การวิเคราะห์ผลกระทบด้านต้นทุนทางอ้อมด้านเวลาจากอุบัติเหตุบนทางพิเศษ กรณีศึกษา : ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์)

Analysis of Accident Indirect Cost Effected by Time on Expressway A Case Study : Kanjanapisek Expressway (Bang Phli-Suk Sawat)

ปทุมพร ดาบสมศรี (Pathumporn Dabsomsri)* ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช (Dr.Terdsak Rongviriyapanich)**

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษามูลค่าความสูญเสียทางอ้อมของอุบัติเหตุจราจรบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) ต่อครั้ง การสูญเสียที่คิดเป็นค่าใช้จ่ายทางอ้อมคนส่วนใหญ่จะมองข้ามแต่มีค่าความสูญเสียมหาศาล การศึกษานี้ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุจำนวน 18 กรณี ในการนำมาวิเคราะห์ ซึ่งการเก็บข้อมูลนั้นรวบรวมโดยการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ผู้วิจัยได้ทำการประมาณค่าความสูญเสียทางอ้อมของอุบัติเหตุบนทางพิเศษ โดยแยกตามช่วงเวลาและความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ จากผลการวิเคราะห์หาค่าความสูญเสียทางอ้อมในช่วงเวลาต่าง ๆ พบว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า มีค่าความสูญเสียทางอ้อมน้อยกว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นและนอกเวลาเร่งด่วนตามลำดับ และจากการวิเคราะห์หาค่าความสูญเสียทางอ้อมจากความรุนแรง เมื่อเปรียบเทียบกับของกรมทางหลวง ปี 2550 พบว่าผลการวิเคราะห์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ กรณีบาดเจ็บมีค่าความสูญเสียทางอ้อมมากกว่ากรณีทรัพย์สินเสียหายอย่างเดียว และเนื่องจากการทางพิเศษแห่งประเทศไทยใช้ระยะเวลาในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุน้อยกว่าของกรมทางหลวง ทำให้ใช้เวลาในการจัดการพื้นที่เกิดเหตุและเคลื่อนย้ายได้เร็วกว่ากรมทางหลวง ส่งผลทำให้ได้ค่าความสูญเสียทางอ้อมน้อยกว่าของกรมทางหลวง

ABSTRACT

Each accident can cause loss of life and property. The losses can be valued as direct costs and indirect costs. Most of people tend to overlook the indirect costs of each accident. The purpose of this research is to analyze in direct costs of traffic accident on the Kanchanaphisek Expressway (Bang Phli - Suksawat) By using the 18 accident cases collected by Expressway Authority of Thailand.Value of indirect losses due to the accident occurred on Kanchanaphisek Expressway were estimated by time and crash severity. According to analytic results of indirect cost in different time, morning peak hour has an average indirect cost less than evening peak hour and off-peak hour, respectively. Moreover, analytic results of indirect cost value in the way of severity comparing to value from Department of Highway at 2550 show that the results have the same way which is indirect cost of injured accident more than property damage only. Because Expressway Authority of Thailand can reach to the scene by spending less time than Department of Highway, Expressway Authority of Thailand can also manage and clear the scene spending less time than Department of Highway. Therefore, the average indirect cost of Expressway Authority of Thailand is lower than Department of Highway.

คำสำคัญ: ค่าใช้จ่ายทางอ้อม คลื่นสะท้อน ความล่าช้าในการเดินทาง

Keywords: Indirect Cost, Shock Wave, Delay

** นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*

*** รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*

บทนำ

อุบัติเหตุจราจรบนถนนเมื่อเกิดขึ้นแล้วก่อให้เกิดความเดือดร้อนทั้งคู่กรณีและผู้ที่ไม่ได้เกี่ยวข้องในอุบัติเหตุ หมายถึง ผู้ใช้ถนนอื่น ๆ โดยปกติการจราจรก็ติดขัดอยู่แล้วในชั่วโมงเร่งด่วน ถ้าประกอบกับมีอุบัติเหตุด้วยแล้วยิ่งจะทำให้การจราจรติดขัดมากยิ่งขึ้น ก่อให้เกิดการเสียเวลาของผู้ใช้ถนน เวลาที่เสียไปของแต่ละคนอาจแตกต่างกันไป เนื่องจากจุดประสงค์ในการเดินทางต่างกัน ค่าความล่าช้าในการเดินทาง (Travel Delay Costs) ความสูญเสียในรูปค่าใช้จ่ายจากความล่าช้าหรือการสูญเสียเวลาในการเดินทางเนื่องจากอุบัติเหตุจราจรบนท้องถนน ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงแก่ผู้ใช้รถหรือผู้เดินทาง อุบัติเหตุดังกล่าวจะกีดขวางเส้นทางการคมนาคมขนส่งบางส่วนหรือทั้งหมดของถนน แม้ว่าบางกรณีจะไม่มีการกีดขวางใด ๆ แต่ผู้ขับขี่ยานพาหนะอาจจะต้องชะลอความเร็วลงหรือจอดข้างทางเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบเหตุ มูลค่าของความล่าช้าในการเดินทางเนื่องมาจากการเกิดอุบัติเหตุจราจร มีผลมาจากปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ 1. ระดับการกีดขวางการจราจรบนท้องถนน 2. ปริมาณการจราจร และ 3. เวลาที่ใช้ในการเข้าถึงและจัดการพื้นที่เกิดเหตุ

แถวคอย (Queue) เป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่เกิดขึ้นและพบเห็นโดยทั่วไปโดยเฉพาะบนถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่นไม่ว่าจะเป็นถนนที่ไม่มีการรบกวนกระแสจราจรจากการควบคุมการจราจร (Uninterrupted flow) เช่น ทางพิเศษ (ทางด่วน) หรือมอเตอร์เวย์ หรือถนนที่มีการรบกวนกระแสจราจร (Interrupted flow) เช่น ถนนในเขตเมืองที่มีสัญญาณไฟ (Arterial and Urban street) แถวคอยที่เกิดขึ้นบนทางพิเศษส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากสภาพการจราจรที่หนาแน่นและการชะลอ/เร่งตัวของการจราจรในกระแสจราจรหรือมีสิ่งกีดขวางการจราจร เช่น มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น แถวคอยบนทางพิเศษอาจเกิดขึ้นเฉพาะช่วงเวลาที่มีปริมาณมากหรือมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นเท่านั้น (ณพล, 2555)

Indirect Cost หมายถึง การสูญเสียที่คิดเป็นค่าใช้จ่ายทางอ้อม หรือค่าใช้จ่ายซ่อนเร้น (Hidden Cost) ซึ่งคนส่วนใหญ่จะมองข้าม แต่มีค่าความสูญเสียมหาศาล เช่น การสูญเสียเวลาในการเดินทางซึ่งเกิดจากความล่าช้าเนื่องจากอุบัติเหตุ เป็นความสูญเสียที่สำคัญประการหนึ่ง จากข้อมูลอุบัติเหตุจราจรของประเทศไทย ในปี 2550 พบว่ามูลค่าความสูญเสียอุบัติเหตุจราจรที่เกิดจากความล่าช้าในการเดินทางระดับประเทศมีมูลค่าความสูญเสียเท่ากับ 35,481.07 ล้านบาท หรือคิดเป็น ร้อยละ 15.24 และเฉพาะในกรุงเทพฯ มีมูลค่าความสูญเสียเท่ากับ 17,047.03 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 49.66 ซึ่งเป็นความสูญเสียที่สูงมาก และมูลค่าความล่าช้าในการเดินทางอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุแต่ละครั้ง โดยแบ่งแยกตามความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีเสียชีวิต เท่ากับ 290,889 บาท บาดเจ็บรุนแรง เท่ากับ 204,621 บาท บาดเจ็บเล็กน้อย 155,518 บาท และทรัพย์สินเสียหายอย่างเดียว 133,488 บาท (กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม, 2550) งานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับ Indirect Cost ที่เกิดจากอุบัติเหตุบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) เพื่อที่จะได้ทราบผลกระทบด้านต้นทุนของอุบัติเหตุ และจะได้มีการวางแผนและเตรียมการจัดการจราจร เพื่อลดผลกระทบของอุบัติเหตุได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และเหมาะสม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษามูลค่าความสูญเสียทางอ้อม (Indirect Cost) ของอุบัติเหตุจราจรบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) ต่อครั้ง โดยวิเคราะห์จากความล่าช้าในการเดินทาง (Delay)

2. เพื่อศึกษาว่าการเกิดอุบัติเหตุบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) ในช่วงเวลาต่าง ๆ มีผลต่อการเกิดคอขวด (Bottleneck) อย่างไร

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยจะศึกษาเฉพาะผลกระทบต้นทุนทางอ้อมด้านเวลาของ การเกิดอุบัติเหตุบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) ซึ่งมีระยะทางตลอดเส้นทาง 22.5 กิโลเมตร โดยตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณจราจรที่จุดเริ่มต้น (Upstream Volume) ปริมาณจราจรที่จุดสิ้นสุด (Downstream Volume) ความเร็วที่จุดเริ่มต้น

(Upstream Speed) ความเร็วที่จุดสิ้นสุด (Downstream Speed) ความหนาแน่นที่จุดเริ่มต้น (Upstream Density) และความหนาแน่นที่จุดสิ้นสุด (Downstream Density)

วิธีการวิจัย

แนวทางในการศึกษาเริ่มต้นจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาผลกระทบด้านต้นทุนของอุบัติเหตุจราจรบริเวณที่ทำให้เกิดคอขวด (Bottleneck) เพื่อแสดงความสำคัญของปัญหา กำหนดวัตถุประสงค์และพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษามูลค่าความสูญเสียและผลกระทบที่เกิดจากการเกิดอุบัติเหตุ รวมถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดคอขวด

2. คัดเลือกจุดที่เคยเกิดอุบัติเหตุจราจรบริเวณช่วงถนนที่ทำการศึกษา ซึ่งใช้ข้อมูลที่รวบรวมไว้โดยการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

3. ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเริ่มจากหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

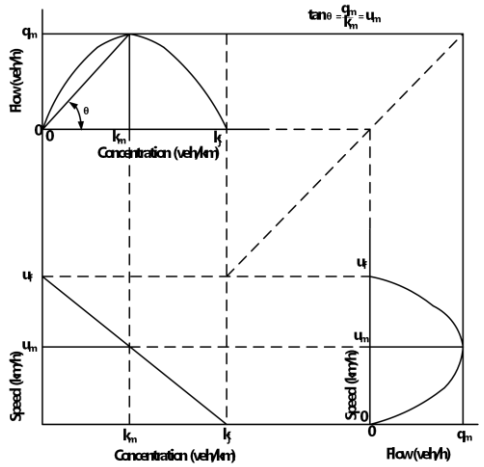
4. สรุปผลการศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลที่นำมาศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมโดยการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (Expressway Authority of Thailand) เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบ การเก็บบันทึกข้อมูลอุบัติเหตุบนทางพิเศษ ปริมาณจราจร และความเร็วยานพาหนะ โดยแหล่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจารจร (Sensor) ที่ตำแหน่งใกล้ที่สุดก่อนถึงจุดเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งสามารถคำนวณเพื่อหาค่าความล่าช้าในการเกิดอุบัติเหตุแต่ละครั้งได้ และในการศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์จำนวน 18 กรณี เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูล

ความสัมพันธ์พื้นฐานของตัวแปรที่อธิบายกระแสจราจร

ตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ในระดับมหภาค (Macroscopic parameters) ได้แก่ ปริมาณจราจรและอัตราการไหล (Volume) ความเร็ว (Speed) และความหนาแน่น (Density) (สุรเมศวร์, 2551) โดยมีสมการคือ q = uk ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Fundamental Diagram
ที่มา : ดัดแปลงจาก May (1990)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจร (Sensor)

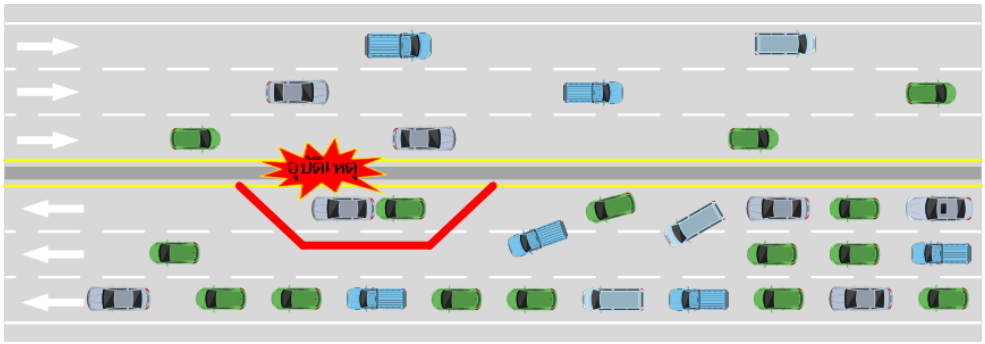
งานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจร (Sensor) ข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณจราจร ความเร็ว และความหนาแน่น ซึ่งบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (ช่วงบางพลี-สุขสวัสดิ์) มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรทั้งหมดจำนวน 44 จุด ได้แก่ ทิศทาง A มุ่งหน้าไปสุขสวัสดิ์ (จากทิศตะวันออกมุ่งไปทางทิศตะวันตก) จำนวน 20 จุด และทิศทาง B มุ่งหน้าไปบางพลี (จากทิศตะวันตกมุ่งไปทางทิศตะวันออก) จำนวน 22 จุด (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, 2556) โดยที่ทิศทาง B เริ่มต้นจากถนนสุขสวัสดิ์บริเวณพระประแดง ผ่านสะพานกาญจนาภิเษกข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา ผ่านทางแยกเชื่อมต่อกับสะพานภูมิพลไปทางทิศตะวันออก ผ่านถนนสุขุมวิท ถนนศรีนครินทร์ และถนนเทพารักษ์ ไปบรรจบกับทางหลวงหมายเลข 34 (บางนา - บางปะกง) เชื่อมต่อกับทางพิเศษบูรพาวิถีที่ทางแยกต่างระดับวัดสลุด อำเภอบางพลี ระยะทาง 22.5 กิโลเมตร ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจารจร (Sensor) และแผนที่แสดงทิศทางบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (ช่วงบางพลี-สุขสวัสดิ์) ดังแสดงในภาพที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจารจร
ที่มา : การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2556)

ภาพที่ 3 แผนที่แสดงทิศทางบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก
(ช่วงบางพลี-สุขสวัสดิ์)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

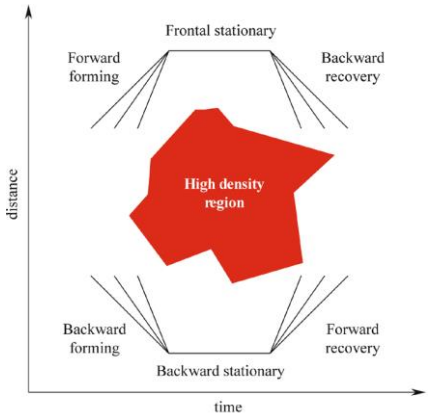
1. คอขวด (Bottleneck) ทางด้านวิศวกรรมจราจร หมายถึง จุดหรือช่วงหนึ่งบนถนนที่ก่อให้เกิดสภาพการจราจรติดขัดด้านเหนือน้ำ (ก่อนถึงจุดคอขวด) ส่วนด้านท้ายน้ำ (หลังจุดคอขวด) จะมีสภาพการจราจรเบาบาง ซึ่งคอขวดจะเกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณจราจรบนถนนเส้นนั้นสูง และมีอุปสรรคบางอย่างทำให้อัตราการเคลื่อนตัวของกระแสจราจรลดลง เช่น ทางโค้ง ทางลาดชัน คอสะพาน ช่องจราจรลดลง หรืออุบัติเหตุ เป็นต้น (ปกรณ์, 2557) ตัวอย่างลักษณะการเกิดคอขวดบนช่วงถนน ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างลักษณะการเกิดคอขวดบนช่วงถนน

2. คลื่นสะท้อนในกระแสจราจร (Shock Waves in Traffic Stream)

งานวิจัยนี้จะใช้สูตรของคลื่นสะท้อนในกระแสจราจร (Shock Waves in Traffic Stream) มาคำนวณเพื่อวิเคราะห์หาค่าความล่าช้าในการเดินทาง ซึ่งคลื่นสะท้อนในกระแสจราจรเป็นปรากฏการณ์คอขวด (Bottleneck condition) เกิดเมื่อมีความจุของถนนลงอย่างฉับพลัน ทำให้มีการชะลอตัวของกระแสจราจรและเกิดแถวคอย เมื่อมีอัตราการไหลและความหนาแน่นสูง การเกิดปรากฏการณ์คอขวดทำให้รถต้องลดความเร็วลงอย่างต่อเนื่อง การชะลอความเร็วนี้ขยายออกไปในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของรถ (ศิรดล, 2556) ประเภทของคลื่นสะท้อนในกระแสจราจร (Shockwave Classification) แบ่งได้เป็น 6 ประเภท ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ประเภทของคลื่นสะท้อนในกระแสจราจร

ที่มา : S.P. Hoogendoorn (2010)

สมการที่ใช้ในงานวิจัย

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่า Travel delay มีดังนี้

1. Shockwave build up speed (v1) = $(q_2 - q_1)/(k_2-k_1)$ 2. Speed in congestion (v3) = $(q_2 - 0)/(k_2-0)$
3. Back of queue = v1t1 4. Shockwave dissipation speed (v2) = $(q_4 - q_3)/(k_4-k_3)$
5. Time to clear queue = v1t1/v2 6. No.of Veh affected = Arrival rate x [t1 + (v1t1/v2)]
7. Veh-km affected = (v1t1/2) x [Arrival rate x [t1 + (v1t1/v2)]]
8. Delay in queue = [t1+ (v1t1/v2)]/2 x (Arrival rate - Bottleneck capacity)t1
9. Travel delay = Arrival rate x [t1 + (v1t1/v2)] x [(v1t1/v3) - (v1t1/u1)]/2

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่า Indirect Cost

Indirect Cost = VOC+VOT

VOC = Veh-km affected x ค่าใช้จ่ายในการใช้รถ

VOT = (Delay in queue+Travel delay) x มูลค่าเวลาในการเดินทาง

โดยที่ค่า VOC (Vehicle Operating Cost) คือ ค่าใช้จ่ายในการใช้รถ เป็นค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เกี่ยวกับรถ

VOT (Value Of Time) คือ มูลค่าเวลาในการเดินทาง เป็นมูลค่าที่ต้องสูญเสียไปกับการเดินทาง หมายเหตุ ในการคำนวณผู้วิจัยได้ใช้ค่าใช้จ่ายในการใช้รถ = 8.60 baht/pcu-km และมูลค่าเวลาในการเดินทาง = 168 baht/pcu-hr (สำนักแผนงาน กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม, 2561)

ข้อมูลอุบัติเหตุ

ข้อมูลอุบัติเหตุจากฐานข้อมูลแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้ วันและเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ ช่วงเวลา ความรุนแรง ตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ ตำแหน่ง Sensor ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ เวลาพ้นกีดขวาง และเลนที่เกิดเหตุ ดังแสดงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลอุบัติเหตุ

กรณี	วันที่เกิดเหตุ	เวลาเกิดเหตุ	ช่วงเวลา*	ความรุนแรง **	ตำแหน่งที่เกิดเหตุ	ตำแหน่ง sensor	ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ	เวลาพ้นกีดขวาง	เลนที่เกิดเหตุ ***
1	7/1/14	14:05	นอกเวลาเร่งด่วน	PDO	17+700B	18+800B	พลิกคว่ำ	14:27	1
2	28/1/14	15:45	นอกเวลาเร่งด่วน	บาดเจ็บ	14+400A	11+300A	ชนท้าย	16:10	2
3	17/2/14	12:12	นอกเวลาเร่งด่วน	บาดเจ็บ	17+700B	18+600B	ชนท้าย	12:36	4
4	10/3/14	20:42	นอกเวลาเร่งด่วน	บาดเจ็บ	ลงด่านปากน้ำฝั่ง B	15+000B	ชนท้าย	21:05	5
5	20/3/14	9:54	นอกเวลาเร่งด่วน	PDO	บางครุ 3	11+300A	ชนไม้กั้น	10:10	1
6	9/7/14	10:33	นอกเวลาเร่งด่วน	บาดเจ็บ	15+500B	15+800B	ชนท้าย	10:47	2
7	28/7/14	9:54	นอกเวลาเร่งด่วน	บาดเจ็บ	10+800A	10+300A	ชนท้าย	10:10	5
8	26/8/14	12:32	นอกเวลาเร่งด่วน	บาดเจ็บ	16+400A	16+300A	ชนท้าย	12:54	2,3
9	12/2/15	10:30	นอกเวลาเร่งด่วน	บาดเจ็บ	19+300A	19+300A	ชนท้าย	10:48	3
10	18/2/15	11:09	นอกเวลาเร่งด่วน	บาดเจ็บ	3+800A	4+200A	ชนท้าย	11:26	2
11	3/3/15	15:15	นอกเวลาเร่งด่วน	บาดเจ็บ	6+700A	6+900A	ชนท้าย	15:46	1,3
12	14/3/15	8:49	เร่งด่วนเช้า	PDO	21+000B	21+800B	ชนท้าย	9:10	3
13	22/3/15	19:15	เร่งด่วนเย็น	บาดเจ็บ	1+200B	1+600B	เฉี่ยวชน	19:34	2
14	30/3/15	11:40	นอกเวลาเร่งด่วน	บาดเจ็บ	18+100A	17+800A	ชนท้าย	12:05	3
15	5/1/16	6:38	เร่งด่วนเช้า	บาดเจ็บ	22+000A	22+300A	พลิกคว่ำ	6:50	3
16	6/1/16	6:53	เร่งด่วนเช้า	PDO	17+300A	16+300A	เฉี่ยวชน	7:20	0,3
17	10/1/16	16:10	เร่งด่วนเย็น	บาดเจ็บ	18+200B	18+800B	ชนท้าย	16:30	0,1
18	11/1/16	17:23	เร่งด่วนเย็น	PDO	20+700B	20+300B	ชนท้าย	17:47	3

หมายเหตุ : * ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า 06.00-09.00 น.
ช่วงนอกเวลาเร่งด่วน 09.00-16.00 น.
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น 16.00-20.00 น.
** PDO (Property damage only) คือ ทรัพย์สินเสียหายอย่างเดียว
*** เลนที่เกิดเหตุ 0 = ไหล่ทาง, 1 = เลนซ้าย, 2 = เลนกลาง,
3 = เลนขวา, 4 = on ramp และ 5 = off ramp

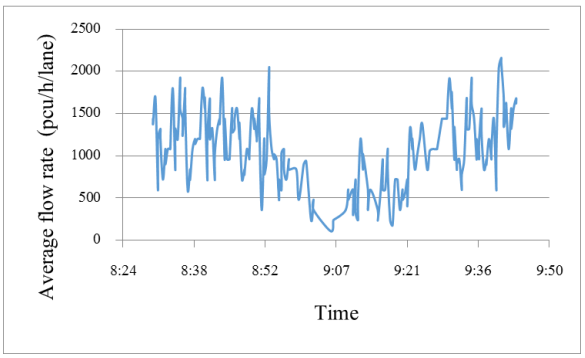
ตัวอย่างข้อมูลอุบัติเหตุ

เมื่อวันที่ 14 มกราคม 2015 อุบัติเหตุเวลา 08:49 น. บริเวณกิโลเมตรที่ 21+000B เป็นอุบัติเหตุรถยนต์นั่งบุคคล 1 คัน รถตู้ 2 คัน ชนท้ายกันที่เลนจราจรด้านขวา ไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บ ตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุก่อนขึ้นสะพานกาญจนาภิเษก ดังแสดง ในภาพที่ 6

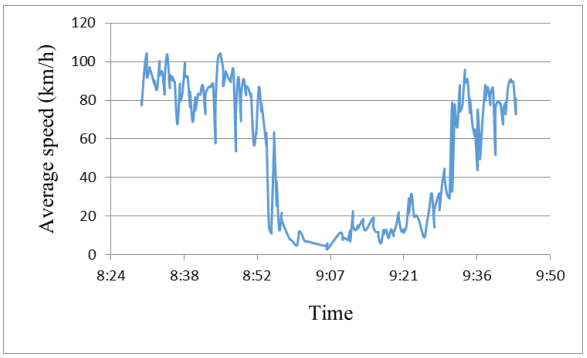
ภาพที่ 6 บริเวณตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ

ผลการวิจัย

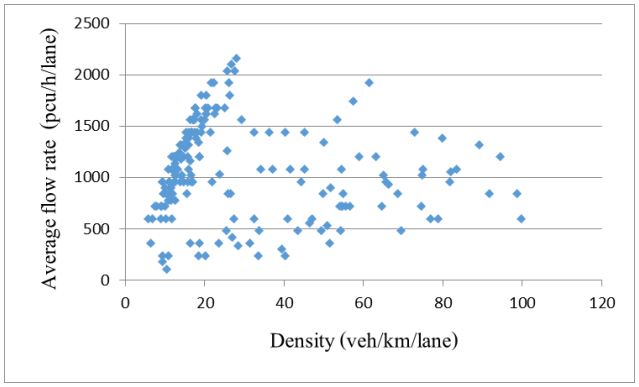
จากตัวอย่างอุบัติเหตุข้างต้น ใช้ข้อมูล Sensor ตำแหน่งที่ 21+800B (ก่อนจุดเกิดอุบัติเหตุ 800 เมตร) พบว่าก่อนเกิดอุบัติเหตุ Average flow rate เท่ากับ 1,230 pcu/h/lane ขณะเกิดอุบัติเหตุ เท่ากับ 680 pcu/h/lane และหลังเคลียร์คิว (แถวคอยถูกระบายออกจนหมดเพื่อให้สภาพการจราจรกลับมาเป็นปกติ) เท่ากับ 1,290 pcu/h/lane ดังแสดงภาพที่ 7 และข้อมูล Average speed ก่อนเกิดอุบัติเหตุ เท่ากับ 87 km/h ขณะเกิดอุบัติเหตุ เท่ากับ 27 km/h และหลังเคลียร์ (แถวคอยถูกระบายออกจนหมดเพื่อให้สภาพการจราจรกลับมาเป็นปกติ) เท่ากับ 75 km/h ดังแสดงในภาพที่ 8 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Average flow rate กับ Density ดังแสดงกราฟในภาพที่ 9



ภาพที่ 7 ตัวอย่างกราฟแสดงข้อมูล Average flow rate



ภาพที่ 8 ตัวอย่างกราฟแสดง Average speed



ภาพที่ 9 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Average flow rate กับ Density

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Flow และ Density

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล Flow และ Density ที่ตำแหน่ง Upstream และ Downstream ทั้งก่อนและหลังเกิดอุบัติเหตุ ได้ค่า Flow และ Density ในแต่ละกรณี ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Flow และ Density (เลนขวา)

Case	Upstream flow (q_1) (pcu/h/lane)	Density (k_1) (pcu/km)	Downstream flow (q_2) (pcu/h/lane)	Density (k_2) (pcu/km)	Upstream flow after (q_3) (pcu/h/lane)	Density (k_3) (pcu/km)	Downstream flow after (q_4) (pcu/h/lane)	Density (k_4) (pcu/km)
1	1,420	15.2	765	31.0	1,310	15.0	1,315	14.8
2	1,035	13.4	1,105	14.8	1,150	14.1	1,190	14.2
3*	890	14.0	760	212.0	885	13.8	890	30.0
4**	565	8.61	465	8.72	445	7.93	610	8.0
5	1,090	29.9	1,055	45.0	1,300	17.5	1,315	34.9
6	1,635	24.0	265	38.0	1,530	19.9	1,690	23.7
7**	1,690	24.6	545	45.5	1,480	17.2	1,750	21.6
8	1,340	15.8	250	66.3	1,115	33.0	1,200	27.1
9	890	22.7	420	26.9	655	26.4	1,100	31.6
10	1,055	12.5	920	13.7	1,065	12.4	1,400	16.4
11	1,570	20.1	595	12.8	1,470	22.3	1,660	23.5
12	1,230	14.1	680	25.2	1,290	17.1	1,405	19.2
13	755	12.3	365	80.9	630	8.2	635	10.2
14	1,195	26.8	440	83.9	1,260	22.3	1,300	24.0
15	485	5.2	640	9.7	1,140	11.4	1,145	11.0
16	1,535	17.3	690	59.4	1,670	19.4	1,680	20.1
17	1,365	14.0	580	33.2	1,635	20.0	1,640	20.4
18	1,080	16.4	1,140	20.0	1,575	23.4	1,600	25.5

หมายเหตุ : * on ramp

** off ramp

ผลการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเวลาที่สูญเสียไปในการเดินทางโดยแบ่งแยกตามระดับความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ

เวลาที่สูญเสียไปในการเดินทาง คือ ผลรวมของระยะเวลาที่เข้าถึง ณ จุดเกิดเหตุ และระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการพื้นที่เกิดเหตุ ดังแสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เวลาที่สูญเสียไปในการเดินทาง

ระดับความรุนแรง	ระยะเวลาที่เข้าถึง ณ จุดเกิดเหตุ (นาที)	ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการพื้นที่เกิดเหตุ (นาที)	รวมเวลาที่สูญเสีย (นาที)
บาดเจ็บ	9.5	23.5	33
ทรัพย์สินเสียหายอย่างเดียว	9	21	30

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เวลาที่สูญเสียไปในการเดินทางของกรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ปี 2550

ระดับความรุนแรง	ระยะเวลาที่เข้าถึง ณ จุดเกิดเหตุ (นาที)	ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการพื้นที่เกิดเหตุ (นาที)	รวมเวลาที่สูญเสีย (นาที)
เสียชีวิต	14	32.5	46.5
บาดเจ็บรุนแรง	14	25	39
บาดเจ็บเล็กน้อย	14	20	34
ทรัพย์สินเสียหายอย่างเดียว	14	17.5	31.5

ผลการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย Indirect Cost (บาท/นาที) ในแต่ละช่วงเวลา

ในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย Indirect Cost (บาท/นาที) ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า 06.00-09.00 น. ช่วงนอกเวลาเร่งด่วน 09.00-16.00 น. ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น 16.00-20.00 น. ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย Indirect Cost (บาท/นาที) ในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	Indirect Cost (บาท/นาที)
เร่งด่วนเช้า	3,803
เร่งด่วนเย็น	4,593
นอกเวลาเร่งด่วน	4,717

ผลการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย Indirect Cost (บาท/ครั้ง) โดยแบ่งแยกตามระดับความรุนแรง

จากผลการวิเคราะห์มูลค่าความล่าช้าในการเดินทางอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุแต่ละครั้งโดยแบ่งแยกตามความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ ดังแสดงผลในตารางที่ 6 และผลการวิเคราะห์มูลค่าความล่าช้าในการเดินทางอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุแต่ละครั้งของโครงการศึกษามูลค่าอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ปี 2550 ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย Indirect Cost (บาท/ครั้ง) และ Indirect Cost (บาท/นาที) โดยแบ่งแยกตามระดับความรุนแรง

ระดับความรุนแรง	Indirect Cost (บาท/ครั้ง)	Indirect Cost (บาท/นาที)
บาดเจ็บ	169,892	5,073
ทรัพย์สินเสียหายอย่างเดียว	102,200	3,166

หมายเหตุ : กรณีการเสียชีวิตไม่ได้แสดง เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลและการเกิดเหตุเกิดที่ไหล่ทาง จึงทำให้ไม่ได้รับผลกระทบกับสภาพจราจรทำให้ไม่เกิดคอขวด

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย Indirect Cost บาท/ครั้ง ของกรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ปี 2550

ระดับความรุนแรง	มูลค่าความล่าช้าในการเดินทางอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุแต่ละครั้ง (บาท)
เสียชีวิต	290,889
บาดเจ็บรุนแรง	204,621
บาดเจ็บเล็กน้อย	155,518
ทรัพย์สินเสียหายอย่างเดียว	133,488

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์มูลค่าความสูญเสียทางอ้อม (Indirect Cost) อันเนื่องมาจากมูลค่าความล่าช้าในการเดินทางของอุบัติเหตุแต่ละครั้ง โดยแบ่งแยกตามความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ จากตารางที่ 6 พบว่ากรณีบาดเจ็บมีค่า Indirect Cost สูงกว่ากรณีทรัพย์สินเสียหายอย่างเดียว ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ไปในทิศทางเดียวกันกับของกรมทางหลวง ในตารางที่ 7 และเมื่อเปรียบเทียบกับของกรมทางหลวง พบว่าความแตกต่างของมูลค่าความสูญเสีย ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เข้าถึง ณ จุดเกิดเหตุ ซึ่งจากข้อมูลตารางที่ 3 และตารางที่ 4 พบว่าผลการวิเคราะห์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ กรณีบาดเจ็บมีค่าเฉลี่ย Indirect Cost มากกว่ากรณีทรัพย์สินเสียหายอย่างเดียว และเนื่องจากการทางพิเศษแห่งประเทศไทยใช้ระยะเวลาในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุได้น้อยกว่าของกรมทางหลวง จึงสามารถใช้เวลาในการจัดการพื้นที่เกิดเหตุและการเคลื่อนย้ายได้เร็วกว่า ส่งผลทำให้ได้ค่าเฉลี่ย Indirect Cost น้อยกว่าของกรมทางหลวง

จากการวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) ในช่วงเวลาต่าง ๆ จากตารางที่ 6 พบว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าได้ค่าเฉลี่ย Indirect Cost น้อยกว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นและนอกเวลาเร่งด่วนตามลำดับ จากผลการวิจัยในช่วงเวลานอกเร่งด่วนมีค่าเฉลี่ยของมูลค่าความสูญเสียทางอ้อมมากกว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเร่งด่วนเย็น เนื่องจากมีการลดความจุของถนนลงอย่างฉับพลัน ทำให้มีการชะลอตัวของกระแสจราจรและเกิดแถวคอย เมื่อมีอัตราการไหลและความหนาแน่นสูง การเกิดปรากฏการณ์คอขวดทำให้รถต้องลดความเร็วลงอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยนี้ ไม่ได้นำข้อมูลในทิศทางจราจรฝั่งตรงข้ามกับอุบัติเหตุมาทำการวิเคราะห์ในครั้งนี้ แต่จะกล่าวไว้เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจจะทำงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบด้านต้นทุนทางอ้อมด้านเวลาจากอุบัติเหตุต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กองวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมระบบทางพิเศษ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย อย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. โครงการศึกษามูลค่าอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2550.

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. โครงการศูนย์การจราจรอัจฉริยะบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (ITS Center) ระยะที่ 2; 2556

ณพล ศรีศักดา. การประมาณความยาวแถวคอย โดยการประยุกต์กราฟปริมาณการจราจรสะสมและการวิเคราะห์คลื่นกระแทก. [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์]. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2555.

ปกรณ์ ตั้งจาตุรโสภณ. การศึกษาจุดคอขวดบนเส้นทางสายหลักในช่วงเทศกาลวันหยุดยาว : กรณีศึกษาถนนมิตรภาพ ช่วง นครราชสีมา – ขอนแก่น. [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง]. นครราชสีมา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2557.

ศิรดล ศิริธร. วิศวกรรมจราจร (Traffic Engineering). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมขนส่ง (Transportation Engineering) นครราชสีมา : สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2556.

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. วิศวกรรมจราจร (Traffic Engineering). เอกสารประกอบการสอนรายวิชา วิศวกรรมขนส่ง (Transportation Engineering) ชลบุรี : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา; 2551.

สำนักแผนงาน กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. โครงการศึกษาจัดทำมาตรฐานการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายผู้ใช้ทาง. สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2561.

May. A.D. Traffic Flow Fundamental. Prentice-Hall, New Jersey; 1990.

S.P. Hoogendoorn. Traffic Flow Theory & Simulation. Lecture; 2010.