = เวลาที่คนข้ามรับรู้ตัดสินใจจะข้ามถนน, s
 W_E = ความกว้างประสิทธิภาพของทางข้าม, m
 N_{ped} = จำนวนของคนข้ามในช่วงเวลาไฟสัญญาณนั้น

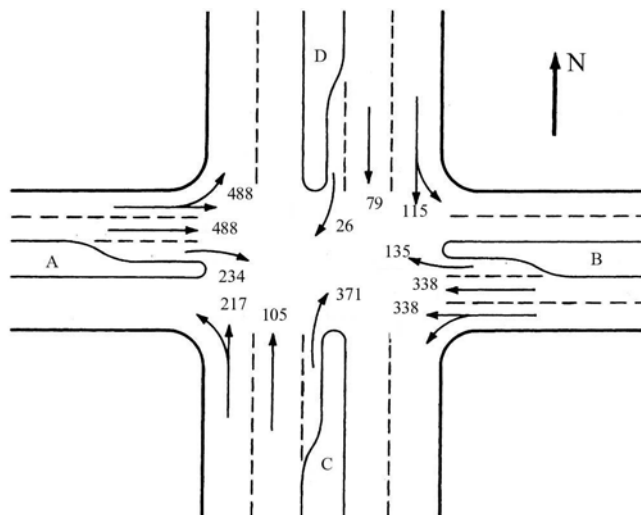
ตัวอย่างที่ 8.10.1

ในรูปที่ 8.10.2(a) แสดงปริมาณจราจรในหน่วยคันรถยนต์ส่วนตัวต่อชั่วโมงในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนของทางแยกหนึ่ง ให้ใช้วิธีของ Webster หาเวลาสัญญาณจราจรที่เหมาะสมสำหรับทางแยกนี้ โดยกำหนดให้เป็น 4 จังหวะ ใช้เวลาไฟเหลือง 3 s ค่า PHF = 0.95 และอัตราการไหลอิมตัวเป็นดังนี้

จังหวะ	กลุ่มช่องจราจร	อัตราการไหลอิมตัว, veh/h
A	1 	1615
	2 	3700
B	1 	3700
	2 	1615
C	1 	1615
	2 	3700
D	1 	1615
	2 	3700



(a) ข้อมูลปริมาณจราจรที่กำหนดให้



(b) ข้อมูลปริมาณจราจรที่ใช้รูปแบบ

รูปที่ 8.10.2 ข้อมูลปริมาณจราจรสำหรับออกแบบสัญญาณจราจร

วิธีทำ

หาปริมาณจราจรที่ใช้รูปแบบ จาก volume/PHF เช่น สำหรับปริมาณจราจรเลี้ยวขวาของจังหวะ A
 ปริมาณจราจรที่ใช้รูปแบบ = $222/0.95 = 234$ ดูรูปที่ 8.9.2(b) สำหรับปริมาณจราจรที่ใช้รูปแบบ
 ทั้งหมด

หาเวลาสูญเสียทั้งหมด ใช้สมการ $L = \sum_i l_i + R$

สมมติให้เวลาสูญเสียแต่ละจังหวะเท่ากับ 3.5 วินาที และเนื่องจากไม่มีเวลาไฟแดงทุกด้าน ดังนั้นได้

$$L = 4 \times 3.5 + 0 = 14 \text{ s}$$

หาค่า Y_i และ $\sum Y_i$ สรุปได้ดังตาราง

	จังหวะ A มุ่งออก		จังหวะ B มุ่งตก		จังหวะ C มุ่งเหนือ		จังหวะ D มุ่งใต้	
กลุ่มช่องจราจร	1	2	1	2	1	2	1	2
q_{ij}	234	976	676	135	371	322	26	194
S_j	1615	3700	3700	1615	1615	3700	1615	3700
q_{ij}/S_j	0.145	0.264	0.183	0.084	0.23	0.087	0.016	0.052
Y_i	0.264		0.183		0.23		0.052	

$$\sum Y_i = (0.264 + 0.183 + 0.230 + 0.052) = 0.729$$

หาความยาวรอบสัญญาณที่เหมาะสม ใช้สมการ

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i}$$

แทนค่าลงในสมการ ได้

$$C_o = \frac{(1.5 \times 14) + 5}{1 - 0.729}$$

$$C_o = 95.9 \text{ s}$$

ใช้ 100 s เนื่องจากปกติความยาวรอบสัญญาณจะปัดลง 5 หรือ 10 s

หาเวลาไฟเขียวประสิทธิภาพผลทั้งหมด จาก

$$G_{te} = C - L$$

แทนค่าลงในสมการ ได้

$$G_{te} = 100 - 14 = 86 \text{ s}$$

หาเวลาไฟเขียวประสิทธิภาพสำหรับแต่ละจังหวะ จาก

$$G_{ei} = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_\phi} G_{te}$$

แทนค่าลงในสมการ ได้

$$G_{ei} = \frac{Y_i}{0.25 + 0.17 + 0.26 + 0.06} (86)$$

$$G_{ei} = \frac{Y_i}{0.729} (86)$$

จากเวลาไฟเหลือง $\tau = 3.0 \text{ s}$ เวลาไฟเขียวจริง G_{ai} สำหรับแต่ละจังหวะ หาได้จาก

$$G_{ai} = G_{ei} + l_i - \tau_i$$

แทนค่าลงในสมการ ได้

เวลาไฟเขียวจริงสำหรับจังหวะ A, $G_{aA} = \frac{0.264}{0.729} (86) + 3.5 - 3.0 = 32 \text{ s}$

เวลาไฟเขียวจริงสำหรับจังหวะ B, $G_{aB} = \frac{0.183}{0.729} (86) + 3.5 - 3.0 = 22 \text{ s}$

เวลาไฟเขียวจริงสำหรับจังหวะ C, $G_{aC} = \frac{0.230}{0.729} (86) + 3.5 - 3.0 = 27 \text{ s}$

เวลาไฟเขียวจริงสำหรับจังหวะ D, $G_{aD} = \frac{0.052}{0.729} (86) + 3.5 - 3.0 = 7 \text{ s}$