



## KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

### การศึกษาแนวทางสำหรับเกณฑ์ในการออกแบบหน้าตัดของทางหลวงจากปริมาณจราจรโดยใช้แบบจำลองระดับจุลภาค

The study of highway cross-section design criteria from traffic volume perspective using traffic micro-simulation

ลัดดา ตันวานิชกุล\*<sup>1)</sup> จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร <sup>2)</sup> และ ปิยวัฒน์ ทองเกรียว<sup>1)</sup>

Ladda Tanwanichkul\*<sup>1)</sup>, Jumrus Pitaksringkar<sup>2)</sup>, and Piyawat Thongkrew<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002.

<sup>2)</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Department of Civil Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520

Received January 2012

Accepted April 2012

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันขนาดของทางหลวงมีส่วนสำคัญในด้านต่างๆของการคัดเลือกสายทางหลวงในประเทศไทย เพราะขนาดของทางสะท้อนถึงต้นทุนในการก่อสร้างเพื่อให้สามารถคัดเลือกสายทางได้อย่างเหมาะสมจึงจำเป็นต้องเลือกขนาดของทางให้สอดคล้องกับปริมาณจราจรบนเส้นทางด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นเกณฑ์ในการออกแบบหน้าตัดของทางหลวงจึงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกขนาดหน้าตัดของทางได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับการใช้งานมากที่สุด งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อหาเกณฑ์ในการออกแบบขนาดหน้าตัดของถนนให้เหมาะสมกับปริมาณจราจรบนเส้นทางนั้นๆ โดยคำนึงถึงการใช้งานจริง ซึ่งมีผลกระทบจากระดับความถี่ของทางเชื่อม โดยระดับความถี่ของทางเชื่อมนี้มีผลอย่างยิ่งกับความจุของทางหลวงเส้นนั้นๆ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการวิเคราะห์ โดยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลทั้งทางด้านกายภาพของถนน, ความเร็วที่ใช้บนถนนนั้นๆ รวมทั้งพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ใช้รถใช้ถนน เพื่อวิเคราะห์หาระดับความจุ ระดับการให้บริการสำหรับขนาดหน้าตัดที่เหมาะสมของถนนแต่ละประเภท ผลการวิเคราะห์ทำให้ได้เกณฑ์การออกแบบขนาดหน้าตัดของถนนจากปริมาณจราจรบนสายทางแต่ละประเภท และจากการศึกษาพบว่าจำนวนของทางเชื่อมมีผลอย่างมากต่อความจุของถนน เมื่อความหนาแน่นของทางเชื่อมเพิ่มมากขึ้นยิ่งส่งผลให้ความจุของถนนลดลง และเมื่อมีการเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองและการคำนวณตามหลักวิศวกรรมพบว่า ความจุจากแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคน้อยกว่าค่าความจุจากการคำนวณ และมีแนวโน้มทางเดียวกันของสายทางทุกประเภท

**คำสำคัญ :** แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค หน้าตัดทางหลวง ความจุของทางหลวง ความถี่ของทางเชื่อม

#### Abstract

Highway cross-section has an important role in the route selection in Thailand. This is because cross-section of the highway reflects to cost of road construction. Traffic volume on a selected route should be therefore considered in the designing of highway cross-section. This research focuses on the design criteria of the highway

\*Corresponding author.

Email address: ladpit@kku.ac.th

cross-section considering traffic volume on that route as well as effects of access point frequency along the highway. Access point frequency was considered as one of the factors in the research due to the large number of access points which can significantly influence on highway capacity. In this research, Traffic Micro-Simulation was used to determine highway capacity and Level of Service (LOS) for different types of highway cross-section. Data collection in the simulation includes highway geometry, speed and other factors related to drivers' behavior. The expected outcome from this research is the design criteria of highway cross-section based on traffic volume on each highway type. Access point frequency which is another important factor in determining highway capacity was also investigated. Comparison of highway capacity between from the model and HCM calculation was performed and the results showed that there are slightly different but the same trend in highway capacity between ones from model and ones from HCM calculation.

**Keywords:** Traffic micro simulation, Highway cross-section, Highway capacity and access point frequency

## 1. บทนำ

ปัจจุบัน มีการใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค (Traffic micro-simulation model) ในการประเมินผลระบบจราจร โดยมีหลายการศึกษาสภาพจราจรระดับจุลภาคเกี่ยวข้องกับการออกแบบทางหลวง ในหลายประเภททั้งในเขตเมืองและนอกเขตเมือง เช่น โครงข่ายถนนในเมืองทางด่วน ทางหลวงนอกเขตเมือง เป็นต้น จากการศึกษาของ Munehiro et al. [1] และ Cardana et al. [2] เป็นการศึกษาถึงการใช้อย่างจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบทาง เช่น Cardana et al. ใช้การจำลองสภาพจราจรเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงระดับการให้บริการของถนน 2 ช่องจราจร โดยมีการจำลองสภาพจราจรด้าน ความเร็ว ปริมาณจราจร เพื่อให้สะท้อนจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพซึ่งกำหนดให้มีและไม่ช่องจราจรสำหรับการแข่ง โดยพบว่าการใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค สามารถช่วยในการหาลักษณะที่เหมาะสมในการออกแบบทาง หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพถนนได้ จากการทบทวนงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค สามารถใช้ในการประเมินและประมวลผลกระทบจากปริมาณจราจรและสภาพจราจรที่มีต่อความจุและระดับการให้บริการของทาง และซึ่งปริมาณจราจร ความจุ ระดับการให้บริการของถนนมีส่วนสำคัญในการออกแบบทาง อาทิ เช่น เกณฑ์ในการออกแบบหน้าตัดถนน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเกณฑ์ในการออกแบบหน้าตัดทางหลวง โดยใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคเป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบ โดย

คำนึงถึงปริมาณจราจร และระดับความถี่ของทางเชื่อมสำหรับทางหลวงประเภทต่างๆ ซึ่งจะพิจารณาทางหลวงหลายช่องจราจร (Multi-lane highway) เป็นหลักการ

## 2. การออกแบบหน้าตัดถนนในประเทศไทยและต่างประเทศ

### 2.1 หลักการวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการ

ผู้วิจัยได้อาศัยหลักการจาก HCM 2000 ในการหาความจุและการหาระดับการให้บริการ (Lever-of-service determination) สำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร (Multi-lane Highway) สามารถแบ่งขั้นตอนออกได้เป็น 4 ขั้นตอนหลักดังนี้ [3]

- การศึกษาข้อมูลและความจุเบื้องต้น
- การหาความเร็วการไหลอิสระ
- การวิเคราะห์หาอัตราการใช้
- การคำนวณค่าตัวชี้วัดระดับการให้บริการและ

การหาระดับการให้บริการ

โดยความถี่ทางเชื่อมจะถูกนำมาพิจารณาในการคำนวณหาความจุของถนนแต่ละประเภท ซึ่งความจุถนนแต่ละประเภทมีหลักการคำนวณแตกต่างกันและพิจารณาค่าความถี่ทางเชื่อมต่างกัน โดยค้นรายละเอียดเพิ่มเติมของขั้นตอนการคำนวณความจุตามหลักของ Highway capacity Manual สามารถอ่านเพิ่มเติมได้จาก Mannering et al. [3] โดยค่าตัวชี้วัดระดับการให้บริการสำหรับถนนประเภทต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1

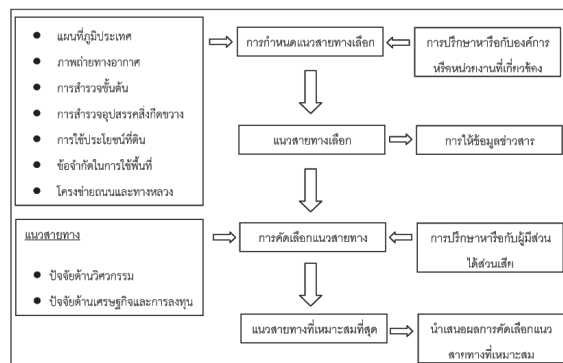
**ตารางที่ 1** เกณฑ์ชี้วัดระดับการให้บริการสำหรับถนนต่างๆ [3]

| ประเภทของทาง         | ตัวชี้วัดกำหนดระดับการให้บริการ           |
|----------------------|-------------------------------------------|
| ทางหลวง 2 ช่องจราจร  | ความเร็วและร้อยละของเวลาที่<br>ต้องขับตาม |
| ทางหลวงหลายช่องจราจร | ความหนาแน่น                               |
| ทางหลวงพิเศษ         | ความหนาแน่น                               |

## 2.2 การออกแบบหน้าตัดทางหลวงในประเทศไทย

การออกแบบหน้าตัดทางในประเทศไทย ส่วนใหญ่ยังคงกล่าวถึงลักษณะทางกายภาพ อาทิเช่น จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจร ไหล่ทาง

ในขณะที่ปริมาณจราจรในเกณฑ์การออกแบบทางหลวง กล่าวถึงเพียง ปริมาณจราจรเฉลี่ย (ADT) ซึ่งในปัจจุบัน การคัดเลือกแนวสายทางยังคงต้องทำการวิเคราะห์ถึง ความจุและระดับการให้บริการของทางแต่ละประเภท สรุปขั้นตอนการคัดเลือกแนวสายทางและออกแบบหน้าตัดทางหลวงของกรมทางหลวงดังแสดงในรูปที่ 1

**รูปที่ 1** ขั้นตอนการศึกษาคัดเลือกแนวสายทาง [4]

## 2.3 การออกแบบหน้าตัดทางในต่างประเทศ

โดยทั่วไปในการออกแบบทางในต่างประเทศ จะมีการใช้ความจุของทางปริมาณจราจร และระดับการให้บริการในการออกแบบ เพื่อเป็นการกำหนดคุณลักษณะ ทางกายภาพและทางจราจร ให้เหมาะสมกับความต้องการการเดินทางที่คาดการณ์ไว้ ซึ่งลักษณะของทางในการออกแบบจะประกอบด้วย จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจร ความกว้างผิวจราจร ไหล่ทางหรือทางเท้า เป็นต้น ลักษณะเหล่านี้จะบ่งบอกถึงปริมาณจราจรของถนนแต่ละประเภทที่สามารถรองรับได้ กล่าวคือ ถนนแต่ละประเภทมีความจุที่แตกต่างกัน เนื่องด้วยความต่างของประเภทและลักษณะทางกายภาพและทางจราจร นั่นเอง ดังนั้น หากมีการแบ่งชั้นถนนตามความจุในหน่วยของคันต่อวัน (Average daily travel)

ในระดับการให้บริการที่ต่างกันไป ขนาดความจุของถนนเหล่านี้สามารถนำไปใช้สำหรับการออกแบบส่วนของถนน

| Facility Type            | # of Lanes | ADT Capacity |         |         |
|--------------------------|------------|--------------|---------|---------|
|                          |            | LOS C        | LOS D   | LOS E   |
| FREEWAY                  | 6          | 108,00       | 120,000 | 135,000 |
|                          | 8          | 145,000      | 160,000 | 175,000 |
|                          | 10         | 175,000      | 195,000 | 215,000 |
| Prime Arterial           | 6          | 46,000       | 51,200  | 57,000  |
| Prime Arterial-Augmented | 6          | 53,000       | 60,000  | 66,000  |
| Major Roadway            | 4          | 28,200       | 31,600  | 35,200  |
| Major Roadway-Augmented  | 4+         | 36,300       | 41,000  | 45,400  |
| Collector Roadway        | 4          | 26,000       | 29,200  | 32,400  |
| Local Roadway-Augmented  | 2+         | 16,000       | 18,000  | 20,000  |
| Local Roadway            | 2          | 11,200       | 12,600  | 14,000  |

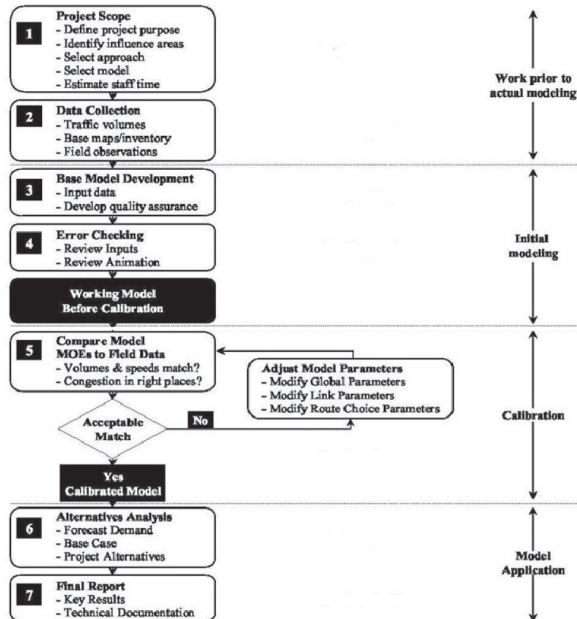
NOTE: 1. Capacity means the maximum volume for the stated level of service.  
2. The above Standards are not applicable to non-circulation element roadways.

**รูปที่ 2** ตารางแสดงประเภทของถนนและปริมาณความจุของถนนที่สามารถรับได้ [5]

## 3. แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคและการประยุกต์ใช้งาน

7 ขั้นตอนในกระบวนการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคแสดงดังรายละเอียดรูปที่ 3 โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคกันมากยิ่งขึ้น ในการประเมินผลระบบจราจร โดยมีหลายงานวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบทางประเภทต่างๆ สำหรับเขตเมืองและนอกเขตเมือง อาทิ ทางด่วน ทางหลวงนอกในเขตเมือง และทางหลวงนอกเขตเมือง เป็นต้น โดย Carlsson and Tapani [6] วิเคราะห์การออกแบบทางหลวงนอกเขตเมือง (Rural highway design) โดยใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค ในการวิเคราะห์รูปแบบทางหลวงนอกเขตเมือง 3 ช่องจราจร ในหลายรูปแบบตามการแบ่งช่องจราจรเข้าและรูปแบบลักษณะกายภาพปัจจุบันด้วย ซึ่งเป็นการใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคเพื่ออธิบายความจุและระดับการให้บริการในรูปแบบทางหลวงต่างๆ ซึ่งได้คัดเลือกถนนสาย E22 ในประเทศสวีเดนเป็นกรณีศึกษา โดยทางสายนี้มีความยาว 8 กิโลเมตร ต้นทางและปลายทางเชื่อมกับทางหลวงพิเศษ ซึ่งคาดว่าจะมีปริมาณจราจรเพิ่มมากขึ้นและจะถูกปรับให้เป็นทางหลวงพิเศษในอนาคต โดยในการศึกษานี้มีการจัดเก็บข้อมูลด้านปริมาณจราจร ความเร็ว และลักษณะกายภาพที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ทั้งนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบ

และตรวจสอบแบบจำลอง แล้วจึงนำผลที่ได้จากแบบจำลองตามรูปแบบตามการแบ่งช่องจราจรเข้าเปรียบเทียบกับผลในรูปแบบปัจจุบัน ทำให้พบว่า ทางเลือกในการออกแบบทางหลวงนอกเขตเมือง 3 ช่องจราจรในรูปแบบต่างๆ มิได้มีระดับการให้บริการที่ดีไปกว่ารูปแบบปัจจุบันคือ 2 ช่องจราจร ไม่มีเกาะกลาง

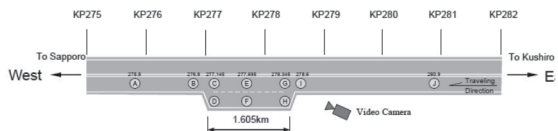


รูปที่ 3 กระบวนการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค [7]

และ Munehiro et al. [1] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการศึกษาทางหลวงนอกเขตเมือง รูปแบบ 2+1 ในประเทศญี่ปุ่น โดยมีความมุ่งหมายจะเพิ่มระดับการให้บริการของถนนหมายเลข 38 ซึ่งจากเดิมในปัจจุบันถนนมีลักษณะเป็น 3 ช่องจราจร กล่าวคือ 2 ช่องจราจรทิศมุ่งตะวันออก และ 1 ช่องจราจรทิศมุ่งตะวันตก และไม่มีเกาะกลาง ดังรูปที่ 4 จึงมีการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเพื่อวิเคราะห์และประเมินถึงลักษณะการเพิ่มช่องจราจรด้านซ้ายสำหรับการให้ทางและการแซง ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งในการพัฒนาแบบจำลองมีการจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน รูปแบบ 2+1 ซึ่งมีช่องจราจรสำหรับการชะลอและแซงด้านขวาบนทางหลวงหมายเลข 38 โดยผลจากแบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบันได้ทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลสำรวจพบว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ จึงถูกนำมาเพื่อพัฒนาและจำลองสภาพการจราจรเมื่อมีการเพิ่มช่องจราจรเสริมด้านซ้ายบนทางหลวงหมายเลข 38



รูปที่ 4 ลักษณะปัจจุบันของทางหลวงหมายเลข 38 ใน Hokkaido [1]



รูปที่ 5 ลักษณะการปรับเพิ่มช่องจราจรลด-เพิ่มความเร็วด้านซ้าย [1]

#### 4. การออกแบบทางโดยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

##### 4.1 การสำรวจข้อมูลเพื่อศึกษาการออกแบบถนน

การออกแบบจำลองสภาพการจราจร จะประกอบด้วยถนนทางหลวง 4 ประเภทเพื่อใช้ในการออกแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ความจุและประสิทธิภาพของถนน ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประเภททางหลวงสำหรับการออกแบบ

| ประเภททางหลวง | ช่องจราจรต่อทิศทาง | ชนวนกั้น | ไหล่ทาง |
|---------------|--------------------|----------|---------|
| 6 ช่องจราจร   | 3                  | มี       | มี      |
| 4 ช่องจราจร   | 2                  | มี       | มี      |
| 4 ช่องจราจร   | 2                  | ไม่มี    | มี      |
| 2 ช่องจราจร   | 1                  | ไม่มี    | ไม่มี   |

พฤติกรรมการขับที่มีส่วนสำคัญอย่างมากในการออกแบบ มีการสำรวจข้อมูลลักษณะการจราจรที่เกี่ยวข้องและส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการขับบนท้องถนน ข้อมูลสำหรับใช้ในแบบจำลองเพื่อการศึกษาเกณฑ์การออกแบบถนนจะประกอบไปด้วย 4 ส่วนดังต่อไปนี้

(1) ความเร็วการไหลอิสระ (Free flow speed) เป็นลักษณะของความเร็วของยานบนถนนประเภทต่างๆ ในลักษณะการไหลจราจรแบบอิสระ โดยถนนประเภทต่างๆ ที่มีลักษณะกายภาพแตกต่างกัน จำนวนช่องจราจรต่างกัน การมีหรือไม่มีฉนวนกั้นกลาง จะส่งผลกระทบต่อความเร็วในการขับขึ้นถนนแต่ละประเภท

(2) ความเร็วการเลี้ยว (Turning speed) รถในแต่ละประเภทจะมีความเร็วในการเลี้ยวไม่เท่ากัน เนื่องด้วยขนาดและสภาพเครื่องยนต์ จึงได้มีการสำรวจความเร็วการเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาของรถแต่ละประเภท

(3) ส่วนประกอบยานยนต์ (Traffic composition) สัดส่วนของรถขนาดใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นรถบรรทุก หรือรถโดยสารขนาดใหญ่มีผลกระทบอย่างมากในการศึกษาความจุของถนนในแต่ละประเภท จึงได้มีการสำรวจสัดส่วนของรถขนาดใหญ่เพื่อใช้ในการออกแบบแบบจำลองให้ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงมากขึ้น

(4) ทางเชื่อม (Access point) เป็นจุดเชื่อมระหว่างถนนย่อยกับแนวสายทางหลัก ซึ่งมักจะส่งผลกระทบต่อความเร็วปริมาณจราจรของทางหลักได้ เนื่องจากโดยทั่วไปจะมีความขัดแย้งบริเวณแยกระหว่างกระแสจราจรจากทางเชื่อมและกระแสจราจรจากทางหลัก ดังนั้น ระดับของทางเชื่อมจึงมีผลอย่างมากต่อปริมาณจราจร อัตราการไหลและความจุของถนน ในการศึกษาจึงทำการสำรวจทางเชื่อมตลอดแนวสายทางในถนนแต่ละประเภท ซึ่งระดับความถี่ทางเชื่อมแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับคือ ความถี่ทางเชื่อมสูง ความถี่ทางเชื่อมปานกลาง และความถี่ทางเชื่อมสูง จึงทำการสุ่มตัวอย่างถนนแต่ละประเภทเพื่อหาวิเคราะห์หาสัดส่วนระดับความถี่ของทางเชื่อมในถนนแต่ละประเภท ทำให้สามารถนำไปรวมใช้ในการออกแบบทางและการคัดเลือกแนวสายทางที่เหมาะสมต่อไปได้ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3

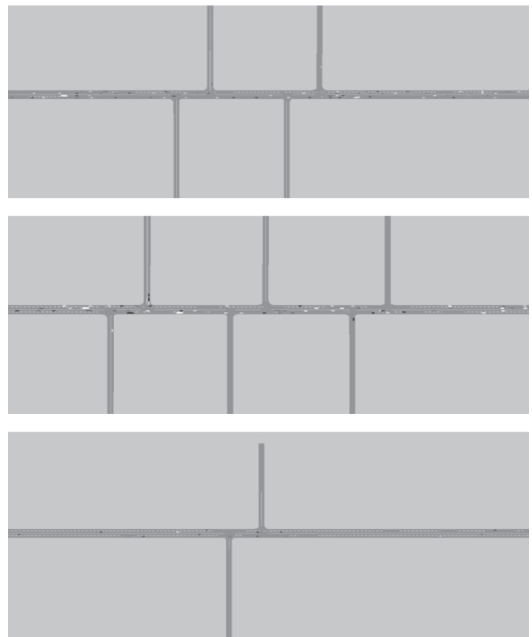
**ตารางที่ 3** เกณฑ์ในการแบ่งระดับความถี่ทางเชื่อมจากจำนวนทางเชื่อมต่อระยะทางช่วงย่อยถนน

| ระดับความถี่ทางเชื่อม | จำนวนทางเชื่อมต่อระยะทาง<br>1 กิโลเมตร |
|-----------------------|----------------------------------------|
| ระดับต่ำ              | น้อยกว่าเท่ากับ 2                      |
| ระดับปานกลาง          | ระหว่าง 3 ถึง 5                        |
| ระดับสูง              | มากกว่าเท่ากับ 6                       |

หมายเหตุ จำนวนทางเชื่อมในแต่ละระดับมีการอ้างอิงจากระดับการจำลองในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (VISSIM)

#### 4.2 การออกแบบถนนในแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค VISSIM

ในการวิเคราะห์ความจุและประสิทธิภาพของทางในการออกแบบทางหลวงชนบทในเขตเมือง (เขตการพัฒนาปานกลาง – สูง) จึงมีการกำหนดลักษณะทาง 4 ประเภท ตามลักษณะของ ความถี่ของทางเชื่อม และลักษณะกายภาพ มีรายละเอียดในรูปที่ 6 เป็นรูปตัวอย่างจากแบบจำลองสำหรับการจำลองสภาพจราจรของถนน 4 ช่องจราจร ไม่มีฉนวนกั้นกลาง สำหรับความถี่การเชื่อมระดับ ต่ำ ปานกลาง และสูงตามลำดับ



**รูปที่ 6** แบบจำลองสภาพจราจรของถนน 4 ช่องจราจร ระดับความถี่ทางเชื่อม ต่ำ – ปานกลาง – สูง

#### 4.3 การวิเคราะห์ความถี่การเชื่อมทาง

ทางเชื่อม (Access point) เป็นจุดที่ถนนย่อยเชื่อมกับสายทางหลัก โดยทางเชื่อมซึ่งสามารถเดินทางต่อเนื่องยังสายทางอื่นได้ อาทิเช่น ทางแยกสายรอง (รับผิดชอบโดยองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น หรือทางหลวงชนบท) ทางแยกเข้าหมู่บ้าน และทางแยกภายในหมู่บ้าน ซึ่งทางเชื่อมเหล่านี้มักจะส่งผลกระทบต่อความเร็ว ปริมาณจราจรของทางหลักได้ เนื่องจากโดยทั่วไปจะมีความขัดแย้งบริเวณแยกระหว่างกระแสจราจรจากทางเชื่อมและกระแสจราจรจากทางหลัก ดังนั้น ระดับของทางเชื่อมจึงมีผลอย่างมากต่อปริมาณจราจร

อัตราการไหลและความจุของถนน ในการศึกษานี้จึงทำการสำรวจทางเชื่อมตลอดแนวสายทางในถนนแต่ละประเภท ซึ่งระดับความถี่ทางเชื่อมแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับคือ ความถี่ทางเชื่อมต่ำ ความถี่ทางเชื่อมปานกลาง และความถี่ทางเชื่อมสูง จึงทำการสุ่มตัวอย่างทางแต่ละประเภทเพื่อหาวิเคราะห์หาสัดส่วนระดับความถี่ของทางเชื่อมในทางแต่ละประเภท ทำให้สามารถนำไปร่วมใช้ในการออกแบบและการคัดเลือกแนวสายทางที่เหมาะสมต่อไปได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความจุและประสิทธิภาพของถนนในการออกแบบทางหลวง จึงมีการกำหนดลักษณะทางทั้ง 4 ประเภทตามตารางที่ 7 นั้นควรคำนึงถึงความถี่ของทางเชื่อมอีกด้วย จะเห็นได้จากรูปที่ 7 เป็นรูปแสดงตัวอย่าง ทางที่มีความถี่การเชื่อมระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ปะปนกันไป

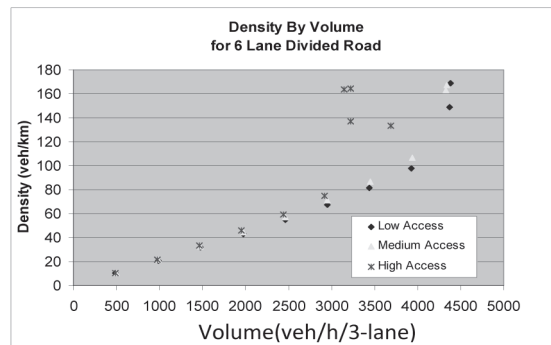


รูปที่ 7 ความถี่ทางเชื่อมของทางหลวง 4 ช่องจราจร มีฉนวนกั้นกลาง (ถนนหลังมหาวิทยาลัยขอนแก่น)

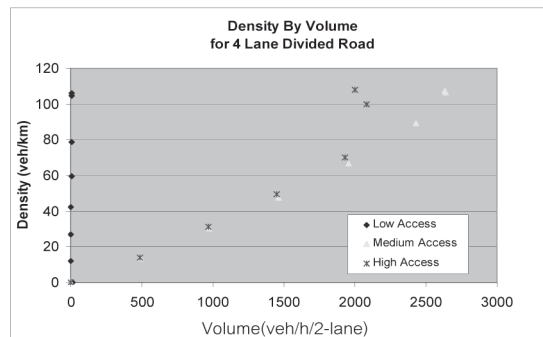
## 5. ผลการศึกษา

### 5.1 การวิเคราะห์ความจุถนนจากแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค

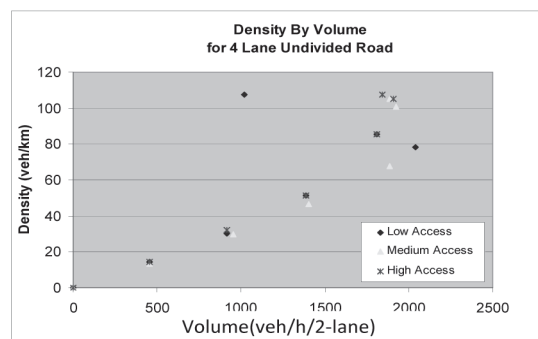
จากการทดสอบแบบจำลองสภาพการจราจรของทางหลวง 4 ประเภท ในระดับความถี่ของทางเชื่อม 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง สูง โดยจากการเพิ่มปริมาณจราจรตั้งแต่ระดับต่ำไปถึงระดับสูงสุด สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล (คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร) กับความหนาแน่น (คันต่อกิโลเมตร) สำหรับทาง 6 และ 4 ช่องจราจร ดังรายละเอียดรูปที่ 8-10 โดยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล (คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร) กับความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) สำหรับถนน 2 ช่องจราจรแสดงดังรูปที่ 11



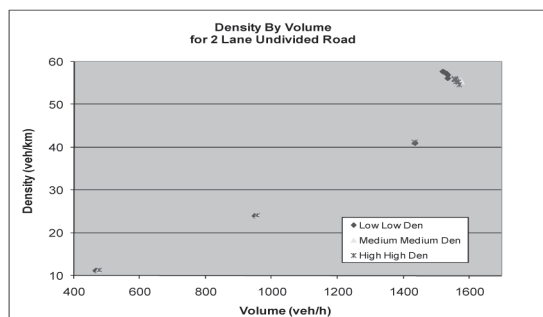
รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความหนาแน่นของทางหลวง 6 ช่องจราจรมีเกาะกลาง



รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความหนาแน่นของทาง 4 ช่องจราจรมีเกาะกลาง



รูปที่ 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความหนาแน่นของทาง 4 ช่องจราจร ไม่มีเกาะกลาง



รูปที่ 11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความหนาแน่นของทาง 2 ช่องจราจร ไม่มีเกาะกลาง

## 5.2 ความจุถนนแต่ละประเภท

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและปริมาณจราจร ซึ่งเป็นการค่อยๆเพิ่มปริมาณจราจรในแบบจำลองนั้น ทำให้เห็นได้ว่า ถนนแต่ละประเภทสามารถรองรับปริมาณจราจร จนถึงจุดๆ หนึ่ง ซึ่งจะถือว่าเป็นความจุของถนนแต่ละประเภท และจากแนวคิดในการออกแบบถนนความจุถนนนี้ ความจุของถนนยังสามารถแบ่งได้ตามระดับความถี่ทางเชื่อม (ต่ำ ปานกลาง และสูง) อีกด้วย ซึ่งในการสำรวจและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมตลอดแนวสายทางของทางหลวง จะพบว่าทางหลวงแต่ละประเภทมีสัดส่วนของระดับความถี่ทางเชื่อมไม่เท่ากัน จึงมีการสำรวจทางหลวงในแต่ละประเภทเพื่อวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สัดส่วนระดับความถี่ทางเชื่อมสำหรับทางทั้ง 4 ประเภท ตัวอย่างเช่น ทางหลวง 4 ช่องจราจร ไม่มีถนนกั้นกลางมีการสำรวจ จะทำการแบ่งช่วงถนนที่มีความถี่ทางเชื่อม ออกเป็น ต่ำ ปานกลาง และสูง ตามระยะทาง ทำให้สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์นี้ จะได้จากการคิดสัดส่วนร้อยละของความถี่ทางเชื่อมระดับต่ำ จากความยาวความถี่ทางเชื่อมระดับต่ำต่อความยาวทางหลวงทั้งหมด (ในประเภทนั้นๆ) ทำให้ค่าสัดส่วนร้อยละของความถี่ทางเชื่อมทั้ง 3 ระดับสำหรับทางหลวงทั้ง 4 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 4 ทำให้สามารถเขียนความสัมพันธ์ของระดับความถี่ทางเชื่อมสำหรับถนนทั้ง 4 ประเภทดังสมการที่ (1)-(4)

**ตารางที่ 4** สัมประสิทธิ์สัดส่วนระดับความถี่ทางเชื่อมของทางหลวงแต่ละประเภท

| ประเภทของทางหลวง | ความถี่ต่ำ | ความถี่ปานกลาง | ความถี่สูง |
|------------------|------------|----------------|------------|
| 6 ช่อง มีถนน     | 0.46       | 0.21           | 0.34       |
| 4 ช่อง มีถนน     | 0.66       | 0.11           | 0.23       |
| 4 ช่อง ไม่มีถนน  | 0.52       | 0.33           | 0.15       |
| 2 ช่อง ไม่มีถนน  | 0.39       | 0.23           | 0.38       |

$$C_{2Un} = 0.46C_H + 0.21C_M + 0.34C_L \quad (1)$$

$$C_{4Un} = 0.66C_H + 0.11C_M + 0.23C_L \quad (2)$$

$$C_{4Div} = 0.52C_H + 0.33C_M + 0.15C_L \quad (3)$$

$$C_{6Div} = 0.39C_H + 0.23C_M + 0.38C_L \quad (4)$$

โดย  $C_H$ ,  $C_M$ ,  $C_L$  = ความจุในค่าของอัตราการไหลของถนนในระดับความถี่ทางเชื่อมสูง ปานกลาง และต่ำตามลำดับ

ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรและความหนาแน่นของทางแต่ละประเภท จะทำให้สามารถประมาณการความจุของถนนแต่ละประเภทและตามระดับความถี่ทางเชื่อม ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5 และค่าเฉลี่ยของความจุถนน ซึ่งได้จากค่าความจุของทางแต่ละระดับความถี่คูณค่าสัมประสิทธิ์ในสมการที่ (1)-(4) จะทำให้จะสามารถใช้ในการคำนวณความจุถนนเฉลี่ยสำหรับทางแต่ละประเภท

**ตารางที่ 5** ความจุและปริมาณจราจรของทางแต่ละประเภทตามระดับความถี่ทางเชื่อม

| ประเภทของทาง    | ความจุ อัตราการไหล (คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร) |                |            |        |
|-----------------|--------------------------------------------|----------------|------------|--------|
|                 | ความถี่ต่ำ                                 | ความถี่ปานกลาง | ความถี่สูง | เฉลี่ย |
| 6 ช่อง มีถนน    | 1461                                       | 1445           | 1229       | 1367   |
| 4 ช่อง มีถนน    | 1380                                       | 1320           | 1040       | 1184   |
| 4 ช่อง ไม่มีถนน | 1021                                       | 962            | 954        | 970    |
| 2 ช่อง ไม่มีถนน | 1003                                       | 940            | 878        | 943    |

## 6 สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษานี้จะเน้นถึงความแม่นยำของโปรแกรมวิเคราะห์และสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้ใช้รถใช้ถนนจริงในประเทศไทย และพบว่าขนาดถนนหรือจำนวนช่องจราจรมีผลต่อความจุของถนน กล่าวคือการเพิ่มจำนวนช่องจราจรจะเป็นการเพิ่มความจุของถนนด้วยเช่นเดียวกัน ในขณะที่ระดับความถี่ของทางแยกมีผลอย่างมากต่อความจุของถนนเช่นกัน ซึ่งความหนาแน่นของทางแยกเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ความจุของถนนลดลง ซึ่งถ้าหากต้องการเพิ่มความจุของถนน สามารถทำได้โดย 1) ขยายขนาดถนน (เพิ่มจำนวนช่องจราจร) หรือ 2) ลดจำนวนทางแยกบนถนนเพื่อจำกัดการเข้าถึงถนนนั้นๆและจากการศึกษาถึงความถี่ของความถี่ทางเชื่อม (ทางแยก) ในแต่ละแนวสายทาง พบว่ามีจำนวนทางเชื่อมบนถนนแต่ละประเภทมีจำนวนที่ต่างกันไป ซึ่งจำนวนทางเชื่อมจะเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลถึงความจุของสายถนนแต่ละประเภท และจากการศึกษาจะพบว่าความจุของ

แนวสายทางแปรผันตามสัดส่วนระดับความถี่ทางเชื่อม โดยความสัมพันธ์ของความจุและระดับความถี่ทางเชื่อมจะทำให้สามารถวิเคราะห์ความจุแนวสายทางได้อย่างเหมาะสมตามปริมาณจราจรที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้จริงตามจำนวนทางเชื่อมบนถนนแต่ละประเภท ซึ่งสอดคล้องกับหลักการในการวิเคราะห์ความจุของ Highway capacity manual, HCM และเมื่อมีการเปรียบเทียบค่าความจุถนนจากแบบจำลองและจากการคำนวณตามหลัก HCM พบว่ามีความแตกต่างของค่าความจุของทางระหว่างจากแบบจำลองและจากการคำนวณโดยหลัก HCM โดยค่าความจุถนนซึ่งคำนวณโดยใช้หลักการใน HCM มีค่าค่อนข้างสูงกว่าที่ได้จากแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคในทุกประเภทสายทาง ในขณะที่ความจุจากทั้งสองวิธีมีแนวโน้มเป็นไปทางเดียวกัน คือถนน 6 ช่องจราจรมีความจุมากกว่าถนน 2 ช่องจราจร อย่างไรก็ตาม ความจุที่ได้จากแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค ยังคงต้องมีการวิจัยเพิ่มเติม โดยทำการปรับเทียบและตรวจสอบสภาพจราจรจากการสำรวจทั้งระบบและจากแบบจำลอง เพื่อให้ค่าที่ได้จากแบบจำลองมีความแม่นยำมากขึ้น โดยสาเหตุของค่าความจุถนนจากแบบจำลองซึ่งแตกต่างจากค่าคำนวณจาก HCM อาจเกิดจากข้อมูลและแบบจำลองยังคงต้องมีการปรับแก้เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงหรือสอดคล้องมากขึ้นกับค่าความจุที่ได้จากแบบจำลอง จึงสมควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้เกิดความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองเพิ่มมากขึ้น

**ตารางที่ 6** เปรียบเทียบความจุของทางจากจำลองแบบและจาก HCM2000

| ประเภทของทาง     | แบบจำลอง<br>(คัน/ชม./ช่องจราจร) | HCM<br>(คัน/ชม./ช่องจราจร) |
|------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 6 ช่อง มีฉนวน    | 1367                            | 1722                       |
| 4 ช่อง มีฉนวน    | 1184                            | 1577                       |
| 4 ช่อง ไม่มีฉนวน | 970                             | 1362                       |
| 2 ช่อง ไม่มีฉนวน | 943                             | 1163                       |

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในการสนับสนุนทุนวิจัยภายใต้โครงการทุนคณะวิศวกรรมศาสตร์ จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท เอสทูอาร์ คอนซัลตัง จำกัด สำหรับการสนับสนุนโปรแกรมในงานวิจัย ทำให้ดำเนินงานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Munehiro K, Kamiizumi T, Sasaki M, Uzuka T, Asano M. Traffic Simulation of a Rural 2+1 Highway in Hokkaido. 1<sup>th</sup>ed. Japan; 2005.
- [2] Cardana S, Barros F, Seco A, Bastos A. Increasing the level of service in 2-lane, 2-way roads: a simulation-based approach, Urban Transport. WIT Press. 2005; 77: 789-795.
- [3] Mannering FL, Kilareski WP, Washburn SS. Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis. 3<sup>rd</sup> ed. United States of America; 2005.
- [4] Department of Highway. The final report of consulting services survey and detailed design. Project of construction 4-lane highway, Project of improvement highway No. 3116 (Bang Ping - Praeksa) And the path to the irrigation canal road. 1<sup>th</sup>ed. Bangkok: Thailand; 2008. (In Thai).
- [5] Engineering Services Department. Public road standards. 1<sup>th</sup>ed. City of Encinitas: California; 1991.
- [6] Carlsson A, Tapani A, Hideki N, Takashi O. Rural Highway Design Analysis through Traffic Micro-Simulation. International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service. 2006; 5: 249-258.
- [7] The Federal Highway Administration. Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Micro simulation Modeling Software. 1<sup>th</sup>ed. Washington, D.C.: United States of America; 2004.