คอขวดจราจรจากแถวคอยที่ออกจากทางด่วน

นาย สรรพัชญ์ ธีระบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TRAFFIC BOTTLENECK FROM OFF-RAMP QUEUE AT FREEWAY DIVERGE

Mr. Sanpash Dhiraputra

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คอขวดจราจรจากแถวคอยที่ออกจากทางด่วน
โดย	นาย สรรพัชญ์ ธีระบุตร
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.พลเทพ เลิศวรวนิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรรพัชญ์ ธีระบุตร : คอขวดจราจรจากแถวคอยที่ออกจากทางด่วน. (TRAFFIC BOTTLENECK FROM OFF-RAMP QUEUE AT FREEWAY DIVERGE) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ, 83 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอพฤติกรรมของคอขวดจราจรชนิดที่เกิดจากแถวคอยของยานพาหนะที่เลี้ยวออกจากทางด่วน โดยยานพาหนะบางส่วนที่ต้องการจะวิ่งออกจากทางด่วนมีการเบียดเข้าแถวคอยสำหรับวิ่งออกและกีดขวางรถที่ต้องการวิ่งตรงไปทำให้เกิดคอขวดขึ้น และนำเสนอวิธีการจัดการจราจรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ในการศึกษานี้ได้ทำการเก็บข้อมูลจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นจากบริเวณคอขวดที่บริเวณถนนพหลโยธินโดยใช้กล้องวิดีทัศน์เป็นเวลา 4 วัน และทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการสร้างกราฟแถวคอยแกนเอียงของปริมาณจราจร การเปลี่ยนช่องทาง และกราฟเฉลี่ยเคลื่อนที่ของความเร็ว กราฟทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ความจุของคอขวดแบ่งออกเป็น 3 สถานะ คือ 1) สถานะความจุสูง ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่รถในช่องทางตรงที่ติดกับแถวคอยของรถที่วิ่งออกสามารถเปลี่ยนช่องทางเพื่อเข้าแถวคอยได้โดยสะดวก จึงไม่กีดขวางต่อรถที่ต้องการวิ่งตรงไป 2) สถานะความจุปานกลาง เกิดจากการที่รถที่แทรกออกไม่สามารถเข้าแถวคอยได้สะดวก กีดขวางรถทางตรงที่วิ่งตามมาและบางส่วนต้องเปลี่ยนช่องทาง ส่งผลให้ทุกช่องทางความเร็วลดลง ซึ่งเกิดจากการที่แถวคอยของรถออกเป็นแบบหยุดนิ่งสลับกับเคลื่อนตัว และ 3) สถานะความจุต่ำ เกิดจากรถไม่สามารถแทรกเข้าแถวคอยได้ และเกิดแถวคอยหยุดนิ่งบนช่องทางตรง กีดขวางรถตรงที่ตามมาโดยสมบูรณ์ ท้ายที่สุดนี้ งานวิจัยได้นำเสนอวิธีการจัดการจราจรบริเวณคอขวดเพื่อรักษาความจุของคอขวด โดยการปรับสถานะคอขวดขณะที่มีความจุต่ำให้กลับมาเป็นความจุสูงอีก

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต.....สรรพัชญ์ ธีระบุตร.....
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา 2552

5170718021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS : Diverge Bottleneck / Oblique Cumulative / Traffic Management / Freeway Capacity / Traffic Engineering

SANPASH DHIRAPUTRA: TRAFFIC BOTTLENECK FROM OFF-RAMP QUEUE AT FREEWAY DIVERGE. THESIS ADVISOR: JITTICHAI RUDJANAKANOKNAD, Ph.D., 83 pp.

This research illustrates the mechanism of freeway diverge bottleneck, caused by off-ramp queue and vehicles changing their lane in the last minute and block through vehicles and recommends the strategy to maximum outflows from the bottlenecks. Video data during four afternoon rushes from a freeway diverge on Phaholyothin Expressway were manually extracted and analyzed by queueing diagrams and lane-changing counts plotted on oblique coordinate axis, as well as moving average of vehicle speeds. The data show that traffic states in each day during bottleneck activation were separated into three distinct ones. The first one was a high-capacity state. During this state, off-ramp bound vehicles on the adjacent through lane could smoothly cut through off-ramp queue; therefore, upstream through vehicles could still proceed without being blocked. Secondly, the medium-capacity state was caused by obstructed vehicles on the through lane due to off-ramp bound vehicles. The off-ramp queue was in a stop-and-go pattern with difficult lane-changes into the queue. This induced lane-changes to faster lanes and reduced overall speeds. Thirdly, there was a low-capacity state caused by exiting vehicles forming the stopping queue on the through lane and completely blocking upstream through vehicles. Lastly, the findings points out strategies to manage traffic bottleneck to maintain high capacity by reversing this capacity drop phenomenon.

Department : Civil Engineering Student's Signature Sanpash Dhiraputra

Field of Study : Civil Engineering Advisor's Signature

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยอุปการะเลี้ยงดู สั่งสอน อบรม ให้การสนับสนุนในทุกๆด้านและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมาจนทำให้ข้าพเจ้าได้มีความรู้ความสามารถและประสบความสำเร็จเฉกเช่นในปัจจุบัน

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร .สรวิศ นฤปิติ และดร.พลเทพ เลิศวรวนิช สำหรับคำปรึกษาวิทยานิพนธ์และความกรุณาที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการทำงานวิจัยและการประกอบอาชีพในอนาคต

ขอขอบคุณ สาขา วิชาวิศวกรรม การขนส่ง ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการเก็บข้อมูล

ขอขอบคุณ คุณ ชาญชัย อัครวรกุลชัย สำหรับความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลจราจรในทุกๆวันจนทำให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ทันตแพทย์หญิง สลิษา พูนนิพงษ์ ที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณนิสิตสาขาวิชาวิศวกรรมการขนส่งทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือรวมทั้งให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา..... 2

1.5 แผนการดำเนินงาน..... 3

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม..... 5

2.1 นิยามของคอขวดจราจร..... 5

2.2 คอขวดจราจรแบบทางแยกออก..... 6

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอขวดจราจร..... 6

2.4 เทคนิควิธีการศึกษา..... 9

2.4.1 กราฟจำนวนยานพาหนะสะสม..... 9

2.4.2 กราฟจำนวนยานพาหนะสะสมเชิงเอียง..... 10

บทที่ 3 ขั้นตอนการศึกษา..... 13

3.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา..... 13

3.2 พื้นที่ศึกษา..... 14

3.3 วิธีการเก็บข้อมูล..... 16

3.3.1 กล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 1..... 17

3.3.2 กล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 2..... 18

3.3.3 กล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 3..... 19

3.3.4 กล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 4..... 20

3.4 การเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์..... 21

หน้า

3.4.1 กราฟจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสมเชิงเอียง..... 24
3.4.2 กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะ..... 25
บทที่ 4 ข้อมูลจราจรเบื้องต้น..... 27
4.1 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2552..... 27
4.1.1 สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด..... 29
4.1.2 คอขวดจราจรความจุสูง..... 30
4.1.3 คอขวดจราจรความจุปานกลาง..... 31
4.2 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2552..... 33
4.2.1 สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด..... 33
4.2.2 คอขวดจราจรความจุสูง..... 35
4.2.3 คอขวดจราจรความจุปานกลาง..... 37
4.2.4 คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่ 2..... 37
4.2.5 คอขวดจราจรความจุต่ำ..... 38
4.2.6 คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่ 3..... 39
4.3 ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553..... 39
4.3.1 สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด..... 40
4.3.2 คอขวดจราจรความจุสูง..... 42
4.3.3 สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด..... 43
4.3.4 คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่ 2..... 44
4.3.5 คอขวดจราจรความจุต่ำ..... 44
4.3.6 คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่ 3..... 45
4.3.7 คอขวดจราจรความจุต่ำครั้งที่ 2..... 45
4.3.8 คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่ 4..... 46
4.4 ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553..... 47
4.4.1 สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด..... 49
4.4.2 คอขวดจราจรความจุสูง..... 49
4.4.3 คอขวดจราจรความจุปานกลาง..... 51
4.4.4 คอขวดจราจรความจุต่ำ..... 52
4.4.5 คอขวดจราจรความจุปานกลางครั้งที่ 2..... 53
4.4.6 คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่ 2..... 53

หน้า

4.5 สรุปข้อมูลจราจร..... 54
บทที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ..... 61
5.1 พฤติกรรมบริเวณคอขวด..... 61
5.1.1 สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด..... 61
5.1.2 สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูง..... 63
5.1.3 สภาพจราจรที่มีความจุปานกลาง..... 64
5.1.4 สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ..... 65
5.2 การเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวด..... 65
5.3 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงความจุ..... 69
5.3.1 การเปลี่ยนแปลงความจุ (ตำแหน่งที่ 1 และ 8)..... 69
5.3.2 การเปลี่ยนแปลงความจุ (ตำแหน่งที่ 2 และ 6)..... 71
5.3.3 การเปลี่ยนแปลงความจุ (ตำแหน่งที่ 3 และ 5)..... 72
5.3.4 การเปลี่ยนแปลงความจุ (ตำแหน่งที่ 4 และ 7)..... 74
5.4 การจัดการจราจรบริเวณคอขวด..... 74
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา..... 77
6.1 ผลจากการศึกษาคอขวดจราจร..... 77
6.2 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีต..... 79
5.3 งานวิจัยในอนาคต..... 81
รายการอ้างอิง..... 82
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงานวิทยานิพนธ์.....	4
4.1	สรุปข้อมูลจราจร.....	55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ภาพถ่ายคอขวดจราจรประเภททางแยกออก	1
2.1	แผนภาพคอขวดจราจรแบบทางแยกออก	6
2.2	วิธีการสร้างกราฟจำนวนยานพาหนะสะสม	10
2.3	ตัวอย่างกราฟแสดงจำนวนยานพาหนะสะสม	11
2.4	ตัวอย่างกราฟแสดงจำนวนยานพาหนะสะสมเชิงเอียง	11
3.1	แนวทางการวิจัย	13
3.2	พื้นที่ศึกษา	15
3.3	ลักษณะทางเรขาคณิตของพื้นที่ศึกษา	16
3.4	ตำแหน่งในการเก็บข้อมูลจราจรโดยกล้องวิดีทัศน์	17
3.5	การตั้งกล้องวิดีทัศน์ในการเก็บข้อมูล	17
3.6	ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 1	18
3.7	ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 2	19
3.8	ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 3	20
3.9	ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 4	20
3.10	ภาพจากกล้องวิดีทัศน์ที่ใช้ในการถอดข้อมูล	21
3.11	โปรแกรม Timer.exe	22
3.12	การเตรียมข้อมูลจราจรใน MS-Excel	23
3.13	ข้อมูลจราจรที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์	23
3.14	การนับจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสม	24
3.15	ตัวอย่างกราฟแสดงจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสม	25
3.16	การหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ	26
4.1	ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2552	28
4.2	ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2552	34
4.3	ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553	41
4.4	ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553	48
4.5	สัญลักษณ์แทนข้อมูลจราจรที่นำเสนอในตารางที่ 4.1	54
5.1	สภาพจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา	62
5.2	การเปลี่ยนแปลงความจุของทางหลัก	66

ภาพที่ หน้า

5.3 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2552..... 70
5.4 ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553..... 73
5.5 ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 และ 4 ที่ตำแหน่ง X_1..... 75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมของคอขวดจราจรและปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวดจราจรที่เกิดจากแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลัก (Diverge Bottleneck) บนถนนที่ไม่มีการรบกวนกระแสจราจรจากภายนอก (Uninterrupted-flow Facility) หรือทางด่วน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากพื้นที่ศึกษาแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์จราจรเชิงพลวัตเพื่อศึกษาว่าคอขวดจราจรประเภทนี้มีพฤติกรรมอย่างไร และมีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวดเมื่อเกิดปัญหาคอขวดจราจรขึ้นมาแล้ว รวมไปถึงการนำเสนอผลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการวางแผนจัดการจราจรเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

การจราจรในบริเวณทางแยกจากทางด่วนไปสู่ทางคู่ขนาน (Diverge Ramp) มักเกิดปัญหาการจราจรติดขัดดังแสดงในภาพที่ 1.1 ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากแถวคอยสะสมของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักไปสู่ทางคู่ขนานนั้นมีความยาวมากขึ้นจนแถวคอยได้กระจายมาปิดกั้นช่องจราจรของรถบนทางหลัก ทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักมีช่องจราจรน้อยลงและทำให้รถบนทางหลักต้องลดความเร็วลงเนื่องจากการที่มีแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักสะสมอยู่ในช่องทางด้านข้างหรือเปลี่ยนช่องทางจราจรไป ลักษณะคอขวดจราจรนี้เรียกว่าคอขวดจราจรจากแถวคอยของรถวิ่งออก ซึ่งเป็นคอขวดจราจรแบบหนึ่งที่ส่งผลต่อความจุของทางหลัก และทำให้ถนนที่มีอยู่ไม่สามารถใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ภาพที่ 1.1 ภาพถ่ายคอขวดจราจรประเภททางแยกออก

ความเข้าใจในเรื่องพฤติกรรมของการเกิดคอขวดจราจรลักษณะนี้นับเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการวางแผนเพื่อหาทางบริหารจัดการการจราจรที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพ จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ยังไม่มีงานวิจัยใดที่อธิบายว่าคอขวดจราจรประเภทนี้มีพฤติกรรมอย่างไรและเมื่อเกิดคอขวดขึ้นแล้วมีปัจจัยอะไรบ้างที่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความจุ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญในการตอบประเด็นศึกษาเหล่านี้ เพื่อให้องค์ความรู้เกี่ยวกับคอขวดจราจรประเภทแถวคอยของรถที่ออกจากทางด่วนเป็นไปอย่างสมบูรณ์และสามารถนำเอาองค์ความรู้นี้มาใช้ในการวางแผนจัดการจราจรในพื้นที่ลักษณะนี้ได้อย่างเหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคอขวดจราจรที่เกิดจากแถวคอยสะสมของรถที่แยกออกไปจากทางหลักโดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของคอขวดจราจร (Bottleneck's Behavior)
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวด (Bottleneck Capacity)
3. เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษามาเสนอแนะหาแนวทางในการจัดการจราจรเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณลักษณะต่างๆของคอขวดจราจรที่เกิดจากแถวคอยสะสมของรถที่ต้องการวิ่งออกไปจากทางหลัก ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยใช้กล้องวีดีทัศน์เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของคอขวดจราจรและปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุโดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์พลศาสตร์จราจร (Traffic Dynamic) ต่างๆ เช่น กราฟสะสมเชิงเอียง (Oblique Cumulative Plots) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) เป็นต้น

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนสำคัญ คือ

1. การทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2. การเลือกสถานที่เพื่อทดลองเก็บข้อมูล
3. การทดสอบการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อบกพร่องก่อนการเก็บข้อมูลจริง
4. การเก็บข้อมูลจราจรจริงโดยการใช้กล้องวิดีทัศน์
5. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บบันทึก
6. การสรุปผลการศึกษา

1.5 แผนการดำเนินงาน

ระยะเวลาในการ ศึกษาวิทยานิพนธ์รวม ทั้งสิ้น 12 เดือนตั้งแต่เมษายน 2552 – มีนาคม 2553 โดยมีแผนการและกิจกรรมดำเนินงานในแต่ละเดือน ตามรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานวิทยานิพนธ์

ขั้นตอนการศึกษา	พ.ศ.2552									พ.ศ.2553		
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ทบทวนวรรณกรรมและกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย												
2. เลือกสถานที่เพื่อทดลองเก็บข้อมูล												
3. ทดสอบการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อบกพร่องก่อนการเก็บข้อมูลจริง												
4. เก็บข้อมูลจราจรจริงโดยการใช้กล้องวิดีทัศน์												
5. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บบันทึก												
6. สรุปผลการศึกษา												

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาการเกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลักที่เกิดจากแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักเป็นการศึกษาที่ต้องอาศัยความรู้ทางวิศวกรรมจราจรและเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรต่างๆ ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงนิยามและลักษณะของคอขวดจราจร การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอขวดจราจรและเทคนิคที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรตามลำดับ

2.1 **นิยามของคอขวดจราจร** (Bottleneck Definition)

Daganzo (1999) ได้อธิบายพฤติกรรมของคอขวดจราจร (Bottleneck) ไว้ว่า การเกิดปัญหาคอขวดจราจรในบริเวณถนนต่างๆจะสามารถสังเกตได้จากในบริเวณต้นทาง (Upstream) ของถนนนั้นเกิดการจราจรติดขัด หรือรถเกิดการชะลอความเร็วและไม่สามารถวิ่งด้วยความเร็วอิสระเนื่องจากถูกจำกัดโดยปัจจัยต่างๆ แต่เมื่อรถวิ่งผ่านบริเวณดังกล่าวไปในช่วงปลายทาง (Downstream) ของถนนและสามารถวิ่งด้วยความเร็วอิสระแล้ว จะสามารถกล่าวได้ว่ารถวิ่งผ่านคอขวดจราจรไปแล้ว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า คอขวดจราจรจะเกิดขึ้นเมื่อในบริเวณต้นทางของถนนเกิดปัญหาการจราจรติดขัดแต่ในบริเวณปลายทางของถนนรถสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระไม่ติดขัด

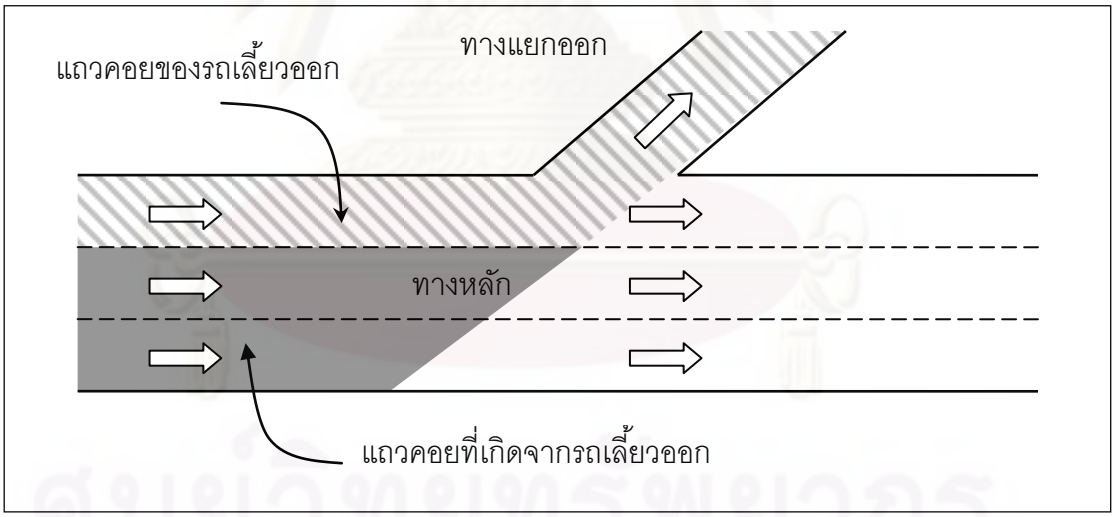
เนื่องจากปัญหาคอขวดจราจรทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางต่อผู้ใช้รถใช้ถนนเป็นส่วนใหญ่ รวมไปถึงในประเทศไทยยังไม่เคยมีการศึกษาเพื่อความเข้าใจถึงปัญหาคอขวดจราจรอย่างท่องแท้ ดังนั้นการศึกษาปัญหาคอขวดจราจรอาจทำให้พบวิธีการในการจัดการจราจรที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาคอขวดจราจร หรือแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาคอขวดจราจรขึ้นซึ่งจะสามารถช่วยให้เกิดความล้าช้าต่อผู้เดินทางน้อยที่สุด ปัญหาคอขวดจราจรนั้นสามารถพบได้ในหลายบริเวณของถนน ไม่ว่าจะเป็นบริเวณที่เกิดการเพิ่มหรือลดจำนวนช่องจราจร บริเวณทางโค้งรวมไปถึงบริเวณทางลาดชัน

สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาถึงปัญหาคอขวดจราจรที่เกิดจากแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลัก ดังนั้นจะขอกล่าวถึงเฉพาะทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคอขวดจราจรแบบทางแยกออกในลำดับต่อไป

2.2 **คอขวดจราจรแบบทางแยกออก** (Diverge Bottleneck)

ในบริเวณที่ใกล้กับช่องทางสำหรับวิ่งออกจากทางหลัก (off-ramp) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 เป็นบริเวณที่สามารถพบปัญหาคอขวดจราจรได้โดยทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละทางที่แยกออกไปจากทางหลักจะมีความจุเฉพาะตัวซึ่งมีค่าความจุที่แตกต่างกันไปตามลักษณะทางกายภาพของแต่ละทางแยกออกนั้น และหากเกิดปริมาณการจราจร (Traffic Flow) ที่มีปริมาณมากกว่าความจุของทางที่แยกออกไปจากทางหลัก (Diverge Capacity) จะทำให้ทางที่แยกออกไปจากทางหลักนั้นไม่สามารถรองรับปริมาณการจราจรเหล่านั้นได้ จึงส่งผลทำให้เกิดแถวคอยสะสมซึ่งจะค่อยๆมีความยาวเพิ่มมากขึ้นไปในบริเวณต้นทางของถนน โดยแถวคอยเหล่านี้จะส่งผลทำให้ยานพาหนะที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรข้างเคียงต้องเพิ่มความระมัดระวังในการขับขี่และลดความเร็วลง รวมไปถึงปิดกั้นช่องจราจรข้างเคียงจึงทำให้เกิดความล่าช้าแก่ยานพาหนะอื่นๆที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลัก

นอกจากนั้น หากช่องจราจรของทางที่แยกออกจากทางหลักมีลักษณะแคบแล้วจะทำให้แถวคอยที่เกิดขึ้นในบริเวณทางที่แยกออกไปจากทางหลักมีพฤติกรรมแบบเข้าก่อน -ออกก่อน (First-in-First-out)



ภาพที่ 2.1 แผนภาพคอขวดจราจรแบบทางแยกออก

2.3 **งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอขวดจราจร**

Munoz และ Daganzo (2002) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกลไกการเกิดคอขวดจราจรแบบทางแยกออก (Freeway Diverge) โดยเก็บข้อมูลจราจรจากเครื่องตรวจนับรถยนต์แบบขดลวดเหนี่ยวนำ (Inductive-Loop-Detector) บนทางด่วนหมายเลข I-880 ใกล้กับเมืองโอ๊คแลนด์ รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา

จากการศึกษาวิจัยพบว่า เมื่อแถวคอยสะสมเนื่องมาจากปริมาณการจราจรที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มมากขึ้น แถวคอยเหล่านี้จะค่อยๆกระจายตัวไปปิดกั้นช่องทางจราจรอื่นๆทำให้การจราจรบนทางด่วนเกิดการชะลอตัว โดยการชะลอตัวของช่องจราจรอื่นๆนี้สามารถลดปริมาณการเคลื่อนที่ของกระแสจราจรบนทางด่วนมากกว่าคอขวดจราจรแบบการรวมกระแสจราจร (On-ramp bottleneck) และเมื่อแถวคอยเหล่านี้มีความยาวเพิ่มขึ้นจนมีความยาวประมาณ 2 กิโลเมตรจะทำให้ความจุของยานพาหนะบนทางด่วนลดลงเหลือเพียง 1,500 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร

นอกจากนั้นยังพบอีกว่า ภายใต้สถานะการเคลื่อนที่แบบเข้าก่อนออกก่อน เมื่อยานพาหนะที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีปริมาณลดลงจากร้อยละ 29 เหลือร้อยละ 24 จะทำให้ความจุบนทางหลักมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 1,230 คันต่อชั่วโมงโดยที่ไม่จำเป็นต้องมีการจัดการจราจรเพื่อเปลี่ยนแปลงความจุของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความจุของถนนสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยขึ้นอยู่กับจำนวนพาหนะที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลัก

เมื่อพิจารณาถึงความเร็วในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะพบว่า การจราจรถูกแบ่งออกเป็น 2 กระแสจราจรโดยจะเห็นได้ว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะนั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยในช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าช่องจราจรที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลัก การใช้ความเร็วที่แตกต่างกันนั้นมีสาเหตุมาจากการที่ผู้ขับขี่เลือกและเปลี่ยนไปใช้ช่องทางจราจรตามจุดหมายปลายทางนั้นๆ จึงทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและไม่ติดขัดในบริเวณช่วงต้นและช่วงปลายทางของถนน สำหรับการจราจรแบบกึ่งติดขัด (Semi-congested) นั้นถูกตรวจพบในบริเวณปลายทางใกล้กับช่องทางวิ่งออกจากทางหลักของถนนโดยมีลักษณะคือ บางช่องจราจรเกิดการติดขัดในขณะที่ช่องจราจรอื่นไม่เกิดการติดขัด การค้นพบนี้สอดคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวกับการคำนวณความล่าช้าของกระแสจราจรที่เกิดจากคอขวดจราจรประเภทนี้ (Newell, 1999)

Cassidy และ Bertini (1999) ได้ทำการศึกษาวิจัยคอขวดจราจรที่เกิดขึ้นในบริเวณทางด่วนควีนอลิซาเบธ (Queen Elizabeth Way) และทางด่วนการ์ดิเนอร์ (Gardiner Expressway) ซึ่งตั้งอยู่ในเมืองโตรอนโต ประเทศแคนาดา โดยเก็บข้อมูลจราจร เช่น จำนวนยานพาหนะ อัตราเร็วและเวลาที่ยานพาหนะครอบครองขดลวดเหนี่ยวนำ (Occupancy time) โดยการใช้เครื่องตรวจนับรถ ยนต์แบบขดลวดเหนี่ยวนำ และทำการเก็บข้อมูลจราจรในสภาวะที่ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีฝน หิมะหรือลูกเห็บตกลงมา

จากการศึกษาวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณการจราจรขณะเกิดคอขวดจราจรมีค่าน้อยกว่าปริมาณการจราจรก่อนเกิดคอขวดถึงร้อยละ 10 นอกจากนั้นยังพบอีกว่า พื้นที่ศึกษาทั้ง 2 แห่ง มีปริมาณการจราจรในลักษณะสลับขึ้นลง โดยการสลับเพิ่มลดของปริมาณการจราจรนี้มีความใกล้เคียงกับสภาพการจราจรแบบคงที่ (stationary traffic) และเมื่อเกิดการสลับขึ้นลงของปริมาณการจราจรจะเกิดแถวคอยขึ้นในบริเวณต้นทางของถนนเสมอ เมื่อทำการสร้างกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมกับเวลาพบว่า ค่าเบี่ยงเบนของยานพาหนะที่เวลาต่างๆเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับความชันที่ได้จากแนวโน้มพบว่ามีค่าไม่เกิน 50 คัน ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าปริมาณการจราจรเกือบจะมีค่าคงที่

Cassidy, *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาการจราจรบนทางด่วนในบริเวณใกล้ๆกับทางออกจากทางหลักไปยังถนนลาพาซ (La Paz Road) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทางด่วนสาย I-5 ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยเก็บข้อมูลจราจรจากเ ครื่องตรวจนับรถ ยนต์แบบขดลวดเหนี่ยวนำในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าเป็นเวลาทั้งหมด 4 วัน โดยใน 2 วันที่ทำการเก็บข้อมูลเป็นวันที่การจราจรบนช่องทางวิ่งออกจากทางหลักเกิดแถวคอยสะสมยาวออกไปปิดกั้นช่องทางจราจรบนทางหลักทำให้เกิดปัญหาคอขวดจราจร ส่วนอีก 2 วัน เป็นวันที่มีการจัดการจราจรอย่างเหมาะสมจนแถวคอยสะสมของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักไม่กระจายตัวมาปิดกั้นช่องจราจรบนทางหลัก

จากการศึกษาพบว่า ปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลักเริ่มเกิดขึ้นเมื่อช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักไปยังถนนลาพาซมีแถวคอยล้นออกมาจนไปปิดกันช่องจราจรบนทางหลัก ทำให้ปริมาณการจราจรบนทางหลักมีค่าลดลงโดยแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักนี้มีลักษณะวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง (Stop-and-Go Traffic) ถึงแม้ว่าจะมีช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักโดยเฉพาะ แต่อย่างไรก็ตาม รถที่ไม่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจะมีการลดความเร็วเมื่อเคลื่อนที่ผ่านแถวคอยเหล่านี้ซึ่งส่งผลทำให้ปริมาณการจราจรในทุกช่องจราจรมีค่าลดลง

นอกจากนั้นยังพบอีกว่า ความยาวแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความสัมพันธ์แบบในทางตรงข้ามกับปริมาณการจราจรของช่องจราจรข้างเคียง กล่าวคือ เมื่อแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณการจราจรของรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักมีค่าลดลง และหากมีการจัดการจราจรอย่างเหมาะสมจนแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักนี้ไม่กระจายตัวไปปิดกั้นช่องจราจรบนทางหลักจะทำให้ไม่เกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลัก

Cassidy และ Rudjanakanoknad (2005) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มความจุของบริเวณที่เกิดการรวมกันของกระแสจราจร (Merge) บริเวณถนนหมายเลข 805 ในเมืองซานดิเอโก รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา จากการศึกษาพบว่า การจัดการจราจรสามารถทำให้ปริมาณการจราจรในบริเวณที่เกิดการรวมกันของกระแสจราจรและบริเวณข้างเคียงมีค่าสูงขึ้นส่งผลทำให้ความจุของบริเวณที่เกิดการรวมกันของกระแสจราจรมีค่าเพิ่มมากขึ้น

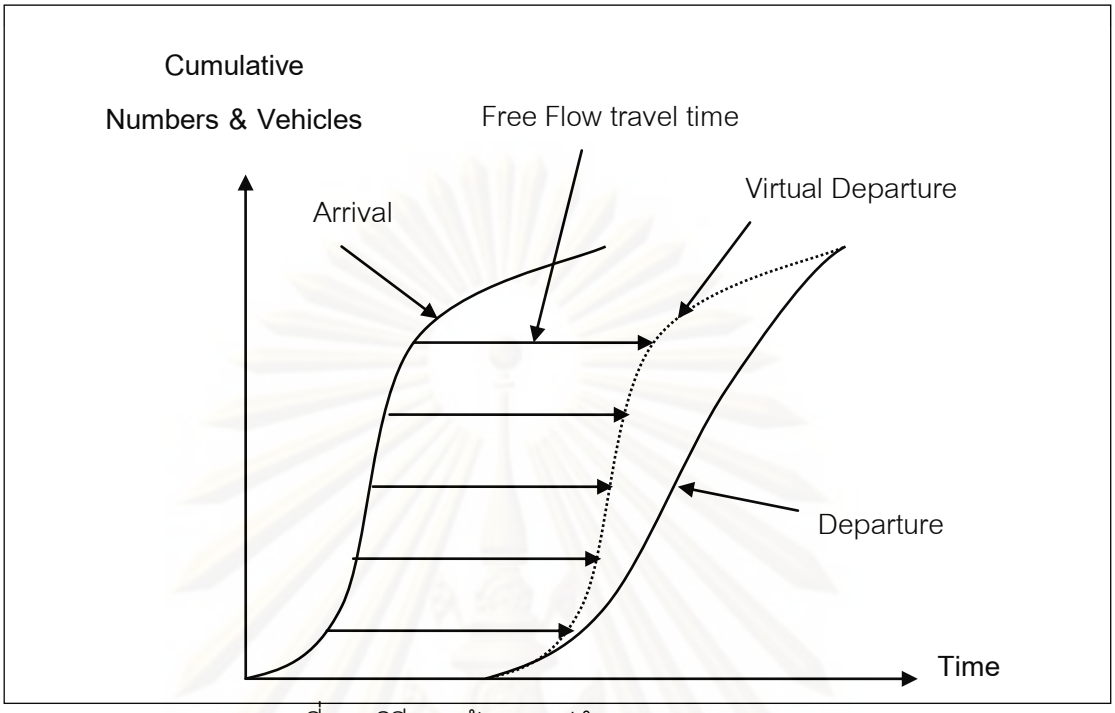
นอกจากนั้นยังพบอีกว่า การลดลงของปริมาณการจราจรในบริเวณที่เกิดการรวมกันของกระแสจราจรเกิดขึ้นจากแถวคอยที่ก่อตัวขึ้นในบริเวณที่ใกล้กับจุดรวมกระแสจราจร โดยแถวคอยเหล่านี้มีการกระจายออกไปยังช่องจราจรข้างเคียงเนื่องจากผู้ขับขี่มีการเปลี่ยนช่องจราจรในขณะที่ทำการขับรถผ่านช่องจราจรที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำ ถึงแม้ว่าการจัดการจราจรจะช่วยลดแถวคอยในบริเวณดังกล่าวได้ แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นมานี้สามารถดำรงอยู่เองได้เป็นเวลาไม่เกิน 13 นาที

2.4 **เทคนิควิธีการศึกษา**

Cassidy และ Windover (1995) ได้ให้แนวทางเกี่ยวกับการศึกษาข้อมูลจราจรเพื่อให้นำมาสู่การวิเคราะห์รายละเอียดของจุดสำคัญในแต่ละข้อมูลการจราจร นอกจากนั้นยังได้แนะนำเครื่องมือและวิธีการที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้สามารถอธิบายได้ว่าการจราจรนั้นมีลักษณะอย่างไร และเกิดอะไรขึ้นในแต่ละเวลาต่างๆที่ทำการบันทึกข้อมูลจราจร รวมไปถึงเทคนิคในการศึกษาเพื่อที่จะประเมินข้อมูลการจราจร สำหรับการศึกษาวิจัยนี้จะใช้เทคนิคและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรหลักๆ 2 วิธีดังต่อไปนี้

2.4.1 **กราฟจำนวนยานพาหนะสะสม** (N-Curve)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางจราจรโดยเฉพาะการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาคอขวดจราจรส่วนใหญ่แล้วใช้กราฟแสดงจำนวนยานพาหนะสะสมเทียบกับเวลา (N-Curves) ดังแสดงในภาพที่ 2.2 ในการวิเคราะห์ปัญหา กราฟแสดงจำนวนยานพาหนะสะสมเทียบกับเวลาสามารถสร้างได้จากการเก็บข้อมูลจราจรในบริเวณส่วนของถนนที่สนใจ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลจราจรที่บันทึกไว้ภายในช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมดมานับจำนวนยานพาหนะที่วิ่งผ่านจุดสังเกต หลังจากนั้นจึงนำจำนวนยานพาหนะสะสมที่นับได้ในแต่ละบริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลไปสร้างเป็นกราฟแสดงจำนวนยานพาหนะสะสมเทียบกับเวลา และสามารถหาค่าปริมาณการจราจรในแต่ละเวลาต่างๆ ได้จากค่าความชันของกราฟนั่นเอง

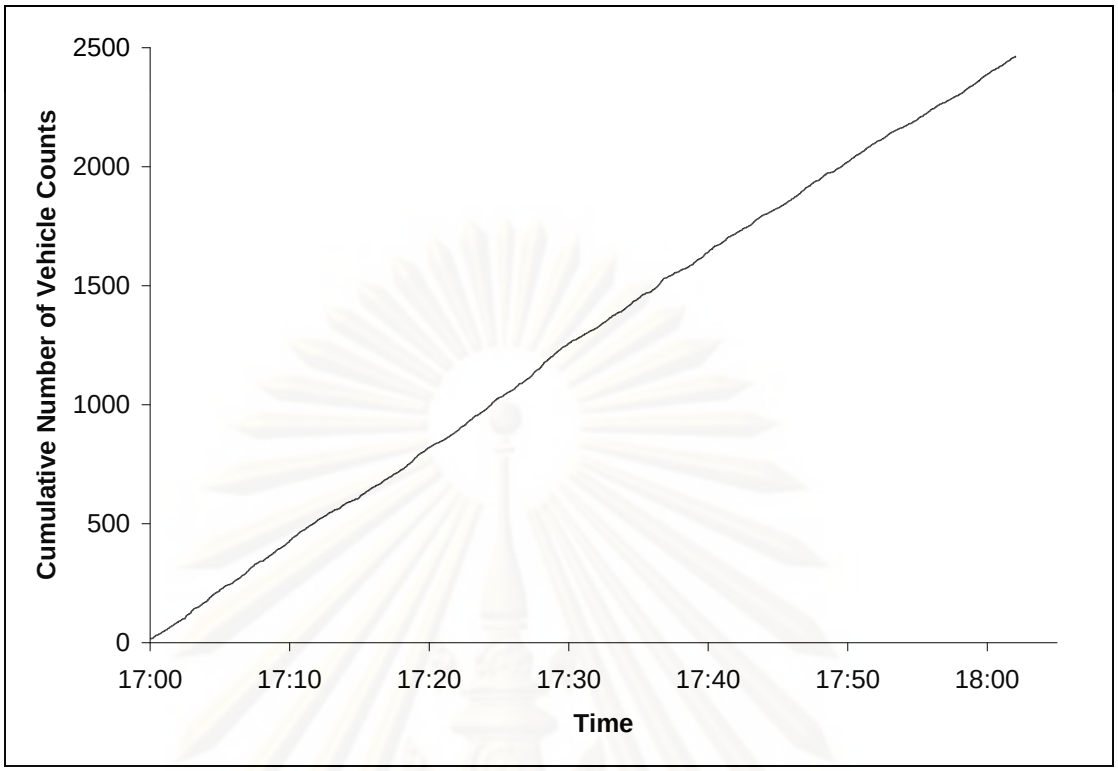


ภาพที่ 2.2 วิธีการสร้างกราฟจำนวนยานพาหนะสะสม

โดยทั่วไปแล้วการเก็บข้อมูลจราจรในบริเวณปลายทางบนส่วนของถนนเดียวกันจะเกิดความล้าหลังของเวลา (time lag) เมื่อเทียบกับการเก็บข้อมูลในบริเวณต้นทางของถนน ดังนั้นเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบการจราจรได้อย่างชัดเจนจึงต้องมีการเลื่อนเวลาเริ่มต้นของข้อมูลที่บริเวณต้นทางของถนนออกไปเป็นระยะเวลาเท่ากับระยะเวลาที่ยานพาหนะใช้ในการเดินทางจากบริเวณต้นทางไปยังปลายทางด้วยเวลาเคลื่อนตัวอิสระ (Free-flow-travel-time)

2.4.2 กราฟจำนวนยานพาหนะสะสมเชิงเอียง

การใช้กราฟจำนวนยานพาหนะสะสมนั้นมีข้อจำกัดคือ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเคลื่อนที่ของยานพาหนะเพียงเล็กน้อย การใช้กราฟจำนวนยานพาหนะสะสมนั้นจะไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของค่าการเคลื่อนที่นั้นได้อย่างชัดเจนดังแสดงในภาพที่ 2.3 ดังนั้น Cassidy และ Windover (1995) จึงได้เสนอวิธีการสร้างกราฟสะสมที่ปรับสเกลใหม่ (Rescaled Cumulative plot) ซึ่งมีวิธีการสร้างโดยการนำจำนวนยานพาหนะสะสมที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้มาลบด้วยปริมาณการจราจรต่อชั่วโมง (q_0 , Background flow) แล้วนำไปคูณกับเวลาที่เพิ่มขึ้นมาจากเวลาเริ่มต้น ($t-t_0$) วิธีการนี้สามารถช่วยขยายความแตกต่างระหว่างปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นจริงกับปริมาณการจราจรต่อชั่วโมง (q_0) ที่สมมติขึ้นมาได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาทางจราจรได้โดยสะดวกดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างกราฟแสดงจำนวนยานพาหนะสะสม

ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างกราฟแสดงจำนวนยานพาหนะสะสมเชิงเอียง (O-curves)

(Background flow = 2,250 คันต่อชั่วโมง)

หลังจากนั้น Munoz และ Daganzo (2002) ได้นำกราฟสะสมที่ปรับสเกลใหม่ไปใช้ในการศึกษาและพบว่า กราฟลักษณะนี้เปรียบเสมือนการวาดกราฟสะสมปกติโดยใช้แกนเอียง (Oblique Coordinate Axis) จึงเรียกชื่อกราฟนี้ว่า กราฟสะสมเชิงเอียง (Obliqued cumulative plot) ดังนั้น เทคนิคการใช้กราฟจำนวนยานพาหนะสะสมเชิงเอียงจึงเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาคอขวดจราจร ซึ่งเทคนิคนี้สามารถช่วยขยายรายละเอียดต่างๆให้เห็นได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นในขณะที่ยังคงรักษาข้อมูลการจราจรเดิมนั้นไว้

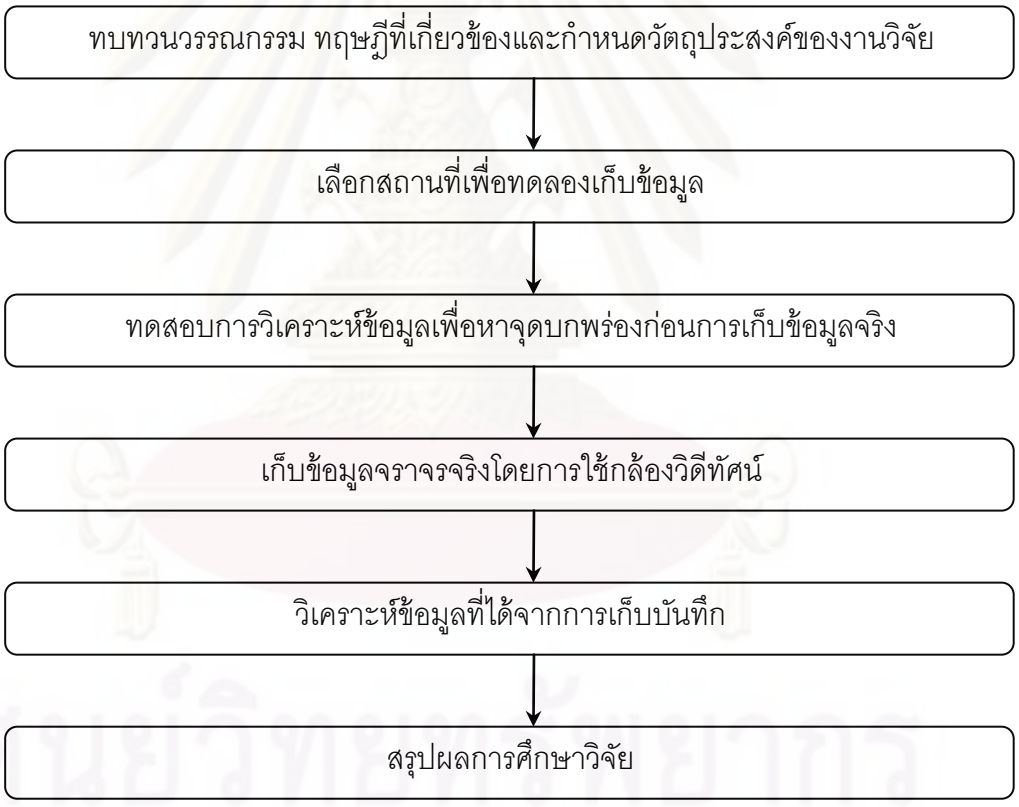
เทคนิคการใช้กราฟสะสมเชิงเอียงนั้นได้มีการนำไปใช้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลจราจรในบทความหลายฉบับ ได้แก่ Cassidy และ Windover (1995) Cassidy และ Bertini (1999) และ Munoz and Daganzo (2002) เป็นต้น สำหรับการใช้เทคนิคการสร้างกราฟสะสมเชิงเอียงเพื่อการศึกษาสภาพการจราจรในประเทศไทยพบว่า จิตติชัย รุจนกนกนาฏ และคณะ (2552a) ได้นำเทคนิคนี้มาประยุกต์ใช้เป็นครั้งแรกในประเทศไทย โดยการนำมาสร้างกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมเอียงเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการจราจรติดขัดบนถนนอังรีดูนังต์ ซึ่งก็พบว่า เทคนิคนี้ สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลจราจรได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ จิตติชัย รุจนกนกนาฏและคณะ (2552b) ก็ได้นำเทคนิคนี้มา วิเคราะห์การรวมกระแสจราจรบริเวณทางด่วนที่มีสภาพการจราจรติดขัดเพื่อหาอัตราส่วนการรวมกันของกระแสจราจรในขณะที่รวมกันว่ามีค่าคงตัวหรือไม่ และใช้เพื่อปรับแก้และหาข้อจำกัดของทฤษฎีการรวมกันของกระแสจราจรที่มีอยู่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้ประกอบไปด้วยขั้นตอนการศึกษาหลักทั้งสิ้น 6 ขั้นตอนดัง แสดงในภาพที่ 3.1 เริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ต่อมาจึงเลือกสถานที่ ๆสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อทดลองทำการเก็บข้อมูล หลังจากทดลองทำการเก็บข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงนำข้อมูลที่ บันทึก ได้มาเตรียมข้อมูลเพื่อทดลองทำการวิเคราะห์ข้อมูล เบื้องต้นและ ตรวจสอบหาจุดบกพร่องของการเก็บข้อมูล หลังจากนั้นจึงทำการปรับปรุงแก้ไขวิธีการในการเก็บข้อมูลเพื่อให้การเก็บข้อมูลจริงมีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามที่ต้องการ เมื่อเก็บข้อมูลจราจรได้เป็นที่เรียบร้อยแล้วต่อมาจึงนำข้อมูลที่ได้ไปเตรียมพร้อมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปต่อไป



ภาพที่ 3.1 แนวทางการวิจัย

3.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา

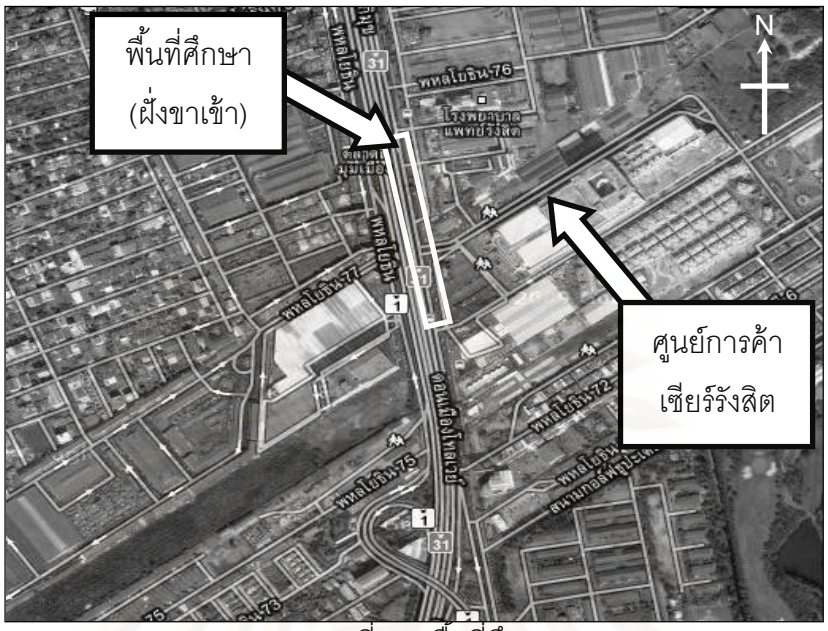
เนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเกิด สภาพคอขวดจราจรที่เกิดขึ้นในบริเวณทางหลักซึ่งมีสาเหตุมาจากแถวคอยสะสมของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มมากขึ้นจนทำให้รถที่วิ่งอยู่บนทางหลักไม่สามารถใช้ความเร็วได้อย่างอิสระเนื่องจากเกิดการ

ชะลอความเร็วและผู้ขับรถต้องเพิ่มความระมัดระวังในการขับขี่ให้มากขึ้น นอกจากนั้นแถวคอยเหล่านี้อาจปิดกั้นจนทำให้ทางหลักมีช่องจราจรน้อยลง การลดลงของช่องจราจรสำหรับรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักนี้ยังส่งผลทำให้ปริมาณการจราจรของรถบนทางหลักมีค่าลดลงได้อีกด้วย ดังนั้นเพื่อให้การศึกษานี้มีความถูกต้องแม่นยำในการวิเคราะห์กลไกที่ทำให้เกิดปัญหาคอขวดจราจรในบริเวณทางหลักมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์ ของการเลือกพื้นที่ศึกษาวิจัย ไว้หลักๆ 2 ประการคือ

1. ลักษณะพื้นที่ศึกษา
   - ไม่มีแถวคอย รถยนต์จอดเสียหรือเกิดอุบัติเหตุรวมไปถึงการจราจรติดขัดเกิดขึ้นในบริเวณปลายทางของทางหลัก
   - การจราจรในบริเวณต้นทางของบริเวณที่ทำการศึกษา เกิดการจราจรติดขัดหรือเกิดการชะลอความเร็วและเมื่อผ่านบริเวณที่เกิดการจราจรติดขัดไปแล้วผู้ขับรถสามารถขับขี่โดยใช้ความเร็วอิสระไม่ติดขัด
2. การเก็บข้อมูล
   - มีพื้นที่สำหรับตั้งกล้องวิดีโอในมุมมองที่เหมาะสมและมีความปลอดภัยในการเก็บข้อมูล
   - ผู้ขับรถไม่สังเกตเห็นการบันทึกโดยกล้องวิดีทัศน์ขณะทำการเก็บข้อมูล
   - สามารถบันทึกภาพของบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษาได้ครบถ้วนมากที่สุด
   - สภาพพื้นที่ศึกษาและดินฟ้าอากาศอยู่ในสภาวะที่ดี เช่น ทัศนวิสัยดี อากาศดี ฝนไม่ตก ถนนแห้ง

3.2 **พื้นที่ศึกษา**

ผู้วิจัยได้ทดลองทำการเก็บข้อมูลจราจรในหลายบริเวณแต่จากการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาพบว่า บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 31 ของถนนพหลโยธินฝั่งขาเข้าดังแสดงในภาพที่ 3.2 ซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับศูนย์การค้าเซียร์รังสิตเป็นบริเวณที่มีความเหมาะสมต่องานวิจัยนี้ ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณทางด่วนดังกล่าวเป็นทางด่วนซึ่งไม่มีการรบกวนกระแสจราจรจากภายนอกและมีช่องทางวิ่งออกจากทางด่วนไปสู่ทางคู่ขนานอย่างชัดเจน รวมไปถึงบริเวณดังกล่าวเกิดการจราจรติดขัดในช่วงต้นทางของถนน ในขณะที่บริเวณปลายทางของถนน รถสามารถเลือกใช้ความเร็วได้อย่างอิสระและปราศจากแถวคอยเนื่องมาจากบริเวณปลายทางของถนนเกิดการจราจรติดขัดซึ่งเป็นสิ่งยืนยันได้ว่าเกิดปัญหาคอขวดจราจรขึ้นในบริเวณดังกล่าวจริง

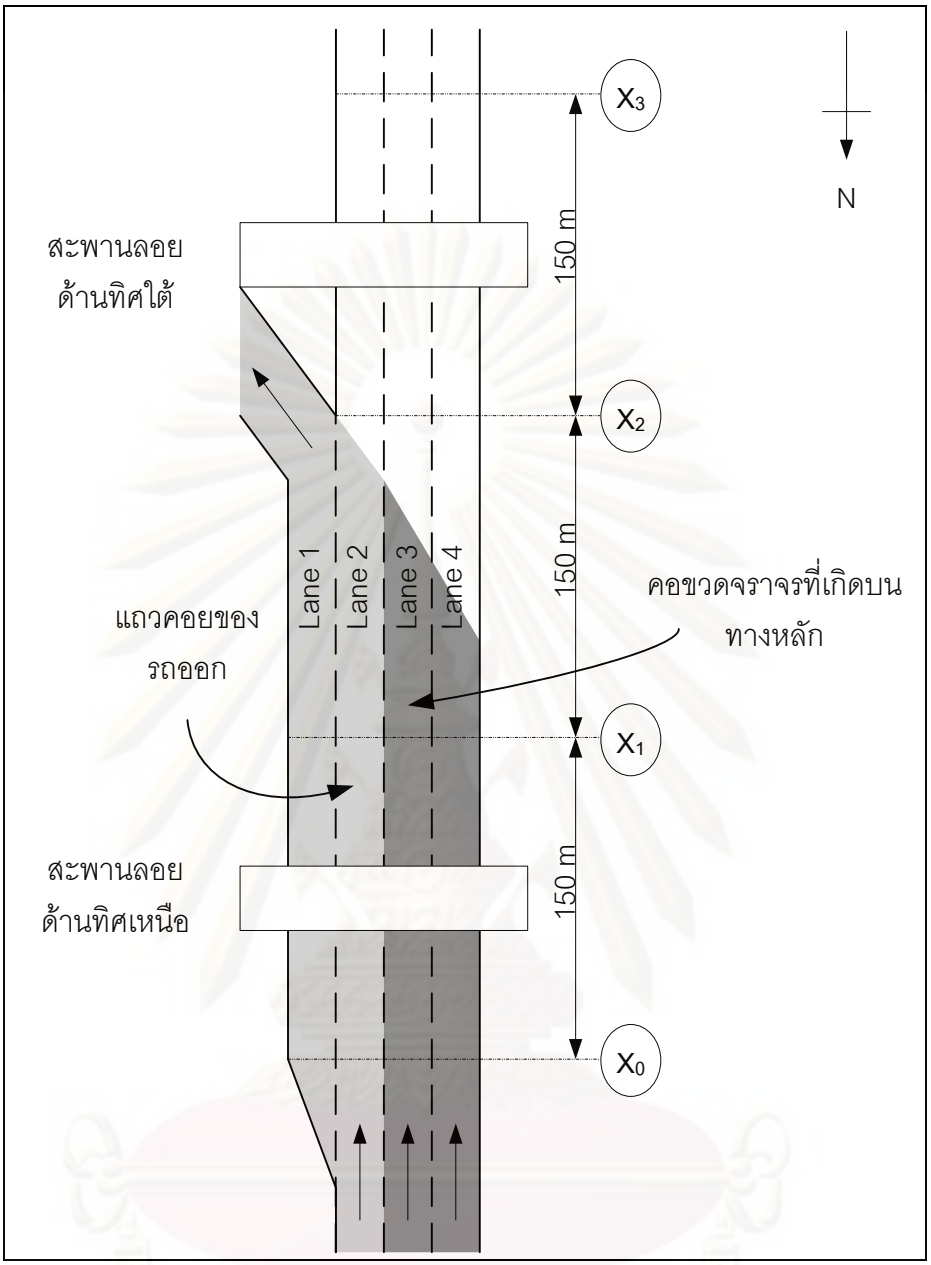


ภาพที่ 3.2 พื้นที่ศึกษา

(ที่มา : http://maps.google.co.th)

นอกจากนั้นในบริเวณพื้นที่ศึกษายังมีพื้นที่สำหรับการตั้งกล้องวิดีทัศน์ในการเก็บข้อมูลทั้งในบริเวณต้นทางและปลายทางของถนน ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างสะดวกและมีมุมมองครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมดโดยพื้นที่ศึกษานี้มีลักษณะทางเรขาคณิตดังแสดงในภาพที่ 3.3

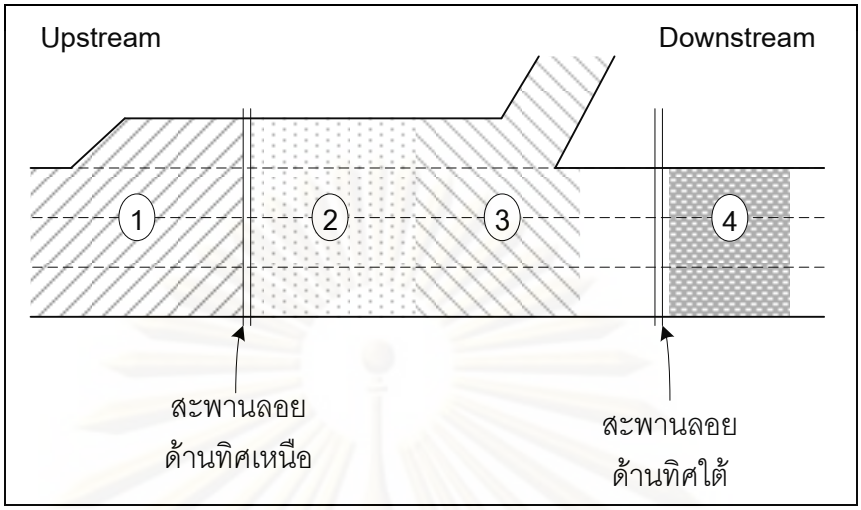
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



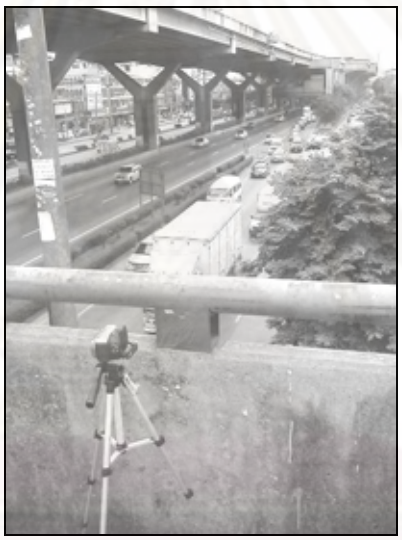
ภาพที่ 3.3 ลักษณะทางเรขาคณิตของพื้นที่ศึกษา

3.3 วิธีการเก็บข้อมูล

การศึกษาวิจัยนี้ทำการเก็บข้อมูล โดยการใช้ กล้องวิดี ทัศน์จำนวนทั้งหมด 4 ชุด โดยผู้วิจัยทำการตั้งกล้องวิดีทัศน์บนสะพานลอยคนข้ามถนนจำนวนสะพานลอยละ 2 ชุด โดยหันหน้ากล้องวิดีทัศน์ ไปทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของพื้นที่ๆทำการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 3.4 และเพื่อให้การเก็บข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ศึกษาและเห็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาคอขวดจราจรอย่างครบถ้วน การติดตั้งกล้องวิดีทัศน์นั้นจะต้องไม่เป็นที่สังเกตของผู้ขับรถดังแสดงในภาพที่ 3.5 ซึ่งจะทำให้เห็นพฤติกรรมการขับขี่ที่ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดอย่างแท้จริง



ภาพที่ 3.4 ตำแหน่งในการเก็บข้อมูลจราจรโดยกล้องวิดีทัศน์



ภาพที่ 3.5 การตั้งกล้องวิดีทัศน์ในการเก็บข้อมูล

3.3.1 **กล้องวิดีทัศน์ชุดที่** 1

ภาพที่ 3.6 แสดงตัวอย่างของภาพที่บันทึกได้จากกล้องวิดีทัศน์ซึ่งตั้งอยู่ที่บริเวณสะพานลอยคนข้ามถนนในบริเวณทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา สำหรับจุดประสงค์หลักในการตั้งกล้องวิดีโอที่ตำแหน่งนี้คือ การเก็บข้อมูลจราจรในบริเวณต้นทางของถนนบริเวณพื้นที่ศึกษาเพื่อศึกษาพฤติกรรมการจราจร เช่น การเปลี่ยนช่องจราจรที่เวลาก่อนและหลังการเกิดปัญหาคอขวดจราจร

ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 1

3.3.2 **กล้องวิดีทัศน์ชุดที่** 2

ภาพที่ 3.7 แสดงตัวอย่างของภาพที่ได้จากการบันทึกจากกล้องวิดีทัศน์ซึ่งติดตั้งอยู่ที่บริเวณสะพานลอยคนข้ามถนนในบริเวณทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา สำหรับการตั้งกล้องวิดีทัศน์ในตำแหน่งนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญหลายประการไม่ว่าจะเป็น การใช้ยืนยันการเกิดปัญหาของคอขวดจราจรบนทางหลัก รวมไปถึงใช้เพื่อศึกษาพฤติกรรมของรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักและรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลัก กลไกการเกิดแถวคอยบนทางหลักอันเนื่องมาจากแถวคอยสะสมของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้สามารถเห็นพฤติกรรมการขับขี่ เช่น การเปลี่ยนช่องจราจรในทิศทางต่างๆ การเบียดแทรกเพื่อเข้าช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลัก ซึ่งปัจจัยต่างๆที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้จะนำไปสู่การเกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลัก นอกจากนั้นอาจใช้ภาพที่บันทึกในการอธิบายข้อมูลจราจรที่เกิดขึ้นต่อไปได้

ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 2

3.3.3 **กล้องวิดีทัศน์ชุดที่** 3

ภาพที่ 3.8 แสดงตัวอย่างของภาพที่ได้จากการบันทึกจากกล้องวิดีทัศน์ซึ่งติดตั้งอยู่ที่บริเวณสะพานลอยคนข้ามถนนในบริเวณทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา การเลือกตั้งกล้องวิดีทัศน์ที่ตำแหน่งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเก็บข้อมูลจราจรของรถที่วิ่งต่อไปบนทางหลักและรถที่วิ่งออกจากทางหลัก นอกจากนั้นยังอาจใช้ในการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจรของรถบนทางหลักกับปริมาณการจราจรของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักเมื่อมีการควบคุมการใช้ช่องจราจรในบริเวณทางคู่ขนาน รวมไปถึงเพื่อยืนยันและหาตำแหน่งของปัญหาคอขวดจราจร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 3

3.3.4 **กล้องวิดีทัศน์ชุดที่** 4

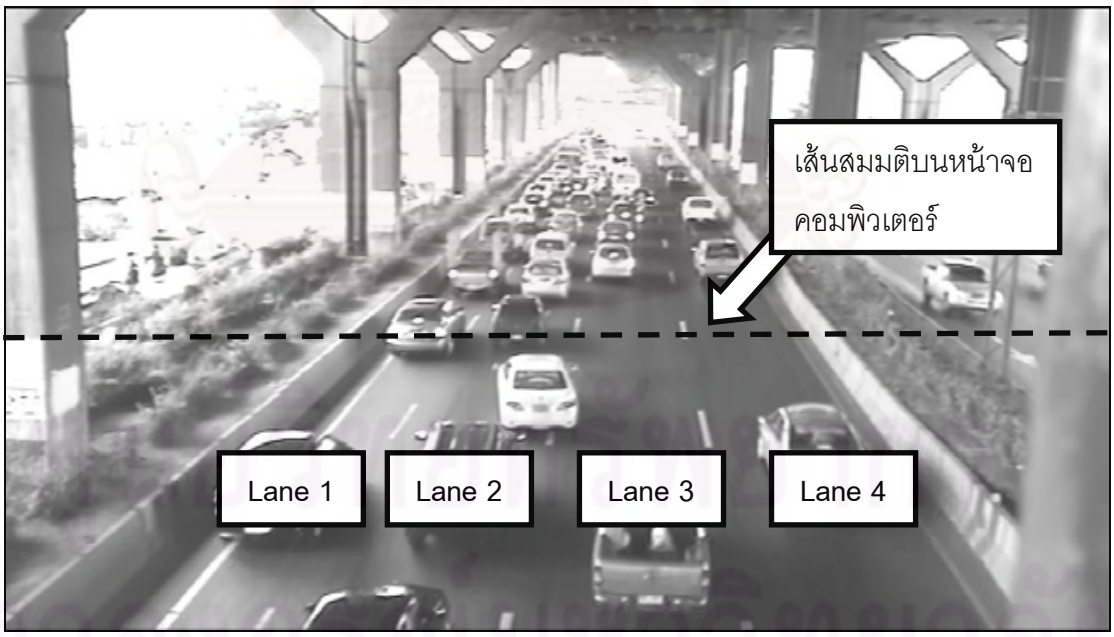
ภาพที่ 3.9 แสดงตัวอย่างของภาพที่ได้จากการบันทึกจากกล้องวิดีทัศน์ซึ่งติดตั้งอยู่ที่บริเวณสะพานลอยคนข้ามถนนในบริเวณทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา การเลือกตั้งกล้องวิดีทัศน์ที่ตำแหน่งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อยืนยันว่าในบริเวณปลายทางของพื้นที่ศึกษาไม่มีแถวคอยเกิดขึ้น

ภาพที่ 3.9 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 4

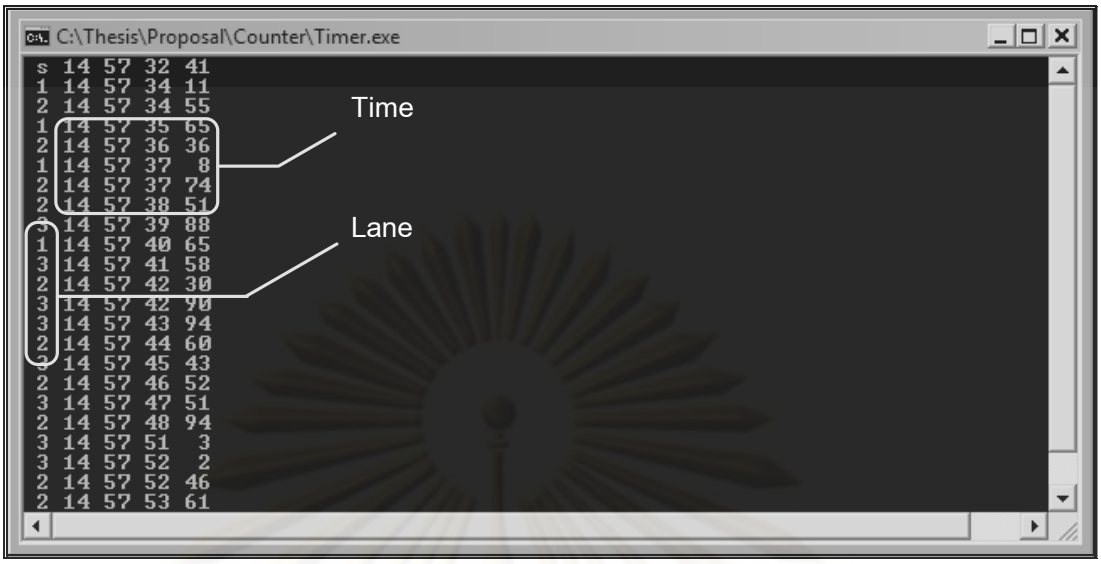
3.4 การเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์

หลังจากทำการเก็บข้อมูลจราจรด้วยกล้องวิดี ทัศน์เป็นที่ เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การเตรียมข้อมูลเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ การเตรียมข้อมูลนั้นสามารถทำได้โดยเริ่มจากการนับจำนวนยานพาหนะที่วิ่งผ่านในแต่ละช่องทาง จราจร ตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล ต่อมาจึงนำจำนวนยานพาหนะที่นับได้ไปสร้างกราฟความถี่สะสมเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

ภาพที่ 3.10 แสดงวิธีการนับจำนวนรถยนต์จากการเก็บข้อมูลจราจรด้วยกล้องวิดีทัศน์ เริ่มต้นจากการเปิดข้อมูลจราจรที่ทำการบันทึกไว้ แล้วกำหนดเส้นสมมติบนจอภาพเพื่อให้ง่ายต่อการนับจำนวนรถยนต์ซึ่งอาจทำได้โดยการนำเชือกมาขึงระหว่างขอบของจอภาพทั้ง 2 ข้าง หลังจากนั้นจึง กำหนดค่าให้แก่แต่ละช่องทางเดินรถ เช่น 1,2,3 และ 4 ต่อมาจึง เปิดโปรแกรม Timer.exe ซึ่งทำงานบนระบบปฏิบัติการ MS-DOS และเริ่มต้นนับรถยนต์โดยเมื่อรถยนต์วิ่งผ่านเส้นสมมติบนหน้าจอในช่องทางเดินรถที่กำหนดเอาไว้ให้ทำการ เคาะตัวเลข ของช่องทางเดินรถที่รถนั้นวิ่งผ่านลงบนแป้นคีย์บอร์ด โดยผลที่ได้จากเคาะ แป้นคีย์บอร์ด จะไปปรากฏอยู่ในโปรแกรม Timer ดังแสดงในภาพที่ 3.11 ซึ่งโปรแกรมนับปริมาณจราจรนี้มีความละเอียดถึง 1/100 วินาที



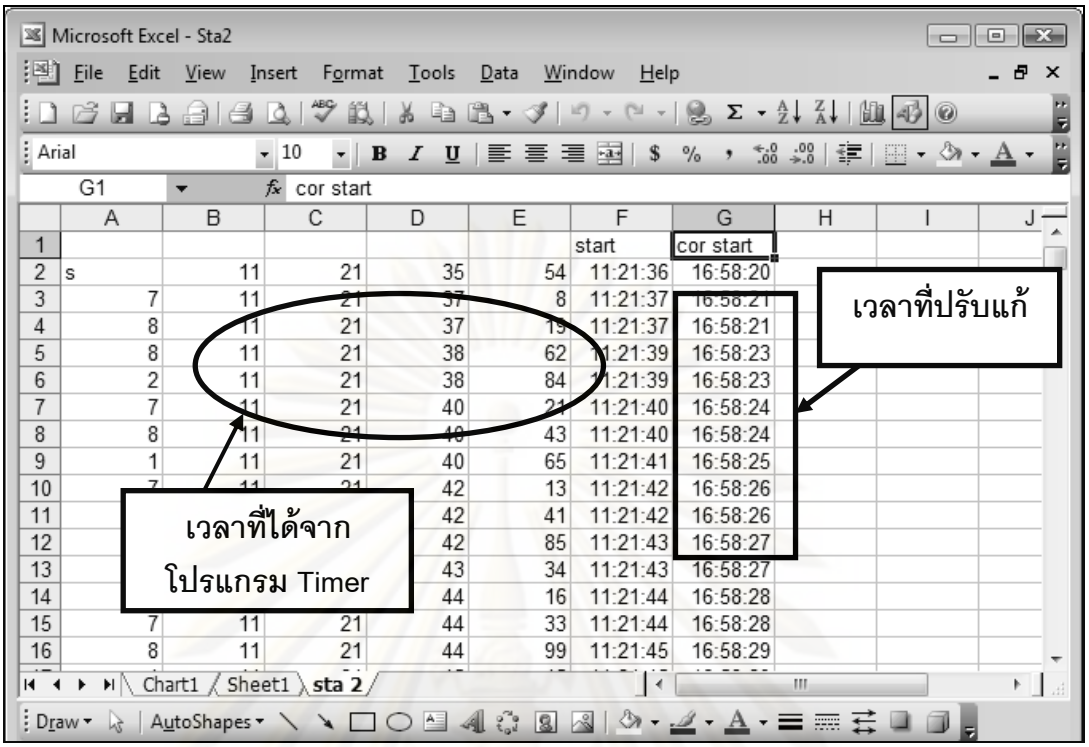
ภาพที่ 3.10 ภาพจากกล้องวิดีทัศน์ที่ใช้ในการถอดข้อมูล



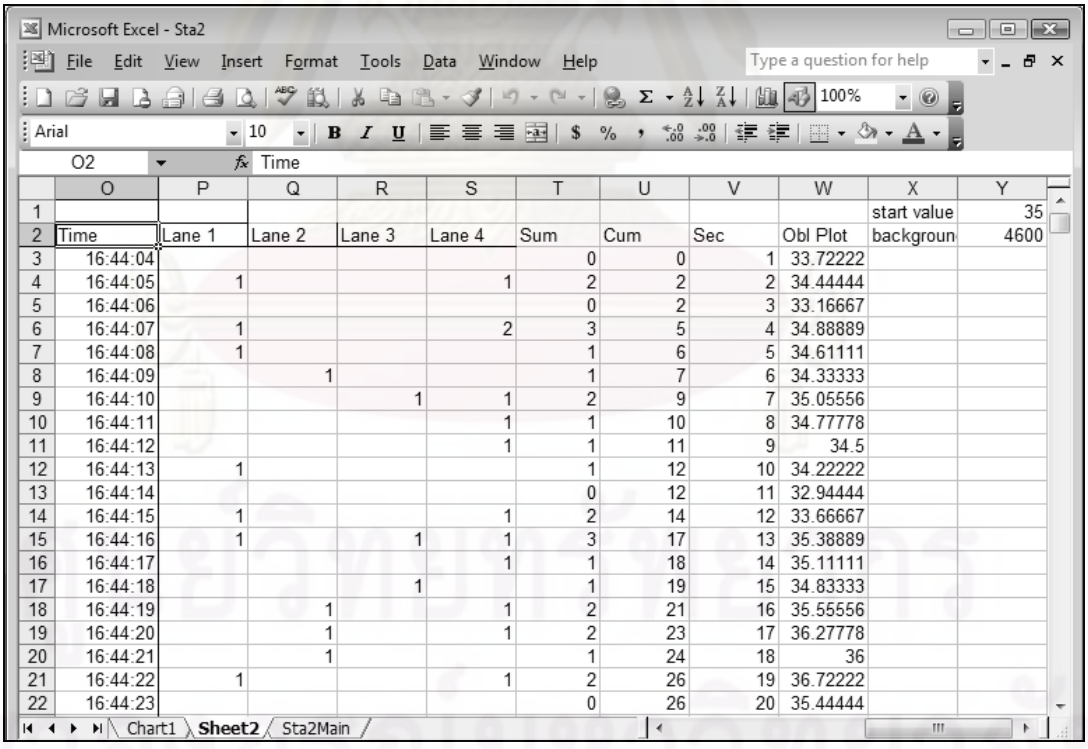
ภาพที่ 3.11 โปรแกรม Timer.exe

เมื่อทำการนับจำนวนรถยนต์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อมาจึงนำข้อมูลจราจรที่ได้จากการนับด้วยโปรแกรม Timer ไปใส่ลงใน MS-Excel เพื่อทำการแก้ไขเวลาให้ตรงกับการเก็บข้อมูลจริงดังแสดงในภาพที่ 3.12 เนื่องจากเวลาที่ปรากฏในโปรแกรม Timer จะเป็นเวลาที่ทำการนับปริมาณการจราจรขณะนั้น ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้จำเป็นต้องแก้ไขเวลาให้ตรงกับเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลจริง เมื่อแก้ไขเวลาให้ตรงกับเวลาที่เก็บข้อมูลจริงเป็นที่เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจึงทำการแยกข้อมูลในแต่ละช่องทางเดินรถออกตามจำนวนช่อง จราจรที่ได้ถูกกำหนดไว้ตั้งแต่ตอนแรกโดยการใช้คำสั่ง Pivot Table ในโปรแกรม MS-Excel โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำมาใช้สำหรับการสร้างกราฟที่จำเป็นเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรดังแสดงในภาพที่ 3.13 ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.12 การเตรียมข้อมูลจราจรใน MS-Excel



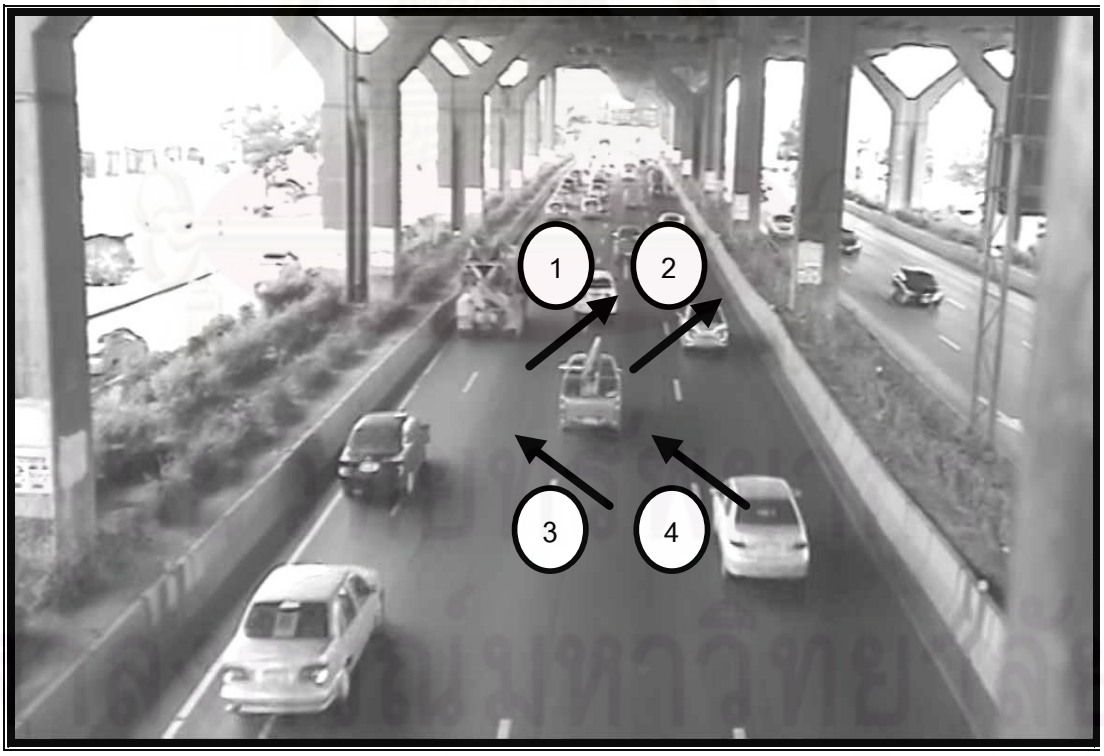
ภาพที่ 3.13 ข้อมูลจราจรที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์

นอกจากการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรโดยใช้เทคนิคการสร้างกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมเชิงเอียงแล้ว เพื่อให้สามารถอธิบายพฤติกรรมของการเกิดปัญหาคอขวดจราจร

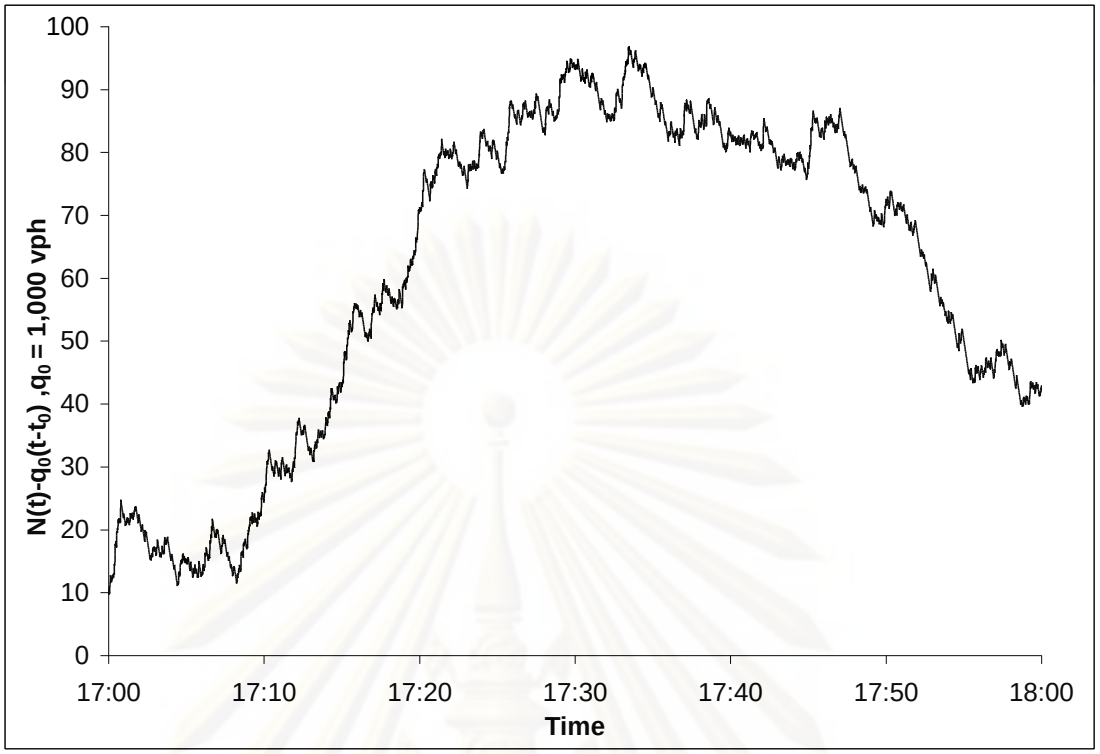
ได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจะใช้กราฟแสดงจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสม (Lane change cumulative counts) และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะ (1-minute moving average) ในการอธิบายกลไกของการเกิดปัญหาคอขวดจราจรโด ยกราฟทั้ง 2 มีวิธีการสร้างคร่าวๆดังนี้

3.4.1 กราฟจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสมเชิงเอียง

กราฟแสดงจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสมสามารถสร้างได้จากการเปิดภาพข้อมูลจราจรที่ได้ทำการบันทึกไว้และโปรแกรม Timer ขึ้นมา ต่อมาจึงทำการกำหนดค่าให้แต่ละรูปแบบของการเปลี่ยนช่องจราจรต่างๆ เช่น เมื่อมีรถเปลี่ยนช่องจราจรจากช่องจราจรที่ 4 ไปยังช่องจราจรที่ 3 ให้กดเลข 4 โดยจะกดเลขก็ต่อเมื่อพบว่ารถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปยังช่องจราจรข้างเคียงดังแสดงในภาพที่ 3.14 นอกจากนั้นหากมีความจำเป็นต้องเอาจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรมานับรวมกันของ 2 จุดตั้งกล้องวิดีทัศน์ เช่น การนับจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรรวมระหว่าง X_0 และ X_1 ก็สามารถทำได้โดยการนับจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรแยกกันหลังจากนั้นจึงนำมารวมกันด้วยคำสั่ง Pivot table ก่อนที่จะนำไปสร้างกราฟจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสมเชิงเอียง (Sum of lane changing counts) ดังแสดงในภาพที่ 3.15 ต่อไป



ภาพที่ 3.14 การนับจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสม

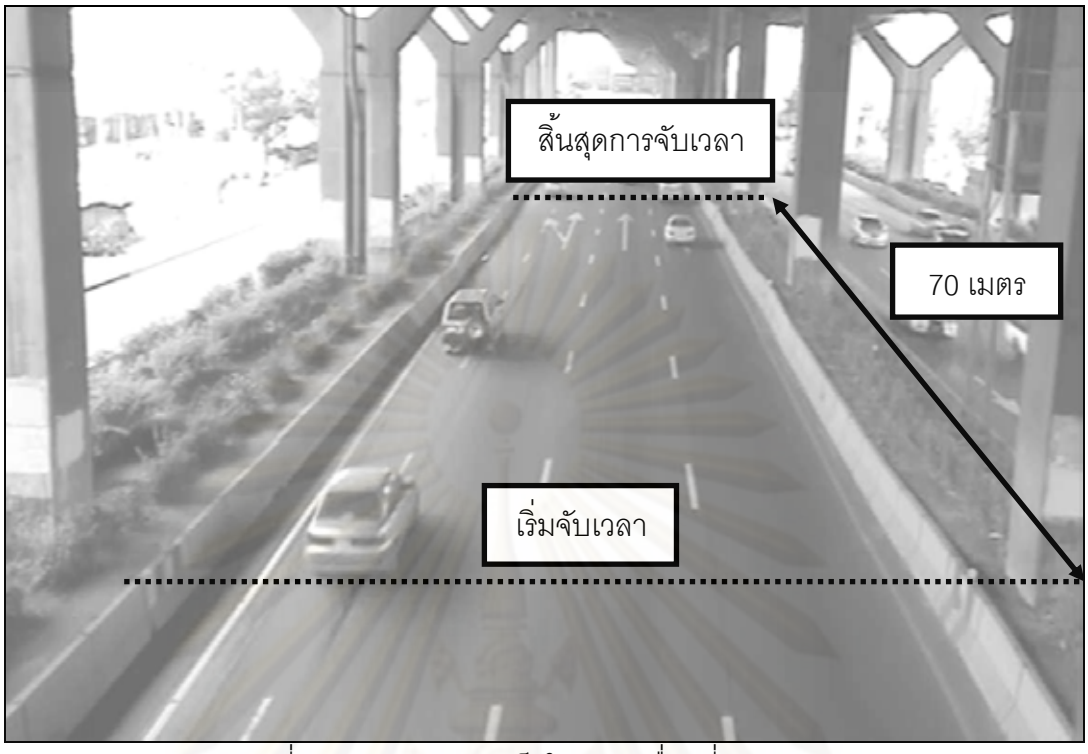


ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างกราฟแสดงจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสม

3.4.2 **กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะ**

กราฟความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่นี้มีวิธีการสร้างโดยการเปิดข้อมูลจราจรที่ถูกบันทึกด้วยกล้องวิดีทัศน์ที่ตำแหน่ง X_2 หลังจากนั้นจึงกำหนดเส้นสมมติ 2 ตำแหน่งบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 3.16 ต่อมาจึงทำการจับเวลาการเคลื่อนที่ของรถในช่องจราจรต่างๆ ทุกๆ 10 วินาที หลังจากนั้นจึงนำเวลาที่ได้มาแปลงเป็นความเร็วในการเคลื่อนที่ และสร้างกราฟความเร็วของยานพาหนะเทียบกับเวลาต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.16 การหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ข้อมูลจราจรเบื้องต้น

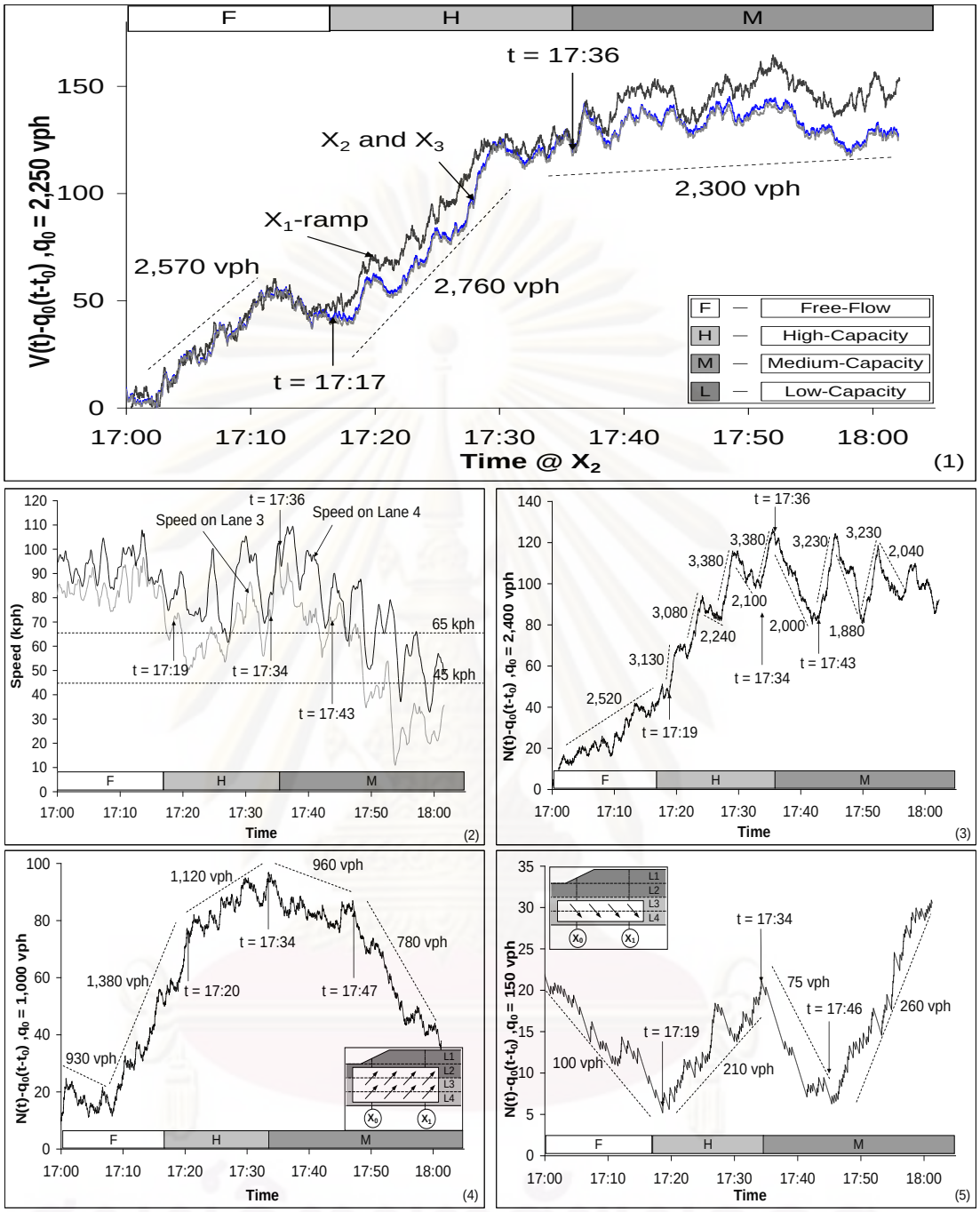
ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจราจรเป็นจำนวนหลายวัน แต่มีวันที่สภาพการจราจรมีความเหมาะสมและสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ได้อย่างชัดเจนจำนวน 4 วัน คือวันจันทร์ที่ 10 สิงหาคม 2552 วันจันทร์ที่ 17 สิงหาคม 2552 วันพฤหัสบดีที่ 4 กุมภาพันธ์ 2553 และวันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ 2553 ซึ่งมีสภาพการจราจรเป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อการเลือกพื้นที่ศึกษา กล่าวคือ การจราจรเกิดการติดขัดขึ้นระหว่างบริเวณต้นทางและปลายทางของถนน รวมไปถึงปราศจากแถวคอยในบริเวณปลายทางและไม่มีรถยนต์จอดเสียหรือเกิดอุบัติเหตุขึ้นในระหว่างที่ทำการเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นตั้งแต่เวลา 16:30 - 18:30 น. ต่อไปจะเป็นการนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรที่ได้จากการเก็บบันทึก

4.1 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2552

ภาพที่ 4.1.1 แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียง (Oblique cumulative plot) ของจำนวนยานพาหนะบนทางหลักที่จุดตั้งกล้องต่างๆ กับเวลาโดยใช้ตำแหน่งในการนับที่ 2 (X_2) เป็นจุดอ้างอิง หลังจากนั้นจึงทำการเลื่อนกราฟของตำแหน่งในการนับที่ 1 (X_1) และ 3 (X_3) โดยการใช้เวลาเคลื่อนที่อิสระระหว่าง X_1 กับ X_2 และ X_2 กับ X_3 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่า สภาพการจราจรสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 สถานะ กล่าวคือ สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด สภาพจราจรที่มีความจุสูงและสภาพจราจรที่มีความจุปานกลาง โดยจะเห็นได้จากการที่เส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมของตำแหน่ง X_2 และ X_3 เริ่มแยกออกจากเส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมของตำแหน่ง X_1 ได้อย่างชัดเจนหลังจากเวลาประมาณ 17:17 เป็นต้นไปซึ่งแสดงให้เห็นว่า ที่เวลาดังกล่าวเริ่มเกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลักขึ้น หลังจากนั้นที่เวลาประมาณ 17:31 พบว่าเส้นกราฟทั้ง 3 เริ่มกลับมาติดกันอีกครั้งแสดงว่ารถบนทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและหากพิจารณาที่เวลาตั้งแต่ 17:36 เป็นต้นไปพบว่าการจราจรบนทางหลักนั้นกลับมาเกิดปัญหาคอขวดจราจรอย่างชัดเจนอีกครั้ง

อย่างไรก็ตาม เส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมทั้ง 3 นั้นไม่สามารถกลับมาติดชิดกันได้เหมือนในครั้งก่อน เหตุการณ์เช่นนี้แสดงให้เห็นว่า บนทางหลักนั้นเกิดปัญหาคอขวดจราจรขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดเวลาในการเก็บข้อมูล เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ เปรียบเทียบและศึกษาพฤติกรรมของคอขวดจราจรในแต่ละสถานะ ผู้วิจัยจึงขอแบ่งการพิจารณาออกเป็นช่วงเวลาต่างๆดังนี้



ภาพที่ 4.1 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2552

(1) กราฟสะสมเชิงเอียงของยานพาหนะบนทางหลักที่ตำแหน่ง X_1, X_2 และ X_3

(2) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 ที่ตำแหน่ง X_1

(3) กราฟแสดงจำนวนยานพาหนะที่วิ่งออกจากทางหลักสะสมที่ตำแหน่ง X_2

(4) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

(5) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

4.1.1 **สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด** (Free flow state, 17:00 - 17:17)

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.1.1 ที่เวลาระหว่าง 17:00 ถึง 17:17 พบว่า การจราจรบนทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยมีอัตราการเคลื่อนที่ของรถบนทางหลักประมาณ 2,570 คันต่อชั่วโมง โดยในช่วงท้ายของเวลาดังกล่าวพบว่า ความต้องการเดินทางต่อไปบนทางหลักมีค่าลดลง (Demand drop)

ภาพที่ 4.1.2 แสดงค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 (1-Min Moving Average) ที่ตำแหน่ง X_1 ซึ่งสร้างโดยการจับเวลาการเคลื่อนที่ของรถบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 แล้วจึงนำมาแปลงเป็นค่าความเร็ว เมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ความเร็วของรถบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงซึ่งแสดงให้เห็นว่า บริเวณทางหลักนั้นปราศจากปรากฏการณ์คอขวดจราจร

ภาพที่ 4.1.4 แสดงกราฟสะสมเชิงเอียงของจำนวนยานพาหนะที่เปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสม ซึ่งสร้างมาจากการนับจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรของยานพาหนะจากช่องจราจรที่ 4 ไปยังช่องจราจรที่ 3 รวมกับจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรของยานพาหนะจากช่องจราจรที่ 3 ไปยังช่องจราจรที่ 2 เพื่อที่จะวิ่งออกจากทางหลักที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1 เมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวมีอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายประมาณ 1,380 คันชั่วโมง

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนช่องจราจรในช่วงเวลาดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อช่องจราจรที่ 3 และ 4 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพิจารณา ภาพที่ 4.1.2 จะเห็นได้ชัดเจนว่า ความเร็วของช่องจราจรที่ 4 มีค่ามากกว่าความเร็วของช่องจราจรที่ 3 เล็กน้อย จึงทำให้การเปลี่ยนจากช่องจราจรที่ 4 มายังช่องจราจรที่ 3 สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย นอกจากนั้นยานพาหนะที่ต้องการเปลี่ยนช่องจราจรจากช่องจราจรที่ 3 ไปยังช่องจราจรที่ 2 ก็สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็วเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากรถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักเคลื่อนที่ด้วยความเร็วและมีระยะห่างระหว่างคันมาก จึงส่งผลให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักสามารถเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 2 ได้โดยไม่กีดขวางการจราจรในช่องจราจรที่ 3 ทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักและกำลังวิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 สามารถวิ่งในช่องจราจรเดิมโดยไม่จำเป็นต้องลดความเร็วหรือเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรอื่นแทน

4.1.2 **คอขวดจราจรความจุสูง** (High-capacity state, 17:17 - 17:36)

เมื่อปริมาณการจราจรบนทางคู่ขนานมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีค่าลดลง และส่งผลกระทบต่อรถที่วิ่งอยู่ในทางหลัก ดังนั้นเจ้าหน้าที่ตำรวจจึงได้มีการจัดการจราจรบนทางคู่ขนานเพื่อให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีอัตราการเคลื่อนที่มากขึ้น ภาพที่ 4.1.3 แสดงกราฟสะสมเชิงเอียงของจำนวนยานพาหนะที่วิ่งออกจากทางหลักสะสมซึ่งได้จากการถอดข้อมูลจราจรจากตำแหน่ง X_2 โดยพบว่า เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานครั้งแรกที่เวลาประมาณ 17:19 โดยการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานสามารถทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของรถมีค่ามากกว่า 3,100 คันต่อชั่วโมง

การเพิ่มขึ้นของปริมาณรถที่วิ่งออกจากทางหลักนี้ส่งผลกระทบต่อความจุของรถบนทางหลัก เมื่อพิจารณาเวลาตั้งแต่ 17:19 จนถึงเวลาประมาณ 17:30 พบว่า การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานสามารถช่วยเพิ่มความจุของทางหลักได้โดยจะเห็นได้จากการพิจารณาภาพที่ 4.1.1 และ ภาพที่ 4.1.3 ที่เวลาเดียวกัน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานจะทำให้ช่องจราจรของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีอัตราการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้รถวิ่งด้วยความเร็วที่สูงขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้การจราจรมีความต่อเนื่องซึ่งส่งผลให้รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 2 มีระยะห่างระหว่างรถคันหน้ากับรถคันหลังที่ติดกันมาก รถที่กำลังวิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 และต้องการจะวิ่งออกจากทางหลักจึงสามารถเปลี่ยนช่องจราจรไปยังช่องจราจรที่ 2 ได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็วทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักมากนัก

เมื่อพิจารณาต่อไปจะพบว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวมีการเปลี่ยนช่องจราจรจากช่องจราจรที่ 4 ไปยังช่องจราจรที่ 3 และจากช่องจราจรที่ 3 ไปยังช่องจราจรที่ 2 ในอัตราที่มากกว่า 1,100 คันต่อชั่วโมงดังแสดงใน ภาพที่ 4.1.4

นอกจากนั้นหากพิจารณา ภาพที่ 4.1.2 จะเห็นได้ชัดเจนว่า รถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 ส่วนใหญ่แล้วจะวิ่งด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าช่องจราจรที่ 4 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก ช่องจราจรที่ 3 มีรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักปะปนอยู่กับรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงทำให้เกิดการชะลอความเร็วเพื่อรอจังหวะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 2 เพื่อที่จะวิ่งออกจากทางหลัก หรือรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักอาจเลือกเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน ซึ่งต่างกับช่องจราจรที่ 4 ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะมีแต่รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักวิ่งอยู่

ภาพที่ 4.1.5 แสดงกราฟสะสมเชิงเอียงของจำนวนยานพาหนะที่เปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาสะสม ซึ่งสร้างมาจากการนับจำนวนรถที่เปลี่ยนช่องจราจรจากช่องจราจรที่ 3 ไป

ยังช่องจราจรที่ 4 ที่ตำแหน่ง X_0 รวมกับตำแหน่ง X_1 เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.1.5 พบว่า ตั้งแต่เวลาประมาณ 17:19 จนถึงเวลา 17:34 รถที่อยู่ในช่องจราจรที่ 3 เริ่มมีการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ในอัตราที่สูงขึ้นโดยมีอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรประมาณ 210 คันต่อชั่วโมงซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนที่ของรถในช่องจราจรที่ 3 เกิดการชะลอตัวจึงทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 มีการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ซึ่งเป็นช่องจราจรที่มีความเร็วสูงกว่าแทน

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.1.3 พร้อมกันกับภาพที่ 4.1.2 จะพบว่า การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานของเจ้าหน้าที่ตำรวจสามารถทำให้ความเร็วของรถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 และ 4 เพิ่มขึ้นและสามารถเพิ่มความจุของรถทางหลักได้

4.1.3 **คอขวดจราจรความจุปานกลาง** (Medium-capacity state, 17:36 - 18:00)

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.1.3 จะเห็นได้ว่า ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานที่เวลา 17:34 ทำให้แถวคอยที่เกิดขึ้นอยู่ในช่องจราจรที่วิ่งออกจากทางหลักลดน้อยลงจึงส่งผลทำให้รถที่ต้องการจะวิ่งต่อไปบนทางหลักซึ่งกำลังวิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 และ 4 สามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วที่สูงขึ้นใกล้เคียงกับความเร็วอิสระเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งซึ่งหลังจากการจัดการจราจรในเวลาดังกล่าว ตำรวจได้เว้นระยะการจัดการจราจรและไปจัดการจราจรบนทางคู่ขนานอีกทีในเวลาประมาณ 17:43

เมื่อพิจารณาเวลาระหว่าง 17:36 จนถึงเวลา 17:43 พบว่า อัตราการเคลื่อนที่ของรถที่วิ่งออกจากทางคู่ขนานมีค่าลดลงเหลือประมาณ 2,000 คันต่อชั่วโมงดังแสดงใน ภาพที่ 4.1.3 ทำให้ช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักเกิดแถวคอยสะสมยาวมากขึ้น ประกอบกับแถวคอยนี้มีการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง (Stop and go) จึงทำให้รถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 และต้องการเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักใช้เวลานานในการเปลี่ยนช่องจราจรอย่างสมบูรณ์รวมไปถึงรถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 4 และต้องการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 3 เกิดการชะลอความเร็วเนื่องจากในช่องจราจรที่ 3 อาจมีรถที่กำลังเปลี่ยนจากช่องจราจรที่ 3 ไปใช้ช่องจราจรที่ 2 ติดค้างอยู่จึงส่งผลทำให้อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรดังแสดงใน ภาพที่ 4.1.4 มีค่าลดลง นอกจากนั้นการที่เกิดแถวคอยเนื่องจากการเปลี่ยนช่องจราจรอย่างไม่สมบูรณ์บนช่องจราจรที่ 3 ยังทำให้รถที่ต้องการจะวิ่งต่อไปบนทางหลักมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทนเนื่องจากช่องจราจรที่ 4 มีความเร็วในช่องจราจรที่สูงกว่าดังแสดงใน ภาพที่ 4.1.2

เมื่อพิจารณาที่เวลาตั้งแต่ 17:43 ในภาพที่ 4.1.2 เป็นต้นไปพบว่า ความเร็วของการเคลื่อนที่เฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 มีแนวโน้มลดลงต่อเนื่อง โดยในบางช่วงเวลาที่ตำรวจมีการ

จัดการจราจรบนทางคู่ขนานดังแสดงในภาพที่ 4.1.3 อาจทำให้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วบนช่องจราจรที่ 3 เพิ่มขึ้นมาได้บ้าง แต่โดยภาพรวมแล้วความเร็วในช่องจราจรที่ 3 มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องและมีค่าต่ำกว่า 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในเวลาที่ตำรวจมีการจัดการจราจรนั้นทำให้ช่องทางจราจรที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักมีอัตราการเคลื่อนที่สูง ส่งผลให้รถสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วและมีระยะห่างระหว่างรถคันหน้ากับรถคันหลังที่ติดกันมาก ดังนั้น รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 และต้องการเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักจึงสามารถเปลี่ยนช่องจราจรได้บ้างทำให้ช่องจราจรที่ 3 เกิดช่องว่างเนื่องมาจากการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายและส่งผลให้ความเร็วในช่องจราจรที่ 3 เพิ่มมากขึ้น

การที่ความเร็วในช่องจราจรที่ 3 มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆนั้นมีสาเหตุมาจากการที่รถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 และต้องการวิ่งออกจากทางหลักไม่สามารถเปลี่ยนช่องจราจรได้อย่างสมบูรณ์มีจำนวนมากยิ่งขึ้นเนื่องจากแถวคอยของช่องจราจรที่ 2 มีความยาวมากขึ้นและมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งซึ่งเกิดขึ้นในเวลาที่ตำรวจไม่ได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน จึงส่งผลทำให้ช่องจราจรที่ 3 เกิดแถวคอยเนื่องจากการเปลี่ยนช่องจราจรจากช่องจราจรที่ 3 ไปยังช่องจราจรที่ 2 ดังนั้น รถที่ต้องการจะวิ่งต่อไปบนทางหลักและกำลังวิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 จึงต้องลดความเร็วและพยายามหาจังหวะเพื่อเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน โดยจากภาพที่ 4.1.5 จะพบว่าตั้งแต่เวลา 17:43 เป็นต้นไป การเปลี่ยนช่องจราจรจากช่องจราจรที่ 3 ไปยังช่องจราจรที่ 4 มีอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรประมาณ 260 คันต่อชั่วโมง

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.1.2 พบว่า ความเร็วของช่องจราจรที่ 4 มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับช่องจราจรที่ 3 แต่อย่างไรก็ตาม ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 4 ยังคงมีค่ามากกว่าความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 เนื่องจากช่องจราจรที่ 4 นั้นปราศจากการกีดขวาง (Block) อันเนื่องมากจากการเปลี่ยนช่องจราจรที่ไม่สมบูรณ์ของรถในช่องจราจรที่ 3 เพื่อวิ่งออกจากทางหลักในขณะที่ช่องจราจรที่ 3 เกิดการกีดขวางสลับกับไม่กีดขวางเนื่องจากการรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักไม่สามารถเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ได้ การที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรจากช่องจราจรที่ 3 ไปช่องจราจรที่ 4 มีค่าสูงขึ้นจะทำให้รถกำลังวิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 4 ต้องลดความเร็วและเพิ่มความระมัดระวังมากยิ่งขึ้นจึงส่งผลทำให้ความเร็วของช่องจราจรที่ 4 มีค่าลดลง

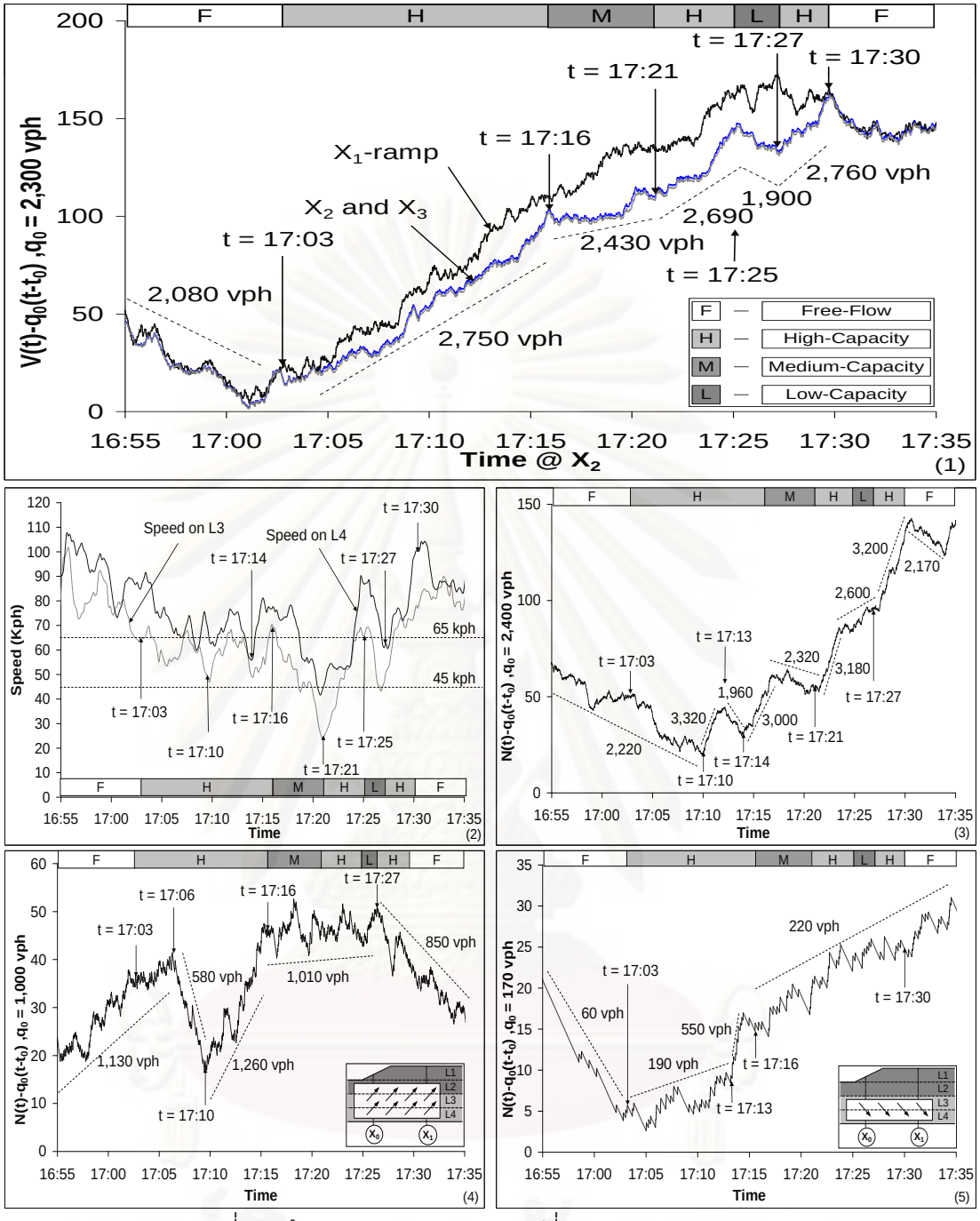
4.2 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2552

ภาพที่ 4.2 แสดงข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 17 สิงหาคม พ .ศ. 2552 เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.2.1 จะเห็นได้ว่า ตั้งแต่เวลาที่เริ่มทำการเก็บข้อมูลจนกระทั่งเวลาประมาณ 17:00 นั้น รถบนทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ แต่หลังจากเวลา 17:00 เพียงเล็กน้อย พบว่า เส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมที่ตำแหน่ง X_1 เริ่มแยกออกจากเส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมที่ตำแหน่ง X_2 และ X_3 อย่างชัดเจน ทำให้สามารถทราบได้ว่า ปัญหาคอขวดจราจรนั้นได้เกิดขึ้นมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

อย่างไรก็ตาม ปัญหาคอขวดจราจรนั้นได้สิ้นสุดไปตั้งแต่เวลาประมาณ 17:30 โดยสามารถสังเกตได้จากการที่เส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมที่ตำแหน่งทั้ง 3 เริ่มกลับมาติดชิดกันอีกครั้ง เมื่อพิจารณาต่อไปพบว่า เส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมที่ตำแหน่ง X_2 และ X_3 มีการซ้อนทับกันเป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นสิ่งยืนยันได้ว่า ตลอดเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นในบริเวณปลายทางของถนน รถสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและปราศจากแถวคอยสะสมยาวล้นมาจากในบริเวณปลายทางของถนน

4.2.1 สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด (Free flow state, 16:55 - 17:03)

จากกราฟแสดงจำนวนยานพาหนะสะสมของรถบนทางหลักที่ตำแหน่ง X_2 ดังแสดงในภาพที่ 4.2.1 พบว่า รถบนทางหลักสามารถวิ่งได้อย่างอิสระโดยปราศจากการถูกจำกัดการใช้ความเร็วจากปัจจัยภายนอก โดยตั้งแต่เวลา 16:55 ถึงเวลา 17:01 พบว่า ความต้องการเดินทางบนทางหลักมีค่าประมาณ 2,080 คันต่อชั่วโมงและแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีความยาวไม่มากหรือไม่มีเลย จึงทำให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักและกำลังวิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 และ 4 สามารถเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เนื่องจากช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักมีระยะห่างระหว่างคันมาก ทำให้อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรมีค่าสูงโดยในช่วงเวลาดังกล่าวมีอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายประมาณ 1,130 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.2.4 และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาสะสม พบว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวเกิดการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าเพียง 60 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.2.5



ภาพที่ 4.2 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2552

(1) กราฟสะสมเชิงเอียงของยานพาหนะบนทางหลักที่ตำแหน่ง X_1, X_2 และ X_3

(2) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 ที่ตำแหน่ง X_1

(3) กราฟแสดงจำนวนยานพาหนะที่วิ่งออกจากทางหลักสะสมที่ตำแหน่ง X_2

(4) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

(5) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะดังแสดงในภาพที่ 4.2.2 พบว่า ความเร็วของยานพาหนะบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยในช่องจราจรที่ 4 จะมีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงกว่าช่องจราจรที่ 3 เพียงเล็กน้อย จึงทำให้การเปลี่ยนช่องจราจรของรถบนช่องจราจรที่ 4 ไปทางซ้ายสามารถทำได้อย่างสมบูรณ์ รวดเร็วและปลอดภัย นอกจากนั้นยังพบอีกว่า รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักส่วนใหญ่แล้วจะใช้ช่องจราจรที่ 4 จึงทำให้ความเร็วในช่องจราจรที่ 4 มีค่าสูงกว่าช่องจราจรที่ 3 เนื่องจากช่องจราจรที่ 3 เป็นช่องจราจรที่มีรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักวิ่งปะปนอยู่ อีกไม่กี่นาทีถัดมาความต้องการเดินทางบนทางหลักมีมาอย่างต่อเนื่องจนทำให้เกิดสภาพคอขวดจราจรตั้งแต่เวลาประมาณ 17:03 เป็นต้นไป โดยก่อนเกิดคอขวดจราจรยานพาหนะบนทางหลักมีความจุประมาณ 2,870 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.2.1

4.2.2 **คอขวดจราจรความจุสูง** (High-capacity state, 17:03 - 17:16)

เมื่อเกิดสภาพคอขวดจราจรบนทางหลักขึ้นตั้งแต่เวลาประมาณ 17:03 พบว่าความเร็วของช่องจราจรที่ 4 และ ช่องจราจรที่ 3 มีแนวโน้มลดลงและคงที่อยู่ที่ความเร็วประมาณ 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมงซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนดังแสดงในภาพที่ 4.2.2 สำหรับสภาพคอขวดจราจรที่เกิดขึ้นมานี้มีสาเหตุมาจากแถวคอยสะสมบนช่องจราจรที่ 2 ซึ่งเป็นช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มมากขึ้นซึ่งแถวคอยเหล่านี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำและมีระยะห่างระหว่างคันน้อย ส่งผลทำให้รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 และต้องการวิ่งออกจากทางหลักไม่สามารถเบียดแทรกเข้าช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็วจึงทำให้รถคันหลังที่วิ่งตามมาต้องเหยียบเบรกเพื่อลดความเร็วและพยายามมองหาจังหวะเพื่อเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ซึ่งเป็นช่องจราจรที่มีความเร็วที่สูงกว่าดังแสดงในภาพที่ 4.2.2 แทน ในขณะที่รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 จะลดความเร็วและพยายามมองหาช่องว่างเพื่อเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 เพื่อวิ่งออกจากทางหลัก ส่งผลทำให้อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมมีค่าลดลงเหลือเพียง 580 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.2.4 ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 190 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.2.5

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.2.2 ต่อไปจะพบว่า ที่เวลาประมาณ 17:09 ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 เริ่มมีแนวโน้มลดลงซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนช่องจราจรที่ไม่สมบูรณ์เพื่อเข้าช่องจราจรที่ 2 มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นตำรวจจึงมีการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานครั้งแรกที่เวลาประมาณ 17:10 ซึ่งส่งผลทำให้รถสามารถวิ่งออกจาทางหลักได้ในอัตราที่มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 3,320 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.2.3 นอกจากนั้นจะเห็นได้ชัดเจนว่า การจัดการจราจรบนทาง

คู่ขนานสามารถทำให้ความเร็วเฉลี่ยของทั้งช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีค่าเพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่ 4.2.2

สำหรับการเพิ่มขึ้นของความเร็วนี้มีสาเหตุมาจากการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานจะทำให้รถบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักสามารถวิ่งด้วยความเร็วที่สูงขึ้น ส่งผลทำให้รถมีระยะห่างระหว่างคันมาก ดังนั้น รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 และรอที่จะเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักจึงสามารถเปลี่ยนช่องจราจรได้ง่ายกว่าในขณะที่แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำและมีระยะห่างระหว่างคันน้อยจึงทำให้การปิดกั้นในช่องจราจรที่ 3 หมดไป เมื่อพิจารณาต่อไปจะพบว่า อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 1,260 คันต่อชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 4.2.4 ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าไม่แตกต่างกันกับก่อนการปิดการจราบนทางคู่ขนานมากนัก

การที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายมีค่าเพิ่มสูงขึ้นนี้มีสาเหตุมากจากรถในช่องจราจรที่ 3 สามารถเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ประกอบกับรถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 4 เมื่อวิ่งผ่านขบวนรถที่กำลังเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักไปแล้วจะเกิดการเปลี่ยนมาใช้ช่องจราจรที่ 3 แทนเนื่องจากเป็นช่องจราจรที่โล่งกว่า โดยการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 3 ของรถในช่องจราจรที่ 4 นั้นก็สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัยเช่นกันเนื่องจากช่องจราจรที่ 4 มีความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่สูงกว่าช่องจราจรที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 4.2.2

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.2.3 ที่เวลาประมาณ 17:13 พบว่า ตำรวจไม่ได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานเพื่อระบายรถออกจากทางหลัก รถที่วิ่งออกจากทางหลักจึงเคลื่อนที่ด้วยอัตราประมาณ 1,960 คันต่อชั่วโมง ส่งผลทำให้เกิดแถวคอยสะสมยาวขึ้นไปในบริเวณต้นทางของถนนโดยแถวคอยเหล่านี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำจึงทำให้รถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 และต้องการวิ่งออกจากทางหลักใช้เวลาในการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายอย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นส่งผลทำให้อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายมีค่าลดลง

การเปลี่ยนช่องจราจรที่ไม่สมบูรณ์นี้ทำให้เกิดการกีดขวางแก่รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 และต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลัก ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจะต้องชะลอความเร็วและหาจังหวะเพื่อที่จะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.2.5 จะพบว่า ที่เวลาประมาณ 17:13 เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาสะสมอย่างรวดเร็ว โดยรถในช่องจราจรที่ 3 มีการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ในอัตรา 550 คันต่อชั่วโมง แล้วจึงลดลงเหลือ 220 คันต่อชั่วโมงที่เวลาประมาณ 17:15 เนื่องจากตำรวจได้ปิดการจราจรบน

ทางคู่ขนานที่เวลาประมาณ 17:14 ดังแสดงในภาพที่ 4.2.3 ซึ่งสามารถช่วยบรรเทาปัญหาการกีดขวางเนื่องจากการเปลี่ยนช่องจราจรบนช่องจราจรที่ 3 ได้ โดยสามารถสังเกตได้จากความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะบนช่องจราจรดังแสดงในภาพที่ 4.2.2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับคอขวดที่มีความจุสูงนี้มีความจุประมาณ 2,750 คันต่อชั่วโมงและจึงกลายเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางต่อไป

4.2.3 **คอขวดจราจรความจุปานกลาง** (Medium-capacity state, 17:16 - 17:21)

หลังจากการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานครั้งสุดท้ายโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจที่เวลาประมาณ 17:14 พบว่า อีก 2 นาทีถัดมา ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนดังแสดงในภาพที่ 4.2.2 นอกจากนั้นอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมมีค่าลดลงเหลือเพียง 1,010 คันต่อชั่วโมง ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรสะสมไปทางขวามีค่าประมาณ 220 คันต่อชั่วโมง การลดลงของอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายนั้นเกิดขึ้นจากแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักนั้นมีความยาวเพิ่มมากขึ้น และแถวคอยเหล่านี้มีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่จากการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำกลายเป็นเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งซึ่งมีสาเหตุมาจากรถเหล่านี้สามารถวิ่งออกจากทางหลักได้ในอัตราเพียง 2,320 คันต่อชั่วโมงรวมไปถึงการหยุดชะงักเนื่องจากการเบียดแทรกของรถในช่องจราจรที่ 3

นอกจากนั้นการลดลงของอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมยังมีสาเหตุมาจาก รถในช่องจราจรที่ 1 และ 2 มีระยะห่างระหว่างคันที่ติดกันน้อยจึงทำให้รถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 และกำลังเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 2 ใช้เวลาในการเปลี่ยนช่องจราจรอย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น ผู้ที่ต้องการเดินทางต่อไปบนทางหลักจึงพยายามที่จะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน เนื่องจากช่องจราจรที่ 4 เป็นช่องจราจรที่มีความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่สูงกว่าดังแสดงในภาพที่ 4.2.2 อย่างไรก็ตาม สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางนี้ดำรงอยู่ได้ประมาณ 5 นาที แล้วจึงกลับมาเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูงอีกครั้ง

4.2.4 **คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่** 2 (High-capacity state, 17:21 - 17:25)

เมื่อพิจารณาที่เวลาประมาณ 17:21 พบว่า ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานอีกครั้งดังแสดงในภาพที่ 4.2.3 โดยในคราวนี้การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานสามารถระบายรถออกจากทางหลักได้ในอัตราประมาณ 3,180 คันต่อชั่วโมง ทำให้แถวคอยของรถที่กำลังวิ่งออกจากทางหลักเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่จากวิ่งสลับกับหยุดนิ่งกลายเป็นเคลื่อนที่ด้วย

ความเร็วต่ำ อีกครั้งนอกจากนั้นการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานยังสามารถทำให้ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 และ 4 กลับมามีค่าเพิ่มมากขึ้นได้ดังแสดงในภาพที่ 4.2.2

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.2.3 ที่เวลาประมาณ 17:23 พบว่า รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้เองในอัตราประมาณ 2,600 คันต่อชั่วโมง การเคลื่อนที่ด้วยอัตรานี้มีสาเหตุมาจากปริมาณรถบนทางคู่ขนานมีน้อย จึงทำให้รถที่กำลังวิ่งออกจากทางหลักสามารถวิ่งออกจากทางหลักได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างเรื่อยๆ ดังนั้น รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงเลือกใช้ช่องจราจรที่ 3 และ 4 มาตั้งแต่ในบริเวณต้นทางของถนนซึ่งส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายและการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าคงเดิม คือ ประมาณ 1 ,010 และ 220 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.2.4 และ 4.2.5 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม รถที่ต้องการวิ่งออกทางหลักมีปริมาณมาอย่างต่อเนื่องประกอบกับการเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักทำให้แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักนี้มีความยาวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบางคันจึงเลือกใช้ช่องจราจรที่ 3 และมาเบียดแทรกเข้าช่องจราจรที่ 2 ในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออกซึ่งทำให้เกิดการชะลอความเร็วและการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 ส่งผลทำให้คอขวดจราจรกลายเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำต่อไป โดยความจุของคอขวดที่มีค่าสูงนี้มีค่าประมาณ 2,690 คันต่อชั่วโมง

4.2.5 **คอขวดจราจรความจุต่ำ** (Low-capacity state, 17:25 – 17:27)

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.2.2 ที่เวลาประมาณ 17:25 จะเห็นได้ว่า ความเร็วของทั้งช่องจราจรที่ 3 และ 4 เริ่มมีแนวโน้มลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก การเบียดแทรกของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 ในปริมาณมากทำให้แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักเปลี่ยนการเคลื่อนที่เป็นแบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง เนื่องจากรถบนช่องจราจรที่ 2 ต้องหยุดเพื่อรอให้รถที่วิ่งมาเบียดแทรกเปลี่ยนช่องจราจรให้สมบูรณ์ก่อนแล้วจึงสามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้ หากรถที่เบียดแทรกไม่สามารถเปลี่ยนช่องจราจรได้อย่างสมบูรณ์จะทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 และส่งผลทำให้แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 ขึ้น ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงเหลือช่องจราจรที่ 4 เพียงช่องจราจรเดียวในการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงทำให้ความจุของคอขวดลดลงเหลือเพียง 1,900 คันต่อชั่วโมง

อย่างไรก็ดี ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานอีกครั้งที่เวลาประมาณ 17:27 ส่งผลทำให้แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 หายไป การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานนี้ทำให้คอขวดจราจรที่มีความจุต่ำกลับมามีค่าสูงอีกครั้ง

4.2.6 **คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่** 3 (High-capacity state, 17:27 – 17:30)

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.2.2 พบว่า ที่เวลาประมาณ 17:27 ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 และ 4 เริ่มกลับมีค่าสูงขึ้นโดยมีสาเหตุมากจากการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานของเจ้าหน้าที่ตำรวจดังแสดงในภาพที่ 4.2.3 การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานนี้ทำให้แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่จากวิ่งสลับกับหยุดนิ่งกลับมาเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำอีกครั้ง และเมื่อพิจารณารูปที่ 4.2.3 ต่อไปจะพบว่า ในคราวนี้เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานเป็นเวลาประมาณ 4 นาที ซึ่งสามารถระบายรถออกได้ในอัตรา ประมาณ 3 ,200 คันต่อชั่วโมงทำให้รถที่วิ่งออกจากทางหลักเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ส่งผลทำให้แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวน้อยลง

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรพบว่า ที่เวลา 17 :27 อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายมีค่าลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก เมื่อแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีความยาวไม่มาก ผู้ขับรถส่วนใหญ่จะเลือกใช้ช่องจราจรตามแต่ละจุดหมายปลายทาง กล่าวคือ รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจะเลือกใช้ช่องจราจรที่ 1 และ 2 ในขณะที่รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจะเลือกใช้ช่องจราจรที่ 3 และ 4 มาตั้งแต่ในบริเวณต้นทางของถนน ทำให้อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสม รวมไปถึงอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาสะสมมีค่า 850 คันต่อชั่วโมงและ 220 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.2.4 และ 4.2.5 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.2.1 ที่เวลาประมาณ 17:30 พบว่า รถบนทางหลักสามารถกลับมาเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระอีกครั้งเนื่องจากความต้องการเดินทางบนทางหลักลดลง ทำให้สภาพคอขวดจราจรที่มีค่าสูงนั้นสลายไปตั่งแต่เวลาประมาณ 17:30

4.3 **ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่** 4 **กุมภาพันธ์ พ.ศ**. 2553

ภาพที่ 4.3 แสดงข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 4 กุมภาพันธ์ พ .ศ. 2553 เมื่อเริ่มทำการเก็บข้อมูลพบว่า ยานพาหนะบนทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระเนื่องจากมีความต้องการเดินทางต่อไปบนทางหลักน้อยลง และแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักยังไม่ปรากฏ นอกจากนั้นยังพบอีกว่า รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักส่วนใหญ่จะใช้ช่องจราจรที่ 1

สำหรับวิ่งออกจากทางหลักเพียงช่องจราจรเดียว หลังจากนั้นอีกไม่นาน แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจำนวน 2 แถวคอยก็ได้ปรากฏขึ้น

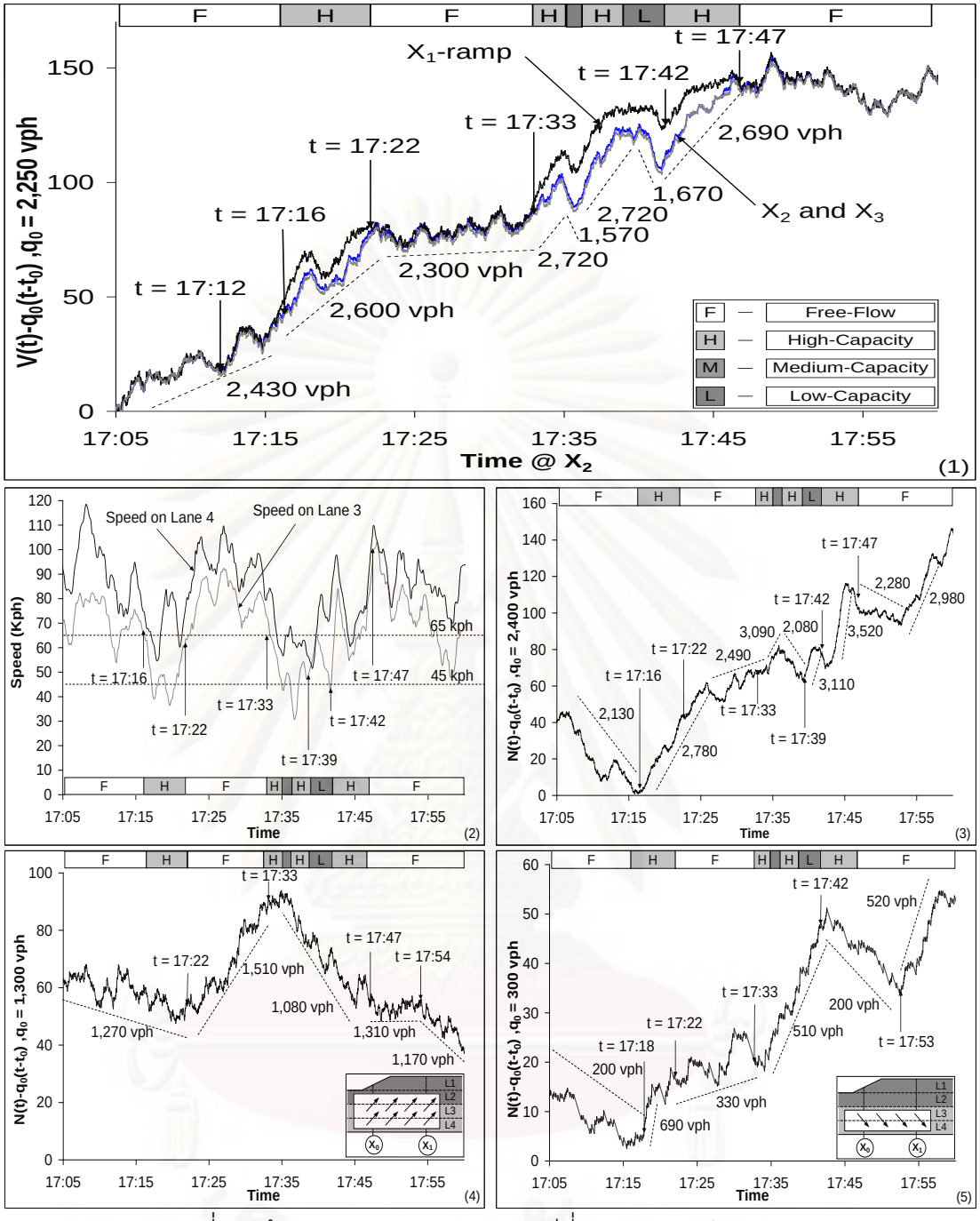
เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.3.1 พบว่า ทางหลักเริ่มเกิดปัญหาคอขวดจราจรตั้งแต่เวลาประมาณ 17:16 โดยสามารถสังเกตได้จากเส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมที่ตำแหน่ง X_1 แยกออกจากเส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมที่ตำแหน่ง X_2 และ X_3 อย่างชัดเจน จึงทำให้ทราบได้ว่าเกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลักขึ้นมาจนถึงเวลาประมาณ 17:22 หลังจากนั้นพบว่า ความต้องการเดินทางต่อไปบนทางหลักลดน้อยลงประกอบกับแถวคอยของรถวิ่งออกจากทางหลักนั้นมีความยาวไม่มากและคลอบคลุมแค่เพียงช่องจราจรที่ 1 และ 2 เท่านั้น ทำให้ไม่เกิดการกีดขวางต่อรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลัก

อย่างไรก็ตาม ที่เวลาประมาณ 17:33 พบว่า ปริมาณรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจนทำให้เกิดคอขวดจราจรในอีกไม่ถึง 1 นาทีถัดมาจนกระทั่งสภาพคอขวดจราจรที่เกิดขึ้นได้สิ้นสุดไปที่เวลาประมาณ 17:47 นอกจากนั้นจะเห็นได้ชัดเจนว่า ตลอดเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล เส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมที่ตำแหน่ง X_2 และ X_3 ได้ซ้อนทับกันตลอดเวลาซึ่งเป็นสิ่งยืนยันได้ว่า ในบริเวณปลายทางของถนน รถสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและปราศจากการติดขัดจนทำให้แถวคอยสะสมซึ่งยาวล้นออกมาจากในบริเวณปลายทาง เนื่องจากจะทำให้เกิดผลกระทบต่อการใช้ความเร็วของรถเมื่อวิ่งผ่านคอขวดจราจรทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของคอขวดจราจรได้อย่างแท้จริง

4.3.1 **สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด** (Free flow state, 17:05 - 17:16)

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.3.1 จะเห็นได้ว่า ตั้งแต่เริ่มทำการเก็บข้อมูลจราจรที่เวลาประมาณ 17:05 จนถึงเวลาประมาณ 17:10 ความต้องการเดินทางบนทางหลักมีปริมาณน้อยและไม่สม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.3.2 จะเห็นได้ว่า รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 วิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ยประมาณ 75 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในขณะที่ช่องจราจรที่ 4 รถวิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ยประมาณ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักนั้นสามารถวิ่งได้อย่างเรื่อยๆและในบางช่วงเวลาแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักอาจครอบคลุมเพียงแค่ช่องจราจรที่ 1 เพียงช่องเดียว

อีกไม่กี่นาทีต่อมา ความต้องการเดินทางบนทางหลักมีมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เวลาประมาณ 17:12 เป็นต้นไป รวมไปถึงแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักนั้นได้เกิดขึ้นบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 4.3 ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

(1) กราฟสะสมเชิงเอียงของยานพาหนะบนทางหลักที่ตำแหน่ง X_1, X_2 และ X_3

(2) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 ที่ตำแหน่ง X_1

(3) กราฟแสดงจำนวนยานพาหนะที่วิ่งออกจากทางหลักสะสมที่ตำแหน่ง X_2

(4) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

(5) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

เมื่อพิจารณาถึงความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะดังแสดงในภาพที่ 4.3.2 พบว่าหลังจากเวลาประมาณ 17:12 ความเร็วเฉลี่ยของทั้ง 2 ช่องจราจรมีแนวโน้มลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 บางส่วนจะวิ่งไปเบียดแทรกเพื่อออกจากทางหลักในระยะกระชั้นชิดในขณะที่รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักส่วนใหญ่จะเปลี่ยนช่องจราจรแต่เนิ่นๆ การกระทำเช่นนี้ทำให้รถในช่องจราจรที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยลดลงบ้าง เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรพบว่า ในช่วงเวลาดังกล่าว รถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายในอัตราประมาณ 1,270 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.4 โดยการเปลี่ยนช่องจราจรนี้สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ทั้งช่องจราจรที่ 3 และ 4 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแถวคอยสะสมของรถที่วิ่งออกจากทางหลักวิ่งได้อย่างเรื่อยๆและมีระยะห่างระหว่างคันมากพอที่รถบนช่องจราจรที่ 3 สามารถเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัยจึงทำให้ไม่เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 ในขณะที่รถบนช่องจราจรที่ 4 ก็สามารถเปลี่ยนช่องจราจรไปใช้ช่องจราจรที่ 3 ได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัยเช่นกันเนื่องจากความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 4 นั้นมีค่าสูงกว่าช่องจราจรที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 4.3.2 สำหรับการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาพบว่า รถเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาในอัตราประมาณ 200 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.5

เมื่อความต้องการเดินทางต่อไปบนทางหลักมีมาอย่างสม่ำเสมอประกอบกับแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มมากขึ้นโดยแถวคอยเหล่านี้เคลื่อนที่ด้วยอัตราประมาณ 2,130 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.3 จึงทำให้เกิดคอขวดจราจรบนทางหลักตั้งแต่เวลาประมาณ 17:16 ดังแสดงในภาพที่ 4.3.1 โดยก่อนเกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลัก ความจุของทางหลักมีค่าประมาณ 2,800 คันต่อชั่วโมง

4.3.2 **คอขวดจราจรความจุสูง** (High-capacity state, 17:16 - 17:22)

หลังจากเกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลักตั้งแต่เวลาประมาณ 17:16 พบว่าความเร็วของทั้งช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพที่ 4.3.2 แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาที่เวลาเดียวกันพบว่า ปริมาณรถบนทางคู่ขนานนั้นมีน้อยมากจนทำให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างเรื่อยๆ โดยมีอัตราการเคลื่อนที่ประมาณ 2,780 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.3 โดยที่ไม่มีการจัดการจราจรจากเจ้าหน้าที่ตำรวจ เมื่อแถวคอยเหล่านี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มากขึ้นทำให้รถที่วิ่งชะลอความเร็วอยู่บนช่องจราจรที่ 3 สามารถเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้ส่งผลทำให้ไม่เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรพบว่า หลังจากเวลา 17:18 อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมยังคงมีค่าคงเดิมในขณะที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไป

ทางขวาสะสมมีค่าสูงขึ้นถึง 690 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.5 พฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจรเช่นนี้เกิดจาก รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักซึ่งวิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 เริ่มมีการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทนเนื่องจากช่องจราจรที่ 4 มีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงกว่าดังแสดงในภาพที่ 4.3.2 ประกอบกับช่องจราจรที่ 3 มีรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักวิ่งปะปนอยู่ เมื่อรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักเห็นสัญญาณที่จะเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักจากรถคันหน้า รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน ส่งผลทำให้อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าสูงขึ้น หลังจากนั้นที่เวลาประมาณ 17:22 แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีความยาวน้อยลงจนทำให้สภาพคอขวดจราจรนั้นหายไปตั้งแต่วลาประมาณ 17:23

4.3.3 **สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด** (Free flow state, 17:23 - 17:33)

การที่ปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลักได้หายไปนั้นเกิดขึ้นจากความต้องการเดินทางต่อไปบนทางหลักมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนช่องจราจรของรถในช่วงเวลานี้ยังคงเกิดขึ้นโดยเห็นได้จากการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมในอัตราประมาณ 1,510 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.4 โดยมีสาเหตุมาจากการที่รถสามารถวิ่งออกจากทางหลักด้วยอัตราประมาณ 2,780 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.3 ทำให้ช่องจราจรที่ 2 มีปริมาณรถน้อยส่งผลทำให้มีระยะห่างระหว่างคันมาก ในขณะที่ช่องจราจรที่ 1 เต็มไปด้วยรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจึงทำให้รถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 และต้องการวิ่งออกจากทางหลักสามารถเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 2 ได้อย่างง่ายดายเนื่องจากแถวคอยของรถในช่องจราจรที่ 2 มีความยาวไม่มาก นอกจากนั้นรถในช่องจรจรที่ 4 ก็สามารถเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 3 ได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็วด้วยเช่นกัน เนื่องจากความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 4 นั้นมีค่าสูงกว่าความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 4.3.2

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ก็ยังคงเกิดขึ้น เนื่องจากช่องจราจรที่ 3 มีรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักปะปนอยู่ ทำให้ผู้ที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักเลือกเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทนซึ่งเกิดขึ้นในอัตราประมาณ 330 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.5 หลังจากนั้นอีก 1 นาทีถัดมา ความต้องการเดินทางบนทางหลักมีมาอย่างต่อเนื่องจนทำให้เกิดสภาพคอขวดจราจรขึ้นอีกครั้งตั้งแต่เวลาประมาณ 17:33 เป็นต้นไป

4.3.4 **คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่** 2 (High-capacity state, 17:33 – 17:35)

สภาพคอขวดจราจรนี้เกิดขึ้นเมื่อมีความต้องการเดินทางบนทางหลักมาอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักเริ่มมีความยาวเพิ่มมากขึ้นและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำตั้งแต่เวลาประมาณ 17:33 เป็นต้นไป โดยความจุของคอขวดจราจรในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าประมาณ 2,720 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.1 เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรพบว่า อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายเริ่มมีค่าลดลงเหลือ 1,080 คันต่อชั่วโมงตั้งแต่เวลาประมาณ 17:33 เป็นต้นไปดังแสดงในภาพที่ 4.3.4 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีความยาวมาก ส่งผลทำให้การเปลี่ยนช่องจราจรจากช่องจราจรที่ 3 เพื่อวิ่งออกจากทางหลักทำได้ยาก ดังนั้น รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 จึงพยายามเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาพบว่า ตั้งแต่เวลาประมาณ 17 :33 เป็นต้นไป รถเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาในอัตราเพิ่มขึ้นเป็น 510 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.5 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากช่องจราจรที่ 4 มีความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่สูงกว่าดังแสดงในภาพที่ 4.3.2 ประกอบกับช่องจราจรที่ 3 เกิดการชะลอความเร็วของรถที่ต้องการเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักที่มีปริมาณมากขึ้นจนสามารถสังเกตเห็นการกีดขวางสลับกับไม่กีดขวางของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 คอขวดจราจรที่มีค่าความจุสูงนี้ดำรงอยู่ได้ประมาณ 2 นาที หลังจากนั้นจึงกลายเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำตั้งแต่เวลา 17:35 เป็นต้นไป

4.3.5 **คอขวดจราจรความจุต่ำ** (Low-capacity state, 17:35 - 17:36)

การเปลี่ยนสภาพคอขวดจราจรจากความจุสูงเป็นความจุต่ำเกิดขึ้นจากรถในช่องจราจรที่ 3 พยายามเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 แต่ใช้เวลาในการเปลี่ยนช่องจราจรมาก เนื่องจากแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 2 มีระยะห่างระหว่างคันน้อยจนต้องหยุดเพื่อรอให้รถในช่องจราจรที่ 2 เคลื่อนที่จนมีระยะห่างให้สามารถเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ได้ การหยุดรอของรถบนช่องจราจรที่ 3 นี้ทำให้รถคันหลังที่วิ่งตามมาไม่สามารถเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรอื่นแทนได้ส่งผลทำให้ในช่วงเวลาดังกล่าว ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีค่าลดลงดังแสดงในภาพที่ 4.3.2 นอกจากนั้น รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงเหลือช่องจราจรที่ 4 เพียงช่องจราจรเดียว ดังนั้น รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักซึ่งวิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 จึงมีการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาจะเห็นได้ว่า รถเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ในอัตราเฉลี่ย 510 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.5 นอกจากนั้น การกีดขวางบน

ช่องจราจรที่ 3 อันมีสาเหตุมาจากรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักไม่สามารถเปลี่ยนช่องจราจรได้อย่างสมบูรณ์นี้ทำให้ค่าความจุของทางหลักลดลงเหลือเพียง 1,570 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.1 หลังจากนั้นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำจึงเปลี่ยนเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุสูงต่อไป

4.3.6 **คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่** 3 (High-capacity state, 17:36 – 17:39)

เมื่อรถที่เบียดแทรกจากช่องจราจรที่ 3 สามารถเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ได้อย่างสมบูรณ์แล้ว ทำให้ค่าความจุของทางหลักกลับมามีค่าประมาณ 2,720 คันต่อชั่วโมงอีกครั้งดังแสดงในภาพที่ 4.3.1 ในช่วงเวลาดังกล่าวจะเห็นได้ชัดเจนว่า ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 เริ่มกลับเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ความเร็วของช่องจราจรที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักดังแสดงในภาพที่ 4.3.2

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรพบว่า รถมีอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายประมาณ 1,080 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.4 ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าคงเดิม ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก ช่องจราจรที่ 3 ไม่ถูกปิดกั้นจากรถที่เปลี่ยนช่องจราจรอย่างไม่สมบูรณ์ จึงทำให้รถในช่องจราจรที่ 3 และ 4 สามารถเคลื่อนตัวได้เรื่อยๆ ถึงแม้ว่าแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักจะมีความยาวเพิ่มมากขึ้นและเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งก็ตาม ในขณะเดียวกัน รถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 ก็ยังคงเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 เพื่อวิ่งต่อไปบนทางหลักเนื่องจากช่องจราจรที่ 4 เป็นช่องจราจรที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงกว่าและรถในช่องจราจรที่ 4 ส่วนใหญ่แล้วเป็นรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลัก

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.3.3 พบว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวปริมาณรถบนทางคู่ขนานมีมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของรถที่วิ่งออกจากทางหลักลดลงเหลือเพียง 2,080 คันต่อชั่วโมงซึ่งทำให้เกิดแถวคอยสะสมของรถที่วิ่งออกจากทางหลักยาวมากยิ่งขึ้นและเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่เป็นแบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งดังที่กล่าวไว้ในข้างต้น จากนั้นจึงกลายเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำอีกครั้งที่เวลาประมาณ 17:39

4.3.7 **คอขวดจราจรความจุต่ำครั้งที่** 2 (Low-capacity state, 17:39 – 17:42)

เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานเป็นครั้งแรกที่เวลาประมาณ 17:39 ดังแสดงในภาพที่ 4.3.3 ส่งผลทำให้ความเร็วของช่องจราจรที่ 4 มีค่าสูงขึ้นในขณะที่ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและลดลงเหลือประมาณ 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.2 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานสามารถ

ระบายรถเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้ในอัตราประมาณ 3,110 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.3 โดยการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีระยะห่างระหว่างรถเพียงพอสำหรับรถในช่องจราจรที่ 3 ในการเบียดแทรกเพื่อเข้าช่องจราจรที่ 2 ได้อย่างปลอดภัย

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีความยาวมาก การระบายรถนี้ทำให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักเปลี่ยนมาใช้ช่องจราจรที่ 3 และวิ่งมาเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออก ดังนั้น เมื่อเจ้าหน้าที่ตำรวจเลิกปิดการจราจรบนทางคู่ขนานที่เวลาประมาณ 17:41 ดังแสดงในภาพที่ 4.3.3 ทำให้ช่องจราจรที่ 3 มีรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักชะลอความเร็วและหยุดเพื่อรอที่จะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 2 จึงทำให้เกิดแถวคอยของรถที่หยุดรอเพื่อที่จะเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ขึ้นบนช่องจราจรที่ 3 และส่งผลทำให้รถคันหลังที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักต้องหยุดหรือลดความเร็วและหาจังหวะที่จะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน จึงทำให้ช่องจราจรที่สามารถวิ่งต่อไปบนทางหลักได้เหลือเพียงช่องจราจรเดียวซึ่งทำให้ค่าความจุของทางหลักลดลงเหลือเพียง 1,670 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.1 ยิ่งไปกว่านั้นรถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 และต้องการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ก็สามารถทำได้ลำบาก ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วของช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีความแตกต่างกันมากดังแสดงในภาพที่ 4.3.2 ทั้งนี้ เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานอีกครั้งทำให้คอขวดจราจรที่มีความจุต่ำเปลี่ยนเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุสูงอีกครั้งที่เวลาประมาณ 17:42 เป็นต้นไป

4.3.8 **คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่** 4 (High-capacity state, 17:42 – 17:47)

เมื่อพิจารณาที่เวลาประมาณ 17:42 พบว่า เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานอีกครั้งโดยสามารถระบายรถออกจากทางหลักได้ถึง 3,520 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.3.3 และสามารถทำให้ความเร็วเฉลี่ยของทั้งช่องจราจรที่ 3 และ 4 กลับมามีค่าสูงขึ้นได้ดังแสดงในภาพที่ 4.3.2 การที่สภาพคอขวดจราจรกลับมามีค่าสูงอีกครั้งเกิดขึ้นจาก เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานเป็นเวลาประมาณ 3 นาที ทำให้แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงขึ้น ดังนั้น รถที่หยุดรออยู่บนช่องจราจรที่ 3 จึงสามารถเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็วเนื่องจากในช่องจราจรที่ 2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและมีระยะห่างระหว่างคันมาก ทำให้การเปลี่ยนจากช่องจราจรที่ 3 เข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ไม่ส่งผลกระทบต่อรถคันหลังที่วิ่งตามมาให้เกิดการชะลอความเร็วมากนักและเมื่อ

ช่องจราจรที่ 3 ปราศจากการกีดขวางเนื่องจากรถที่กำลังเปลี่ยนช่องจราจรเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ที่ไม่สมบูรณ์จึงทำให้ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 มีค่าเพิ่มสูงขึ้น

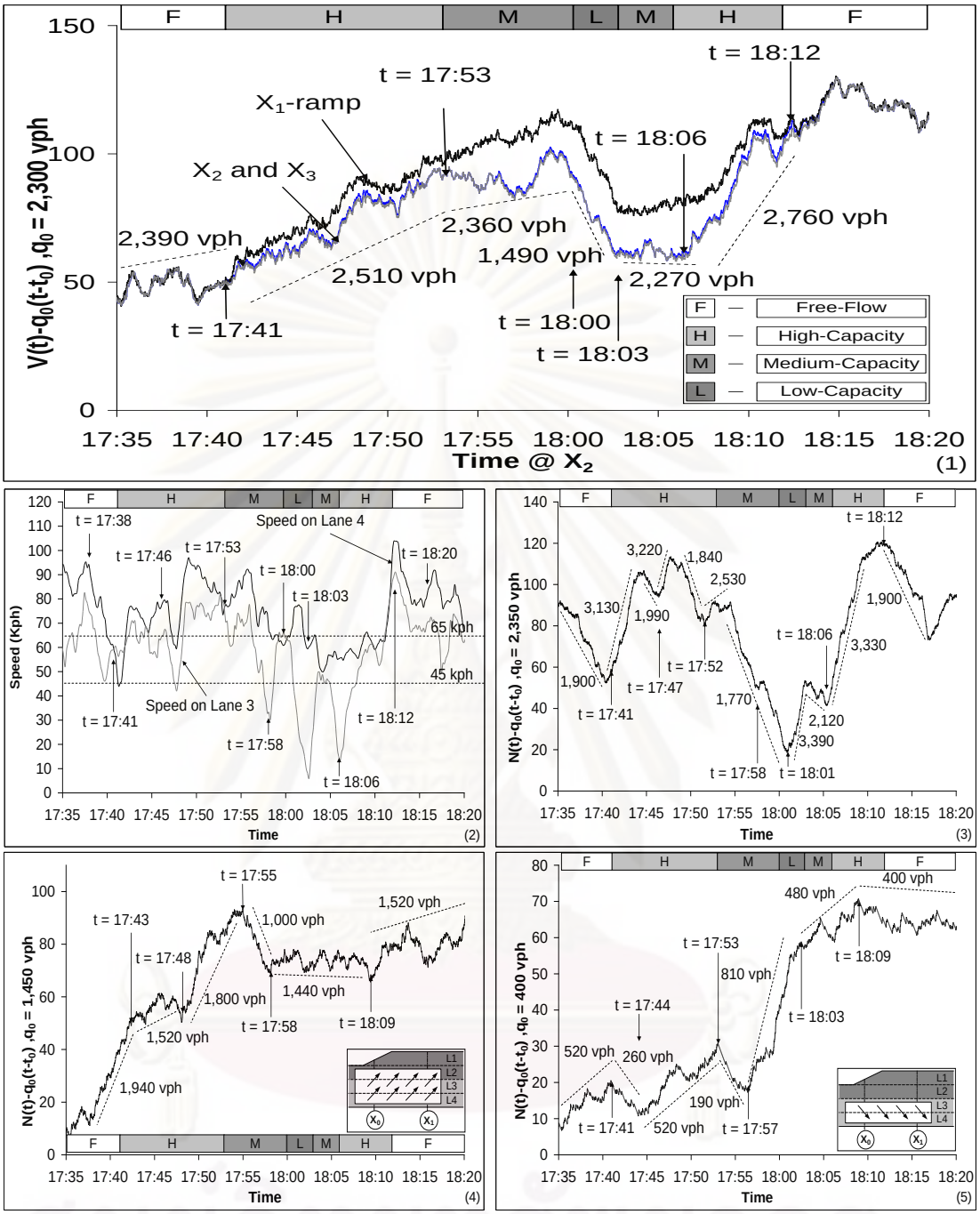
เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาพบว่า ตั้งแต่เวลาประมาณ 17:42 รถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาด้วยอัตราลดลงเหลือเพียง 200 คันต่อชั่วโมง โดยการลดลงนี้มีสาเหตุมาจากความเร็วเฉลี่ยของทั้งช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักดังแสดงในภาพที่ 4.3.2 ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงสามารถใช้ได้ทั้งช่องจราจรที่ 3 และ 4 ทำให้ความจุของทางหลักกลับมามีค่าสูงขึ้นเป็น 2,690 คันต่อชั่วโมง

อย่างไรก็ตาม การปิดจราจรบนทางคู่ขนานของเจ้าหน้าที่ตำรวจในครั้งนี้ทำให้แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักหมดไปที่เวลาประมาณ 17:47 พร้อมกันกับความต้องการเดินทางของรถบนทางหลักลดลง จึงทำให้สภาพคอขวดจราจรสิ้นสุดที่เวลาประมาณ 17:47

4.4 ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

ภาพที่ 4.4 แสดงข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ พ .ศ. 2553 เมื่อเริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลาประมาณ 17:35 พบว่า แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจำนวน 2 แถวคอยได้ก่อตัวขึ้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว แต่อย่างไรก็ตามยานพาหนะบนทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระเนื่องจากความต้องการเดินทางต่อไปบนทางหลักน้อยและแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักเคลื่อนที่ได้เรื่อยๆประกอบกับไม่มีการเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลัก จึงทำให้ช่องจราจรที่ 3 และ 4 เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและปราศจากการกีดขวาง

อีกประมาณ 5 นาทีถัดมาพบว่า ความต้องการเดินทางบนทางหลักมีมาอย่างต่อเนื่องจนทำให้เกิดสภาพคอขวดจราจรที่เวลาตั้งแต่ประมาณ 17:41 เป็นต้นไปดังแสดงในภาพที่ 4.4.1 โดยสภาพคอขวดจราจรที่เกิดขึ้นนั้นคงอยู่จนถึงเวลาประมาณ 18:13 หลังจากนั้นจึงสิ้นสุดไป นอกจากนั้นตลอดเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลพบว่า ปราศจากการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณต้นทางและปลายทางของพื้นที่ศึกษารวมไปถึงไม่มีแถวคอยยาวล้นออกมาจากในบริเวณปลายทางของถนนซึ่งสามารถยืนยันได้จากเส้นกราฟจำนวนยานพาหนะสะสมที่ตำแหน่ง X_2 และ X_3 ซ้อนทับกันตลอดเวลา



ภาพที่ 4.4 ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

(1) กราฟสะสมเชิงเอียงของยานพาหนะบนทางหลักที่ตำแหน่ง X_1, X_2 และ X_3

(2) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 ที่ตำแหน่ง X_1

(3) กราฟแสดงจำนวนยานพาหนะที่วิ่งออกจากทางหลักสะสมที่ตำแหน่ง X_2

(4) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

(5) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

4.4.1 **สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด** (High-capacity state, 17:35 - 17:41)

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4.1 พบว่า รถบนทางหลักสามารถวิ่งได้อย่างอิสระตั้งแต่เวลาประมาณ 17:35 เป็นต้นไป การเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระของรถบนทางหลักนี้มีสาเหตุจากความต้องการเดินทางบนทางหลักมีน้อย เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4.2 ที่เวลาประมาณ 17 :38 พบว่าความเร็วของรถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 และ 4 เริ่มมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากช่องจราจรข้างเคียงนั้นเป็นแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลัก ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำและเริ่มเกิดการเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักของรถบนช่องจราจรที่ 3

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายพบว่า รถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายในอัตรา 1,940 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.4.4 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักส่วนใหญ่จะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักตั้งแต่ในบริเวณต้นทางของถนน ในขณะที่รถบางส่วนจะเลือกใช้ช่องจราจรที่ 3 ก่อนที่จะวิ่งมาเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักซึ่งทำให้ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีแนวโน้มลดลงดังแสดงในภาพที่ 4.4.2

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาพบว่า รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 เปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ในอัตรา 520 คันต่อชั่วโมง โดยมีสาเหตุมากจากการที่ช่องจราจรที่ 4 เป็นช่องจราจรที่มีความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่สูงและมีระยะห่างระหว่างรถมากกว่า อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4.3 พบว่า ตั้งแต่เวลาประมาณ 17 :35 รถสามารถเคลื่อนที่ออกจากทางหลักได้ในอัตรา 1,900 คันต่อชั่วโมงส่งผลทำให้แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มมากขึ้นในเวลาต่อมาจนทำให้เกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลักเนื่องมาจากการชะลอความเร็วของรถบนช่องจราจรที่ 3 เนื่องมาจากการเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักตั้งแต่เวลาประมาณ17:41

4.4.2 **คอขวดจราจรความจุสูง** (High-capacity state, 17:41 - 17:53)

หลังจากเกิดสภาพคอขวดจราจรขึ้นมาแล้วพบว่า ความจุของคอขวดในสภาพนี้มีความจุประมาณ 2,510 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.4.1 และเมื่อพิจารณาความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 และ 4 ดังแสดงในภาพที่ 4.4.2 จะพบว่า หลังจากเวลาประมาณ 17:41 ความเร็วของทั้ง 2 ช่องเริ่มมีค่าลดลงและคงที่อยู่ประมาณ 68 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจนถึงเวลาประมาณ 17:48 หลังจากนั้นจึงกลับมีค่าสูงขึ้นอีกครั้งจนถึงเวลาประมาณ 17:53 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวมีการเปลี่ยนช่องจราจรอย่างสมดุล และเมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4.3 พบว่า

เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานครั้งแรกที่เวลาประมาณ 17:41 ทำให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักเคลื่อนที่ด้วยอัตราประมาณ 3,130 คันต่อชั่วโมง

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4.4 พบว่า ตั้งแต่เวลาประมาณ 17:41 รถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายในอัตราประมาณ 1,940 คันต่อชั่วโมง การเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายในอัตราที่สูงนี้เกิดขึ้นจากรถบนช่องจราจรที่ 2 มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วอย่างต่อเนื่องและมีระยะห่างระหว่างคันมากพอสำหรับรถบนช่องจราจรที่ 3 ที่จะสามารถเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัยโดยไม่ส่งผลต่อรถคันที่วิ่งตามมาบนช่องจราจรที่ 3 มากนัก ประกอบกับรถบนช่องจราจรที่ 4 ก็สามารถเปลี่ยนมาใช้ช่องจราจรที่ 3 เพื่อวิ่งต่อไปบนทางหลักได้เนื่องจากช่องจราจรที่ 3 นั้นเกิดช่องว่างเนื่องจากการเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลัก ในขณะที่การเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 260 คันต่อชั่วโมงเป็น 520 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.4.5 จนถึงเวลาประมาณ 17:53 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากก่อนเวลาประมาณ 17:46 รถที่วิ่งอยู่ช่องจราจรที่ 3 และ 4 ส่วนใหญ่วิ่งด้วยความเร็วที่มากกว่า 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมงแสดงในรูปที่ 4.4.2 ทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักเลือกใช้ช่องจราจรที่ 3 และ 4 ในการวิ่งต่อไปบนทางหลักจนถึงเวลาประมาณ 17:46

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.4.2 ต่อไปจะเห็นได้ชัดเจนว่า หลังเวลาประมาณ 17:46 ความเร็วของช่องจราจรทั้ง 2 มีแนวโน้มลดลง โดยการลดลงของความเร็วเฉลี่ยนี้เกิดขึ้นจากการชะลอความเร็วและการเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักของรถในช่องจราจรที่ 3 ทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 พยายามเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน เนื่องจากเป็นช่องจราจรที่ปราศจากการเบียดแทรกและมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงกว่า จึงทำให้อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรคู่ขนานเป็นระยะเวลาสั้นๆที่เวลาประมาณ 17:47 ดังแสดงในรูปที่ 4.4.3 การปิดการจราจรทำให้ความเร็วเฉลี่ยของรถบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 เพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งส่งผลทำให้การเปลี่ยนช่องจราจรมีค่าลดลงเพียงช่วงขณะหนึ่งแล้วจึงกลับเพิ่มขึ้นมาจนกระทั่งเวลาประมาณ 17:53 โดยมีสาเหตุมากจากการเกิดแถวคอยของรถที่เบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 และทำให้เกิดสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางต่อไป

4.4.3 คอขวดจราจรความจุปานกลาง (Medium-capacity state, 17:53 – 18:00)

เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานในเวลาประมาณ 17:52 เป็นเวลาสั้นๆอีกครั้งดังแสดงในรูปที่ 4.4.3 โดยการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานสามารถทำให้ความเร็วเฉลี่ยของรถในช่องจราจรที่ 3 และ 4 เพิ่มขึ้นมาบ้างดังแสดงในรูปที่ 4.4.2 อย่างไรก็ตาม การที่เจ้าหน้าที่ตำรวจระบายรถออกจากทางหลักเป็นระยะเวลาที่น้อยเกินไป ส่งผลทำให้รถที่อยู่บนช่องจราจรที่ 3 ไม่สามารถเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการชะลอความเร็วบนช่องจราจรที่ 3 และเกิดการกีดขวางสลับกับไม่กีดขวางแก่รถบนช่องจราจรที่ 3 ในที่สุด

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายพบว่า หลังจากเวลาประมาณ 17:55 การเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายมีค่าลดลงจาก 1,800 คันต่อชั่วโมงเหลือเพียง 1,000 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 4.4.4 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแถวคอยของช่องจราจรที่ 2 มีการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งทำให้การเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักของรถในช่องจราจรที่ 3 ใช้เวลาในการเปลี่ยนช่องจราจรนานยิ่งขึ้น ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงเลือกเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทนโดยจะเห็นได้ว่า หลังจากเวลาประมาณ 17:53 รถในช่องจราจรที่ 3 เปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ในอัตราเพียง190 คันต่อชั่วโมงและเพิ่มขึ้นเป็น 810 คันต่อชั่วโมงในอีก 4 นาทีถัดมา ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก เมื่อเจ้าหน้าที่ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานจะทำให้รถบนช่องจราจรที่ 3 สามารถเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้โดยไม่กีดขวางแก่รถที่วิ่งตามมามากนัก เมื่อตำรวจเลิกปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้ช่องจราจรที่ 3 เกิดการชะลอความเร็วเนื่องจากการเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักมากยิ่งขึ้นจนเกิดเป็นแถวคอยของรถที่รอเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักกีดขวางแก่รถที่ต้องการวิ่งตรงไปบนช่องจราจรที่ 3

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4.3 ที่เวลาประมาณ 17:58 จะเห็นได้ว่า เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานเป็นระยะเวลาสั้นๆอีกครั้ง ซึ่งทำให้ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 และ 4 เพิ่มขึ้นมาเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งและลดลงดังแสดงในภาพที่ 4.4.2 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายพบว่า หลังจากเวลาประมาณ 17:58 รถมีอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายเพิ่มขึ้นเป็น 1,440 คันต่อชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้รถบนช่องจราจรที่ 2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วและมีระยะห่างระหว่างคันมากขึ้น ส่งผลให้รถในช่องจราจรที่ 3 สามารถเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้มากขึ้น ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าคงเดิม

อย่างไรก็ตาม การระบายรถออกจากทางหลักในระยะเวลาที่น้อยเกินไปทำให้แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 ยาวมากขึ้น ในขณะที่มีการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งเช่นเดิมทำให้ผู้ที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบางส่วนเลือกใช้ช่องจราจรที่ 3 และมาเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออกจากหลัก ส่งผลให้ความจุของคอขวดมีค่าลดลง สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางนี้มีค่าความจุประมาณ 2,360 คันต่อชั่วโมง หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำต่อไป

4.4.4 **คอขวดจราจรความจุต่ำ** (Low-capacity state, 18:00 - 18:03)

เมื่อความยาวของแถวคอยของรถบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ผู้ขับขี่เลือกที่จะวิ่งบนช่องจราจรที่ 3 ก่อนที่จะมาเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ในบริเวณใกล้ๆกับทางวิ่งออกจากทางหลัก การกระทำเช่นนี้ทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 ในหลายบริเวณ เนื่องจากหากช่องจราจรที่ 2 มีการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งแล้วจะทำให้ไม่มีช่องว่างพอสำหรับการเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลัก ดังนั้นรถในช่องจราจรที่ 3 จึงต้องหยุดคอยเพื่อรอจังหวะในการเปลี่ยนช่องจราจรจึงทำให้เหลือช่องจราจรที่ 4 เพียงช่องจราจรเดียวในการเดินทางต่อไปบนทางหลักและทำให้ความจุของทางหลักมีค่าลดลงเหลือเพียง 1,490 คันต่อชั่วโมง

เมื่อพิจาณารูปที่ 4.4.2 ที่เวลาประมาณ 18:00 พบว่า ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีแนวโน้มลดต่ำลง และเพิ่มขึ้นบ้างในอีกประมาณ 3 นาทีถัดมา ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานที่เวลาประมาณ 18:01 ดังแสดงในภาพที่ 4.4.3 จึงทำให้ความเร็วของทั้ง 2 ช่องจราจรมีค่าเพิ่มขึ้นมาได้บ้าง เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรพบว่า รถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายเฉลี่ยในอัตราประมาณ 1,440 คันต่อชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.4.4 เนื่องจากในช่วงที่ตำรวจระบายรถออกจากทางหลักจะทำให้รถบนช่องจราจรที่ 3 สามารถเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ได้บ้าง ประกอบกับแถวคอยบนช่องจราจรที่ 2 มีการเคลื่อนที่อย่างเรื่อยๆ ทำให้ผู้ใช้รถเลือกที่จะใช้ช่องจราจรให้ถูกต้องตั้งแต่ในบริเวณต้นทางของถนน เนื่องจากหากเจ้าหน้าที่ตำรวจไม่ได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานจะทำให้แถวคอยบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 กลับมาเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง หากผู้ขับขี่เลือกใช้ช่องจราจรที่ 3 แล้วไปเบียดแทรกในบริเวณที่ใกล้กับทางออกจะทำได้ยากและอาจโดนเจ้าหน้าที่ตำรวจไล่ไม่ให้วิ่งออกจากทางหลักอีกด้วย

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาพบว่า รถบนช่องจราจรที่ 3 ยังคงเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ในอัตรา 810 คันต่อชั่วโมงเท่าเดิม เนื่องจากช่องจราจรที่ 4 นั้น

ปราศจากการกีดขวางจากรถที่ต้องการเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักและมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงกว่าช่องจราจรที่ 3 แต่จะเห็นได้ว่า ความเร็วของทั้ง 2 ช่องจราจรนั้นมีความแตกต่างกันมาก ดังนั้นผู้ใช้รถจึงมีการเปลี่ยนช่องจราจรในบริเวณต้นทางของถนนเป็นส่วนใหญ่ คอขวดที่มีความจุต่ำนี้ดำรงอยู่ได้ประมาณ 3 นาทีและสลายไปเมื่อเจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานตั้งแต่เวลาประมาณ 18:01

4.4.5 **คอขวดจราจรความจุปานกลางครั้งที่** 2 (Medium-capacity state, 18:03 – 18:06)

การที่เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานตั้งแต่เวลาประมาณ 18:01 ส่งผลทำให้ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 ค่าสูงขึ้นในอีก 1 นาทีถัดมาดังแสดงในภาพที่ 4.4.2 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนช่องจราจรพบว่า รถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายเท่ากับ 1,440 คันต่อชั่วโมงคงเดิม แต่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าลดลงจาก 810 คันต่อชั่วโมงเหลือประมาณ 480 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4.4.4 และ 4.4.5 ตามลำดับ การลดลงของการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวานี้แสดงให้เห็นว่า รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักส่วนใหญ่นั้นมีการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ตั้งแต่ในบริเวณต้นทางของถนนเรียบร้อยแล้ว ในขณะที่การเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายยังคงเดิม การเลิกปิดการจราจรบนทางคู่ขนานนี้ทำให้ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีค่าลดลงอีกครั้งจนกระทั่งเมื่อตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานที่เวลาประมาณ 18:06 คอขวดจราจรนี้จึงเปลี่ยนเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูงต่อไป

4.4.6 **คอขวดจราจรความจุสูงครั้งที่** 2 (High-capacity state, 18:06 – 18:12)

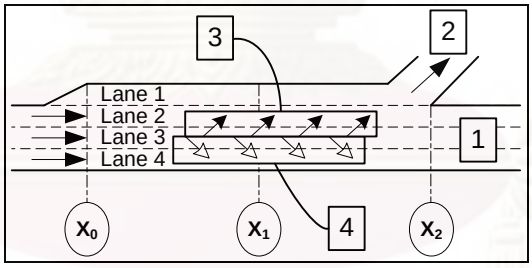
เมื่อตำรวจปิดการจราจรอีกครั้งตั้งแต่เวลาประมาณ 18:06 เป็นเวลาประมาณ 5 นาที ทำให้รถวิ่งออกจากทางหลักด้วยอัตราประมาณ 3,300 คันต่อชั่วโมง การระบายรถออกจากทางหลักนี้ทำให้ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 และ 4 กลับมามีค่าสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.4.2 นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนช่องจราจรพบว่า รถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายในอัตราประมาณ 1,520 คันต่อชั่วโมง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการระบายรถของเจ้าหน้าที่ตำรวจทำให้แถวคอยในช่องจราจรที่ 1 และ 2 เปลี่ยนการเคลื่อนที่จากวิ่งสลับกับหยุดนิ่งกลายเป็นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ ส่งผลทำให้มีระยะห่างระหว่างคันมากพอสำหรับการเบียดแทรกจากช่องจราจรที่ 3 ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าประมาณ 400 คันต่อชั่วโมง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักส่วนใหญ่จะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน เนื่องจากก่อนที่ตำรวจจะระบายรถนี้ ช่องจราจรที่ 3 เป็นช่องจราจรที่ติดขัดและการเปลี่ยนช่องจราจรสามารถทำได้ยาก เนื่องจากความเร็วของช่องจราจรทั้ง 2 แตกต่างกันมาก เมื่อตำรวจระบายรถทำ

ให้ช่องจราจรที่ 3 มีความเร็วที่สูงขึ้นจึงสามารถเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ได้ตั้งแต่เนิ่นๆ การระบายรถของเจ้าหน้าที่ตำรวจในครั้งนี้สามารถทำให้แถวคอยของช่องจราจรที่ 1 และ 2 หมดไป สภาพคอขวดจราจรนี้จึงสลายไปที่เวลาประมาณ 18:12 และหลังจากนั้นอีก 3 นาทีต่อมาความต้องการเดินทางบนทางหลักมีค่าลดลง

4.5 **สรุปข้อมูลจราจร**

การวิเคราะห์ข้อมูลจราจรทั้งสิ้น 4 วันทำให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงความจุของทางหลักรวมไปถึงพฤติกรรมของการจราจรในแต่ละลักษณะ จากการศึกษาพบว่า คอขวดจราจรบนทางหลักจะเกิดขึ้นเมื่อแถวคอยของรถบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 ปกคลุมไปด้วยแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลัก โดยแถวคอยเหล่านี้มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำหรือการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งในขณะที่รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักสามารถใช้ช่องจราจรที่ 3 และ 4 ในการวิ่งต่อไปบนทางหลักเมื่อเกิดปัญหาคอขวดจราจรขึ้น

ภาพที่ 4.5 แสดงถึงตัวอย่างของตำแหน่งในการวัดปริมาณจราจรในแต่ละทิศทาง รวมไปถึงอัตราการเปลี่ยนช่องจราจร อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ง่ายต่อการลำดับเหตุการณ์ ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมการเปลี่ยนแปลงของสภาพการจราจรที่ได้จากการเก็บข้อมูลบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 วัน โดยแสดงข้อมูลที่สำคัญของสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นที่เวลาต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.5 สัญลักษณ์แทนข้อมูลจราจรที่นำเสนอในตารางที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลจราจร

วันที่	ช่วงเวลา	สภาพจราจร	ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)				หมายเหตุ
			1	2	3	4	
10/8/2552	17:00 - 17:17	ไม่ติดขัด	2,570	2,520	1,380	100	- รถวิ่งออกจากทางหลักด้วยความเร็วสูง - รถเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายได้รวดเร็ว
	17:17 - 17:36	คอขวดความจุสูง	2,760	2,510 (2,100 - 3,380)	1,170 (1,120 - 1,380)	200 (100 - 210)	- เกิดแถวคอยรถออกคลอบคลุมทั้ง 2 ช่อง-จราจรและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ - เกิดการชะลอความเร็วบนช่องจราจรที่ 3
	17:36 - 18:05	คอขวดความจุปานกลาง	2,300	2,450 (1,880 - 3,380)	860 (780 - 960)	180 (75 - 260)	- แถวคอยรถออกเคลื่อนที่แบบวิ่งๆหยุดๆ - รถเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายได้ลดลง - เริ่มเกิดแถวคอยรอเลี้ยวบนช่องจราจรที่ 3
17/8/2552	16:55 - 17:03	ไม่ติดขัด	2,080	2,220	1,130	60	- แถวคอยรถออกยาวไม่มาก/ไม่มีเลย - รถวิ่งออกจากทางหลักด้วยความเร็วสูง - รถเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายได้รวดเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลจราจร (ต่อ)

วันที่	ช่วงเวลา	สภาพจราจร	ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)				หมายเหตุ
			1	2	3	4	
17/8/2552	17:03 - 17:16	คอขวดความจุสูง	2,750	2,570 (1,960 - 3,320)	830 (580 - 1,260)	250 (190 - 550)	- แถวคอยรถออกหนาแน่นมากขึ้น - รถตรงเริ่มเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 - ช่องจราจรที่ 3 เกิดการชะลอความเร็ว
	17:16 - 17:21	คอขวดความจุปานกลาง	2,430	2,320	1,010	220	- แถวคอยรถออกเคลื่อนที่แบบวิ่งๆหยุดๆ - เริ่มพบเห็นแถวคอยรอเลี้ยวบนช่องจราจรที่ 3 - ตำรวจไม่ได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน
	17:21 - 17:25	คอขวดความจุสูง	2,690	2,890 (2,600 - 3,180)	1,010	220	- ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน - แถวคอยรถออกวิ่งได้เรื่อยๆ - แถวคอยรอเลี้ยวบนช่องจราจรที่ 3 หายไป
	17:25 - 17:27	คอขวดความจุต่ำ	1,900	2,600	1,010	220	- เกิดแถวคอยของรถวิ่งออกบนช่องจราจรที่ 3 - แถวคอยรถออกเคลื่อนที่แบบวิ่งๆหยุดๆ - ตำรวจไม่ได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลจราจร (ต่อ)

วันที่	ช่วงเวลา	สภาพจราจร	ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)				หมายเหตุ
			1	2	3	4	
17/8/2552	17:27 - 17:30	คอขวดความจุสูง	2,760	3,200	850	220	- ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน - แถวคอยรถออกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง - ความต้องการเดินทางบนทางหลักลดลง
4/2/2553	17:05 - 17:16	ไม่ติดขัด	2,430	2,130	1,270	200	- แถวคอยรถออกมีความยาวไม่มากและวิ่งด้วยความเร็วสูง - รถเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายได้รวดเร็ว
	17:16 - 17:22	คอขวดความจุสูง	2,600	2,780	1,270	460 (330 - 690)	- เกิดแถวคอยรถออกคลอบคลุมทั้ง 2 ช่อง-จราจรและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ - รถบนช่องจราจรที่ 3 เกิดการชะลอความเร็ว
	17:22 - 17:33	ไม่ติดขัด	2,300	2,600 (2,490 - 2,780)	1,510	330	- ความต้องการบนทางหลักมีค่าลดลง - แถวคอยรถออกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง - แถวคอยรถออกครอบคลุม 1 ช่องจราจร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลจราจร (ต่อ)

วันที่	ช่วงเวลา	สภาพจราจร	ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)				หมายเหตุ
			1	2	3	4	
4/2/2553	17:33 - 17:35	คอขวดความจุสูง	2,720	2,500 (2,490 - 3,090)	1,080	510	- ความต้องการเดินทางหลักมีมาเรื่อยๆ - แถวคอยรถออกครอบคลุม 2 ช่องจราจร - รถบนช่องจราจรที่ 3 เกิดการชะลอความเร็ว
	17:35 - 17:36	คอขวดความจุต่ำ	1,570	3,090	1,080	510	- ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานน้อยไป - แถวคอยรถออกเคลื่อนที่แบบวิ่งๆหยุดๆ - เกิดแถวคอยรอเลี้ยวบนช่องจราจรที่ 3
	17:36 - 17:39	คอขวดความจุสูง	2,720	2,080	1,080	510	- ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน - แถวคอยรอเลี้ยวบนช่องจราจรที่ 3 หายไป - รถวิ่งต่อไปบนทางหลักได้ 2 ช่องจราจร
	17:39 - 17:42	คอขวดความจุต่ำ	1,670	3,110	1,080	510	- ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานน้อยไป - เกิดแถวคอยรอเลี้ยวบนช่องจราจรที่ 3 - แถวคอยรถออกเคลื่อนที่แบบวิ่งๆหยุดๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลจราจร (ต่อ)

วันที่	ช่วงเวลา	สภาพจราจร	ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)				หมายเหตุ
			1	2	3	4	
4/2/2553	17:42 - 17:47	คอขวดความจุสูง	2,690	3,200 (1,920 - 3,520)	1,080	200	- ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน - รถวิ่งออกจากทางหลักด้วยความเร็วสูง - แถวคอยบนช่องจราจรที่ 3 หายไป
11/2/2553	17:35 - 17:41	ไม่ติดขัด	2,390	1,900	1,940	520	- แถวคอยรถออกปกคลุมทั้ง 2 ช่องจราจร และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ - ช่องจราจรที่ 3 และ 4 ปราศจากการกีดขวาง
	17:41 - 17:53	คอขวดความจุสูง	2,510	2,470 (1,840 - 3,220)	1,710 (1,520 - 1,940)	490 (260 - 520)	- แถวคอยรถออกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ - ช่องจราจรที่ 3 และ 4 ปราศจากการกีดขวาง - ความต้องการเดินทางบนทางหลักเพิ่มขึ้น
	17:53 - 18:00	คอขวดความจุปานกลาง	2,360	1,990 (1,770 - 2,530)	1,350 (1,000 - 1,800)	570 (190 - 810)	- แถวคอยรถออกเคลื่อนที่แบบวิ่งๆหยุดๆ - รถใช้ช่องจราจรที่ 3 มาเบียดแทรกมากขึ้น - เกิดการกีดขวางขวางบนช่องจราจรที่ 3 บ้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

59

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลจราจร (ต่อ)

วันที่	ช่วงเวลา	สภาพจราจร	ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)				หมายเหตุ
			1	2	3	4	
11/2/2553	18:00 - 18:03	คอขวดความจุต่ำ	1,490	2,850 (1,770 - 3,390)	1,440	810	- เกิดแถวคอยรอเบียดแทรกบนช่องจราจรที่ 3 - รถวิ่งตรงเหลือช่องจราจรเดียว - รถตรงหาจังหวะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4
	18:03 - 18:06	คอขวดความจุปานกลาง	2,270	2,120	1,440	480	- ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน - แถวคอยรถออกบนช่องจราจรที่ 3 ลดลง - รถตรงรอจังหวะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4
	18:06 - 18:12	คอขวดความจุสูง	2,760	3,330	1,480 (1,440 - 1,520)	440 (400 - 480)	- ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน - แถวคอยรถออกวิ่งด้วยความเร็วสูง - รถเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ

หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรที่ได้จากการเก็บข้อมูลจราจรเป็นเวลา 4 วัน ทำให้สามารถอธิบายพฤติกรรมของคอขวดจราจรแบบทางแยกออกที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ศึกษานี้ได้ เนื่องจากการเก็บข้อมูลจราจรในแต่ละวันอาจมีพฤติกรรมจราจรที่แตกต่างจากวันอื่นไปบ้าง เช่น ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ซึ่งขณะเริ่มทำการเก็บข้อมูลพบว่ามีแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักอยู่บ้างแล้ว แต่อย่างไรก็ตามรถบนทางหลักนั้นยังคงสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระอยู่ ในขณะที่ข้อมูลจราจรอีก 3 วันที่เหลือ ขณะเริ่มต้นทำการเก็บข้อมูลจราจรไม่พบแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลัก ดังนั้น ในการนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบในบทนี้จะเริ่มจากข้อมูลพฤติกรรมของคอขวดจราจรประเภททางแยกออกดังนี้

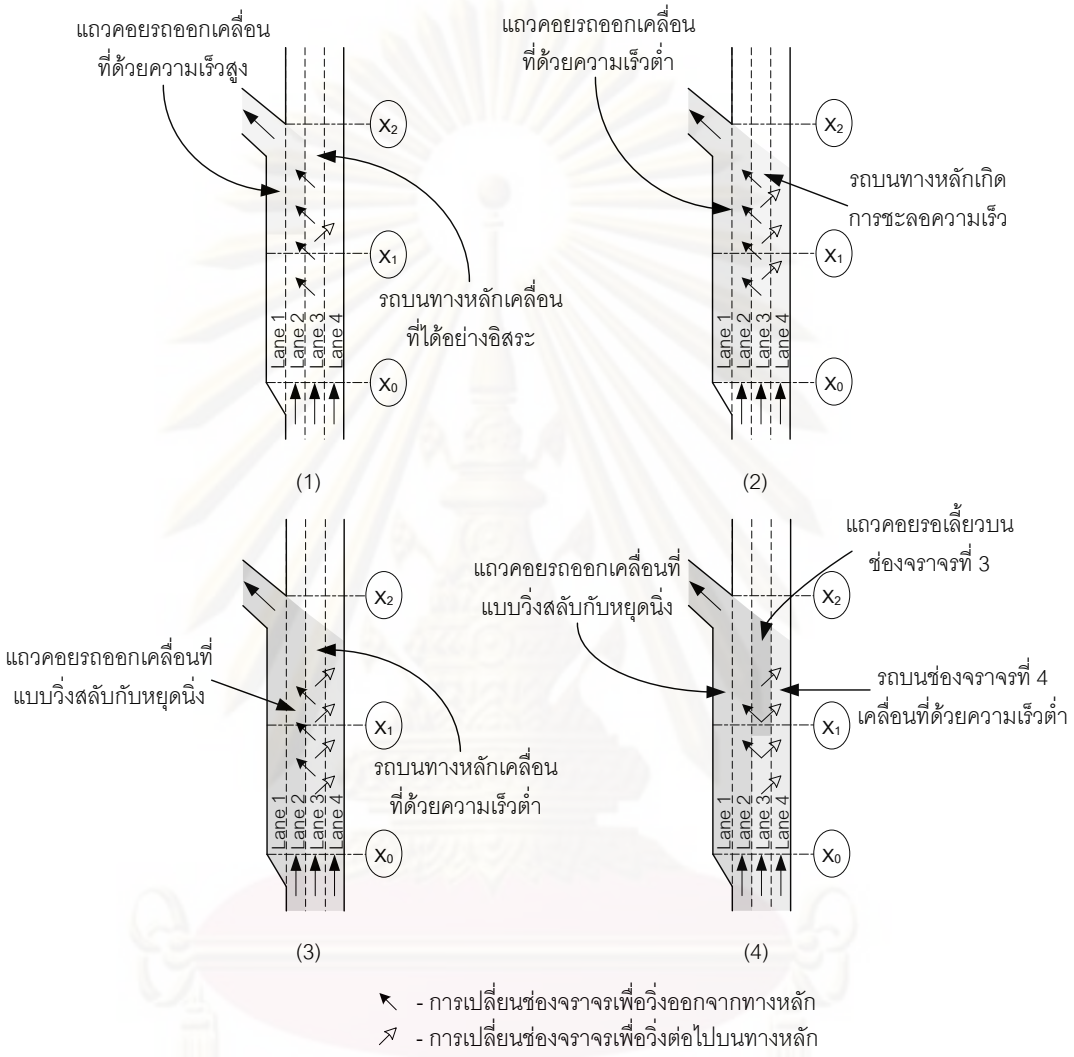
5.1 พฤติกรรมบริเวณคอขวด

5.1.1 สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด

ภาพที่ 5.1.1 แสดงตัวอย่างของสภาพการจราจรที่ไม่ติดขัด การจราจรในสภาพนี้จะสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนว่า แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 1 นั้นมีความยาวไม่มาก และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงเนื่องจากปริมาณรถบนทางคู่ขนานนั้นมีน้อย จึงทำให้รถสามารถวิ่งออกจากทางหลักได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักส่วนใหญ่จะใช้ช่องจราจรที่ 1 ในการวิ่งออกจากทางหลักแต่เพียงช่องจราจรเดียวจึงทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักสามารถใช้ช่องจราจรที่ 2 3 และ 4 ในการวิ่งต่อไปบนทางหลักได้ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อช่องจราจรที่ 1 นั้นเริ่มเกิดแถวคอยสะสมจนมีความยาวเพิ่มขึ้น รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจะเริ่มใช้ช่องจราจรที่ 2 สำหรับวิ่งออกจากทางหลักโดยอัตโนมัติ และทำให้ช่องจราจรสำหรับวิ่งต่อไปบนทางหลักลดลงเหลือเพียง 2 ช่องจราจร คือ ช่องจราจรที่ 3 และ 4

เมื่อพิจารณาต่อไปพบว่า รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักยังคงเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระเนื่องจากปราศจากการกีดขวางหรือการชะลอความเร็วอันมีสาเหตุมาจากการที่แถวคอยบนช่องจราจรที่ 2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วและมีระยะห่างระหว่างคันมาก ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 จึงสามารถเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 2 ได้อย่างรวดเร็วทำให้ไม่เกิดการชะลอความเร็วต่อรถคันหลังที่วิ่งตามมา สำหรับสภาพการจราจรที่ไม่ติดขัดนี้ ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 และ 4 ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยช่องจราจรที่ 4 มี

ความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่สูงกว่าช่องจราจรที่ 3 เนื่องจากรถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 4 ส่วนใหญ่เป็นรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักในขณะที่ช่องจราจรที่ 3 นั้นมีรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักวิ่งปะปนอยู่



ภาพที่ 5.1 สภาพจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา

(1) สภาพจราจรที่ไม่ติดขัด

(2) สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูง

(3) สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลาง

(4) สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ

สำหรับทิศทางการเปลี่ยนช่องจราจรดังแสดงในรูปที่ 5.1.1 พบว่า รถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายเฉลี่ยในอัตราประมาณ 1 ,130 – 1,510 คันต่อชั่วโมง (สำหรับข้อมูลจราจรของวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552 พบว่า มีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้าย 1,940 คันต่อชั่วโมง) การเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายนี้เกิดขึ้นเนื่องจากรถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 2 วิ่งด้วยความเร็วสูง

และมีระยะห่างระหว่างคันมากทำให้การเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักจากช่องจราจรที่ 3 สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวา พบว่า รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 มีการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ในอัตราเฉลี่ยประมาณ 60 – 330 คันต่อชั่วโมง (สำหรับข้อมูลจราจรของวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552 พบว่า มีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาประมาณ 520 คันต่อชั่วโมง) โดยการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวานั้นมีสาเหตุมาจากการชะลอความเร็วของรถคันหน้าบนช่องจราจรที่ 3 หากแถวคอยบนช่องจราจรที่ 2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าช่องจราจรที่ 3 จะทำให้รถที่ต้องการเปลี่ยนช่องจราจรบนช่องจราจรที่ 3 ต้องชะลอความเร็วก่อนที่จะเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 จึงเป็นสาหตุทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักพยายามเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน

5.1.2 สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูง

ภาพที่ 5.1.2 แสดงตัวอย่างของสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูง เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 พบว่า แถวคอยเหล่านี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำเนื่องจากความต้องการเดินทางบนทางคู่ขนานนั้นมีมาอย่างเรื่อยๆ ประกอบกับมีการเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักจึงทำให้สามารถพบเห็นแถวคอยสะสมของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 ได้อย่างชัดเจน นอกจากนั้น รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจะเริ่มใช้ช่องจราจรที่ 3 และมาเปลี่ยนช่องจราจรในบริเวณใกล้ๆกับทางแยกออก ทำให้สามารถสังเกตเห็นการชะลอความเร็วของรถบนช่องจราจรที่ 3 จนทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

เมื่อพิจารณาถึงความเร็วในการเคลื่อนที่ของช่องจราจรที่ 3 และ 4 พบว่า ในสภาพคอขวดจราจรประเภทนี้ ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีค่าลดลงต่ำกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การลดลงของความเร็วบนช่องจราจรที่ 4 นั้นมีสาเหตุมาจาก รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 4 เห็นรถในช่องจราจรที่ 3 ชะลอความเร็วจึงมีการเตรียมพร้อมที่จะชะลอความเร็วหากมีรถในช่องจราจรที่ 3 เปลี่ยนมาใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน รวมไปถึงมีรถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 4 ชะลอความเร็วเพื่อจะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 3 และเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักต่อไป

นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรดังแสดงในรูปที่ 5. 1.2 พบว่า รถมีการเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักในอัตราเฉลี่ยลดลงเหลือประมาณ 830 – 1,480 คัน ต่อชั่วโมง (สำหรับข้อมูลจราจรของวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552 พบว่า มีการเปลี่ยนช่อง

จราจรไปทางซ้าย 1,710 คันต่อชั่วโมง) เนื่องจากการเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักของรถบนช่องจราจรที่ 3 นี้ยังคงสามารถทำได้เนื่องจากแถวคอยบนช่องจราจรที่ 2 สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างเรื่อยๆ ทำให้มีระยะห่างระหว่างคันมากพอที่จะให้รถในช่องจราจรที่ 3 เบียดแทรกเข้าได้อย่างรวดเร็วและไม่กีดขวางแก่รถที่วิ่งตามมา

สำหรับการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาพบว่า รถมีอัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาเพิ่มขึ้นจากสภาพการจราจรที่ไม่ติดขัด โดยรถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาในอัตราเฉลี่ย 200 - 510 คันต่อชั่วโมง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก เมื่อรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 เห็นสัญญาณของรถคันหน้าว่าจะวิ่งออกจากทางหลัก รถเหล่านี้จะพยายามเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 เพื่อวิ่งต่อไปบนทางหลักแทน เนื่องจากช่องจราจรที่ 4 นั้นมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงกว่าช่องจราจรที่ 3 และเมื่อรถเหล่านี้วิ่งผ่านบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออกไปแล้วก็สามารถเปลี่ยนกลับมาใช้ช่องจราจรที่ 3 ได้ เนื่องจากช่องจราจรที่ 3 นั้นเกิดช่องว่างเนื่องจากการเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลัก

5.1.3 **สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลาง**

ภาพที่ 5. 1.3 แสดงตัวอย่างของสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลาง เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของทั้ง 4 ช่องจราจรจะพบว่า แถวคอยบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 จะมีการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งในขณะที่ช่องจราจรที่ 3 และ 4 นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ ดังนั้น รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจึงใช้ช่องจราจรที่ 3 แล้วมาเบียดแทรกในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออกเนื่องจากแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวมาก

อย่างไรก็ดี ในสภาพคอขวดจราจรนี้ รถที่ใช้ช่องจราจรที่ 3 และวิ่งมาเบียดแทรกมีจำนวนไม่มากจนทำให้ไม่เห็นแถวคอยของรถที่เบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 ได้อย่างชัดเจน ส่วนใหญ่แล้วจะสังเกตเห็นเพียงแค่การกีดขวางสลับกับไม่กีดขวางของรถบนช่องจราจรที่ 3 เท่านั้น โดยในจังหวะที่เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 จะทำให้เหลือช่องจราจรในการวิ่งต่อไปบนทางหลักคือ ช่องจราจรที่ 4 เพียงช่องจราจรเดียว

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนช่องจราจรดังแสดงในรูปที่ 5. 1.3 พบว่า อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้าย เฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นเป็นประมาณ 860 – 1,440 คันต่อชั่วโมง อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายที่สูงนี้มีสาเหตุมาจากอยู่ในช่วงเวลาที่ตำรวจปิดการจราจร ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาเฉลี่ยมีค่าประมาณ 180 – 570 คันต่อชั่วโมง

สำหรับความเร็วเฉลี่ยของรถบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 พบว่า ความเร็วเฉลี่ยของทั้ง 2 ช่องจราจรมีแนวโน้มลดลงต่ำกว่า 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยช่องจราจรที่ 4 นั้นยังคงมีความเร็วเฉลี่ยสูงกว่า ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 จึงพยายามเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน เนื่องจากช่องจราจรที่ 4 เป็นช่องจราจรที่ปราศจากการกีดขวางและเป็นช่องจราจรที่มีความเร็วเฉลี่ยสูงกว่า ทำให้เห็นการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น

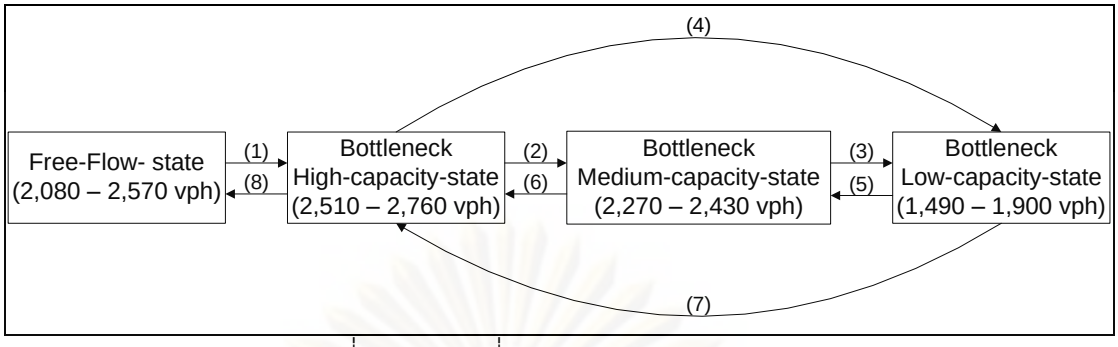
5.1.4 สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ

ภาพที่ 5.1.4 แสดงตัวอย่างของสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ คอขวดจราจรนี้มีลักษณะใกล้เคียงกับสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลาง คือ แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 นั้นมีการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง แต่ในสภาพคอขวดจราจรประเภทนี้จะสามารถพบเห็นแถวคอยของรถที่รอเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 บนช่องจราจรที่ 3 ได้อย่างชัดเจนทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นในสภาพคอขวดจราจรประเภทนี้จึงเหลือช่องจราจรสำหรับวิ่งต่อไปบนทางหลักเพียง 1 ช่องจราจร คือ ช่องจราจรที่ 4 เพียงช่องจราจรเดียว

ค่าความจุของคอขวดที่มีความจุต่ำนี้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,490 – 1,900 คันต่อชั่วโมง นอกจากนั้นการปิดกั้นบนช่องจราจรที่ 3 ยังส่งผลให้เกิดแถวคอยสะสมในทุกช่องจราจร รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงพยายามเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทนทำให้ความเร็วเฉลี่ยของทั้ง 2 ช่องจราจรมีค่าลดลง

5.2 การเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวด

ภาพที่ 5. 2 แสดงขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวดจราจรที่ได้จากการศึกษาข้อมูลจราจรเป็นเวลาทั้งสิ้น 4 วัน โดยจากการศึกษาพบว่า คอขวดจราจรที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ศึกษานี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 สถานะ คือ สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูง สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลาง และสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ ซึ่งจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงความจุในแต่ละสถานะในลำดับต่อไป



ภาพที่ 5.2 การเปลี่ยนแปลงความจุของทางหลัก

ตำแหน่งที่ (1) แสดงการเปลี่ยนสถานะจากสภาพการจราจรที่ไม่ติดขัดกลายเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูง การเปลี่ยนแปลงความจุของทางหลักนี้เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายเพื่อวิ่งออกจากทางหลักของรถบนช่องจราจรที่ 3 ในขณะที่แถวคอยของรถบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 มีความยาวไม่มาก แต่การเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายเพื่อวิ่งออกจากทางหลักมีมาอย่างต่อเนื่องจนทำให้แถวคอยบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 มีความหนาแน่นมากขึ้นและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ลดลงจนกลายเป็นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำในที่สุด

เมื่อแถวคอยของรถบนช่องจราจรที่ 2 มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำทำให้รถบนช่องจราจรที่ 3 ต้องชะลอความเร็วเพื่อหาจังหวะที่จะเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 จึงทำให้ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 มีค่าลดลง ดังนั้น รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงเริ่มเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทนเนื่องจากความเร็วของช่องจราจรที่ 4 มีค่าสูงกว่าช่องจราจรที่ 3 ประกอบกับรถในช่องจราจรที่ 4 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วและมีระยะห่างระหว่างคันมาก การเปลี่ยนช่องจราจรอย่างสมดุลนี้ทำให้เกิดคอขวดจราจรที่มีความจุสูงขึ้นในที่สุด

ตำแหน่งที่ (2) แสดงการเปลี่ยนสถานะจากสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูงเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลาง การเปลี่ยนแปลงความจุนี้เกิดขึ้นเมื่อแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มมากขึ้นและเปลี่ยนสภาพจากการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำเป็นเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งทำให้รถบนช่องจราจรที่ 3 และต้องการวิ่งออกจากทางหลักใช้เวลาในการเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 มากจนทำให้อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายลดต่ำลง

นอกจากนั้นหากรถบนช่องจราจรที่ 3 พยายามจะเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ในขณะที่แถวคอยของรถบนทางหลักหยุดนิ่งอยู่จะทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 และทำให้รถคันหลังที่วิ่งตามมาพยายามเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน ส่งผลให้การเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาในอัตราที่สูงนี้ทำให้ความเร็วของช่องจราจรที่ 4 มีค่าลดต่ำลงเนื่องจากช่องจราจรที่ 4 ต้องชะลอความเร็วเพื่อให้รถในช่องจราจรที่ 3

สามารถเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 อย่างไรก็ตาม การกีดขวางสลับกับไม่กีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 ทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักสามารถใช้ช่องจราจรที่ 3 และ 4 ในการเคลื่อนที่ต่อไปบนทางหลักได้ และทำให้คอขวดจราจรที่มีความจุสูงกลายเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางต่อไป

ตำแหน่งที่ (3) แสดงการเปลี่ยนสถานะจากสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางกลายเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ การเปลี่ยนแปลงความจุนี้เกิดขึ้นต่อเนื่องจากสภาพคอขวดจราจรที่มีค่าความจุปานกลาง แต่มีรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักใช้ช่องจราจรที่ 3 และวิ่งมาเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ในปริมาณมากจนเกิดเป็นแถวคอยบนช่องจราจรที่ 3 ขึ้น การกระทำเช่นนี้ทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนช่องจราจรที่ไม่สมบูรณ์ของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลัก และทำให้เหลือช่องจราจรสำหรับวิ่งต่อไปบนทางหลักคือช่องจราจรที่ 4 เพียงช่องจราจรเดียว

ตำแหน่งที่ (4) แสดงการเปลี่ยนสถานะจากสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูงกลายเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ การเปลี่ยนแปลงความจุนี้ส่วนใหญ่แล้วเกิดขึ้นจากการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานของเจ้าหน้าที่ตำรวจในระยะเวลาที่น้อยเกินไป โดยการเปลี่ยนแปลงความจุนี้เริ่มต้นจากการเปลี่ยนช่องไปทางซ้ายเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ของรถบนช่องจราจรที่ 3 อย่างต่อเนื่องจนทำให้แถวคอยที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง อย่างไรก็ดี เมื่อเจ้าหน้าที่ตำรวจไม่ได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน ในขณะที่รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 มีปริมาณมาอย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิดแถวคอยของรถบนช่องจราจรที่ 3 ติดค้างอยู่เป็นจำนวนมากและทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 ขึ้นในหลายบริเวณ ดังนั้น รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงเหลือเพียงช่องจราจรที่ 4 เพียงช่องจราจรเดียวสำหรับการวิ่งต่อไปบนทางหลัก พฤติกรรมเช่นนี้จะทำให้คอขวดจราจรที่มีค่าความจุสูงกลายเป็นคอขวดจราจรที่มีค่าความจุต่ำทันที

ตำแหน่งที่ (5) แสดงการเปลี่ยนสถานะจากสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำกลายเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลาง การกลับคืนมาของความจุนี้เกิดจากการจัดการจราจรของเจ้าหน้าที่ตำรวจซึ่งทำให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักเคลื่อนที่ได้ในอัตราที่สูงจนส่งผลทำให้แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักเริ่มมีระยะห่างระหว่างคันมากพอสำหรับให้รถบนช่องจราจรที่ 3 สามารถแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ได้

นอกจากนั้นการจัดการจราจรยังทำให้แถวคอยบนช่องจราจรที่ 3 นั้นหายไปในขณะที่ยังมีรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักอยู่บนช่องจราจรที่ 3 บ้าง เมื่อเจ้าหน้าที่ตำรวจปิด

การจราจรบนทางคู่ขนานเป็นระยะเวลาน้อยเกินไปจะทำให้รถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรที่ 3 เบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 จนแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่เป็นแบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งอีกครั้ง อย่างไรก็ตาม การกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 นั้นยังคงมีอยู่แต่เป็นการกีดขวางสลับกับไม่กีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 จึงทำให้คอขวดที่มีความจุต่ำเปลี่ยนสภาพกลับมาเป็นคอขวดที่มีความจุปานกลางได้

ตำแหน่งที่ (6) แสดงการเปลี่ยนสถานะจากสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางกลับมาเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูง การเพิ่มความจุของคอขวดจราจรเกิดจากการจัดการจราจรของเจ้าหน้าที่ตำรวจเป็นระยะเวลาอย่างเหมาะสม ซึ่งทำให้แถวคอยของรถบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจนแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวน้อยลงหรือแทบจะหมดไป

นอกจากนั้น การจัดการจราจรนี้ส่งผลให้รถบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 มีระยะห่างระหว่างคันมากจนทำให้รถบนช่องจราจรที่ 3 สามารถวิ่งมาเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้โดยไม่ทำให้เกิดการกีดขวางแก่รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักในช่องจราจรที่ 3 ดังนั้น รถบนทางหลักสามารถใช้ช่องจราจรที่ 3 และ 4 ในการเคลื่อนที่ต่อไปบนทางหลักได้จึงทำให้คอขวดจราจรกลับมามีค่าสูงอีกครั้ง

ตำแหน่งที่ (7) แสดงการเปลี่ยนสถานะจากสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำกลับมาเป็นสภาพคอขวดที่มีความจุสูง การเปลี่ยนแปลงความจุนี้เกิดขึ้นจากการจัดการจราจรของเจ้าหน้าที่ตำรวจเป็นเวลานานจนทำให้แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักเคลื่อนที่ในอัตราสูง ดังนั้น รถที่รอเบียดแทรกบนช่องจราจรที่ 3 จึงสามารถแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ได้ เนื่องจากช่องจราจรที่ 2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วและมีระยะห่างระหว่างคันมากจึงทำให้แถวคอยของรถที่รอเบียดแทรกบนช่องจราจรที่ 3 นั้นหายไปทำให้ไม่เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 และทำให้คอขวดจราจรกลับมามีค่าสูงอีกครั้ง

ตำแหน่งที่ (8) แสดงการเปลี่ยนสถานะจากสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูงกลับมาเป็นสภาพการจราจรที่ไม่ติดขัด การกลับมาของสภาพการจราจรที่ไม่ติดขัดนี้เกิดขึ้นจากเจ้าหน้าที่ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานจนทำให้แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักนั้นแทบจะหมดสิ้นไปหรือเหลือแถวคอยอยู่บนช่องจราจรที่ 1 เพียงช่องจราจรเดียว ดังนั้น รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงสามารถใช้ช่องจราจรได้ทั้งช่องจราจรที่ 2 3 และ 4 ในการวิ่งต่อไปบนทางหลัก และหลังจากนั้นสภาพคอขวดจราจรจึงสิ้นสุดไปโดยมีสาเหตุมาจากความต้องการเดินทางบนทางหลักมีค่าลดลง

5.3 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงความจุ

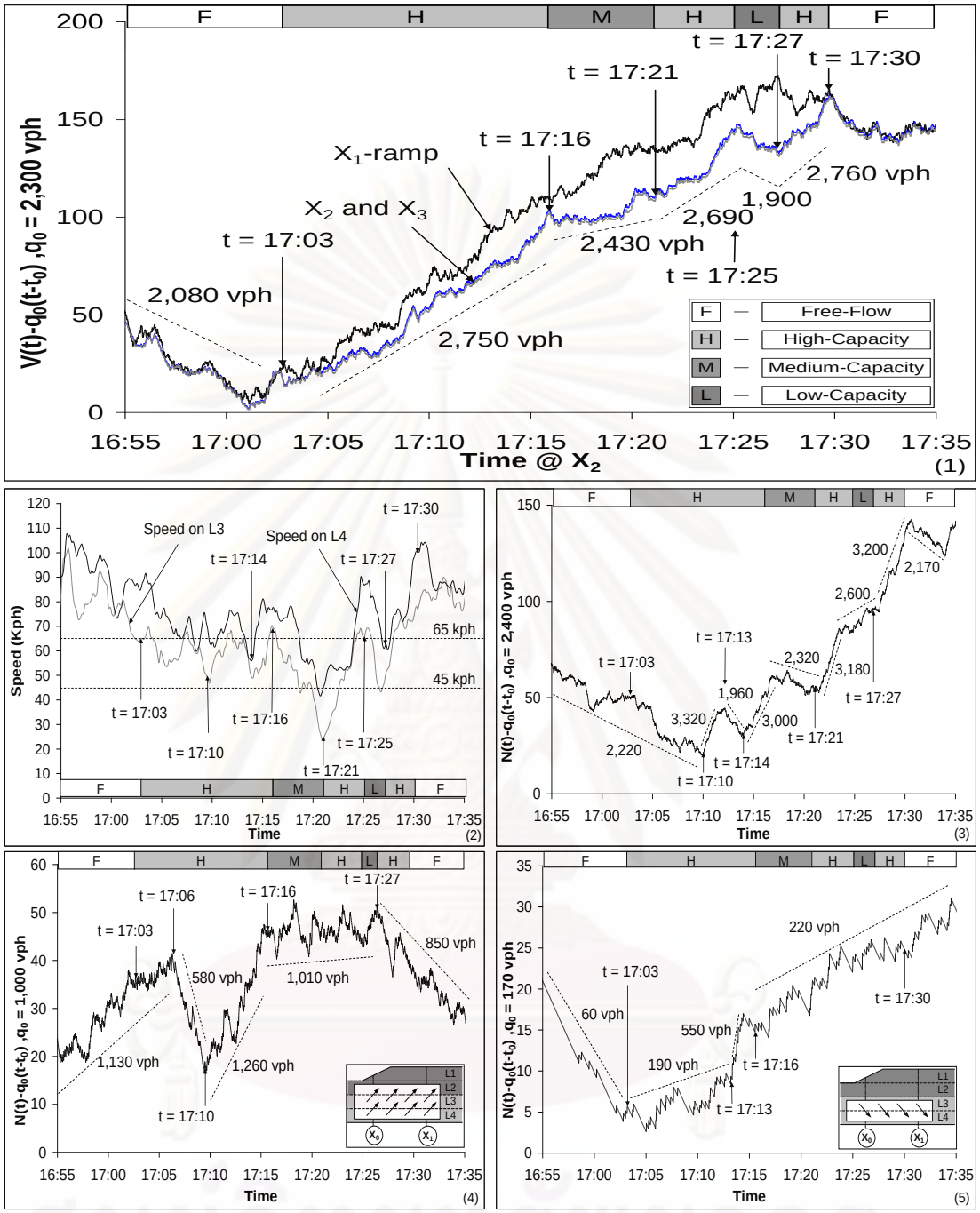
5.3.1 การเปลี่ยนแปลงความจุ (ตำแหน่งที่ 1 และ 8)

ภาพที่ 5.3 แสดงข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 17 สิงหาคม พ .ศ.2552 เมื่อพิจารณารูปที่ 5.3.1 ที่เวลาประมาณ 17:00 พบว่า รถสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระไม่ติดขัดและแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีความยาวไม่มาก อีก 1 นาทีถัดมา ความต้องการเดินทางออกจากทางหลักมีมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มมากขึ้นจนทำให้เกิดปัญหาคอขวดจราจรขึ้นบนทางหลักในที่สุด

เมื่อพิจารณาในช่วงเวลาที่สภาพการจราจรที่ไม่ติดขัดพบว่า เมื่อแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวไม่มากและรถบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 สามารถเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้ในอัตราประมาณ 1,130 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 5.3.4 การเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักส่งผลทำให้ความเร็วของทั้งช่องจราจรที่ 3 และ 4 มีแนวโน้มลดลงต่ำกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 5.3.2 ในขณะที่การเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวามีค่าประมาณ 60 คันต่อชั่วโมง

เมื่อพิจารณาภาพที่ 5. 3.4 ที่เวลาประมาณ 17 :03 ซึ่งเป็นเวลาที่เริ่มเกิดคอขวดจราจรพบว่า รถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายในอัตราประมาณ 1,130 คันต่อชั่วโมงคงเดิมดังแสดงในภาพที่ 5. 3.4 ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาเพิ่มขึ้นเป็น 190 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 5.3.5 แสดงให้เห็นว่าเริ่มการการชะลอความเร็วบนช่องจราจรที่ 3 รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทนซึ่งเป็นช่องจราจรที่มีความเร็วสูงกว่าดังแสดงในภาพที่ 5.3.2 สภาพการจราจรที่ไม่ติดขัดจึงเปลี่ยนสภาพเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูงต่อไป

สำหรับการเปลี่ยนแปลงควาามจุจากคอขวดจราจรที่มีความจุสูงกลับเป็นสภาพการจราจรที่ไม่ติดขัดนั้นเกิดขึ้นได้จากการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานของเจ้าหน้าที่ตำรวจ เมื่อพิจารณาภาพที่ 5.3.3 ที่เวลาตั้งแต่ 17:27 ถึง 17:30 พบว่า เจ้าหน้าที่ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้รถสามารถวิ่งออกจากทางหลักได้ในอัตราประมาณ 3 ,200 คันต่อชั่วโมง การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วสูงจนแถวคอยมีความยาวสั้นหรือปกคลุมอยู่บนช่องจราจรที่ 1 เพียงช่องจราจรเดียวจึงทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักสามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วที่สูงขึ้นดังแสดงในภาพที่ 5.3.2



ภาพที่ 5.3 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2552

(1) กราฟสะสมเชิงเอียงของยานพาหนะบนทางหลักที่ตำแหน่ง X_1, X_2 และ X_3

(2) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 ที่ตำแหน่ง X_1

(3) กราฟแสดงจำนวนยานพาหนะที่วิ่งออกจากทางหลักสะสมที่ตำแหน่ง X_2

(4) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

(5) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

จนกระทั่งความต้องการเดินทางบนทางหลักมีปริมาณลดลง สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูงจึงเปลี่ยนกลับมาเป็นสภาพการจราจรที่ไม่ติดขัดอีกครั้ง

5.3.2 การเปลี่ยนแปลงความจุ (ตำแหน่งที่ 2 และ 6)

เมื่อพิจารณาภาพที่ 5. 3.3 ที่เวลาประมาณ 17 :16 จะเห็นได้ว่า ตำรวจไม่ได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักเคลื่อนที่ด้วยอัตราประมาณ 2,320 คันต่อชั่วโมงจนแถวคอยบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 เคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง ประกอบกับก่อนเวลา 17:16 เล็กน้อยรถมีการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายประมาณ 1 ,260 คันต่อชั่วโมง เนื่องจากตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้มีช่องว่างระหว่างคันมาก

อย่างไรก็ตาม เมื่อตำรวจไม่ได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้รถที่ใช้ช่องจราจรที่ 3 เพื่อที่จะมาเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักในบริเวณใกล้กับทางแยกออกใช้เวลานานในการเปลี่ยนช่องจราจรอย่างสมบูรณ์ ทำให้อัตราการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายมีค่าลดลงเหลือประมาณ 1 ,010 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 5. 3.4 ในขณะเดียวกันรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 มีการเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ในอัตราประมาณ 220 คันต่อชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 5. 3.5 เนื่องจากช่องจราจรที่ 4 เป็นช่องจราจรที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงกว่า หากรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักไม่สามารถเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ได้ จะทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 บ้างในบางเวลา การกีดขวางสลับกับไม่กีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวดจราจรที่มีความจุสูงให้กลายเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางต่อไป

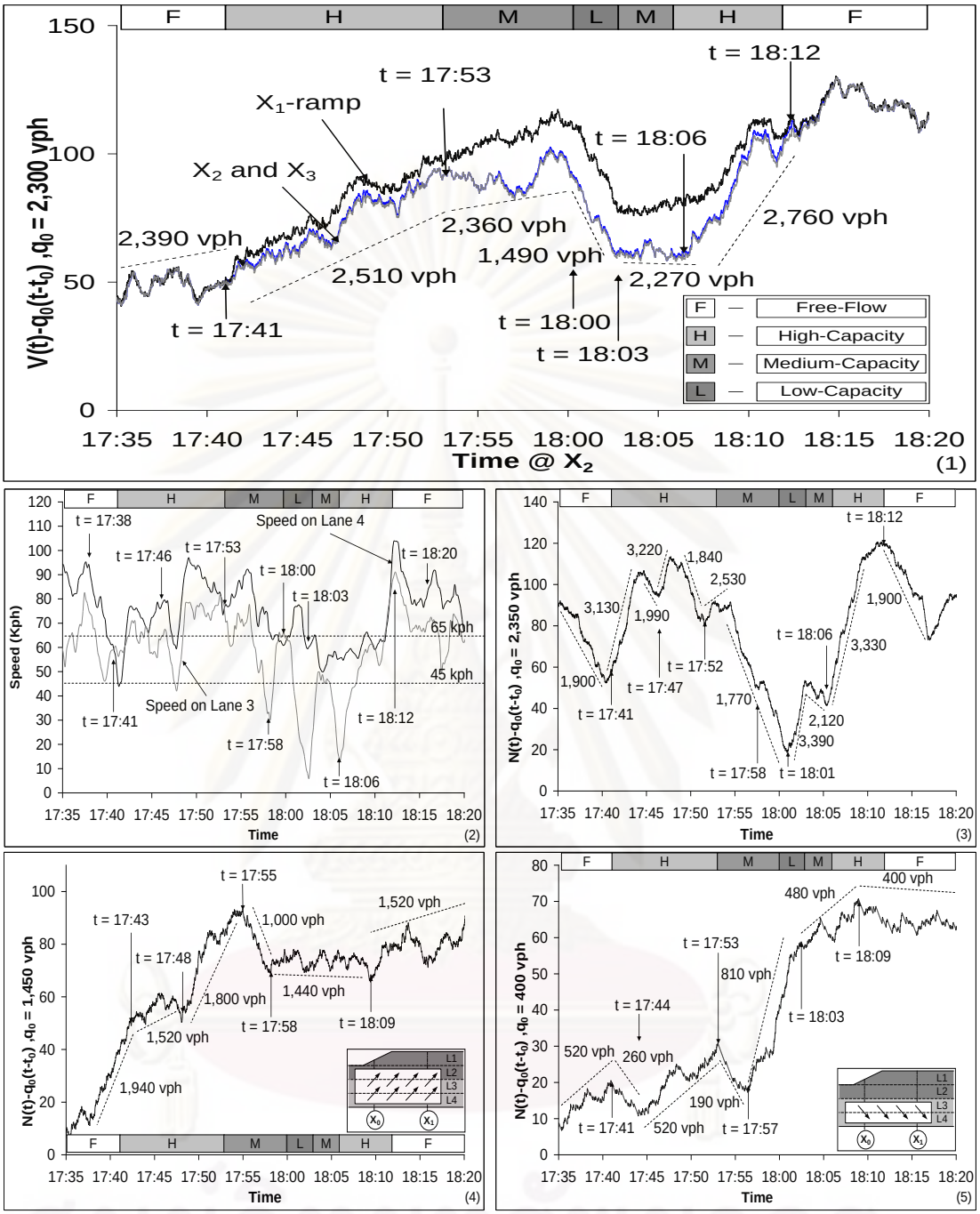
เมื่อพิจารณาต่อไปจะพบว่า คอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางนี้สามารถเปลี่ยนสภาพกลับมาเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุสูงได้ เมื่อพิจารณาภาพที่ 5. 3.3 จะเห็นได้ว่า ที่เวลาประมาณ 17:21 ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานอีกครั้งจนทำให้รถเคลื่อนที่ออกจากทางหลักได้ในอัตราประมาณ 3,180 คันต่อชั่วโมงทำให้แถวคอยแบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ดังนั้นรถในช่องจราจรที่ 3 จึงสามารถเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ได้จึงทำให้ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 และ 4 เพิ่มสูงขึ้นดังแสดงในภาพที่ 5. 3.2 จนทำให้คอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางกลับมาเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุสูงได้อีกครั้ง

5.3.3 การเปลี่ยนแปลงความจุ (ตำแหน่งที่ 3 และ 5)

ภาพที่ 5.4 แสดงข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2553 เมื่อพิจารณาภาพที่ 5.4.1 ที่เวลาประมาณ 17:58 จะเห็นได้ว่า เป็นเวลาที่เกิดคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลาง ในขณะที่อีก 2 นาทีถัดมา ความจุของคอขวดได้กลายสภาพเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ คอขวดที่มีความจุต่ำนี้เกิดขึ้นเมื่อมีจำนวนรถที่วิ่งมาเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออกเป็นจำนวนมากจนเกิดเป็นแถวคอยของรถวิ่งออกบนช่องจราจรที่ 3 ขึ้น ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจึงเหลือช่องจราจรที่ 4 เพียงช่องจราจรเดียว จึงทำให้คอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางกลายเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำในที่สุด

อย่างไรก็ดี การจัดการจราจรของเจ้าหน้าที่ตำรวจสามารถทำให้คอขวดจราจรที่มีความจุต่ำกลับมาเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุสูงได้ เมื่อพิจารณาภาพที่ 5. 4.3 ที่เวลาประมาณ 18:01 จะเห็นได้ว่า เจ้าหน้าที่ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้รถวิ่งออกจากทางหลักได้ในอัตราประมาณ 3 ,390 คันต่อชั่วโมง การกระทำเช่นนี้ทำให้แถวคอยบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่จากวิ่งสลับกับหยุดนิ่งเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วจนแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 หายไป ยิ่งไปกว่านั้น การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานในระยะเวลาที่น้อยเกินไปจะทำให้แถวคอยบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 ยังคงอยู่และเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งดังเดิมทำให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักยังคงเลือกใช้ช่องจราจรที่ 3 เพื่อมาเบียดแทรกในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออก อย่างไรก็ดี ปริมาณรถที่วิ่งมาเบียดแทรกออกนั้น มีจำนวนไม่มากนักจึงทำให้เห็นการกีดขวางสลับกับไม่กีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 และทำให้คอขวดจราจรที่มีความจุต่ำเปลี่ยนสภาพเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 5.4 ข้อมูลจราจรของวันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

(1) กราฟสะสมเชิงเอียงของยานพาหนะบนทางหลักที่ตำแหน่ง X_1, X_2 และ X_3

(2) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 ที่ตำแหน่ง X_1

(3) กราฟแสดงจำนวนยานพาหนะที่วิ่งออกจากทางหลักสะสมที่ตำแหน่ง X_2

(4) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางซ้ายสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

(5) กราฟการเปลี่ยนช่องจราจรไปทางขวาสะสมระหว่างตำแหน่ง X_0 และ X_1

5.3.4 การเปลี่ยนแปลงความจุ (ตำแหน่งที่ 4 และ 7)

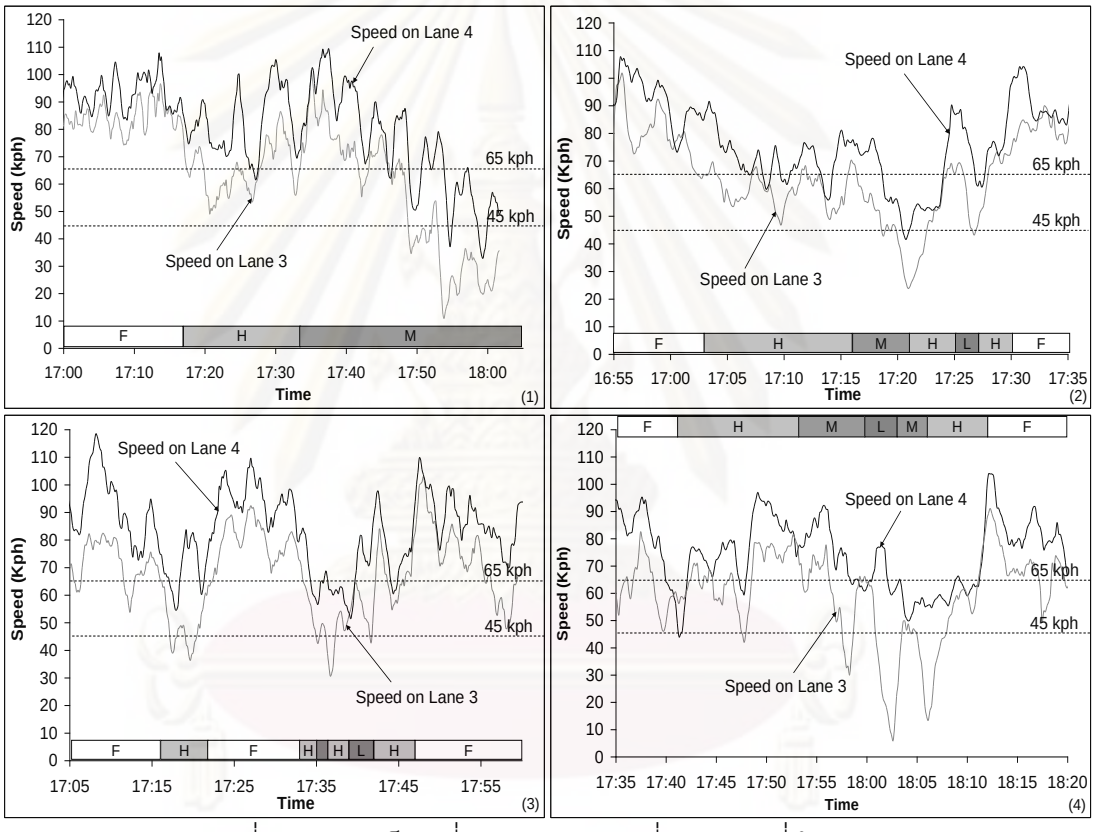
เมื่อพิจารณารูปที่ 5.3.1 ที่เวลาประมาณ 17:25 จะพบว่า คอขวดจราจรที่มีความจุสูงได้กลายเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ โดยมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ของรถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 เมื่อพิจารณารูปที่ 5.3.3 ที่เวลาประมาณ 17:21 จะเห็นได้ว่า เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนาน ทำให้แถวคอยบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วและมีระยะห่างระหว่างคันมาก ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจึงใช้ช่องจราจรที่ 3 และมาเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออก แต่เมื่อเจ้าหน้าที่ตำรวจเลิกปิดการจราจรบนทางคู่ขนานจะทำให้แถวคอยเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ลดลง จนเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งทำให้รถบนช่องจราจรที่ 3 บางส่วนไม่สามารถเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ได้ จึงส่งผลให้เกิดแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 และทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักเหลือช่องจราจรที่ 4 เพียงช่องจราจรเดียว พฤติกรรมเช่นนี้ทำให้คอขวดจราจรที่มีความจุสูงกลายเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณารูปที่ 5.3.1 ที่เวลาประมาณ 17:27 จะพบว่า คอขวดจราจรที่มีความจุต่ำนั้นสามารถเปลี่ยนสภาพกลับมาเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุสูงได้ เมื่อพิจารณารูปที่ 5.3.3 จะเห็นได้ว่า ที่เวลาประมาณ 17:27 เจ้าหน้าที่ตำรวจได้ปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้รถวิ่งออกจากทางหลักในอัตรา 3,200 คันต่อชั่วโมง ส่งผลให้แถวคอยที่เคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งกลายเป็นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วและมีระยะห่างระหว่างคันมาก ดังนั้นแถวคอยที่รอเบียดแทรกบนช่องจราจรที่ 3 จึงสามารถเบียดแทรกเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ได้จนทำช่องจราจรที่ 3 ปราศจากแถวคอยของรถที่รอเบียดแทรก ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 จึงสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วที่สูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5.3.2

5.4 การจัดการจราจรบริเวณคอขวด

เมื่อทราบถึงพฤติกรรมของคอขวดจราจรในแต่ละประเภทเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะเห็นได้ว่า คอขวดจราจรนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ คอขวดจราจรที่มีความจุสูง คอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางและคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ การทำให้ทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและไม่เกิดคอขวดจราจรตลอดเวลานั้นเป็นเรื่องยาก อย่างไรก็ตามการรักษาความจุของคอขวดให้มีค่าสูงอยู่ต่อไปก็นับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งจะช่วยลดความล่าช้าในการเดินทางของรถบนทางหลัก

ภาพที่ 5.5 แสดงความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 และ 4 ของข้อมูลจราจรทั้ง 4 วัน ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรทั้ง 4 วันแล้วพบว่า ตัวชี้วัดที่ใช้ในการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานเพื่อรักษาสภาพของคอขวดจราจรบนทางหลักให้มีค่าสูงอยู่ต่อไป คือ การให้เจ้าหน้าที่ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานเมื่อค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะในช่องจราจรที่ 3 ลดลงต่ำกว่า 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะบนช่องจราจรที่ 3 และ 4 ลดลงต่ำกว่า 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 2 นาที และให้เจ้าหน้าที่ตำรวจเลิกปิดการจราจรบนทางคู่ขนานเมื่อค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะของช่องจราจรที่ 3 และ 4 กลับมามีค่าสูงกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



ภาพที่ 5.5 ความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 และ 4 ที่ตำแหน่ง X_1

(1) วันจันทร์ที่ 10 สิงหาคม พ.ศ.2552

(2) วันจันทร์ที่ 17 สิงหาคม พ.ศ.2552

(3) วันพฤหัสบดีที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2553

(4) วันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2553

การเลือกใช้ความเร็วของทั้ง 2 ช่องจราจรเป็นตัวชี้วัดในการจัดการจราจรนั้นมีสาเหตุมาจากช่องจราจรที่ 3 และ 4 เป็นช่องจราจรสำหรับวิ่งต่อบนไปบนทางหลัก นอกจากนั้นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาคอขวดจราจร คือ การเบียดแทรกเพื่อเปลี่ยนช่องจราจรวิ่งออกจากทาง

หลักของรถบนช่องจราจรที่ 3 ดังนั้น ความเร็วของช่องจราจรที่ 3 จึงสามารถสะท้อนถึงความคับคั่งของรถบนช่องจราจรที่ 3 เนื่องจาก หากความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 มีค่ามากแสดงให้เห็นว่า แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักนั้นไม่ได้มีการการกระจายมาปิดกั้นช่องจราจรของรถทางหลัก ในทางกลับกัน หากช่องจราจรที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยที่ต่ำแสดงให้เห็นว่า มีรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักใช้ช่องจราจรที่ 3 ในการเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักซึ่งพฤติกรรมเช่นนี้จะส่งผลทำให้ทางหลักเกิดปัญหาคอขวดจราจร

สำหรับการที่เลือกความเร็วของช่องจราจรที่ 4 เป็นตัวชี้วัดด้วย เนื่องจาก หากช่องจราจรที่ 4 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงในขณะที่ช่องจราจรที่ 3 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำนั้นแสดงให้เห็นว่า ความต้องการเดินทางบนทางหลักนั้นมีน้อยมาก ปัญหาคอขวดจราจรจึงไม่เกิดขึ้นบนทางหลัก เนื่องจากรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักสามารถเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 ได้ในขณะที่รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 หากเกิดสถานการณ์เช่นนี้ การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานของเจ้าหน้าที่ตำรวจอาจไม่สามารถเพิ่มความจุของรถทางหลักได้เนื่องจากความต้องการเดินทางบนทางหลักมีค่าน้อย ดังนั้นเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความต้องการเดินทางบนทางหลักมีค่าน้อยจึงต้องใช้ความเร็วของทั้ง 2 ช่องจราจรเป็นตัวชี้วัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา

6.1 ผลจากการศึกษาคอขวดจราจร

การศึกษานี้เป็นการศึกษาสภาพคอขวดจราจรบนทางหลักที่มีสาเหตุมาจากแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มขึ้นจนทำให้เกิดคอขวดจราจรบริเวณทางหลัก จากการศึกษาพบว่า สภาพคอขวดจราจรที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ศึกษานี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูง สภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลาง และสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำ

สภาพคอขวดจราจรในบริเวณพื้นที่ศึกษานี้จะเกิดขึ้นเมื่อแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มขึ้นและกระจายตัวไปปกคลุมช่องจราจรที่ 2 จนแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วลดลงจนเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่เป็นแบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง ลักษณะการเคลื่อนที่ของแถวคอยบนช่องจราจรที่ 2 นั้นส่งผลโดยตรงต่อรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจาก การเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักที่ไม่สมบูรณ์ของรถบนช่องจราจรที่ 3 จะทำให้เกิดการกีดขวางต่อรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 ซึ่งทำให้ความจุของทางหลักมีค่าลดลง

สำหรับสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูงจะมีลักษณะ คือ แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีการปกคลุมทั้งช่องจราจรที่ 1 และ 2 โดยแถวคอยเหล่านี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำจึงทำให้รถที่วิ่งอยู่บนช่องจราจรที่ 3 สามารถเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักได้โดยไม่กีดขวางแก่รถคันหลังที่วิ่งตามมามากนัก การเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อวิ่งออกจากทางหลักนี้ส่งผลให้ช่องจราจรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วที่ลดลงเนื่องจากรถบนช่องจราจรที่ 3 ต้องชะลอความเร็วเพื่อหาจังหวะในการเปลี่ยนเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 อย่างปลอดภัย เมื่อพิจารณาถึงความเร็วของช่องจราจรที่ 4 พบว่า ความเร็วของช่องจราจรที่ 4 มีค่าลดลงเช่นกัน เนื่องจากรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 เริ่มมีการชะลอความเร็วและเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทน ดังนั้นรถในช่องจราจรที่ 4 จึงต้องเพิ่มความระมัดระวังในการขับขี่และชะลอความเร็วเมื่อมีรถในช่องจราจรที่ 3 พยายามเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 คอขวดจราจรมีความจุสูงที่พบนี้มีค่าความจุประมาณ 2,510 - 2,760 คันต่อชั่วโมง

เมื่อพิจารณาถึงสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางพบว่า คอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางจะเกิดขึ้นหลังจากคอขวดจราจรที่มีความจุสูง โดยแถวคอยของรถที่วิ่งออกบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 จะมีความยาวเพิ่มขึ้น และเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่เป็นแบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งจึงทำให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักในช่องจราจรที่ 3 ไม่สามารถเปลี่ยนช่องจราจรได้อย่างรวดเร็วและติดค้างอยู่ในช่องจราจรที่ 3 เนื่องจากช่องจราจรที่ 2 มีระยะห่างระหว่างคันน้อย

การเปลี่ยนช่องจราจรที่ไม่สมบูรณ์นี้ทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 เนื่องจากพฤติกรรมเช่นนี้จะทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักต้องหยุดหรือชะลอความเร็วเพื่อที่จะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรที่ 4 แทนแต่ก็ทำได้ยากเนื่องจากความเร็วของช่องจราจรที่ 4 มีค่าสูงกว่าช่องจราจรที่ 3 ประกอบกับพื้นที่สำหรับเร่งความเร็วเพื่อให้สามารถเปลี่ยนเข้าช่องจราจรที่ 4 มีน้อย ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักในช่องจราจรที่ 3 จึงต้องหยุดรอจนกว่ารถคันหน้าจะเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนช่องจราจรไปได้อย่างสมบูรณ์ทำให้สามารถพบเห็นการกีดขวางสลับกับไม่กีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 ขึ้น อย่างไรก็ตาม การกีดขวางจราจรบนช่องจราจรที่ 3 นั้นเกิดขึ้นเพียงระยะเวลาสั้นๆ จึงทำให้ช่องจราจรที่ 3 สามารถใช้เป็นช่องจราจรที่ใช้สำหรับวิ่งต่อไปบนทางหลักได้และทำให้ความจุของคอขวดประเภทนี้มีค่าประมาณ 2,270 – 2,430 คันต่อชั่งโมง

สำหรับคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำนั้นมีลักษณะใกล้เคียงกันกับสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลาง กล่าวคือ แถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 1 และ 2 มีการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง แต่ที่แตกต่างกันคือ ในสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำจะสามารถพบแถวคอยของรถที่รอเบียดแทรกเพื่อวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 ได้อย่างชัดเจน โดยการกีดขวางอย่างสมบูรณ์บนช่องจราจรที่ 3 นี้จะทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักเหลือช่องจราจรที่ 4 เพียงช่องจราจรเดียวในการการวิ่งต่อไปบนทางหลัก การกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 อย่างสมบูรณ์นี้ทำให้ค่าความจุของทางหลักลดลงเหลือ 1,490 – 1,900 คันต่อชั่วโมง

เมื่อพิจารณาต่อไปจะพบว่า คอขวดจราจรที่มีความจุต่ำนั้นสามารถเปลี่ยนสภาพกลับมาเป็นสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางและคอขวดจราจรที่มีความจุสูงได้โดยการให้เจ้าหน้าที่ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานเพื่อระบายรถออกจากทางหลักเมื่อค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วยานพาหนะของช่องจราจรที่ 3 ลดลงต่ำกว่า 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของความเร็วยานพาหนะของช่องจราจรที่ 3 และ 4 ลดลงต่ำกว่า 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็นเวลาอย่างน้อย 2 นาที โดยการให้เจ้าหน้าที่ตำรวจปิดการจราจรบนทางคู่ขนานจนกว่าความเร็วเฉลี่ยของช่องจราจรที่ 3 และ 4 กลับมามีค่าสูงกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานของเจ้าหน้าที่ตำรวจจะลดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 โดยการ

กำจัดแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักบนช่องจราจรที่ 3 ให้หมดไป จึงทำให้รถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระอีกครั้ง

นอกจากนั้น คอขวดจราจรที่มีความจุสูงก็สามารถเปลี่ยนสภาพเป็นคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางและคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำได้เช่นเดียวกันหากมีการจัดการจราจรในระยะเวลาที่ไม่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากหากไม่มีการจัดการจราจรจะทำให้แถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจะเลือกใช้ช่องจราจรที่ 3 แล้ววิ่งมาเบียดแทรกในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออกทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 ดังที่กล่าวไว้ในข้างต้น นอกจากนั้น การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานในระยะเวลาที่น้อยเกินไปจะทำให้รถที่ใช้ช่องจราจรที่ 3 แล้ววิ่งมาเบียดแทรกเพื่อเข้าสู่ช่องจราจรที่ 2 ในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออกติดค้างอยู่จนทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรที่ 3 ในเวลาต่อมา และการปิดการจราจรบนทางคู่ขนานในระยะเวลาที่มากเกินไปจะทำให้ความต้องการเดินทางบนทางหลักมีค่าลดลง (Demand drop)

6.2 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีต

งานวิจัยนี้ใช้กล้องวิดีทัศน์ในการเก็บข้อมูลซึ่งจะทำให้เห็นพฤติกรรมของคอขวดจราจรที่เกิดมากกว่าการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องตรวจนับรถยนต์แบบขดลวดเหนี่ยวนำ เมื่อพิจารณาจะพบว่า งานวิจัยนี้มีความสอดคล้องและได้ช่วยขยายรายละเอียดของการศึกษากลไกของคอขวดจราจรแบบทางแยกออกโดย Munoz และ Daganzo (2002) โดยงานวิจัยนี้ได้ยืนยันว่าเมื่อแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีความยาวเพิ่มมากขึ้น แถวคอยเหล่านี้จะทำให้การจราจรบนทางด่วนเกิดการชะลอตัวและทำให้ความจุของยานพาหนะลดลงเนื่องจากรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจะใช้ช่องจราจรสำหรับวิ่งต่อไปบนทางหลักแล้วจึงวิ่งไปเบียดแทรกในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออกซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ความจุของทางหลักมีค่าลดลง

นอกจากนั้นยังสามารถอธิบายได้ว่าผู้ขับขี่จะเลือกช่องจราจรตามจุดหมายปลายทาง เนื่องจากผู้ที่ต้องการเดินทางต่อไปบนทางหลักจะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรสำหรับวิ่งต่อไปบนทางหลักที่มีความเร็วเฉลี่ยสูง ในขณะที่รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักจะเปลี่ยนไปใช้ช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักจึงทำให้สามารถแบ่งการจราจรออกเป็น 2 กระแส (Multi-pipe traffic states) ในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออก โดยความเร็วของช่องจราจรสำหรับวิ่งต่อไปบนทางหลักมีค่าสูงกว่าความเร็วของช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักอย่างชัดเจน

งานวิจัยนี้ยังมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Cassidy, *et al*. (2002) โดยงานวิจัยนี้พบว่า เมื่อแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักล้นออกมาจนปิดกั้นช่องจราจรของทางหลักจะทำให้ทางหลักเกิดปัญหาคอขวดจราจร เนื่องจากรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักจะลดความเร็วเมื่อวิ่งผ่านแถวคอยที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำบนช่องจราจรข้างเคียง แต่ที่แตกต่างกันคือ เมื่อแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่เป็นแบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง งานวิจัยนี้ได้ค้นพบว่า คอขวดจราจรจะเกิดการเปลี่ยนสถานะโดยทำให้ความจุของทางหลักมีค่าลดต่ำลงกว่าเดิม ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักมีการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่งจะทำให้รถที่ใช้ช่องจราจรสำหรับวิ่งต่อไปบนทางหลักและวิ่งมาเบียดแทรกในบริเวณที่ใกล้กับทางแยกออกไม่สามารถเปลี่ยนช่องจราจรเข้าสู่ช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักได้ เนื่องจากแถวคอยของรถที่วิ่งออกจากทางหลักมีระยะห่างระหว่างคันน้อยจนทำให้เกิดการกีดขวางบนช่องจราจรของทางหลักขึ้น

นอกจากนั้น งานวิจัยนี้ได้ยืนยันว่า เมื่อมีการจัดการจราจรจนแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักไม่กระจายตัวมาปิดกั้นช่องจราจรของทางหลักนั้นสามารถช่วยรักษาปริมาณจราจรให้มีค่าสูงต่อไปได้ โดยงานวิจัยนี้พบว่า การปิดการจราจรบนทางคู่ขนานทำให้รถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักวิ่งด้วยความเร็วที่สูงขึ้นจนรถที่ใช้ช่องจราจรสำหรับวิ่งต่อไปบนทางหลักสามารถเปลี่ยนช่องจราจรเข้าสู่ช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้ไม่เกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางหลักขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Cassidy และ Bertini (1999) พบว่าการศึกษานี้ไม่สามารถเปรียบเทียบค่าปริมาณการจราจรก่อนเกิดคอขวดจราจรกับหลังจากเกิดคอขวดจราจรได้ ทั้งนี้เนื่องจากค่าปริมาณการจราจรสูงสุดก่อนการเกิดคอขวดจราจรนั้นเกิดขึ้นเพียงระยะเวลาสั้นๆ ผู้วิจัยจึงไม่ได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณการจราจร อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความจุของทางหลักเมื่อเกิดสภาพคอขวดจราจรขึ้นเป็นที่เรียบร้อยแล้วพบว่าปริมาณจราจรในสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางมีค่าน้อยกว่าปริมาณจราจรในสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูงประมาณร้อยละ 10 – 12 โดยการลดลงนี้มีสาเหตุมาจากการที่แถวคอยบนช่องจราจรสำหรับวิ่งออกจากทางหลักมีการเคลื่อนที่แบบวิ่งสลับกับหยุดนิ่ง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณจราจรในสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำพบว่าปริมาณจราจรขณะเกิดสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำมีค่าน้อยกว่าปริมาณจราจรขณะเกิดสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุปานกลางประมาณร้อยละ 22 – 34 และเมื่อเปรียบเทียบกับคอขวดจราจรที่มีความจุสูงพบว่า ปริมาณจราจรขณะเกิดสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำมีค่าน้อยกว่า

ปริมาณจราจรในสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุสูงประมาณร้อยละ 31 – 40 โดยการลดลงของปริมาณจราจรในสภาพคอขวดจราจรที่มีความจุต่ำนี้มีสาเหตุมาจากเหลือช่องจราจรสำหรับวิ่งต่อไปบนทางหลักเพียงช่องจราจรเดียว

งานวิจัยนี้ยังมีความเกี่ยวข้องกับการศึกษาการเพิ่มความจุในบริเวณที่เกิดการรวมกันของกระแสจราจรโดยของ Cassidy และ Rudjanakanoknad (2005) งานวิจัยนี้ได้ยืนยันว่า การจัดการจราจรนั้นสามารถเพิ่มความจุของทางหลักได้ โดยการจัดการจราจรนั้นจะช่วยกำจัดการกีดขวางบนช่องจราจรของทางหลักซึ่งทำให้ความจุของทางหลักมีค่าสูงขึ้น

6.3 งานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคอขวดจราจรแบบทางแยกออกที่เกิดขึ้นบริเวณหลักกิโลเมตรที่ 31 ฝั่งขาเข้าบริเวณถนนพหลโยธินเพียงแห่งเดียว และวิเคราะห์ข้อมูลจราจรเพียง 4 วันเท่านั้น เพื่อให้สามารถยืนยันพฤติกรรมของคอขวดประเภทนี้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น งานวิจัยในอนาคตจึงควรศึกษาคอขวดจราจรประเภทนี้ในบริเวณพื้นที่ศึกษาอื่นๆ และวิเคราะห์หาพฤติกรรมที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความจุของคอขวด เช่น ความยาวของแถวคอยของรถที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลัก ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของยานพาหนะที่ต้องการวิ่งออกจากทางหลักกับจำนวนยานพาหนะที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางหลักเป็นต้น นอกจากนั้น การศึกษาในอนาคตอาจใช้เทคนิควิเคราะห์อื่นๆที่สามารถอธิบายรายละเอียดและพฤติกรรมของคอขวดประเภทนี้ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น รวมทั้งทดสอบการจัดการจราจรบริเวณคอขวดเพื่อหาแนวทางในการจัดการจราจรบริเวณคอขวดประเภทนี้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จิตติชัย รุจนกนกนาฏ, ชาญชัย อัครวรกุลชัย และวิศรุต กริ่มทุ่งทอง . การประยุกต์ใช้กราฟสะสมเชิงเอียงในการวิเคราะห์ปัญหาจราจรบนถนนอังรีดูนังต์ . เอกสารรวมบทความวิชาการการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14 พฤษภาคม 2552 : 827-832

จิตติชัย รุจนกนกนาฏ , วิรชา สุขสิริสรบุตร และวิลาวัณย์ สัตย์ตระกูลวงศ์ , การศึกษาลักษณะกระแสจราจรที่รวมกันบนทางด่วนและถนนหลักที่มีการจราจรติดขัด . เอกสารรวมบทความวิชาการ การประชุมวิชาการขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 6 ตุลาคม 2552 : 109

ภาษาอังกฤษ

Cassidy, M.J. and Windover, J.R. Methodology for assessing the dynamics of freeway traffic flow. Transportation Research Record 1484 (1995) : 73-79

Cassidy, M. J. Anani, S. B. and Haigwood, J. M. Study of freeway traffic near an off-ramp. Transportation Research 36A (2002) : 563-572

Cassidy, M. J. and Bertini, R. L. Some traffic features at freeway bottlenecks. Transportation Research 33B (1999) : 25-42

Cassidy, M. J. and Rudjanakanoknad, J. Increasing the capacity of an isolated merge by metering its on-ramp. Transportation Research 39B (2005) : 896-913

Daganzo, C.F. Remarks on traffic flow modeling and its applications, in Traffic and Mobility, Proc. Traffic and Mobility Simulation, Economics and Environment Conference (1999) : 105-115

Munoz, J.C. and Daganzo, C.F. The Bottleneck Mechanism of A Freeway Diverge. Transportation Research 36A (2002) : 483-505

Newell, G. F. Delay Caused by a queue at a freeway exit ramp. Transportation Research 33B (1999) : 337-350

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสรรพัชญ์ ธีระบุตร เป็นบุตรของ นาวาอากาศเอก ศุภลักษณ์ และนาวาอากาศเอก หญิง วิวรรณ ธีระบุตร เกิดเมื่อวันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนไผทอุดมศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษา ต้นและปลายจากโรงเรียนหอวังและสำเร็จการศึกษา ระดับ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (โยธา) จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2550 จากนั้น จึงได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย