

บทที่ 5

ความจุของถนน (Highway Capacity)

5.1 คำนำ

การพิจารณาเกี่ยวกับความจุเป็นพื้นฐานสำคัญในการวางแผน การออกแบบและดำเนินการของถนน การวิเคราะห์ความจุ คือการหาความสามารถของสิ่งอำนวยความสะดวกการจราจรในการอำนวยความสะดวกการจราจรภายใต้สภาพของถนน การจราจรและการควบคุมการจราจรที่กำหนด

ในบทนี้จะกล่าวถึง นิยามพื้นฐานและวิธีการวิเคราะห์ความจุของถนนนอกเมืองสองช่องจราจร และมากกว่าสองช่องจราจร ทางแยกซึ่งไม่มีสัญญาณจราจรและมีสัญญาณจราจร และถนนในเมือง

5.2 คำนิยามที่ควรทราบ

สิ่งอำนวยความสะดวกการจราจร (Traffic Facilities)

สิ่งอำนวยความสะดวกการจราจรอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. สิ่งอำนวยความสะดวกการไหลแบบไม่ถูกขัดจังหวะ (Uninterrupted flow facilities) เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกซึ่งสภาพการไหลของการจราจรเป็นผลจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างขบวนยานในกระแสจราจร และระหว่างขบวนยานและคุณลักษณะทางเรขาคณิตและสิ่งแวดล้อมของถนน โดยไม่มีสิ่งรบกวนจากภายนอกกระแสจราจร เช่น สัญญาณจราจร ป้ายหยุดหรือการควบคุมอื่น ๆ ที่จะมาขัดจังหวะการไหลของการจราจรนั้น สิ่งอำนวยความสะดวกการไหลแบบไม่ถูกขัดจังหวะ เช่น ถนนนอกเมืองสองช่องจราจรหรือหลายช่องจราจร และทางด่วน
2. สิ่งอำนวยความสะดวกการไหลแบบถูกขัดจังหวะ (Interrupted flow facilities) เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกซึ่งมีสิ่งรบกวนจากภายนอกกระแสจราจร เช่น สัญญาณจราจร ป้ายหยุดหรือการควบคุมอื่น ๆ ที่จะมาขัดจังหวะการไหลของการจราจรนั้น สิ่งอำนวยความสะดวกการไหลแบบถูกขัดจังหวะ เช่น ทางแยกซึ่งไม่มีสัญญาณจราจรและมีสัญญาณจราจร และถนนในเมือง

ความจุ

ความจุ คือ อัตราสูงสุดต่อชั่วโมงซึ่งคนหรือยานสามารถผ่านจุดใดจุดหนึ่งหรือช่วงใดช่วงหนึ่งในช่องจราจรช่องหนึ่งหรือทั้งหมด ในช่วงเวลาที่กำหนดภายใต้สภาพถนน การจราจรและการควบคุมการจราจรโดยทั่วไป ข้อควรสังเกตเกี่ยวกับนิยามนี้คือ

1. **ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ความจุ** ปกตินิยม 15 นาที เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่สั้นที่สุดซึ่งการไหลที่คงตัว (stable หรือ steady) จะเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตามบางครั้งอาจใช้ช่วงเวลา 30 หรือ 60 นาที
2. **สภาพถนน** หมายถึงคุณลักษณะทางเรขาคณิตของสิ่งอำนวยความสะดวกนั้น ๆ รวมถึงประเภทของการพัฒนาที่ดินข้างถนน จำนวนของช่องจราจรในแต่ละทิศทาง ความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทาง ระยะโล่งด้านข้าง (lateral clearances) ความเร็วออกแบบ และแนวทางราบและดิ่ง
3. **สภาพการจราจร** หมายถึงคุณลักษณะของการจราจรที่มาใช้สิ่งอำนวยความสะดวก รวมถึงส่วนประกอบของการจราจร (traffic composition) และการกระจายการจราจรในแต่ละช่องจราจร และในแต่ละทิศทาง
4. **สภาพการควบคุม** หมายถึงประเภทของอุปกรณ์ควบคุมและกฎจราจรที่บังคับใช้กับสิ่งอำนวยความสะดวก

คุณภาพของการบริการการจราจร

คุณภาพของการบริการการจราจร ใช้อธิบายสภาพการดำเนินการภายในกระแสจราจรและความรู้สึกรับรู้ของผู้ใช้ถนน ในรูปของปัจจัยต่าง ๆ เช่น อัตราเร็ว เวลาเดินทาง ความล่าช้า อิสระในการขับขี่ การถูกขัดจังหวะในการไหลของการจราจร ความสะดวก สบายและปลอดภัย มาตรฐานคุณภาพของการบริการการจราจร เป็นดังนี้

1. สิ่งอำนวยความสะดวกการไหลแบบไม่ถูกขัดจังหวะ ได้แก่ ระดับของการให้บริการ (level of service)
2. ที่ทางแยก ได้แก่ ระดับของความอิ่มตัว (degree of saturation)

ระดับการให้บริการ

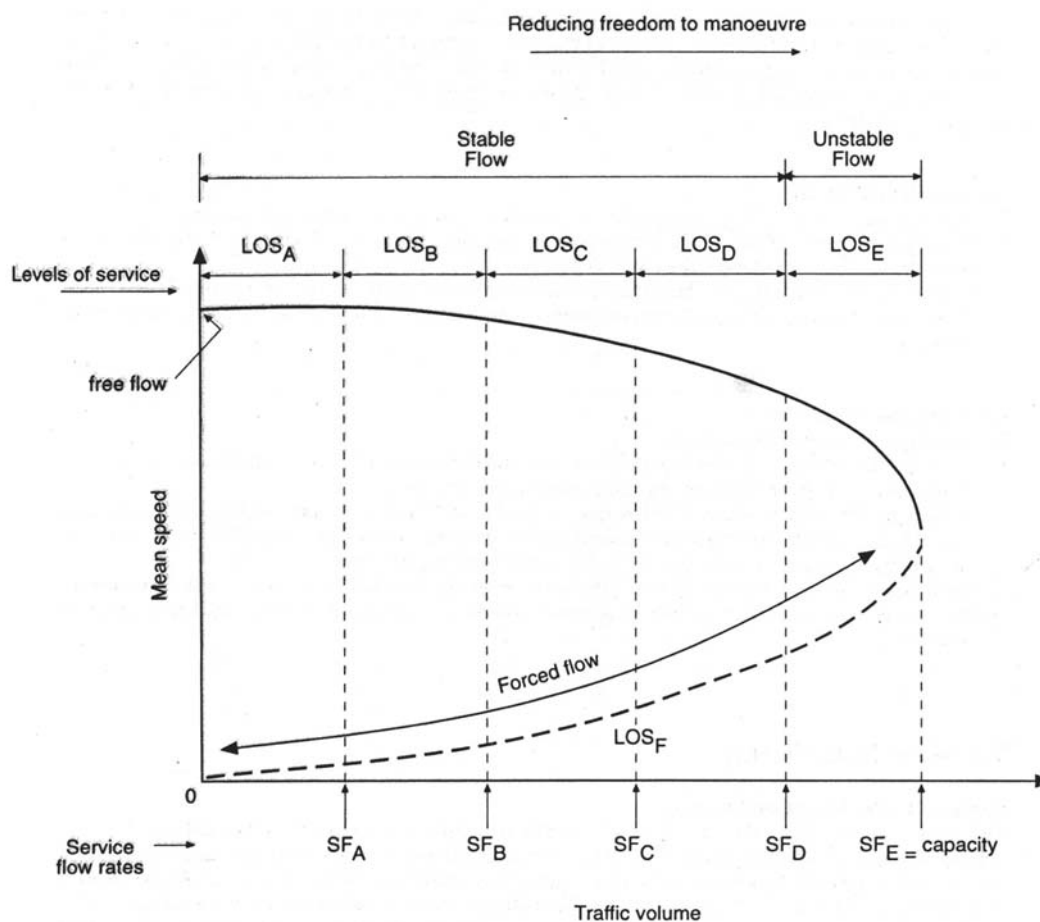
ระดับการให้บริการ คือการวัดเชิงคุณภาพเพื่อบอกถึงสภาพการจราจร เพื่อประเมินระดับการให้บริการของสิ่งอำนวยความสะดวก แบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ A, B, C, D, E และ F โดยระดับ A เป็นสภาพซึ่งการให้บริการดีที่สุด (เป็นสภาพเข้าใกล้การไหลอิสระ) ส่วนระดับ F เป็นระดับการให้บริการซึ่งแย่ที่สุด (เป็นสภาพการไหลติดขัด)

1. **ระดับการให้บริการ A, LOS_A** เป็นสภาพการไหลอิสระ คนขับรถแต่ละคนไม่ถูกรบกวนจากรถคันอื่นในกระแสการจราจร มีอิสระที่จะเลือกขับด้วยความเร็วที่ต้องการ และมีอิสระในการบังคับพวงมาลัยมากที่สุด มีระดับความสะดวกและสบายต่อคนขับรถมากที่สุด
2. **ระดับการให้บริการ B, LOS_B** เป็นสภาพการไหลคงตัว (stable flow) รถคันอื่นในกระแสการจราจรเริ่มมากขึ้นจนสังเกตได้ อิสระในการเลือกความเร็วยังคงไม่ค่อยถูกรบกวน แต่อิสระในการบังคับพวงมาลัยเริ่มลดลง ระดับความสะดวกสบายลดน้อยลงจากระดับ A
3. **ระดับการให้บริการ C, LOS_C** ยังอยู่ในสภาพการไหลคงตัว แต่การเลือกความเร็วจะถูกรบกวนจากรถคันอื่น และการบังคับพวงมาลัยต้องคอยระมัดระวังค่อนข้างมาก ระดับความสะดวกสบายลดลงจนสังเกตได้ชัด
4. **ระดับการให้บริการ D, LOS_D** เป็นสภาพซึ่งมีความหนาแน่นสูง แต่ยังคงมีสภาพการไหลคงตัว อิสระในการเลือกความเร็วและบังคับพวงมาลัยถูกจำกัดอย่างมาก ระดับความสะดวกสบายอยู่ในขั้นแย่ โดยทั่วไปหากมีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยจะทำให้เกิดปัญหาการจราจรได้
5. **ระดับการให้บริการ E, LOS_E** เป็นสภาพเข้าใกล้สู่ระดับความจุ มีสภาพการไหลไม่คงตัว (unstable flow) ความเร็วทั้งหมดถูกลดลงจนต่ำแต่ค่อนข้างคงที่ อิสระในการบังคับพวงมาลัยน้อยมาก ระดับความสะดวกสบายอยู่ในขั้นแย่มากเป็นสภาพที่ไม่คงตัว เนื่องจากหากมีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย จะทำให้เกิดการจราจรติดขัดได้
6. **ระดับการให้บริการ F, LOS_F** เป็นสภาพการจราจรติดขัด เมื่อปริมาณการจราจรเกินความจุของถนน จะเกิดแถวคอย (queues) รถต้องหยุดบ่อย ๆ (forced flow) มีสภาพไม่คงตัวอย่างมาก

รูปที่ 5.2.1 แสดงแนวคิดเกี่ยวกับระดับการให้บริการทั้ง 6 ระดับ

ปริมาณจราจรสูงสุดที่สามารถให้บริการได้ในแต่ละระดับการให้บริการ เรียกว่า **อัตราการไหลที่ให้บริการ (service flow rate)** ที่ระดับการให้บริการนั้น ๆ เป็นอัตราต่อชั่วโมงซึ่งสูงที่สุดที่คนหรือยานสามารถผ่านจุดใดจุดหนึ่งหรือช่วงใดช่วงหนึ่งในช่องจราจรช่องหนึ่งหรือทั้งหมด ในช่วงเวลาที่กำหนดภายใต้สภาพถนน การจราจรและการควบคุมการจราจรโดยทั่วไป ในขณะที่ยังคงอยู่ในระดับการให้บริการนั้น อัตราการไหลที่ให้บริการอาจสนใจในช่วงเวลา 15, 30 หรือ 60 นาที

ในแต่ละสิ่งอำนวยความสะดวกจะมีอัตราการไหลที่ให้บริการอยู่ 5 ระดับ จากระดับ A ถึง E แทนด้วยสัญลักษณ์ SF_A ถึง SF_E สำหรับ SF_E มีค่าเท่ากับ **ความจุ**



รูปที่ 5.2.1 แนวคิดเกี่ยวกับระดับการให้บริการทั้ง 6 ระดับ (Underwood, 1995)

ระดับของความอึดตัว

ระดับของความอึดตัวของช่องจราจรช่องใดหนึ่งหรือของทางแยกขาใดขาหนึ่ง อาจนิยามด้วยอัตราส่วนของปริมาณจราจรที่มาในช่วงเวลาที่กำหนด ต่อ ความจุของช่องจราจรหรือของทางแยกนั้นในช่วงเวลาเดียวกัน อาจมีค่าจาก ใกล้เคียงศูนย์สำหรับกรณีที่มีปริมาณจราจรที่มาน้อยมาก จนถึงหนึ่งเมื่อปริมาณจราจรที่มาเท่ากับความจุ เมื่อระดับของความอึดตัวเข้าใกล้ 1 จะเกิดแถวคอยยาว และเกิดความล่าช้ามาก ดังนั้นระดับความอึดตัวที่พึงปรารถนาไม่ควรเกิน 0.8 หรือ 0.9

การจำแนกประเภทของการจราจร

ในการวิเคราะห์ความจุ จะจำแนกประเภทของการจราจรออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. รถยนต์ส่วนตัว (passenger cars) ได้แก่รถซึ่งจดทะเบียนเป็นรถยนต์ส่วนตัว และรวมถึง รถบรรทุกของขนาดเล็ก ซึ่งมีจำนวนล้อไม่เกิน 4 ล้อ

2. รถขนาดใหญ่ (heavy vehicles) ได้แก่รถซึ่งมีจำนวนล้อเกิน 4 ล้อ รวมถึง รถบรรทุก (truck) และรถโดยสาร (bus)

การจำแนกประเภทของภูมิประเทศ

จำแนกภูมิประเทศ เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. สภาพภูมิประเทศราบ (Level terrain) เป็น สภาพภูมิประเทศซึ่งแนวทางราบและแนวทางตั้งยอมให้รถขนาดใหญ่รักษาสปีดเร็วเท่ากับสปีดเร็วของรถยนต์ส่วนตัว
2. สภาพภูมิประเทศลูกเนิน (Rolling terrain) เป็น สภาพภูมิประเทศซึ่งแนวทางราบและแนวทางตั้ง ทำให้รถขนาดใหญ่ต้องลดสปีดเร็วดำกว่าสปีดเร็วของรถยนต์ส่วนตัวอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังไม่ถึงกับทำให้มีสปีดเร็วต่ำมากจนถึงกับต้องค่อย ๆ แล่นไป (crawl speed) บนช่วงถนนซึ่งค่อนข้างยาว
3. สภาพภูมิประเทศภูเขา (Mountainous terrain) เป็น สภาพภูมิประเทศซึ่งแนวทางราบและแนวทางตั้ง ทำให้รถขนาดใหญ่ต้องลดสปีดเร็วต่ำมากจนถึงกับต้องค่อย ๆ แล่นไป บนช่วงถนนซึ่งค่อนข้างยาว หรือ บ่อย ๆ

5.3 การวิเคราะห์ความจุของถนนนอกเมืองสองช่องจราจร

ความจุในสภาพอุดมคติ

ถนนนอกเมืองสองช่องจราจร มีช่องจราจรหนึ่งช่องสำหรับการจราจรในแต่ละทิศทาง การแซงรถที่ช้ากว่าจำเป็นต้องใช้ช่องจราจรในทิศทางตรงข้าม เมื่อระยะมองเห็นและช่องว่างในกระแสจราจรในทิศทางตรงข้ามมากเพียงพอ ในขณะที่ปริมาณจราจรน้อยและภายใต้สภาพถนนและการจราจรในสภาพอุดมคติ คนขับสามารถเดินทางด้วยสปีดเร็วที่ปรารถนาโดยปราศจากการรบกวน แต่เมื่อปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นและสภาพถนน ภูมิประเทศและการจราจรอยู่ในสภาพต่ำกว่าสภาพในอุดมคติ คนขับจะถูกรบกวนจากรถคันอื่นบนถนน และจะเกิดขบวนรถขึ้นในกระแสจราจร รถในขบวนจะถูกบังคับให้ต้องล่าช้าเนื่องจากไม่สามารถแซงรถที่แล่นช้ากว่า

สภาพในอุดมคติเกิดขึ้นบนถนนนอกเมืองสองช่องจราจร เมื่อไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับสภาพถนน ภูมิประเทศหรือการจราจร เกินกว่าข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. ความเร็วออกแบบ มากกว่าหรือเท่ากับ 100 km/h
2. ความกว้างช่องจราจร มากกว่าหรือเท่ากับ 3.7 m
3. ไหล่ทางซึ่งไม่มีสิ่งกีดขวาง กว้างมากกว่าหรือเท่ากับ 2 m
4. ไม่มีช่วงใดบนถนนที่มีระยะมองเห็นน้อยกว่า 450 m (ไม่มีเขตห้ามแซง)

5. ในกระแสดำเนินการ มีเฉพาะรถยนต์ส่วนตัวเท่านั้น
6. การกระจายของปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางเท่ากัน (50/50 directional split)
7. ไม่มีข้อจำกัด อันเนื่องจาก อุปกรณ์ควบคุมการจราจร หรือรถเลี้ยวมารบกวนรถแล่นตรง
8. ภูมิประเทศราบ

ภายใต้สภาพอุดมคติดังกล่าว ความจุของถนนนอกเมืองสองช่องจราจรเท่ากับ **2800 คันรถส่วนตัวต่อชั่วโมง (pc/h)** ในทั้งสองทิศทางรวมกัน

ความจุและอัตราการไหลที่ให้บริการภายใต้สภาพจริง

มาตรวัดคุณภาพของการบริการการจราจร หรือระดับการให้บริการของถนนนอกเมืองสองช่องจราจร คือ เปอร์เซ็นต์ของเวลาที่ต้องล่าช้า และ อัตราเร็วในการเดินทางเฉลี่ย เกณฑ์ระดับการให้บริการสำหรับสภาพภูมิประเทศราบ ลูกเนิน และภูเขา แสดงไว้ในตารางที่ 5.3.1 ในแต่ละระดับการให้บริการของในแต่ละสภาพภูมิประเทศ จะแสดงค่า ดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์เวลาที่ต้องล่าช้า
2. อัตราเร็วเฉลี่ย
3. อัตราส่วน ปริมาณจราจร ต่อ ความจุ (Volume/Capacity ratio, v/c) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของอัตราการไหลเทียบกับความจุในสภาพอุดมคติ 2800 pc/h สำหรับแต่ละเปอร์เซ็นต์ของถนนซึ่งระยะมองเห็นน้อยกว่า 450 m

ความจุ ซึ่งคือ อัตราการไหลที่ให้บริการที่ E , LOS_E และอัตราการไหลที่ให้บริการที่ระดับการให้บริการ A, B, C และ D สามารถคำนวณสำหรับถนนนอกเมืองสองช่องจราจรที่กำหนดให้ใด ๆ ภายใต้สภาพถนนและการจราจรจริง ด้วยสมการดังนี้

$$SF_i = 2800 * (v/c)_i * f_d * f_w * f_{HV} \quad (5.3.1)$$

เมื่อ

SF_i = อัตราการไหลที่ให้บริการทั้งหมด คันต่อชั่วโมง (veh/h) ในทั้งสองทิศทาง ภายใต้สภาพถนนและการจราจรที่เป็นจริง ที่ระดับการให้บริการ i

$(v/c)_i$ = อัตราส่วนปริมาณการจราจรต่อความจุที่สูงสุด ซึ่งสามารถให้บริการได้ที่ระดับการให้บริการ i สำหรับสภาพภูมิประเทศ และเปอร์เซ็นต์ของความยาวซึ่งระยะมองเห็นน้อยกว่า 450 m ได้จากตารางที่ 5.3.1

f_d = ตัวคูณปรับแก้เนื่องจากการกระจายปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทาง ได้จากตารางที่ 5.3.2

f_w = ตัวคูณปรับแก้เนื่องจากความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทาง ได้จากตารางที่

5.3.3

f_{HV} = ตัวคูณปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถขนาดใหญ่ คำนวณจากสมการ

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

P_T, P_B = สัดส่วนของรถบรรทุกและรถโดยสารในกระแสดจราจร ใช้ค่าเป็นทศนิยม

E_T, E_B = ค่าเทียบเท่ารถยนต์ส่วนตัวสำหรับรถบรรทุกและรถโดยสาร ได้จากตารางที่

5.3.4

ตารางที่ 5.3.1 เกณฑ์ระดับการให้บริการสำหรับถนนนอกเมืองสองช่องจราจร

(AUSTROAD, 1988)

อัตราส่วน ปริมาณจราจร ต่อ ความจุ (v/c) สำหรับสภาพภูมิประเทศราบ								
ระดับการให้บริการ	%เวลาที่ล่าช้า	อัตราเร็วเฉลี่ย, km/h	%ความยาวซึ่งมีระยะมองเห็นน้อยกว่า 450 m					
			0	20	40	60	80	100
A	<30	>93	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04
B	<45	>88	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
C	<60	>83	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32
D	<75	>80	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57
E	>75	>72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
F	100	<72						

อัตราส่วน ปริมาณจราจร ต่อ ความจุ (v/c) สำหรับสภาพภูมิประเทศลูกเนิน								
ระดับการให้บริการ	%เวลาที่ล่าช้า	อัตราเร็วเฉลี่ย, km/h	%ความยาวซึ่งมีระยะมองเห็นน้อยกว่า 450 m					
			0	20	40	60	80	100
A	<30	>91	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03
B	<45	>86	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13
C	<60	>82	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28
D	<75	>78	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43
E	>75	>64	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90
F	100	<64						

ตารางที่ 5.3.1 เกณฑ์ระดับการให้บริการสำหรับถนนนอกเมืองสองช่องจราจร (ต่อ)

(AUSTROAD, 1988)

อัตราส่วน ปริมาณจราจร ต่อ ความจุ (v/c) สำหรับสภาพภูมิประเทศภูเขา								
ระดับการให้บริการ	%เวลาที่ล่าช้า	อัตราเร็วเฉลี่ย, km/h	%ความยาวซึ่งมีระยะมองเห็นน้อยกว่า 450 m					
			0	20	40	60	80	100
A	<30	>90	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	<45	>86	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	<60	>78	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	<75	>72	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	>75	>56	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78
F	100	<56						

ตารางที่ 5.3.2 ตัวคูณปรับแก้สำหรับการกระจายปริมาณจราจรในแต่ละทิศทาง, f_d

(AUSTROAD, 1988)

การกระจายในแต่ละทิศทาง	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
ตัวคูณปรับแก้, f_d	0.71	0.75	0.83	0.89	0.94	1.00

ตารางที่ 5.3.3 ตัวคูณปรับแก้ความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทาง, f_w

(AUSTROAD, 1988)

ความ กว้างของ ไหล่ทาง, m	ช่องจราจร กว้าง 3.7 m		ช่องจราจร กว้าง 3.3 m		ช่องจราจร กว้าง 3.0 m		ช่องจราจร กว้าง 2.7 m	
	ระดับการให้บริการ		ระดับการให้บริการ		ระดับการให้บริการ		ระดับการให้บริการ	
	A ถึง D	E	A ถึง D	E	A ถึง D	E	A ถึง D	E
2	1.00	1.00	0.93	0.94	0.84	0.87	0.70	0.76
1	0.89	0.96	0.82	0.91	0.75	0.84	0.63	0.73
0	0.7	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

ตารางที่ 5.3.4 ค่าเทียบเท่ารถส่วนตัว (AUSTROAD, 1988)

ประเภทของ ยานพาหนะ	ระดับการให้ บริการ	ประเภทของภูมิประเทศ		
		ราบ	ลูกเนิน	ภูเขา
รถบรรทุก, E _T	A	2.0	4.0	7.0
	B และ C	2.2	5.0	10.0
	D และ E	2.0	5.0	12.0
รถโดยสาร, E _B	A	1.8	3.0	5.7
	B และ C	2.0	3.4	6.0
	D และ E	1.6	2.9	6.5

ตัวอย่างที่ 5.1

ถนนนอกเมืองสองช่องจราจร สภาพภูมิประเทศราบ มีเขตห้ามแซง 80% ช่องจราจรกว้าง 3.3 เมตร ไหล่ทางกว้าง 1 เมตร การกระจายปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทาง 80/20 มีรถบรรทุก 5% รถโดยสาร 2% ให้หาอัตราการไหลที่ให้บริการได้ของถนนนี้ในทั้งสองทิศทางที่ความจุ

วิธีทำ

ระดับการให้บริการที่ความจุ คือระดับการให้บริการ E นั่นคือต้องการหา SF_E นั้นเอง จาก

$$SF_E = 2800 * (v/c)_E * f_d * f_w * f_{HV}$$

จากตารางที่ 5.3.1 ที่ระดับการให้บริการ E สภาพภูมิประเทศราบและมีเขตห้ามแซง 80% ได้

$$(v/c)_E = 1.0$$

จากตารางที่ 5.3.2 เมื่อการกระจายปริมาณการจราจร 80/20 ได้

$$f_d = 0.83$$

จากตารางที่ 5.3.3 เมื่อช่องจราจรกว้าง 3.3 m ไหล่ทางกว้าง 1 m ที่ระดับการให้บริการ E ได้

$$f_w = 0.91$$

จากตารางที่ 5.3.4 เมื่อสภาพภูมิประเทศราบ และที่ระดับการให้บริการ E ได้

$$E_T = 2.0$$

$$E_B = 1.6$$

จาก %T = 5% และ %B = 2% ได้

$$P_T = 0.05$$

$$P_B = 0.02$$

แทนค่าลงในสมการ

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.05(2.0 - 1) + 0.02(1.6 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.94$$

แทนค่าทั้งหมดลงในสมการ (5.3.1) ได้

$$SF_E = 2800 * 1.0 * 0.83 * 0.91 * 0.94$$

ดังนั้น อัตราการไหลที่ให้บริการได้ของถนนนี้ในทั้งสองทิศทางที่ความจุ คือ

$$SF_E = 1988 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

ตัวอย่างที่ 5.2

จากเงื่อนไขเหมือนตัวอย่างที่ 5.1 ถ้าปริมาณการจราจรในชั่วโมงสูงสุดนับได้เท่ากับ 522 คัน/ชั่วโมง โดยมี PHF เท่ากับ 0.85 ให้หาะดับการให้บริการของถนนนอกเมืองสองช่องจราจรดังกล่าว

วิธีทำ

เนื่องจาก ค่าตัวคูณ f_w และ f_{HV} ขึ้นกับระดับการให้บริการซึ่งยังไม่ทราบ ดังนั้นสมมติว่าระดับการให้บริการเท่ากับระดับ E ก่อน

หาปริมาณจราจรที่ต้องให้บริการ ซึ่งเท่ากับอัตราการไหลสูงสุดในชั่วโมงสูงสุด (maximum rate of flow) ดูหัวข้อ 4.3 ในบทที่ 4 จาก

$$PHF = \frac{\text{Volume}}{\text{Maximum Rate of Flow}}$$

$$SF = \text{Maximum Rate of Flow} = \frac{\text{Volume}}{PHF}$$

$$SF = \text{Maximum Rate of Flow} = \frac{522}{0.85} = 614 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

จากสมการ (5.3.1) จัดรูปใหม่ได้

$$v/c = \frac{SF}{2800 * f_d * f_w * f_{HV}}$$

แทนค่าต่าง ๆ ได้

$$\begin{aligned} v/c &= \frac{614}{2800 * 0.83 * 0.91 * 0.94} \\ &= 0.31 \quad (0.17 < 0.31 < 0.33) \end{aligned}$$

จากตารางที่ 5.3.1 เมื่อสภาพภูมิประเทศราบ และมีเขตห้าม 80% ได้ระดับการให้บริการ คือ **C** ซึ่งไม่สอดคล้องกับที่สมมติไว้ครั้งแรก ลองสมมติใหม่ ให้ระดับการให้บริการ เป็น **D** ค่าที่เปลี่ยนไป จะมีเฉพาะ f_w เปลี่ยนเป็น 0.82 ค่าอื่น ๆ ยังคงเดิมแทนค่าต่าง ๆ ในสูตรหาค่า v/c ได้

$$\begin{aligned} v/c &= \frac{614}{2800 * 0.83 * 0.82 * 0.94} \\ &= 0.34 \quad (0.33 < 0.34 < 0.58) \end{aligned}$$

จากตารางที่ 5.3.1 ได้ระดับการให้บริการคือ **D** ซึ่งสอดคล้องกับที่สมมติ ดังนั้นระดับการให้บริการ คือ **D**

5.4 การวิเคราะห์ความจุของถนนนอกเมืองมากกว่าสองช่องจราจร

ความจุภายใต้สภาพอุดมคติ

ถนนนอกเมืองมากกว่าสองช่องจราจร ซึ่งมีช่องจราจรสองช่องหรือมากกว่าสำหรับการจราจรใช้ในแต่ละทิศทาง อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ถนนซึ่งแยกการจราจรทิศทางที่สวนออกจากกัน (Divided) การจราจรในทิศทางตรงข้ามกันจะถูกแยกกันเชิงกายภาพด้วยฉนวนกลาง (median)
2. ถนนซึ่งไม่แยกการจราจรทิศทางที่สวนออกจากกัน (Undivided) การจราจรในทิศทางตรงข้ามกันไม่ถูกแยกกันเชิงกายภาพ

สภาพในอุดมคติเกิดขึ้นบนถนนนอกเมืองมากกว่าสองช่องจราจร เมื่อไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับสภาพถนน ภูมิประเทศหรือการจราจร เกินกว่าข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. รูปตัดของถนนแยกการจราจรทิศทางที่สวนออกจากกันเชิงกายภาพ และอยู่นอกเมือง
2. ความกว้างช่องจราจร มากกว่าหรือเท่ากับ 3.7 m
3. ไหล่ทางด้านนอกและด้านในซึ่งไม่มีสิ่งกีดขวาง กว้างมากกว่าหรือเท่ากับ 2 m
4. ในกระแสนการจราจร มีเฉพาะรถยนต์ส่วนตัวเท่านั้น
5. ไม่มีข้อจำกัด อันเนื่องจาก อุปกรณ์ควบคุมการจราจร หรือรถเลี้ยวมารบกวนรถแล่นตรง
6. คนขับเป็นผู้ใช้ถนนนั้นเป็นประจำโดยปกติ
7. ภูมิประเทศราบ

ภายใต้สภาพอุดมคติดังกล่าว ความจุของถนนนอกเมืองมากกว่าสองช่องจราจร เท่ากับ 2000 คันรถส่วนตัวต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร (pc/h/lane) สำหรับความเร็วออกแบบมากกว่าหรือเท่ากับ 100 km/h และเท่ากับ 1900 คันรถส่วนตัวต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร (pc/h/lane) สำหรับความเร็วออกแบบเท่ากับ 80 km/h

ความจุและอัตราการไหลที่ให้บริการภายใต้สภาพจริง

สำหรับถนนมากกว่าสองช่องจราจร คุณลักษณะในการดำเนินการ มีช่วงของอัตราการไหลค่อนข้างกว้างโดยอัตราเร็วค่อนข้างคงที่ และอัตราเร็วเฉลี่ยหรือเวลาที่ต้องล่าช้า จะไม่เพียงพอต่อการวัดสมรรถนะของถนนประเภทนี้เพื่อบริหารระดับการให้บริการ

ในขณะที่ ความหนาแน่นเป็นมาตรวัดเชิงปริมาณเกี่ยวกับความใกล้ชิดกับรถคันอื่นและระดับของความอิสระในการขับขึ้นในกระแสนการจราจร ดังนั้นจึงเลือกความหนาแน่นเป็นมาตรวัดเพื่อบริหารระดับการให้บริการสำหรับถนนนอกเมืองมากกว่าสองช่องจราจร ตารางที่ 5.4.1 สรุปเกณฑ์ระดับการให้

บริการสำหรับถนนนอกเมืองมากกว่าสองช่องจราจร สำหรับความเร็วออกแบบ 80, 100 และ 110 km/h

ความจุ ซึ่งคือ อัตราการไหลที่ให้บริการที่ E , LOS_E และอัตราการไหลที่ให้บริการที่ระดับการให้บริการ A, B, C และ D สามารถคำนวณสำหรับถนนนอกเมืองมากกว่าสองช่องจราจร ที่กำหนดให้ใด ๆ ภายใต้อสภาพถนนและการจราจรจริง ด้วยสมการดังนี้

$$SF_i = C_j * (v/c)_i * N * f_w * f_{HV} * f_e * f_p \quad (5.4.1)$$

เมื่อ

SF_i = อัตราการไหลที่ให้บริการทั้งหมด คำนวณชั่วโมง (veh/h) ในทิศทางเดียว ภายใต้อสภาพถนนและการจราจรที่เป็นจริง ที่ระดับการให้บริการ i

C_j = ความจุต่อช่องจราจรภายใต้อสภาพอุดมคติสำหรับถนนนอกเมืองมากกว่าสองช่องจราจร มีค่า 2000 pc/h/lane สำหรับความเร็วออกแบบ 100 หรือ 110 km/h และ มีค่า 1900 pc/h/lane สำหรับความเร็วออกแบบ 80 km/h

N = จำนวนช่องจราจรในทิศทางเดียว

$(v/c)_i$ = อัตราส่วนปริมาณการจราจรต่อความจุที่สูงสุด ซึ่งสามารถให้บริการได้ที่ระดับการให้บริการ i ได้จากตารางที่ 5.4.1

f_w = ตัวคูณปรับแก้เนื่องจากความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทาง ได้จากตารางที่ 5.4.2

f_{HV} = ตัวคูณปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถขนาดใหญ่ คำนวณจากสมการ

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

P_T, P_B = สัดส่วนของรถบรรทุกและรถโดยสารในกระแสดจราจร ใช้ค่าเป็นทศนิยม

E_T, E_B = ค่าเทียบเท่ารถยนต์ส่วนตัวสำหรับรถบรรทุกและรถโดยสาร ได้จากตารางที่ 5.4.3

f_e = ตัวคูณปรับแก้สำหรับลักษณะพื้นที่และประเภทของถนน ได้จากตารางที่ 5.4.4

f_p = ตัวคูณปรับแก้สำหรับผู้ใช้นถนนประเภทต่าง ๆ ได้จากตารางที่ 5.4.5

ตารางที่ 5.4.1 เกณฑ์พิจารณาระดับการให้บริการสำหรับถนนนอกเมืองมากกว่าสองช่องจราจร (AUSTROAD, 1988)

ระดับการให้บริการ	ความหนาแน่น, pc/km/lane	ความเร็วออกแบบ 110 km/h			ความเร็วออกแบบ 100 km/h			ความเร็วออกแบบ 80 km/h		
		อัตราเร็วเฉลี่ย, km/h	v/c	MSF	อัตราเร็วเฉลี่ย, km/h	v/c	MSF	อัตราเร็วเฉลี่ย, km/h	v/c	MSF
A	≤ 7.5	≥ 91	0.36	700	≥ 80	0.33	650			
B	≤ 12.5	≥ 85	0.54	1,100	≥ 77	0.50	1,000	≥ 67	0.45	850
C	≤ 18.8	≥ 80	0.71	1,400	≥ 70	0.65	1,300	≥ 62	0.60	1,150
D	≤ 26.3	≥ 64	0.87	1,750	≥ 64	0.80	1,600	≥ 56	0.76	1,450
E	≤ 41.9	≥ 48	1.00	2,000	≥ 48	1.00	2,000	≥ 45	1.00	1,900
F	> 41.9	< 48			< 48			< 45		

ตารางที่ 5.4.2 ตัวคูณปรับแก้ความกว้างของช่องจราจรและสิ่งกีดขวางด้านข้าง, f_w
(AUSTROAD, 1988)

ระยะห่าง จากขอบทาง ถึงสิ่งกีด ขวาง, m	ตัวคูณปรับแก้, f_w							
	มีสิ่งกีดขวางข้างเดียว				มีสิ่งกีดขวางสองข้าง			
	ความกว้างของช่องจราจร, m							
	3.7	3.3	3.0	2.7	3.7	3.3	3.0	2.7
ถนนสี่ช่องจราจรแบ่งกลาง - มีสองช่องจราจรในแต่ละทิศทาง								
≥2	1.00	0.97	0.91	0.81	1.00	0.97	0.91	0.81
1	0.98	0.95	0.89	0.80	0.97	0.94	0.88	0.78
0	0.90	0.87	0.82	0.73	0.81	0.79	0.74	0.66
ถนนหกช่องจราจรแบ่งกลาง - มีสามช่องจราจรในแต่ละทิศทาง								
≥2	1.00	0.96	0.89	0.78	1.00	0.96	0.89	0.78
1	0.98	0.94	0.88	0.77	0.97	0.93	0.86	0.76
0	0.94	0.91	0.85	0.74	0.91	0.87	0.81	0.70
ถนนสี่ช่องจราจรไม่แบ่งกลาง - มีสองช่องจราจรในแต่ละทิศทาง								
≥2	1.00	0.95	0.89	0.77	N	N	N	N
1	0.97	0.93	0.87	0.76	N	N	N	N
0	0.88	0.85	0.80	0.70	0.81	0.79	0.74	0.66
ถนนหกช่องจราจรไม่แบ่งกลาง - มีสามช่องจราจรในแต่ละทิศทาง								
≥2	1.00	0.95	0.89	0.77	N	N	N	N
1	0.98	0.94	0.88	0.76	N	N	N	N
0	0.94	0.90	0.83	0.72	0.91	0.87	0.81	0.70

ตารางที่ 5.4.3 ค่าเทียบเท่ารถส่วนตัวสำหรับถนนนอกเมืองมากกว่าสองช่องจราจร
(AUSTROAD, 1988)

ประเภทของยาน	สภาพภูมิประเทศ		
	ราบ	ลูกเนิน	ภูเขา
รถบรรทุก, E_T	1.7	4.0	8.0
รถโดยสาร, E_B	1.5	3.0	5.0

ตารางที่ 5.4.4 ตัวคูณปรับแก้สำหรับประเภทของถนนและสภาพแวดล้อม, f_e
(AUSTROAD, 1988)

สภาพพื้นที่	ประเภทของถนน	
	แบ่งกลาง	ไม่แบ่งกลาง
นอกเมือง	1.00	0.95
ชานเมือง	0.90	0.80

ตารางที่ 5.4.5 ตัวคูณปรับแก้สำหรับประเภทของผู้ใช้ถนน, f_p
(AUSTROAD, 1988)

ประชากรคนขับ	ตัวคูณ
ผู้ใช้ถนนนั้นเป็นประจำ	1
นักท่องเที่ยว ผู้ใช้ถนนนั้นไม่เป็นประจำ	0.75 - 0.90

ตัวอย่างที่ 5.3

ถนน 4 ช่องจราจร (2 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง) อยู่ในเมือง ไม่มีเกาะหรือคูแบ่งกลางถนน มีเสาโทรศัพท์ห่างจากขอบผิวถนน 2.4 เมตร ช่องจราจรกว้าง 3.3 เมตร ความเร็วออกแบบ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผู้ใช้ถนนเป็นกลุ่มคนที่ใช้ถนนนั้นเป็นประจำ สภาพภูมิประเทศเป็นแบบลูกเนิน ปริมาณการจราจรสูงสุด (ในทิศทางที่มากกว่า) 1600 คันต่อชั่วโมง มีรถบรรทุก 10% และรถโดยสาร 5% ค่า PHF 0.90 ให้หาระดับการให้บริการของถนนนี้

วิธีทำ

จาก

$$SF_i = C_j * (v/c)_i * N * f_w * f_{HV} * f_p * f_c$$

จัดรูปใหม่ ได้

$$(v/c)_i = \frac{SF_i}{C_j * N * f_w * f_{HV} * f_p * f_c}$$

เมื่อ

$$SF_i = \frac{V}{PHF} = 1600/0.9 = 1778 \text{ คันต่อชั่วโมง}$$

$$C_j = 2000 \text{ pc/h/lane สำหรับความเร็วออกแบบ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง}$$

$$N = 2 \text{ ช่องจราจร}$$

$$f_w = 0.95 \text{ จากตารางที่ 5.4.2 เมื่อช่องจราจรกว้าง 3.3 เมตร}$$

และไม่มีสิ่งกีดขวางในระยะน้อยกว่า 2 เมตร

$$f_c = 0.8 \text{ จากตารางที่ 5.4.4 สำหรับชนเมืองและไม่มีเกาะหรือคูแบ่งกลางถนน}$$

$$f_p = 1.0 \text{ จากตารางที่ 5.4.5 สำหรับผู้ใช้ถนนเป็นกลุ่มคนที่ใช้ถนนนั้นเป็นประจำ}$$

$$E_T = 4.0 \text{ และ } E_B = 3.0 \text{ จากตารางที่ 5.4.3 สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบลูกเนิน}$$

จากสมการ

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.10(4 - 1) + 0.05(3 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.71$$

แทนค่าลงในสมการ ได้

$$(v/c)_i = \frac{1778}{2000 \times 2 \times 0.95 \times 0.71 \times 0.80 \times 1.0}$$

$$(v/c)_i = 0.82 \quad (0.80 < 0.82 < 1.00)$$

จากตารางที่ 5.4.1 เมื่อความเร็วออกแบบ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ (v/c) เท่ากับ 0.82
จะได้ระดับการให้บริการเท่ากับ E

ตัวอย่างที่ 5.4

จากตัวอย่างที่ 5.3 ถนนถูกปรับปรุงเป็น 6 ช่องจราจร (ทิศทางละ 3 ช่องจราจร) มีเกาะหรือคูแบ่ง
กลางถนน มีช่องจราจรกว้าง 2.7 เมตร มีสิ่งกีดขวางทั้ง 2 ข้างห่างจากขอบถนน 1 เมตร ความเร็ว
ออกแบบ 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง ให้สภาพอื่น ๆ คงเดิม ให้หาระดับการให้บริการ

วิธีทำ

จาก

$$(v/c)_i = \frac{SF_i}{C_j * N * f_w * f_{HV} * f_p * f_E}$$

เมื่อ

$$f_{HV} = 0.71 \quad \text{เหมือนตัวอย่างที่ 5.3}$$

$$f_w = 0.76 \quad \text{จากตารางที่ 5.4.2 เมื่อช่องจราจรกว้าง 2.7 เมตร}$$

และมีสิ่งกีดขวางห่างจากขอบถนน 1 เมตร ทั้งสองข้าง

$$f_c = 0.80 \quad \text{เหมือนตัวอย่างที่ 5.3}$$

$$C_j = 1900 \text{ pc/h/lane} \quad \text{เมื่อความเร็วออกแบบ 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง}$$

$$N = 3 \text{ ช่องจราจร}$$

แทนค่าได้

$$(v/c)_i = \frac{1778}{1900 \times 3 \times 0.76 \times 0.71 \times 0.80 \times 1.0}$$

$$= 0.72 \quad (0.60 < 0.72 < 0.76)$$

จากตารางที่ 5.4.1 เมื่อความเร็วออกแบบ 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง และ v/c เท่ากับ 0.72
จะได้ระดับการให้บริการเท่ากับ D

5.5 ปริมาณการจราจรที่ใช้ออกแบบ (Design Traffic Volume)

สำหรับถนนนอกเมือง ปกติใช้ปริมาณการจราจรต่อชั่วโมงสูงสุดอันดับที่ 30 ของชั่วโมงทั้งหมดใน 1 ปีในอนาคต สำหรับคำนวณหาจำนวนช่องจราจร ในทางปฏิบัติจะใช้ค่า K ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่าง DHV ต่อ AADT ในการแปลงค่า ปริมาณการจราจรต่อวันทั้งปีโดยเฉลี่ย (Average Annual Daily Traffic, AADT) ไปเป็นปริมาณการจราจรต่อชั่วโมงสูงสุดอันดับที่ 30 ซึ่งใช้ในการออกแบบ (Design Hourly Volume, DHV) โดย

$$DHV = K * AADT \quad (5.5.1)$$

ค่า K ขึ้นกับประเภทและความหนาแน่นของการพัฒนาที่ดินข้างเคียงถนน ถ้าไม่มีข้อมูล อาจใช้ค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปดังนี้แทน (Transportation Research Board, 1985)

ประเภทของสภาพแวดล้อม	ค่า K
ในเมือง	0.09 – 0.10
ชานเมือง	0.10 – 0.15
นอกเมือง	0.15 – 0.20

โดยทั่วไปการกระจายปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทาง มีค่าไม่เท่ากัน ค่า Directional Factor, D คือ ค่าอัตราส่วนของปริมาณการจราจรในทิศทางที่มากกว่า เทียบกับ ปริมาณการจราจรทั้ง 2 ทิศทาง ค่า D ขึ้นกับประเภทของเส้นทาง ถ้าไม่มีข้อมูล อาจใช้ค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปดังนี้แทน (Transportation Research Board, 1985)

ประเภทของเส้นทาง	ค่า D
นอกเมือง	0.65
ชานเมือง	0.60
ในเมืองแนวรัศมี	0.55
ในเมืองเส้นรอบวง	0.50

ดังนั้น ค่าปริมาณจราจรต่อชั่วโมงสำหรับออกแบบในทิศทางด้านมาก (Directional Design Hourly Volume, DDHV) หาได้ดังนี้

$$DDHV = K * D * AADT \quad (5.5.2)$$

ตัวอย่างที่ 5.5

ถนนมากกว่าสองช่องจราจร ถูกออกแบบเพื่อรองรับ AADT = 10,900 คันต่อวัน มีรถบรรทุก 10% มีเกาะแบ่งกลางถนน ช่องจราจรกว้าง 3 เมตร สภาพภูมิประเทศเป็นแบบลูกเนิน มีสิ่งกีดขวางทั้ง 2 ข้างห่างจากขอบถนน 1 เมตร เป็นถนนอยู่ชนเมือง ความเร็วออกแบบ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผู้ใช้ถนนเป็นกลุ่มคนทำงานไปเช้าเย็นกลับ ค่า PHF = 0.85 ค่า D = 65% ค่า K = 12 % ถ้าต้องการให้ถนนสามารถให้บริการได้ไม่ต่ำกว่าระดับการให้บริการ LOS = C ให้หาจำนวนช่องจราจรที่ต้องการ

วิธีทำ

จาก

$$\begin{aligned} DDHV &= K * D * AADT \\ &= 0.12 * 0.65 * 10,900 \\ &= 850 \text{ คัน/ชั่วโมง} \end{aligned}$$

ให้

$$\text{Volume} = DDHV$$

จาก

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\text{Volume}}{PHF} \\ SF &= \frac{850}{0.85} = 1,000 \text{ คัน/ชั่วโมง} \end{aligned}$$

จาก

$$(v/c)_i = \frac{SF_i}{C_j * N * f_w * f_{HV} * f_p * f_e}$$

จัดรูปใหม่ ได้

$$N = \frac{SF_i}{C_j * (v/c)_i * f_w * f_{HV} * f_p * f_e}$$

เมื่อ

$$C_j = 1,900 \text{ pc/h/lane} \text{ เมื่อความเร็วออกแบบ } 80 \text{ กิโลเมตร/ชั่วโมง}$$

จากตารางที่ 5.4.1

$$(v/c)_i = 0.60 \text{ สำหรับ } LOS = C \text{ จากตารางที่ 5.4.1}$$

$$E_T = 4.0 \text{ สำหรับภูมิประเทศแบบลูกเนิน จากตารางที่ 5.4.3}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$

$$= \frac{1}{1 + 0.10(4 - 1)} = 0.77$$

$$f_w = 0.88 \text{ สำหรับช่องจราจรกว้าง 3 เมตร มีสิ่งกีดขวางทั้ง 2 ข้าง}$$

ห่างจากขอบถนน 1 เมตร และสมมติว่าเป็นถนน 4 ช่องจราจร

จากตารางที่ 5.4.2

$$f_c = 0.90 \text{ สำหรับบริเวณชานเมือง และมีเกาะกลาง จากตารางที่}$$

5.4.4

$$f_p = 1.00 \text{ สำหรับผู้ใช้นถนนเป็นกลุ่มคนที่ใช้นถนนนี้เป็นประจำ}$$

จากตารางที่ 5.4.5

แทนค่าได้

$$N = \frac{1,000}{1,900 * 0.60 * 0.77 * 0.88 * 0.90 * 1.00}$$

$$= 1.44$$

ดังนั้นใช้นถนน 4 ช่องจราจร (ทิศทางละ 2 ช่องจราจร) จะให้ระดับการให้บริการเท่ากับหรือสูงกว่า

ระดับ C