พลเมืองการ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๒

การศึกษาทบทวนผลงานที่ผ่านมา

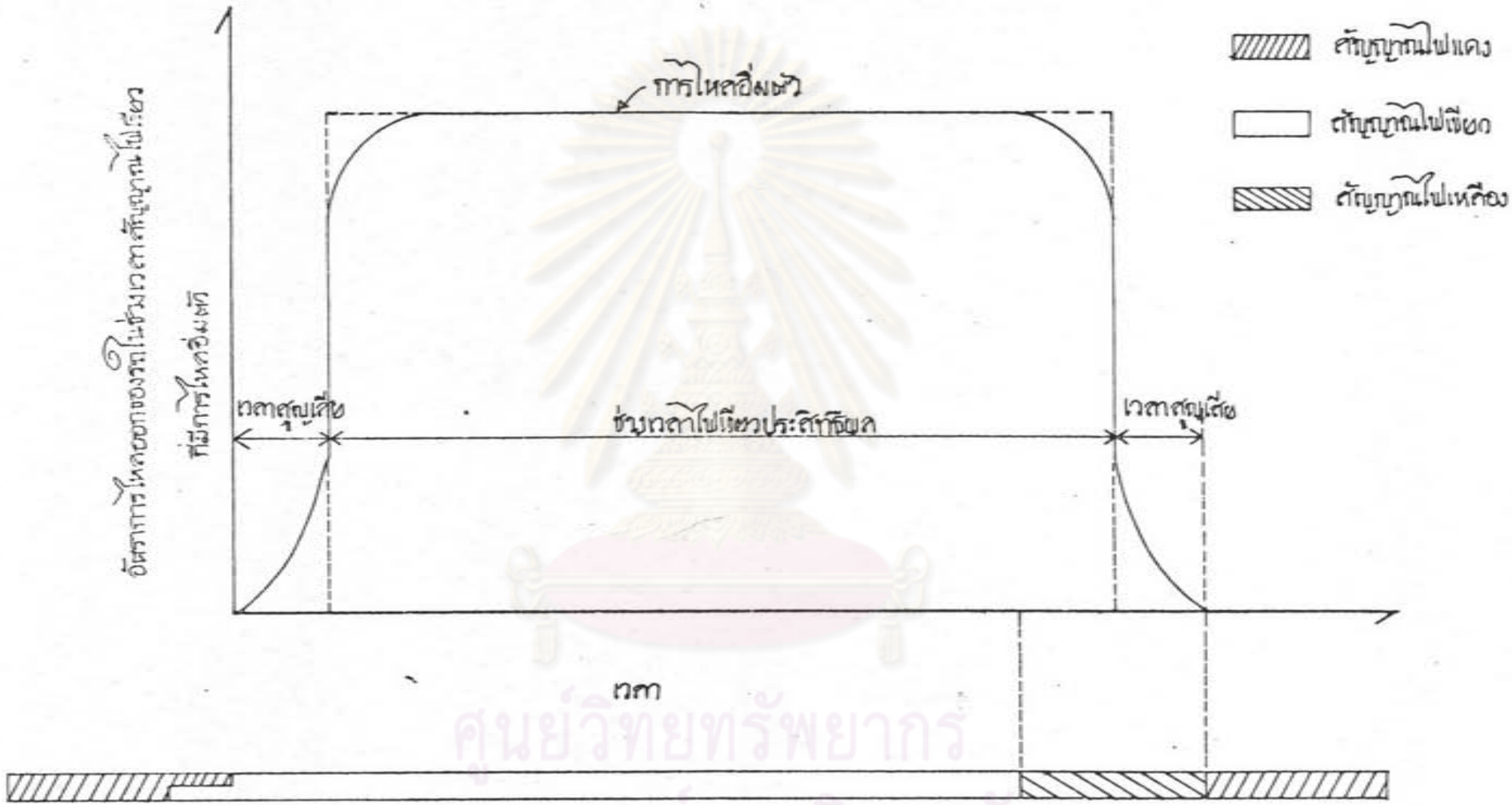
(Literature Review)

๒.๑ ความจุของการจราจรที่ทางแยก (Signalized Intersection Capacity)

U.S. Highway Capacity Manual[1] ได้กำหนดค่าความจุ (Capacity) เป็นค่าจำนวนรถที่สูงสุดที่สามารถผ่านถนนได้ ภายในช่วงเวลาที่ให้คำจำกัดความนี้ เป็นค่าความจุของถนนที่ห่างจากทางแยกอาจใช้ต่อช่วงจราจร ต่อทิศทาง หรือทั้งถนน ส่วนค่าความจุของการจราจรที่ทางแยกอธิบายในเทอมค่าขีดจำกัดของ parameter ปกติเป็นค่าความล่าช้าเฉลี่ย ซึ่งเป็นจำนวนรถที่สามารถผ่านทางแยกไปได้สูงสุด ในช่วงสัญญานไฟเขียว

Miller[2] ได้อธิบายความหมายความจุของการจราจรที่ทางแยก เป็นปริมาณการจราจรของรถสามารถวิ่งผ่านเส้นหยุดออกจากด้านใด ๆ ของทางแยก ภายใต้สภาพ ทางกายภาพของทางแยก และสภาพคุณลักษณะต่าง ๆ ของการจราจร ที่อัตราความเร็วของรถที่วิ่งผ่านเส้นหยุดจากด้านใด ๆ ของทางแยกคงที่ จะมีค่าเท่ากับความจุของด้านนั้น ๆ ของทางแยก

Webster[3] ได้บรรยายอย่างแจ่มแจ้งถึงการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow) ของการแยกที่ใช้สัญญานไฟ โดยให้คำนิยามของการไหลอิ่มตัวเท่ากับปริมาณการจราจรสูงสุดคงที่ที่ผ่านเส้นหยุดไปได้ในช่วงสัญญานไฟเขียวประสิทธิภาพ (effective green time) ซึ่งเป็นช่วงเวลาไฟเขียวรวมกับเวลาไฟเหลืองที่ได้หักค่าเวลาสูญเสียที่เกิดจากการเริ่มออกรถเมื่อได้รับสัญญานไฟเขียว และหยุดรถเมื่อได้รับสัญญานไฟแดง ปกติมีหน่วยเป็นปริมาณยวดยานต่อชั่วโมงของสัญญานไฟเขียว หรือปริมาณยวดยานหน่วยรถเก๋ง (Passenger car unit) ต่อชั่วโมงสัญญานไฟเขียว ดังรูปที่ ๒.๑ แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของปริมาณการจราจรผ่านทางแยกสัญญานไฟ จะเห็นว่า อัตราการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ยจะต่ำใน ๒-๓ วินาทีแรกของสัญญานไฟเขียว สำหรับการเริ่มเคลื่อนที่ และเร่งความเร็วเพื่อให้ความเร็วเพิ่มขึ้นจนคงที่ ปริมาณจราจรที่ออกจากทางแยกคงที่นี้เรียกว่า การไหลอิ่มตัว



รูป 2.1 แสดงอัตราการไหลของรถ เทียบกับ เวลาช่วงไฟเขียวที่มีการไหลอิ่มตัว ที่มา Webster และ Cobbe [4]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(Saturation Flow) หลังจากนั้นในระหว่างช่วงไฟเหลือง ผู้ขับขี่บางคนตัดสินใจที่หยุดรถ บางคนขับต่อไป และหยุดรถเมื่อได้รับสัญญานไฟแดง ทำให้ปริมาณการจราจรที่ออกจากทางแยกลดลง พื้นที่ใต้ Curve นี้จะแทนจำนวนยวดยานที่ผ่านทางแยกในช่วงเวลาดังกล่าว อาจแทนพื้นที่ใต้ Curve ด้วยรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งมีฐานเป็นค่าไฟเขียวประสิทธิผล

๒.๒ สูตรของความจุ (Capacity Formula)

ความจุของทางเข้าใด ๆ ของทางแยก คือ อัตราสูงสุดที่ยวดยานสามารถผ่านทางแยกไปได้ภายใต้สภาวะที่เป็นอยู่ ซึ่งความจุนี้จะขึ้นอยู่กับเวลาสัญญานไฟเขียว หาได้จากสูตร

$$\text{Capacity (C)} = gs/c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

ถ้าจำนวนยวดยานที่ต้องการผ่านทางแยกมีอัตรา q_i เพื่อให้ทางแยกมีความจุเพียงพอ ดังนั้น

$$g_i s_i/c \geq q_i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

โดย s_i = การไหลอิ่มตัวที่ทางเข้า i

g_i = ไฟเขียวประสิทธิผลที่ทางเข้า i

นั่นคือ สัดส่วนของไฟเขียว ต้องเป็นดังนี้

$$g_i/c = q_i/s_i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

หรือ $u_i \geq y_i$

โดย u = อัตราส่วนของช่วงเวลาสัญญานไฟเขียวต่อ รอบเวลาไฟสัญญาน (green time ratio)

y = อัตราส่วนของปริมาณการจราจรที่ต้องการผ่านทางแยกต่อปริมาณการจราจรสูงสุดที่สามารถผ่านทางแยกไปได้ (flow ratio)

เมื่อมี ๒ ทางเข้าหรือมากกว่า ใช้ช่วงไฟเขียวร่วมกัน ค่าของ g_i/c จะต้องมีค่าอย่างต่ำเท่ากับค่า y สูงสุด ของทางเข้าเหล่านั้น

ความจุของทางเข้าใด ๆ สามารถเพิ่มขึ้นได้ โดยการเพิ่มสัดส่วนของไฟเขียว (u) ความจุที่เพิ่มขึ้นที่ทางเข้าจะทำให้ความจุของทางเข้าอื่น ๆ ลดลง เงื่อนไขสำหรับความจุต้องพอเพียง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต่อความต้องการทุก ๆ ทางเข้า ซึ่งทำให้สัดส่วนของไฟเขียว กลายเป็น

$$\sum_{i=1}^{n} yi \quad \leq \quad \sum_{i=1}^{n} gi/c = 1 - \frac{L}{c} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 4$$

เมื่อ n = จำนวนจังหวะไฟสัญญาณ

L = เวลาสูญเสียในหนึ่งรอบเวลาไฟสัญญาณ

ผลอันนี้ใช้ได้ทั้งสัญญาณไฟที่เป็นแบบช่วงเวลาคงที่ (fixed time) และแบบช่วงเวลาเปลี่ยนไปตามปริมาณการจราจร (vehicle actuated)

ถ้าหากช่วงไฟเขียวของทางเข้าทั้งหมด เป็นสัดส่วนกับค่า y แล้ว

ค่า Y = 1-L/c ทางเข้าจะเป็น fully saturated

ค่า Y < 1-L/c ทางเข้าจะมีค่า เป็นระดับการไหลอิ่มตัว ซึ่งจะเท่ากับ

$$\frac{Y}{1-L/c}$$

สำหรับรอบเวลาสัญญาณไฟใดๆ ซึ่งช่วงไฟเขียวเป็นสัดส่วนกับค่า Y แล้วปริมาณการจราจรที่ต้องการผ่านทางแยก จะมีความสัมพันธ์กับค่า Y ดังนี้

$$q = (gs/c)\left(\frac{Y}{1-L/c}\right) = \frac{gsY}{c-L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 5$$

๒.๓ <u>การไหลอิ่มตัวและรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม</u> (saturation flow and optimum signal cycle time)

ความสัมพันธ์ของการไหลอิ่มตัวและรอบเวลาสัญญาณไฟ สามารถพิจารณาได้จาก แบบจำลองสำหรับการคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟ โดยมีการไหลอิ่มตัวเป็น พารามิเตอร์ (parameter) ตัวหนึ่งในสูตร โดย Webster[3] และ Cobbe[2] และของ Australian Road Research Board ซึ่งทั้งสองสูตรนั้นให้ค่าคล้ายกัน

$$c = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{n} yi} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 6$$

และ $$c = \frac{L + 2.2\sqrt{L/S}}{1 - \sum_{i=1}^{n} yi} \quad \text{..... 7}$$

เมื่อ c = รอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม (วินาที)

L = เวลาสูญเสียทั้งหมด (วินาที)

yi = อัตราส่วนของปริมาณการจราจรต่อการไหลอิ่มตัวที่จังหวะสัญญาณไฟ i

n = จำนวนจังหวะสัญญาณไฟ

s = การไหลอิ่มตัวในหน่วย รถเก๋งต่อวินาที (4)

๒.๔ <u>การศึกษาการไหลอิ่มตัว</u> โดย Webster & Cobbe

Webster & Cobbe ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการไหลอิ่มตัวในประเทศอังกฤษ โดยจำลองสภาพทางกายภาพและสภาวะของการจราจรที่ทางแยก อธิบายพฤติกรรมของการไหลอิ่มตัว ซึ่งมีหลายองค์ประกอบที่มีผลต่อการไหลอิ่มตัว เช่น ความกว้างของช่วงถนนแต่ละด้าน (approach width) ความลาดชัน (gradients) และคุณลักษณะอื่นๆ ของทางแยก สำหรับองค์ประกอบด้านสภาวะการจราจรที่สำคัญคือปริมาณยวดยานชนิดต่างๆ (traffic compostition) ประมาณรถเลี้ยวขวา ปริมาณรถเลี้ยวซ้าย ปริมาณรถจอด และปริมาณการข้ามถนน เป็นต้น

๒.๔.๑ <u>ผลของความกว้างของช่วงถนน</u> (approach width)

ค่าการไหลอิ่มตัว จะเปลี่ยนไปตามความกว้างของถนน ถ้าไม่มีการจอดรถที่ทางแยก และไม่มียวดยานเลี้ยว ปริมาณการจราจรที่การไหลอิ่มตัว ซึ่งจะเป็นหน่วยรถเก๋งต่อชั่วโมง จะมีค่าดังนี้

W_1 =	10	11	12	13	14	15	16	17	ฟุต
W_2 =	3.08	3.38	3.69	4.00	4.31	4.62	4.92	5.23	เมตร
S =	1850	1875	1900	1950	2075	2250	2475	2700	pcu/hr.

ถ้าหากความกว้างของช่วงถนนในด้านนั้น กว้าง ๔.๒๓ เมตร การไหลอิ่มตัวจะมีค่าแปรเปลี่ยนโดยตรงกับความกว้าง ดังนี้

พลเมืองดีเลิศ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$S = 160\ W_1$ pcu/hr. 8

หรือ $S = 520\ W_2$ pcu/hr. 9

เมื่อ W_1 = ความกว้างของช่วงถนน เป็น ฟุต

W_2 = ความกว้างของช่วงถนน เป็น เมตร

ดังรูป ๒.๒ ผลของความกว้างของช่วงถนนต่อการไหลอิ่มตัว

เมื่อมีการขยายความกว้างของช่วงถนน ค่าการไหลอิ่มตัวจะเพิ่มขึ้นเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

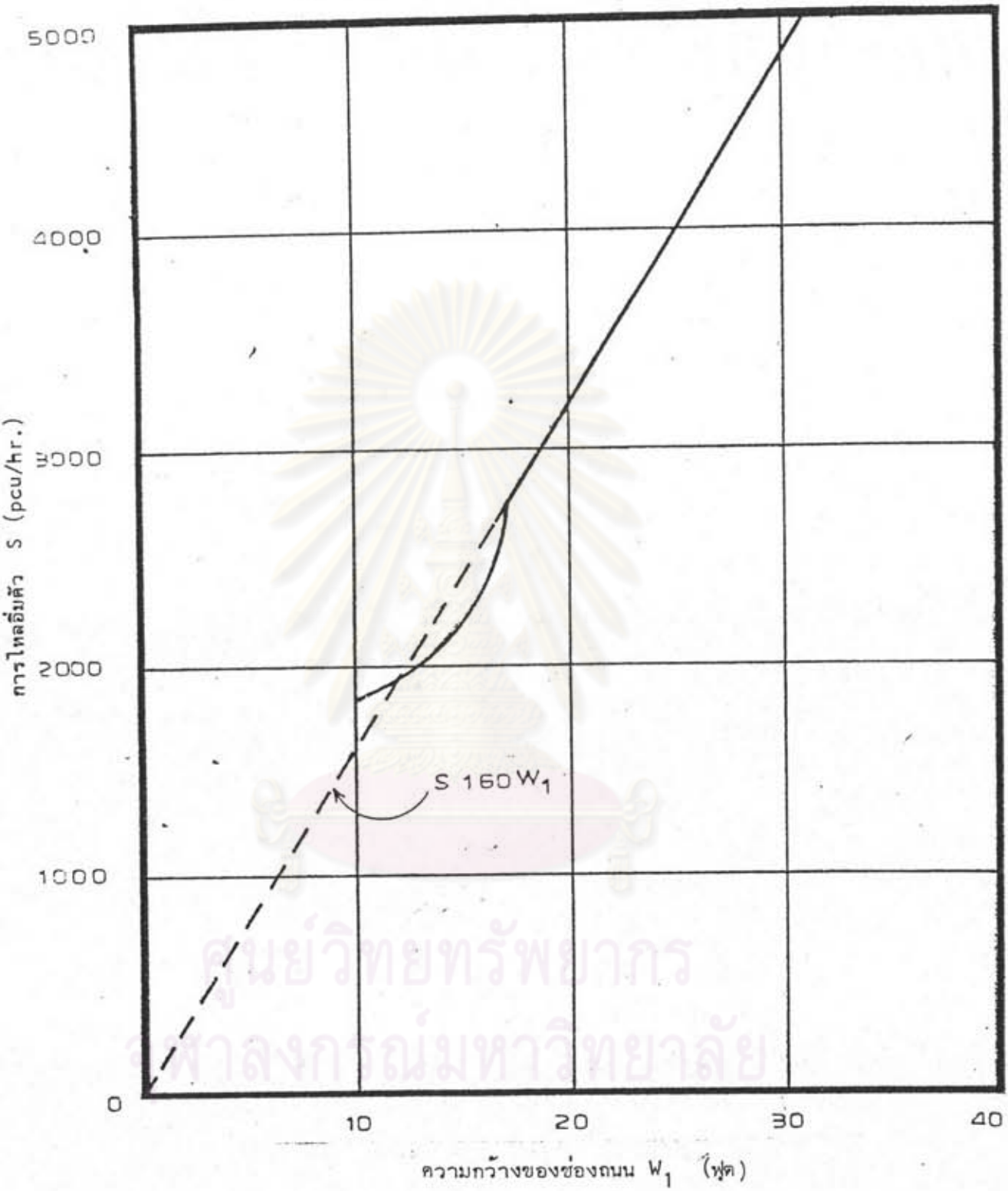
ความกว้างถนนเดิม (ฟุต)	ความกว้างเมื่อขยายแล้ว (ฟุต)																					
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	6
10	1	3	5	12	22	34	46	56	64	73	90	110	125	140	160	205	245	290	330	375	42
11		1	4	11	20	32	44	54	62	71	88	105	120	140	155	200	240	285	325	370	41
12			3	9	18	30	42	52	60	68	85	100	120	135	155	195	235	280	320	365	40
13				6	15	27	38	48	56	64	81	97	115	130	145	185	230	270	310	350	39
14					8	19	30	39	47	54	70	85	100	115	130	170	210	245	285	325	36
15						10	20	28	35	42	56	71	85	100	115	150	185	220	255	290	32
16							9	16	23	29	42	55	68	81	94	125	160	190	225	255	29
17								7	13	19	30	42	54	66	78	105	135	165	195	225	25

๒.๔.๒ <u>ผลของความลาดชัน</u> (gradient)

ผลจากความลาดชันทางเข้าของทางแยก ทำให้ค่าการไหลอิ่มตัวเปลี่ยนแปลง คือลดค่าการไหลอิ่มตัว ๓% ต่อ ความลาดชันเมื่อขึ้นเขาทุกๆ ร้อยละ ๑และเพิ่มค่า การไหลอิ่มตัว ๓% ต่อ ความลาดชัน เมื่อลงเขาทุกๆ ร้อยละ ๑

เปอร์เซ็นต์ความลาดชันที่ได้ จะได้จากค่าเฉลี่ยระยะ ๒๐๐ ฟุต จากเส้นหยุดของทางแยก แต่ละความลาดชันต้องไม่มากกว่า ๑๐% สำหรับขึ้นเขา และความลาดชันต้องไม่มากกว่า ๔% สำหรับลงเขา

รูป 2.2 ผลของความกว้างของช่องถนนต่อการไหลอิ่มตัว



จากรูปที่ 2.2 จะเห็นความสัมพันธ์ของการไหลอิ่มตัว กับความกว้างของชวงถนน (W_1) จะไม่เป็นเส้นตรงสำหรับความกว้างของช่วงถนนระหว่าง 10 ฟุต และ 17 ฟุต ส่วนค่าของความกว้างของช่วงถนนที่เกิน 17 ฟุต จะมีความสัมพันธ์ เป็นเส้นตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๒.๔.๓ ผลของยวดยานชนิดต่างๆ (traffic composition)

ค่าการไหลอิ่มตัวที่ได้ต้องมีการปรับ เนื่องจากปริมาณการจราจรที่ออกจากทางแยกมีรถหลายชนิดวิ่งคละกัน ซึ่งสามารถปรับให้เป็นรถชนิดเดียวกัน โดยใช้เป็นค่าเทียบเท่าของหน่วยรถเก๋ง (passenger car unit =pcu) ดังนี้

- ๑ รถบรรทุกขนาดใหญ่ และขนาดกลาง = ๑.๗๕ หน่วยรถเก๋ง
- ๑ รถประจำทาง = ๒.๒๕ หน่วยรถเก๋ง
- ๑ รถราง = ๒.๕๐ หน่วยรถเก๋ง
- ๑ รถบรรทุกขนาดเบา = ๑.๐๐ หน่วยรถเก๋ง
- ๑ รถจักรยานยนต์ ๒ ล้อ = ๐.๓๓ หน่วนรถเก๋ง
- ๑ รถจักรยาน ๒ ล้อ = ๐.๒๐ หน่วยรถเก๋ง

๒.๔.๔ ผลของปริมาณยวดยานเลี้ยวขวา (right turning traffic)

เนื่องจากลักษณะของการจราจรที่ทางแยก มีการขับรถตรง และรถเลี้ยว Webster ได้กล่าวถึงการขับรถเลี้ยวขวา ภายใต้สภาพปริมาณจราจรที่ไม่ติดแน่นจนเคลื่อนที่ไม่ได้ (non-locking condition) ผลกระทบของรถเลี้ยวขวาขึ้นอยู่กับความขัดแย้งของการจราจรที่อยู่ในจังหวะสัญญาณไฟเดียวกัน และยังขึ้นอยู่กับช่องจราจรเฉพาะเลี้ยวขวาจะมีหรือไม่ ดังนั้นลักษณะของการเลี้ยวขวามีอยู่ ๔ กรณี ดังนี้

๒.๔.๔.๑ ไม่มีรถสวน และไม่มีช่องทางเลี้ยวขวาเฉพาะ (no opposing flow and no exclusive right turning lanes) ค่าการไหลอิ่มตัวสำหรับกรณีนี้ เหมือนกับค่าการไหลอิ่มตัวของรถทางตรง เพราะไม่มีการคำนึงถึงสิ่งใดๆ ในการเลี้ยว

๒.๔.๔.๒ ไม่มีรถสวน และมีช่องทางเลี้ยวขวาเฉพาะ (no opposing flow and exclusive right turning lanes) ค่าของการไหลอิ่มตัวของรถเลี้ยวขวาสามารถแบ่งออกเป็น ๒ ลักษณะ ซึ่งขึ้นอยู่กับรัศมีความโค้ง โดยกำหนดดังนี้

$$S = \frac{1800}{1 + 5/r} \quad \text{pcu/hr. สำหรับ ๑ ช่องทางเลี้ยวขวา} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 10$$

$$S = \frac{3000}{1 + 5/r} \quad \text{pcu/hr. สำหรับ ๒ ช่องทางเลี้ยวขวา} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 11$$

เมื่อ r = รัศมีความโค้ง มีหน่วยเป็นฟุต

สำหรับ r = ∞ กล่าวคือ เป็นเส้นทางตรง ค่าการไหลอิ่มตัวจะมีค่าเป็น 1800 และ 3000 pcu/hr. สำหรับ ๑ ช่องทางเลี้ยวขวา และ ๒ ช่องทางเลี้ยวขวา โดยการเปรียบเทียบ รถทางตรงจะมีค่าเป็น 1850 และ 3200 pcu/hr. ตามลำดับช่องทางกว้าง ๑๐ ฟุต และ ๒๐ ฟุต

๒.๔.๔.๓ มีรถสวน และไม่มีช่องทางเลี้ยวขวาเฉพาะ (Opposing and no exclusive right turning lanes) ผลของผู้ขับรถเลี้ยวขวา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบ่งออก ๓ แบบดังนี้

ก. เนื่องจากมีรถสวนมา ทำให้ผู้ขับรถที่จะเลี้ยวขวาเกิดความล่าช้า และความล่าช้าที่เกิดจากรถที่เลี้ยวขวายังไม่ได้ ทำให้ยวดยานในทิศทางเดียวกันเกิดความล่าช้า

ข. แนวโน้มในการที่จะกีดขวางทางในการใช้ offside lane ของรถทางตรง จะเสี่ยงต่อการเกิดความล่าช้า

ค. การเลี้ยวของยวดยานที่ยังค้างอยู่ที่ทางแยก เมื่อหมดสัญญานไฟเขียว จะต้องใช้เวลาจำนวนหนึ่ง ที่ขับรถออกจากทางแยก และอาจทำให้เกิดความล่าช้าของจังหวะสัญญานไฟตรงข้าม ที่จะเริ่มใหม่

ผลของการเลี้ยวขวาใน ๒ แบบแรก สามารถใช้การเฉลี่ยของรถเลี้ยวขวา เท่ากับ ๑.๗๕ ของรถที่วิ่งทางตรง

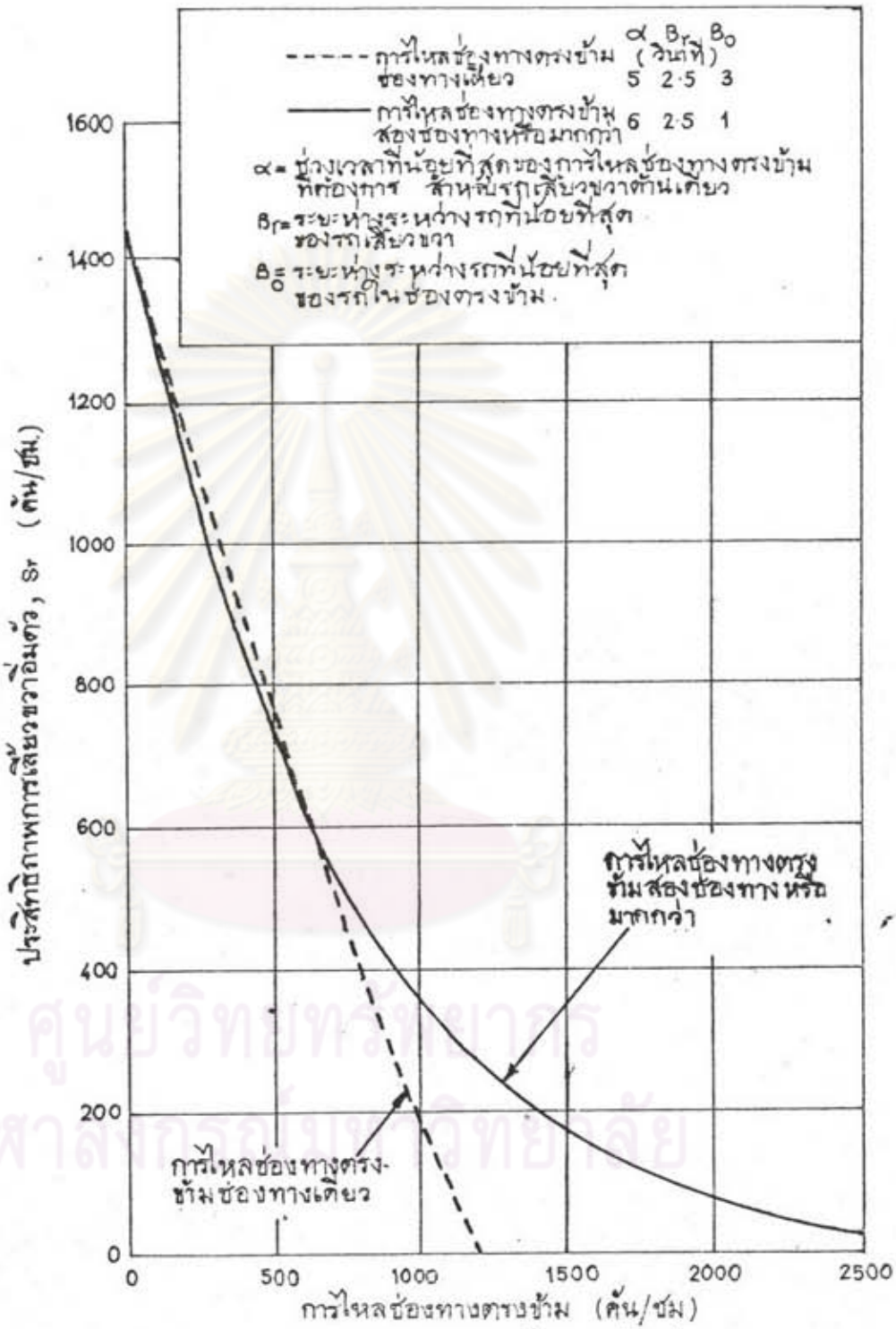
ส่วนผลของแบบที่ ๓ มีความยิ่งยากมากกว่า ผู้ที่ขับรถเลี้ยวขวาจะพยายามผ่านช่องว่าง (suitable gaps) ในทิศทางที่รถตรงข้ามสวนมา จากการสังเกตุ แสดงให้เห็นว่า ช่วงว่าง ∝ ของเวลา ๕ หรือ ๖ วินาที ดังรูปที่ ๒.๓

จากรูปที่ ๒.๓ เป็นรูปกราฟสร้างมาจากผลตามทฤษฎี สำหรับค่าช่วงว่างที่เหมาะสม มี ๒ ค่า คือ

เมื่อมีรถสวนมาเป็นช่องทางเดียว และมี ∝ = ๕ วินาที และ

เมื่อมีรถสวนมามากกว่า ๒ หรือ ๓ ช่องทาง ∝ = ๖ วินาที

จากกราฟแสดงผลการไหลอิ่มตัวของรถเลี้ยวขวาเมื่อมีรถสวนมา โดยสมมติว่าหลังจากนั้นมีรถวิ่งตลอดเวลา



รูป 2.3 ประสิทธิภาพการเลี้ยวขวาอิมตัว

ที่มา: Webster (5)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปลี่ยนแปลงค่า S_r เป็นจำนวนรถเลี้ยวขวาสูงสุดต่อรอบสัญญาณไฟ (N_r) สามารถทำได้โดยใช้ประโยชน์ของช่องว่างในทิศทางของรถที่สวนมา จากสมการ

$$N_r = S_r \frac{(gs - qc)}{s - q} \quad \text{..... 12}$$

เมื่อ q = ปริมาณรถที่สวนมา

s = การไหลอิ่มตัวของรถที่สวนมา

g = เวลาไฟเขียว

c = รอบสัญญาณไฟ

ถ้า g และ c เป็นวินาที s_r ควรอยู่ในรูป คัน/วินาที ก่อนที่จะแทนค่าในสมการที่ ๑๒

๒.๔.๔.๔ มีรถสวนมา และมีช่องทางเลี้ยวขวาเฉพาะ (opposing flow and exclusive right-turning lanes) ลักษณะเช่นนี้จะไม่เกิดความล่าช้าแก่รถทางตรงในด้านเดียวกัน ขณะที่มีผู้ขับรถเลี้ยวขวา แต่มีผลต่อรถที่สวนมาเท่านั้น ซึ่งจะคำนวนการไหลอิ่มตัวของรถเลี้ยวขวาได้ โดยการศึกษา ช่วงเวลาระหว่างยวดยาน (gap) และระยะเวลาระหว่างยวดยาน (headway) เหมือนกับหัวข้อ ๒.๔.๔.๓

๒.๔.๕ ผลของรถเลี้ยว ซ้าย (left turning traffic)

ในกรณีที่มีปริมาณยวดยานเลี้ยวซ้ายมากกว่า ๑๐% ของปริมาณยวดยานทั้งหมด จะต้องมีการปรับค่าการไหลอิ่มตัวของรถเลี้ยวซ้ายให้มีค่าเท่ากับ ๑.๒๕ ของรถทางตรง ถ้ามีปริมาณรถเลี้ยวซ้ายน้อยกว่า ๑๐% ของปริมาณรถทั้งหมดค่าการไหลอิ่มตัวของรถเลี้ยวซ้าย จะเท่ากับรถทางตรง

ซึ่งผลอันนี้ขึ้นอยู่กับรัศมีความโค้งของการเลี้ยว และจำนวนคนเดินข้ามถนน รถเลี้ยวซ้ายจะเป็นผลจากรัศมีของการเลี้ยว แต่ค่านี้จะมีผลเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเป็นรถทางตรง

ค่าการไหลอิ่มตัวที่ได้จากการเฉลี่ยของแต่ละสภาวะและคนเดินข้าม มีผลต่อรถเลี้ยวซ้ายบ้างส่วนใหญ่ไม่จำเป็นที่จะต้องปรับสำหรับผลจากคนเดินข้าม

๒.๔.๖ ผลของคนเดินข้ามถนน (pedestrains)

010216

ปกติไม่มีการปรับค่าการไหลอิ่มตัวจากผลของคนเดินข้ามถนน นอกเสียจากว่าจะมีจำนวนมากจริงๆ หรือมีลักษณะพิเศษเท่านั้นที่จะมีผลกับการไหลอิ่มตัว เช่นมีจำนวนคนเดินข้ามถนนมาก จะมีผลต่อรถเลี้ยวซ้ายมากกว่ารถทางตรง ดังนั้นต้องเพิ่มค่าการไหลอิ่มตัวสำหรับรถเลี้ยวซ้าย

๒.๔.๗ ผลของรถจอด (parked vehicles)

ผลของยวดยานที่จอดตรงบริเวณเส้นหยุดของทางแยก ทำให้ลดค่าการไหลอิ่มตัว เนื่องจากยวดยานที่จอดนั้นจะมีผลโดยทำให้ความกว้างทางเข้าของทางแยกแคบลง ค่าที่แคบลงอาจหาได้จาก

$$\text{ค่าที่แคบลง} = 5.5 - \frac{0.9\ (Z - 25)}{K} \quad \text{ฟุต} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 13$$

เมื่อ Z = ระยะทางที่รถจอดห่างจากเส้นหยุด ..... ฟุต

K = ช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว ..... วินาที

ถ้า $Z < 25$ ฟุต เทอมของ $\frac{0.9\ (Z - 25)}{K}$ จะเป็นค่าลบ ให้ใช้เทอมของ $\frac{0.9\ (Z - 25)}{K} = 0$

ถ้าหากได้ค่าที่แคบลง (effective loss of carriage way width) ติดลบ ให้ถือว่าค่าที่แคบลงมีค่าเป็นศูนย์ กล่าวคือไม่ทำให้ความกว้างของช่องทางแคบลง

ค่าที่แคบลงนี้จะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ ๕๐ ถ้าหากรถที่จอดนั้นเป็นรถบรรทุกขนาดใหญ่ ดังตารางที่ ๒.๑

๒.๔.๘ ผลของคุณลักษณะทางกายภาพของทางแยก (site characteristics)

คุณลักษณะทางกายภาพหลายอย่างที่มีผลต่อการไหลอิ่มตัว แต่มีความน้อยกว่าที่ได้กล่าวมาแล้ว องค์ประกอบที่มีผลต่อการไหลอิ่มตัว ดังแสดงไว้ในตารางที่ ๒.๒ ค่าการไหลอิ่มตัวมาตรฐานที่ได้นี้ได้จากการวัดค่าโดยเฉลี่ยจากลักษณะบริเวณของทางแยก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท	Z	ค่าที่แคบลง (ฟุต)	
(วินาที)	(ฟุต)	รถเก๋ง	รถบรรทุก
25	0	5.50	8.3
25	50	4.50	6.8
25	100	2.50	3.8
25	150	1.00	1.5
30	0	5.50	8.3
30	50	4.75	7.1
30	100	3.25	4.9
30	150	1.75	2.6
35	0	5.50	8.3
35	50	4.80	7.3
35	100	3.60	5.4
35	150	2.30	3.4
40	0	5.50	8.3
40	50	4.90	7.4
40	100	3.80	5.7
40	150	2.70	4.0
45	0	5.50	8.3
45	50	5.00	7.5
45	100	4.00	6.0
45	150	3.00	4.5
50	0	5.50	8.3
50	50	5.10	7.6
50	100	4.20	6.2
50	150	3.30	4.9
55	0	5.50	8.3
55	50	5.10	7.6
55	100	4.30	6.4
55	150	3.50	5.2
60	0	5.50	8.3
60	50	5.10	7.7
60	100	4.40	6.6
60	150	3.60	5.4

พระมหากรุณาธิคุณ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าของความกว้างที่แคบลง จากช่วงสัญญาณไฟเขียว 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 วินาที ของรถที่จอดที่เส้นหยุด 50, 100, และ 150 ฟุต ตามลำดับ จากเส้นหยุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๒.๒ ผลของคุณลักษณะทางกายภาพของทางแยก

กลุ่มของทางแยก	รายละเอียดคุณลักษณะทางกายภาพ	ร้อยละของการไหลอิ่มตัวมาตราฐาน
ดี	ช่องทางการจราจรมากกว่า ๑ ช่อง ไม่มีผลกระทบต่อการไหลอิ่มตัว จากคนเดินเท้า รถจอด รถเลี้ยวขวา (ไม่ว่าจะเป็นเพราะไม่มีรถเลี้ยวขวา หรือ มีช่องเฉพาะรถเลี้ยวขวา) มีสภาพการมองเห็นที่ดี มีรัศมีการเลี้ยวที่ดี ความกว้างทางออกเหมาะสมกับปริมาณการจราจร	๑๒๐
เฉลี่ย	บริเวณเฉลี่ย (average sites) มีลักษณะบางอย่างเป็นแบบ ดี และ เลว	๑๐๐
เลว	ความเร็วเฉลี่ยต่ำ มีการแทรกแซงเกี่ยวกับการจอดรถ คนเดินข้ามถนน รถเลี้ยวขวา สภาพการมองเห็นที่เลว และมีการออกแบบทางแยกไม่ดี เป็นถนนที่มีการจราจรสับสน เนื่องจากมีศูนย์การค้าหรืออื่น ๆ	๘๕

๒.๕ การศึกษาการไหลอิ่มตัวโดย Miller

สมมุติฐานและทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการไหลอิ่มตัวของ Miller มีลักษณะคล้ายกับของ Webster & Cobbe มีข้อแตกต่างกันเพียง Miller พิจารณาค่าการไหลอิ่มตัวเป็นส่วนกลับของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างยวดยาน (average headway) และใช้หน่วยของการไหลอิ่มตัวด้วยรถเก๋งทางตรง (through car units-tcu's) ต่อชั่วโมงไฟเขียว ค่าการไหลอิ่มตัว หาได้จาก

$$S = \frac{1}{\bar{h}} \quad \text{.....} \quad 14$$

$$\bar{h} = \bar{h}_c \left\{ 1+P_{cv}(E_{cv}-1)+P_{turn}(E_{turn}-1) \right\} \quad \text{.....} \quad 15$$

$$E_{cv} = 1+ \frac{\bar{e}_{cv}}{\bar{h}_c} \quad \text{.....} \quad 16$$

$$E_{turn} = 1 + \frac{\bar{e}_{turn}}{\bar{h}_c} \quad \text{..... 17}$$

เมื่อ $\bar{h}$ = ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างยวดยาน (average headway)

$\bar{h}_c$ = ค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างรถเก๋ง สำหรับรถเก๋งทางตรง

P_{cv} = สัดส่วนของรถบรรทุก (commercial vehicle)

$\bar{e}_{cv}$ = ค่าเฉลี่ยเพิ่มเติมพิเศษของระยะเวลาระหว่างยวดยาน ของรถบรรทุก

P_{turn} = สัดส่วนของรถเลี้ยว

$\bar{e}_{turn}$ = ค่าเฉลี่ยเพิ่มเติมพิเศษของระยะเวลาระหว่างยวดยานของรถเลี้ยว

แบบจำลองนี้ใช้การแปลงเปลี่ยนประเภทรถ (car equivalent) แต่ละชนิดรวมไปถึงรถเลี้ยว ให้เป็นหน่วยรถเก๋งทางตรง (through car units) โดยอยู่ในรูปของหน่วยรถเก๋ง (passenger car unit)

ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งจาก Webster คือ Miller เก็บรวบรวมข้อมูลจากช่องทางแยกต่างๆ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป และใช้วิธีการวัดระยะเวลาระหว่างยวดยาน (headway) โดยวัดแต่ละช่องทางจราจร (lane) ไม่ใช้ความกว้างของช่วงถนน (approach width) ดังนั้นการหาค่าการไหลอิ่มตัวของความกว้างของช่องถนน จะได้จากผลรวมของค่าการไหลอิ่มตัวของแต่ละช่องทางจราจร miller ได้สร้างแบบจำลองสภาพทางกายภาพ และสภาวะของการจราจรที่ทางแยก อธิบายพฤติกรรมของการไหลอิ่มตัวองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ ความกว้างของช่องทางจราจร ความลาดชัน ปริมาณยวดยานรถเลี้ยวขวา ปริมาณรถจอด และลักษณะของสภาพทางแยก เป็นต้น

๒.๔.๑ <u>ผลของความกว้างของช่องทางจราจร</u> (lane width)

เมื่อไม่มีการจอดรถที่ทางแยก ปริมาณการไหลอิ่มตัวสำหรับความกว้างของช่องทางจราจรที่อยู่นอกช่อง ๑๐ - ๑๒ ฟุต ต้องมีการปรับค่า ดังแสดงในตารางที่ ๒.๓ ถ้าหากความกว้างของช่วงถนนเปลี่ยนไป แต่ไม่ถึงขนาดที่จะต้องเพิ่มช่องจราจร จะใช้ความกว้างของช่วงถนนที่แคบที่สุด ภายในระยะ ๑๐๐ ฟุต จากเส้นหยุดของทางแยก

ตารางที่ ๒.๓ ค่าปรับของการไหลอิ่มตัวสำหรับความกว้างของช่องทางจราจร

ความกว้างของช่องทางจราจร (ฟุต)	8	9	10-12	13	14	15
ค่าปรับ (%)	-12	-7	0	+3	+4.5	+6

ที่มา : Australian Road Research Board (6)

๒.๕.๒ ผลของความลาดชัน (gradient)

ให้ลดค่าการไหลอิ่มตัวร้อยละ ๐.๕ ต่อ ความลาดชันของการขึ้นเขาทุกๆ ร้อยละ ๑ และให้เพิ่มค่าการไหลอิ่มตัว ร้อยละ ๐.๕ ต่อ ความลาดชันของการลงเขาทุกๆ ร้อยละ ๑

๒.๕.๓ ผลของปริมาณยวดยานเลี้ยวขวา (right turning traffic)

Australian Road Research Board ได้แนะนำเกี่ยวกับรถเลี้ยวขวา ดังนี้

๒.๕.๓.๑ สำหรับรถเลี้ยวขวาและไม่มีรถสวน (unopposed right turning cars)

รถเลี้ยวขวาที่ไม่มีรถสวน ใช้ค่าเทียบเท่าของรถเลี้ยวขวาเท่ากับรถทางตรง นอกจากการเลี้ยวขวานั้นมากจากถนนที่เป็นแบบการจราจรทางเดียว (one way) จะถือว่ามีผลเหมือนกับรถที่เลี้ยวซ้าย การเลี้ยวขวาขึ้นอยู่กับค่ารัศมีความโค้งและความกว้างของช่องจราจรที่รถเลี้ยวขวาซึ่งมีความกว้างน้อยที่สุดเท่ากับช่องจราจรที่วิ่งทางตรง

๒.๕.๓.๒ สำหรับรถเลี้ยวขวาและมีรถสวน (opposed right turning cars)

Gordon และ Miller ได้ตั้งสูตรสำหรับการหาค่าการไหลอิ่มตัวของรถเลี้ยวขวาซึ่งอยู่ในรูปเทียบเท่าของรถทางตรง (through car equivalent) ค่าเทียบเท่ารถตรงของรถเลี้ยวขวาสำหรับรถเลี้ยวขวาและมีรถสวน (E_{RT}) คือ

$$E_{RT} = \frac{1.5}{f.\ \frac{sg-qc}{g(s-q)} + \frac{4.5}{g}} \qquad \text{..... 18}$$

เมื่อ q,s,g และ c เป็น parameter จากปริมาณจราจรตรงข้ามซึ่งหมายความว่า

q และ s = ปริมาณรถและการไหลอิ่มตัวของฝั่งตรงข้าม (tcu's/hr.)

g และ c = ช่วงไฟเขียวประสิทธิภาพ และรอบเวลาสัญญาณไฟ (วินาที)

f = ฟังชั่นของปริมาณรถที่สวนมา ซึ่งมีค่าตามตารางที่ ๒.๔

ตารางที่ ๒.๔ แสดงค่า f ตามปริมาณรถที่สวน

q(veh./hr.)	0	200	400	600	800
f	1.00	0.81	0.65	0.54	0.45

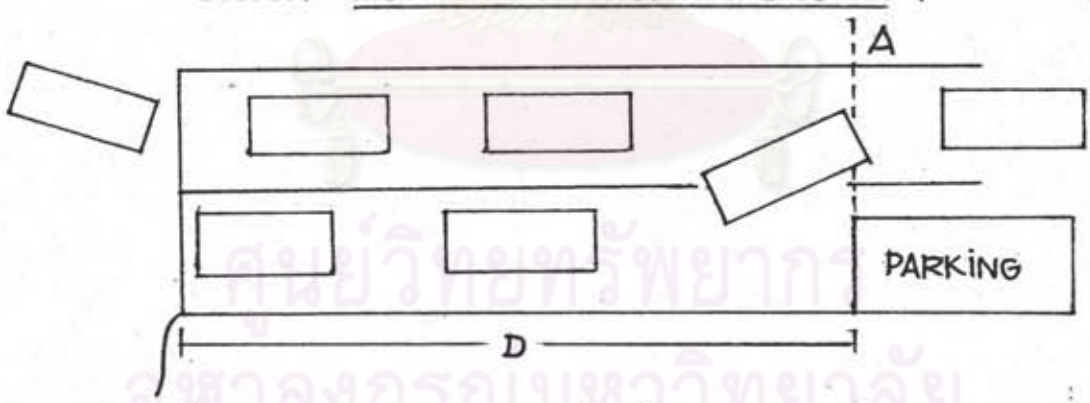
ที่มา : Australian Road Research Board (6)

ในการออกแบบงานที่เกี่ยวกับรถเลี้ยวขวาและมีรถสวน ต้องคำนวนค่าของ E_{RT} ซ้ำซ้อนหลายครั้ง แล้วใช้ค่าเฉลี่ย จากการเก็บข้อมูลของรายงานนี้ คือ ๒.๔

๒.๕.๔ ผลของรถจอด (parked vehicles)

ผลของการจอดรถบริเวณทางแยกมีต่อการไหลอิ่มตัว โดยแบ่งออกเป็น ๒ กรณี คือ

๒.๕.๔.๑ เมื่อพิจารณาความกว้างของถนนมี ๒ ช่องทาง (two lane approach)



รูปที่ ๒.๔ แสดงผลของการจอดรถข้างช่องจราจร

ที่มา : Australian Road Research Board (6)

จากรูปที่ ๒.๔ แสดงถึงรถจอดข้างถนนสำหรับถนนมี ๒ ช่องจราจร ในขณะที่สัญญาณไฟแดงจะมีคิวเกิดขึ้นในแต่ละช่องจราจร จนกระทั่งมีคิวถึงรถที่จอด จะเกิดบ่อยครั้งที่ช่วงระยะ D จะไม่มีรถจอดเต็ม ระยะ D ควรจะมากพอที่ช่องจราจรสามารถเก็บรถ เพื่อให้รถนั้นผ่านทางแยกได้ใน ๑

จังหวะสัญญาณไฟ ดังนั้นค่าการไหลอิ่มตัวช่องจราจรข้างถนน จะถูกลดลง ซึ่งหาได้จากสูตร

$$\text{ค่าการไหลอิ่มตัวของข้างช่องจราจร (Kerb lane)} = \left\{ p+F(1-p) \right\} \quad s \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots 19$$

โดยที่ค่า F ขึ้นอยู่กับค่าของ P_{rt} และ E_{rt} ซึ่งหาค่า F ได้จาก

$$F = 1.03 - \frac{1}{1+p_{rt}(E_{RT}-1)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots 20$$

เมื่อ P = อัตราส่วนของระยะ D ต่อระยะ clear distance

P_{rt} = อัตราส่วนของรถเลี้ยวขวา

E_{RT} = ค่าเทียบเท่ารถตรงของรถเลี้ยวขวา

๒.๔.๔.๒ เมื่อพิจารณาความกว้างของถนนมี ๓ ช่องทางหรือมากกว่า

สำหรับถนนที่มี ๓ หรือมากกว่า ๓ ช่องทาง และมีรถจอดข้างทาง โดยคิดว่า เมื่อระยะจากเส้นหยุดถึงหน้ารถที่จอดคันแรก (clear distance) เท่ากับ ๑๐๐ ฟุต หรือมากกว่า จะมีการใช้ช่องจราจรด้านใน (Kerb lane) ร่วมกัน เท่ากับ ๑.๔ คันของรถตรงต่อหนึ่งจังหวะสัญญาณไฟ ในการคำนวนให้คิดว่าช่องจราจรด้านใน เป็นช่องทางสำหรับรถเลี้ยวซ้ายโดยเฉพาะ รวมทั้งรถทางตรงอีก ๑.๔ คัน ดังกล่าวข้างต้น

๒.๔.๔ ลักษณะของสภาพทางแยก (site characteristics)

คุณลักษณะทางกายภาพหลายชนิดที่มีผลต่อการไหลอิ่มตัวที่ทางแยกองค์ประกอบที่มีผลต่อการไหลอิ่มตัว ได้พิจารณา ๔ สภาพ คือ บริเวณย่านธุรกิจ บริเวณย่านอุตสาหกรรม บริเวณย่านธุรกิจนอกเมือง และบริเวณย่านที่พักอาศัย สำหรับช่องทางจราจร แบ่งออกเป็น ๓ ลักษณะ คือ รถเลี้ยวซ้าย รถทางตรง และรถเลี้ยวขวา ที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาของ Miller ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยย่อดังนี้

ตารางที่ ๒.๕ การไหลอิ่มตัวของแต่ละช่องทางจราจรในหน่วย รถเก๋งทางตรงต่อชั่วโมง (tcu/hr.) โดยแบ่งแยกตามชนิดของช่องทางและคุณลักษณะทางกายภาพ

คุณลักษณะทางกายภาพตามสภาวะแวดล้อม	ชนิดของช่องทางจราจร		
	L	T	R
บริเวณย่านธุรกิจ	1,270	1,580	1,550
บริเวณย่านอุตสาหกรรม	1,570	1,700	1,670
บริเวณย่านธุรกิจนอกเมือง	1,670	1,810	1,770
บริเวณย่านที่พักอาศัย	1,700	1,850	1,810

ที่มา : Australian Road Research Board[6]

จากตารางที่ ๒.๕ เป็นตารางพื้นฐานของค่าการไหลอิ่มตัวสำหรับลักษณะทางกายภาพและช่องทางเดินรถข้างต้น

ค่าของหน่วยรถเก๋งตรง (tcu) สำหรับยวดยานชนิดต่างๆ และรถเลี้ยวมีผลต่อการไหลอิ่มตัว ซึ่งรถที่เกิน ๒ เพลา หรือมีล้อคู่จะถูกกำหนดให้เป็นรถบรรทุก ดังตารางที่ ๒.๖

ตารางที่ ๒.๖ ค่าหน่วยรถผ่านตลอดของยวดยาน และรถเลี้ยว[๓]

รถเลี้ยวซ้าย		รถตรง		รถเลี้ยวขวาไม่มีรถสวน		รถเลี้ยวขวามีรถสวน	
รถเก๋ง	รถบรรทุก	รถเก๋ง	รถบรรทุก	รถเก๋ง	รถบรรทุก	รถเก๋ง	รถบรรทุก
1.25	2.50	1	2	1	2	2.90	3.90

๒.๖ <u>การศึกษาการไหลอิ่มตัวโดย</u> โดยTransportation Research Board

หน่วยงาน Transportation Research Board (TRB) ของสหรัฐอเมริกาได้จัดพิมพ์ หนังสือ Highway Capacity Manual [1] ในช่วงปี ๑๙๖๕-๑๙๖๖ ได้อธิบายความหมายของความจุ (capacity) ของทางแยกในระดับเดียวกัน (at grade intersection) ซึ่งในระบบการจราจรของประเทศสหรัฐอเมริกา หมายถึง การไหลอิ่มตัว (saturation flow) หมายถึงจำนวนรถสูงสุดที่สามารถผ่านไปได้ตามสภาพการออกแบบทางเรขาคณิต (เช่น ความกว้างของด้านของทางแยก ชนิดของถนนเป็นแบบเดินรถทางเดียวหรือสองทาง และสภาวะการจอดรถ) สภาพแวดล้อม (เช่น load factor, peak hour factor, ประชากรที่อยู่ในเขตเมือง และตำแหน่งของทางแยกในเมือง) คุณลักษณะของการจราจร (เช่น รถเลี้ยว, ชนิดของยวดยานทั้งรถบรรทุก รถประจำทาง และการขนส่งรถประจำทางภายในท้องถิ่นและในเมือง) จากองค์ประกอบต่างๆ ดังกล่าว TRB ได้จัดทำตารางแสดงผลขององค์ประกอบ ได้อธิบายไว้ใน Highway Capacity Manual (HCM) ค่าความจุมีหน่วยเป็นปริมาณการไหลของยวดยานต่อชั่วโมง ซึ่งเมื่อต้องการจะหาค่าการไหลอิ่มตัว ต้องนำความจุมาคูณกับสัดส่วนของช่วงสัญญาณไฟเขียว (green time) กับสัญญาณไฟ (cycle time) สำหรับแต่ละด้านของทางแยก

การศึกษาความจุของการจราจร โดย TRB เป็นวิธีการที่ค่อนข้างมีผลต่อการใช้งานมาก เนื่องจากการศึกษาได้รวบรวมเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมาก และได้จัดทำเป็นตารางต่างๆ แต่ในการใช้งานนั้น เหมาะสมกับสภาพภายในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น

๒.๗ <u>ผลกระทบของรถมอเตอร์ไซด์ต่อการไหลอิ่มตัว</u> (motorcycle on saturation flow)

ในการศึกษาการไหลอิ่มตัวของ Miller และ TRB ได้ตัดเรื่องของมอเตอร์ไซด์ทิ้งไป แต่ Holroyd [7] ได้ศึกษาผลกระทบของมอเตอร์ไซด์ในรูปของหน่วยรถเก๋งในการหาค่าการไหลอิ่มตัว และแนะนำให้ใช้ค่าประมาณ ๑/๓ ของหน่วยรถเก๋ง และเขายังแสดงให้เห็นว่าค่าหน่วยรถเก๋งเปลี่ยนแปลงไปจากพื้นที่แห่งหนึ่งไปจากพื้นที่อีกแห่งหนึ่ง แต่ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปดูเหมือนจะไม่ขึ้นอยู่กับหรือเกี่ยวข้องกับช่วงความกว้างของถนน ค่าของการเปลี่ยนแปลงนั้นได้ถูกพิจารณาเป็นผลเนื่องจากค่าการผันแปร (variation) ของสภาพที่ทางแยกต่างๆ ผลของยวดยานชนิดต่างๆ และอัตราส่วนของรถเลี้ยว รวมทั้งความแตกต่างของพฤติกรรมคนขับรถในประเทศต่างๆ

๒.๔ การวัดการไหลอิ่มตัวที่ทางแยก (measurement of saturation flow)

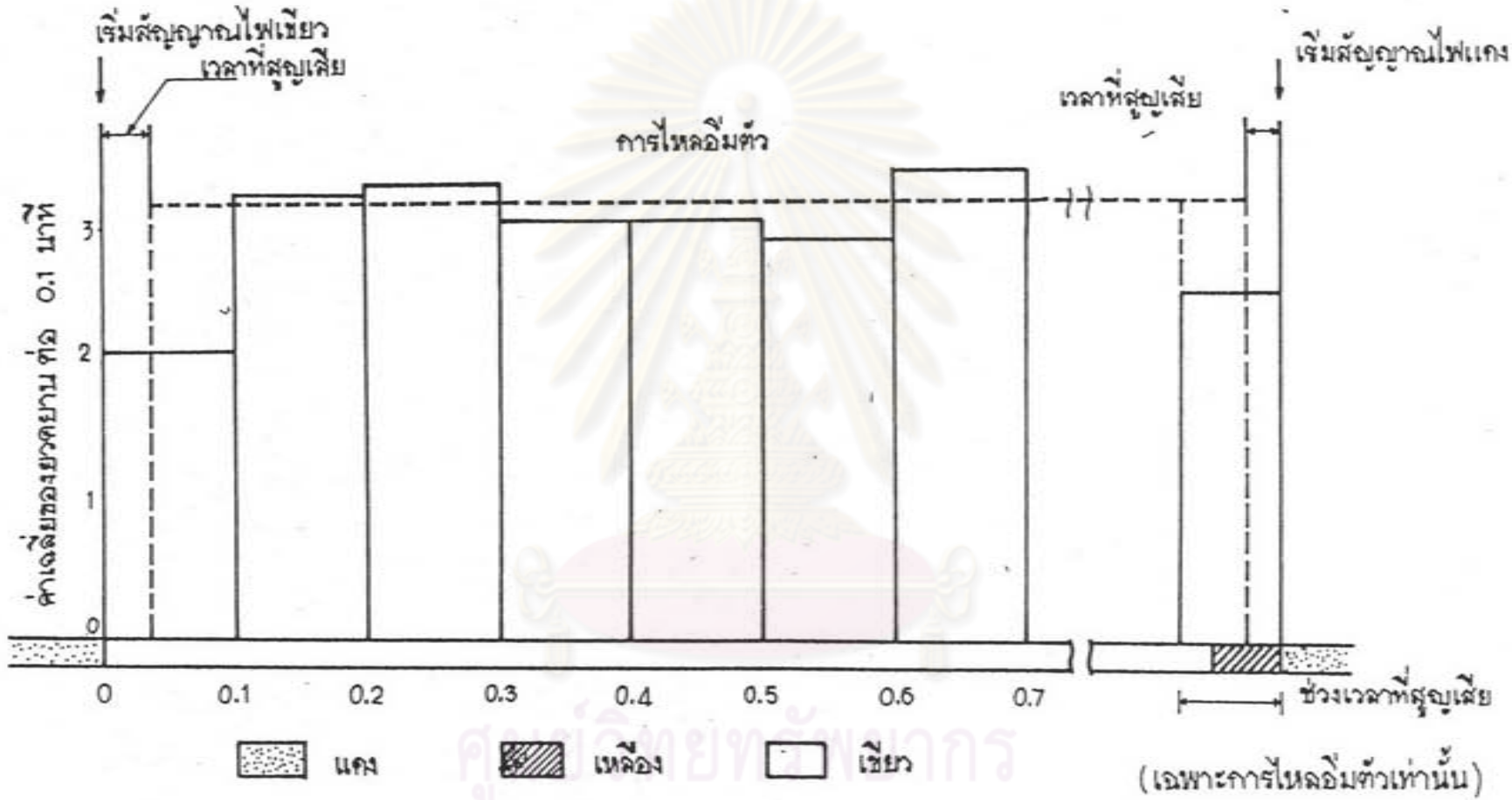
๒.๔.๑ Transport and Road Research Laboratorn (TRRL) ได้แนะนำวิธีการวัดการไหลอิ่มตัวของการจราจรที่ทางแยก โดยแบ่งช่วงเวลาไฟเขียวออกเป็นช่วงสั้นๆ ประมาณ ๑๐ วินาที ขั้นต่อไปพิจารณา

๒.๔.๑.๑ หาค่าเฉลี่ยของปริมาณการจราจรใน ช่วงเวลาไฟเขียวเหล่านั้น ซึ่งอยู่นอกช่วงของเวลาที่สูญเสีย (lost time) เพื่อหาค่าการไหลอิ่มตัว

๒.๔.๑.๒ เพื่อเปรียบเทียบค่าการไหลอิ่มตัวในช่วงเวลาไฟเขียวเหล่านั้น และหาค่าเวลาที่สูญเสียในการเริ่มออกรถและหยุดรถ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลการไหลอิ่มตัว ให้ทำการพล็อตค่าปริมาณการจราจรที่ไหลผ่านทางแยก ดังแสดงในรูปที่ ๒.๔

กราฟในรูป ๒.๔ แสดงค่าเฉลี่ยของการจราจรที่ไหลออกจากทางแยก ในช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว กราฟที่ได้อาจทำให้ง่ายโดยเปลี่ยนมาใช้เส้นประแทน จะได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีความสูงของเส้นประ คือค่าการไหลอิ่มตัว และพื้นที่ของสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือจำนวนรถทั้งหมดที่สามารถออกจากทางแยกได้ ในช่วงสัญญาณไฟเขียว ความกว้างของสี่เหลี่ยมผืนผ้าคือ ค่าช่วงเวลาไฟเขียวประสิทธิภาพ และค่าแตกต่างระหว่างไฟเขียวทั้งหมดซึ่งเป็นค่าที่รวมเวลาไฟเหลืองเข้าไปด้วย กับช่วงไฟเขียวประสิทธิภาพ คือค่าเวลาที่สูญเสียไปทั้งหมด (total lost time) เส้นที่แสดงค่าเวลาที่สูญเสียจริงๆ หาได้โดยจากที่ตำแหน่งที่ซึ่งทำให้พื้นที่ A เท่ากับพื้นที่ B และพื้นที่ C เท่ากับพื้นที่ D วิธีการนี้ใช้อธิบายค่าตัวแปรต่างๆ หลายชนิดที่ทางแยก เช่น อัตราการไหลของคิว (queue) ที่ก่อตัวที่ทางแยก ความล่าช้า (delay) รอบเวลาไฟสัญญาณที่เหมาะสม (optimum signal timing) และความจุของการจราจรที่ทางแยกเนื่องจากจำนวนรถที่ผ่านทางแยกในช่วงการไหลอิ่มตัวเต็มรอบเวลาสัญญาณไฟ จะแปรผันโดยตรงกับช่วงเวลาไฟเขียวประสิทธิภาพ ค่าการไหลอิ่มตัวที่คำนวนได้จากวิธีนี้ พบว่ามีความเหมาะสมกับค่าการไหลอิ่มตัวที่ได้จากการทางแยกจริง

๒.๔.๒ Miller ได้พิจารณาวิธีการเก็บข้อมูลของ TRRL ต้องเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากและเก็บพร้อมๆ กันในช่วงเวลาสั้นๆ ต้องใช้จำนวนคนจดข้อมูลมาก ดังนั้น Miller แนะนำให้การเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องบันทึกเทป โดยบันทึกข้อมูลที่ต้องการลงไปในเทป สำหรับแต่ละช่องทางจราจร ซึ่งในกรณีนี้ผู้บันทึกข้อมูลได้พร้อมทั้งหมดในระยะเวลาสั้นๆ นอกจากนั้นยังสามารถบันทึกข้อมูลอื่นๆ เช่น



รูปที่ 2.5 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลออกที่การไหลอิ่มตัวในช่วงสัญญาณไฟเขียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แท็กซี่เลี้ยวกลับ (U-turn) รถประจำทางตัดช่องทางเดินรถอื่นๆ เพื่อเลี้ยวขวา และรถเสีย เป็นต้น แทนที่จะต้องจดลงในหมาย เหตุประโยชน์ของวิธีนี้ก็คือ ใช้เวลาในการบันทึกน้อย สามารถเก็บข้อมูลได้หลายสถานที่ ข้อมูลจากเทปที่บันทึกสามารถที่จะแปล วิเคราะห์ และตรวจสอบอย่างละเอียดได้โดยใช้คนเพียงคนเดียว

๒.๔.๓ วิธีการบันทึกโดยใช้ปากกา (pen recorder) แนะนำโดย Leong[9] วิธีนี้ใช้เครื่องวัดแสงนำไปติดกับไฟเขียว และ tape switch จะถูกนำมาติดในแต่ละช่องทางจราจร โดยมีระยะห่างประมาณ ๖ ฟุต จากเส้นหยุดของทางแยกสัญญาณที่ได้จาก detectors เหล่านี้จะถูกบันทึกในเครื่อง Esterline-Angus twenty-pen machine สามาถอ่านค่าเวลาจากแผนภูมิได้ละเอียดถึง ๐.๑ วินาที บันทึกชนิดของยวดยานสำหรับรถบรรทุก รถเมล์ และรถเลี้ยวต่างหากได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย