

การตรวจสอบความปลอดภัยภายหลังการดำเนินการ โครงการปรับปรุงความปลอดภัยทางแยกต่างระดับบางควาย บนทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 Road Safety Audit after Completion of Road Safety Improvement Project of Bang Khwai Interchange on Motorway No. 7

ดร. ธันวิน สวัสดิ์ศานต์^{1,*} นายวันเสด็จ บุญยะวันตั้ง² และนายสันต์ พงกษางามชล³

¹ สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

² กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง

³ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

Corresponding author's e-mail address: dr.tunwin@gmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอผลการตรวจสอบความปลอดภัยภายหลังการดำเนินการโครงการปรับปรุงความปลอดภัยของทางแยกต่างระดับบางควาย บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 ของกรมทางหลวง เพื่อแก้ปัญหาอุบัติเหตุรถชนราวกันอันตรายที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งบริเวณทางโค้งของทางแยกต่างระดับโดยเฉพาะกรณีรถพ่วง ภายหลังจากการดำเนินการปรับปรุงได้มีการตรวจสอบความปลอดภัยของโครงการ รวมทั้งรวบรวมข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุก่อนและหลังการดำเนินการโครงการ เพื่อยืนยันผลการวิเคราะห์และสัมฤทธิ์ของโครงการ โดยผลจากการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่า ความกว้างของผิวจราจรในช่วงทางโค้งที่ไม่เพียงพอ และการเข้าโค้งด้วยความเร็วที่เกินกว่าความเร็วที่กำหนดเป็นสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุ และการแก้ไขปัญหาโดยการปรับความกว้างและแนวช่องจราจรใหม่ รวมทั้งการติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่ช่วยลดความเร็ว ช่วยแก้ไขอุบัติเหตุดังกล่าวได้

คำสำคัญ: การตรวจสอบความปลอดภัย, การขยายความกว้างของช่องจราจรช่วงทางโค้ง, สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, ความเร็วปลอดภัยในการเข้าโค้งราบ

Abstract

This article presents the results of the road safety audit after completion of the "Road Safety Improvement Project of Bang Khwai Interchange on Intercity Motorway No. 7". The project was intended to solve high frequent road accidents at the interchange, especially for trucks and trailers. After the project completion, the road safety audit was conducted together with the collection of accidental records in order to verify the results of the road safety audit and the effectiveness of the project. The results of the study indicated that the main causes of the accidents were inadequate pavement width at the curve and

over speeding. It also showed that the problems were effectively solved by lane realignment, pavement widening and installation of various traffic calming devices.

Keywords: Road Safety Audit, Lane Widening at Horizontal Curve, Coefficient of Friction, Safe Speed for Horizontal Curve

1. คำนำ

บทความนี้เป็นรายงานการตรวจสอบความปลอดภัยของสายทางภายหลังการดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จของ "งานจ้างเหมาปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง ในทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 ตอนทางแยกต่างระดับบางควาย-ทางแยกต่างระดับบางควาย ที่ กม. 4+000 บริเวณต่างระดับบางควายด้านขวาทาง (เป็นช่วงๆ)" ซึ่งจากนี้ไปจะขอเรียกว่า "โครงการฯ" โดยขณะดำเนินการโครงการฯ ชื่อตอน ทางแยกต่างระดับบางควาย-ทางแยกต่างระดับบางควาย บริเวณ กม. 4+000 ทิศทางด้านขวาทาง ปัจจุบัน กรมทางหลวงได้เปลี่ยนชื่อตอน เป็น ตอนทางแยกต่างระดับบางควาย-ทางแยกต่างระดับบางควาย และ กม. ดำเนินการจะต้องเปลี่ยนเป็นบริเวณ กม. 0+000 ด้านซ้ายทาง คือทิศทางจากทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 มุ่งหน้าต่างระดับบางควาย และจากนี้ไปในบทความนี้จะอ้างอิงชื่อ กม. และ ทิศทางตามบัญชีสายทางปัจจุบัน

โครงการฯได้ดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาดูแลจุดเสี่ยงบริเวณด้านซ้ายทางของ Ramp 0305 ของทางแยกต่างระดับบางควาย ซึ่งมีลักษณะเป็นโค้งสลับด้านต่อเนื่องกัน 2 โค้ง (S-Curve) โดยโค้งแรกมีรัศมีความโค้ง 200 เมตร ความเร็วในการออกแบบ 55 กม./ชม. ต่อด้วยช่วงทางตรงประมาณ 70 เมตร และช่วงโค้งที่ 2 มีรัศมีความโค้งเพียง 71.6 เมตร ความเร็วในการออกแบบ 40 กม./ชม. โดยมีสถิติการเกิดอุบัติเหตุรถชนราวสะพานของ Ramp 0305 ซึ่งอยู่ในช่วงทางโค้งที่ 2 อยู่บ่อยครั้ง แขวงทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (ขทพ.) ได้มีการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวมาอย่างต่อเนื่อง ทั้งการปรับปรุงผิวจราจร การตีเส้นจราจรใหม่ การติดตั้งป้ายเตือนและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ แต่อุบัติเหตุก็ยังคงเกิดขึ้น

อย่างต่อเนื่อง โดยในปีงบประมาณ 2561 มีรถพ่วงเกิดอุบัติเหตุชนราวสะพาน และ/หรือ พลิกคว่ำที่โค้งดังกล่าว ถึง 4 ครั้ง ขทพ.จึงได้ดำเนินโครงการปรับปรุงความปลอดภัยหรือการแก้ไขจุดเสี่ยงของ Ramp 0305 ในปีงบประมาณ 2562 โดยก่อสร้างปรับปรุงแล้วเสร็จและเปิดใช้งานในเดือนมิถุนายน 2562 และได้เริ่มมีการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบความปลอดภัย และประเมินผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินโครงการ

โดยการตรวจสอบความปลอดภัยในรายงานนี้จะครอบคลุมในประเด็นหลัก 2 ประเด็นคือ

- 1) ความเหมาะสมของความเร็วของรถที่ใช้ในการเข้าโค้ง ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่ารัศมีโค้ง ค่าความลาดเอียงของผิวทางหรือการยกโค้ง ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน หรือค่าความต้านทานการลื่นไถล ระหว่างผิวทางกับยางรถยนต์
- 2) ความเหมาะสมของความกว้างและแนวของช่องจราจร ในช่วงทางโค้ง ซึ่งจะต้องออกแบบเพิ่มความกว้างของช่องจราจรเป็นพิเศษโดยเฉพาะในช่วงทางโค้งที่มีรถขนาดใหญ่เช่นรถพ่วงใช้งาน

นอกจากนี้ผู้เขียนยังได้พิจารณาถึงความเหมาะสมของอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่น ๆ เช่นป้ายเตือนและชุดอุปกรณ์ที่จะลดความเร็วของรถที่จะเข้าสู่โค้ง และผลลัพธ์ของการดำเนินการ คือความเร็วรถและพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ใช้งาน Ramp 0305 รวมทั้งได้รวบรวมสถิติอุบัติเหตุก่อนและหลังการดำเนินการ เพื่อประกอบการวิเคราะห์และการตรวจสอบความปลอดภัยภายหลังการดำเนินการโครงการฯ โดยมีรายละเอียดของโครงการฯ ดังสรุปไว้ดังต่อไปนี้

2. รายละเอียดของโครงการ

จากการสัมภาษณ์วิศวกรผู้จัดทำแผนและผู้ดำเนินการโครงการ และหัวหน้าหมวดทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองพานทอง ถึงความเป็นมาของโครงการฯ ทำให้ทราบว่า ก่อนการดำเนินการในโครงการฯ ได้มีอุบัติเหตุของรถพ่วงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในบริเวณทางโค้งที่ 2 ของ Ramp 0305 และถึงแม้ขทพ. ได้ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวก เช่น ราวกันอันตรายแบบลูกกลิ้ง (Rolling Guard Rail) และตีเส้นจราจรใหม่เพื่อบรรเทาและแก้ไขปัญหาดังกล่าว แต่ก็ยังคงมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 1) จากการพิจารณาลักษณะการเกิดอุบัติเหตุที่รถพ่วงมักจะพลิกคว่ำบริเวณด้านโค้งนอก และรอยเฉี่ยวชนบริเวณกำแพงคอนกรีตที่โค้งด้านในของโค้งที่ 2 เบื้องต้นผู้ออกแบบจึงสันนิษฐานได้ว่าอุบัติเหตุในช่วงทางโค้งที่ 2 นั้นอาจเกิดได้จากสองสาเหตุคือ

- 1) เกิดจากรถเข้าโค้งด้วยความเร็วที่สูงเกินกว่าค่าความเร็วที่ปลอดภัยและเกิดการพลิกคว่ำที่โค้งนอก
- 2) เกิดจากวงเลี้ยวของรถพ่วงและความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทางด้านขวาที่ชิดแนวโค้งด้านในอาจไม่เหมาะสมตามหลักวิศวกรรม หรืออาจไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมรถพ่วงที่แท้จริง กล่าวคือมีรถจำนวนหนึ่งรวมทั้งรถบรรทุกขนาดใหญ่ขับเคลื่อนในลักษณะตัดโค้ง (เปลี่ยนช่องจราจรจากโค้งนอกมายังโค้งใน) และ/หรือ ขับเข้าโค้งโดยยึดแนวเส้นเหลืองที่บ ปรกอบกับไหล่ทางด้านขวามีความกว้างก่อนการปรับปรุง

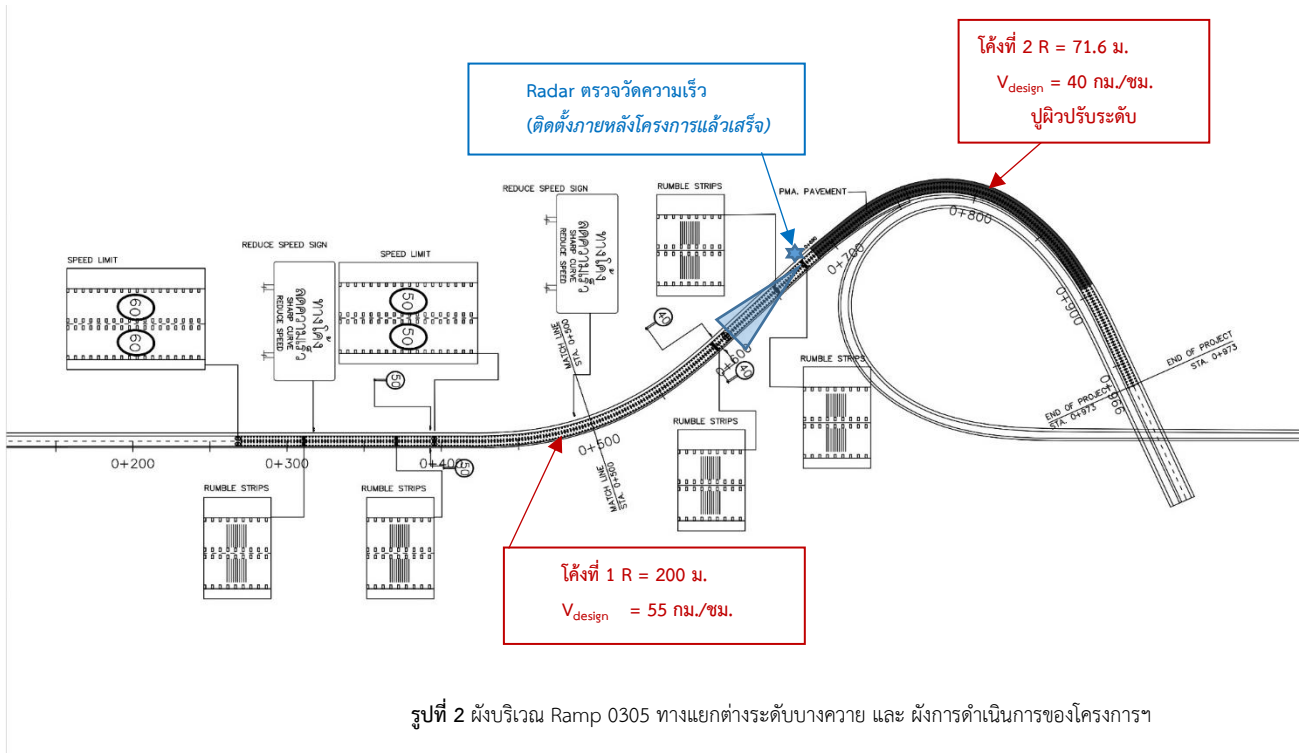
ในโครงการนี้เพียง 0.5 เมตรหรือน้อยกว่า (รูปที่ 1) จึงทำให้เกิดการเฉี่ยวชนกับกำแพงคอนกรีตที่โค้งด้านใน และอาจจะส่งผลให้เสียการควบคุมจนไปปะทะและพลิกคว่ำที่โค้งด้านนอก ทั้งนี้ได้มีการออกแบบเพิ่มความกว้างของช่องจราจร (Widening) ในช่วงทางโค้งไว้แล้ว ขทพ.จึงได้จัดทำโครงการฯ ขึ้นเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยและแก้ไขปัญหาดังกล่าวของ Ramp 0305 ด้านซ้ายทาง โดยมีแผนผังการดำเนินการโครงการฯ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 อุบัติเหตุรถพลิกคว่ำบริเวณ Ramp 0305 ต.ตร. บางคาว

จากรูปที่ 2 และจากการสัมภาษณ์วิศวกรผู้จัดทำแผนและผู้ดำเนินการโครงการฯ สามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงความปลอดภัยของโครงการฯ มีประเด็นหลักในการดำเนินการโครงการฯ คือ

- 1) ปรับความลาดเอียงของผิวทางหรือการยกโค้ง (Superelevation) ในช่วงทางโค้งที่ 2 ให้เป็นไปตามแบบเดิม ที่ได้กำหนดค่าการยกโค้ง ที่จุดสูงสุดเท่ากับ 9.2 % เพื่อให้รองรับการเข้าโค้งด้วยความเร็วออกแบบ 40 กม./ชม. โดยดำเนินการเป็นระยะทาง 200 เมตร จาก กม. 0+690 ถึง กม. 0+890 ของโครงการฯ
- 2) ปรับแนวและความกว้างของช่องจราจรในช่วงทางโค้งที่ 2 ให้ปลอดภัยสำหรับการเข้าโค้งของรถขนาดใหญ่ โดยจากข้อสันนิษฐานเรื่องปัญหาเรื่องวงเลี้ยวและความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทางที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ผู้ออกแบบจึงได้ใช้โปรแกรม Autocad วิเคราะห์วงเลี้ยวของรถในช่วงทางโค้งตามแนวช่องจราจรใหม่ดังกล่าว โดยใช้รถ WB-19 เป็นตัวแทนรถบรรทุกขนาดใหญ่ รั้วคู่เข้าโค้งพร้อมกันสองคัน โดยรถ WB-19 ไม่เฉี่ยวชนกันเองและไม่เฉี่ยวชนกับราวสะพานทั้งสองข้าง จากนั้นจึงออกแบบความกว้างของไหล่ทางโดยความกว้างของไหล่ทางด้านขวาจะค่อยๆ เพิ่มมากขึ้นจนได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 1.50 เมตร (รูปที่ 3) ที่ช่วงกลางโค้ง (ประมาณ 120 เมตรจากจุดเริ่มต้นโค้ง) และมีความกว้างของช่องจราจรที่บริเวณจุดกึ่งกลางโค้งแต่ละช่องเท่ากับ 3.50 เมตร และพื้นที่ส่วนที่เหลือของผิวทางก็จะเป็นไหล่ทางด้านซ้ายซึ่งจะมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร (ไม่รวมพื้นที่ Rolling Guard Rail ซึ่งหนา 36 ซม. ที่บริเวณขอบไหล่ทางด้านซ้าย)



รูปที่ 2 ผังบริเวณ Ramp 0305 ทางแยกต่างระดับบางควาย และ ผังการดำเนินการของโครงการฯ

3) ติดตั้งป้ายเตือน ป้ายจำกัดความเร็ว สัญลักษณ์บนผิวจราจร และตีเส้นจราจรแบบพิเศษ ได้แก่ เส้นแถบชะลอความเร็ว (Rumble Strip) ก่อนถึงทางโค้ง และเส้นแถบลดความกว้างของช่องจราจร (Optical Speed Bar, OSB) ตั้งแต่ช่วงกม. 0+270 ถึง กม. 0+900 ของโครงการ เพื่อชะลอความเร็วของรถ โดยมีเป้าประสงค์เพื่อให้รถเข้าสู่ทางโค้งไม่เกินค่าความเร็วปลอดภัยที่ได้ออกแบบไว้ ดังแสดงไว้ในแผนผังในรูปที่ 2 และในรูปภาพหลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จ (รูปที่ 4)



ก) การติดตั้งป้ายจำกัดความเร็ว การตีเส้น Rumble Strip และ Optical Speed Bar ในช่วงก่อนเข้าทางโค้ง



รูปที่ 3 การตีเส้นจราจรใหม่โดยเพิ่มความกว้างของไหล่ทางด้านขวา (โค้งใน) เพื่อแก้ปัญหาทรุดหนักกำแพงคอนกรีต



ข) การตีเส้น Optical Speed Bar และจัดช่องจราจรใหม่ในช่วงทางโค้ง

3. การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

ภายหลังจากการดำเนินการก่อสร้างโครงการฯแล้วเสร็จในวันที่ 2 มิถุนายน 2562 และได้เปิดให้มีการใช้งาน Ramp 0305 ได้มีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อใช้ในการประกอบในการตรวจสอบความปลอดภัยภายหลังจากดำเนินงานของโครงการฯ ดังต่อไปนี้

รูปที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวก ป้ายจราจรและการตีเส้นจราจรแบบพิเศษ เช่น Rumble Strip และ Optical Speed Bar

- 1) เก็บข้อมูลค่าความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทางในช่วงทางโค้งที่ 2 ดังแสดงใน ตารางที่ 1
- 2) เก็บข้อมูลค่าความลาดเอียงของผิวทางในช่วงทางโค้งในช่วงทางโค้งที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 1
- 3) เก็บข้อมูลความเร็วของรถที่เข้าสู่โค้งที่ 2 ของ Ramp 0305 โดยใช้กล้อง Radar ตรวจสอบวัดความเร็วของรถในช่วงทางตรงก่อนเข้าสู่โค้งที่ 2 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานที่ดำเนินการโดยผศ.ดร.สโรช บุญศิริพันธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [1] โดยมีผลการสำรวจดังสรุปไว้ในตารางที่ 2 และ ทั้งนี้ ตามคู่มือ AASHTO “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets”, 2011 [2] กำหนดให้ใช้ความเร็วรถเข้าโค้งที่ 95th percentile ในการออกแบบและคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเข้าโค้งและการยกโค้ง ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับความเร็วของรถในช่วงทางตรงที่ 85th percentile
- 4) เก็บข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of Friction) หรือค่าความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance) ระหว่างผิวจราจรกับล้อยางของ Ramp 0305 โดยรถสำรวจ ASFT T-10 ดังแสดงในรูปที่ 5 และ เครื่อง British Pendulum ซึ่งดำเนินการโดยสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการของแต่ละเครื่องมือ [3] [4] [5] โดยสรุปดังนี้

- ทำการสำรวจโดยใช้รถ ASFT T-10 ซึ่งเป็นการทดสอบแบบ Continuous Fixed-Slip ที่จับล้อกลิ้งให้ลื่นไถลไปบนผิวจราจรด้วยสัดส่วนการไถล 13% โดยได้ทำการทดสอบตามทิศทางขนานกับจราจร (แนวขวา) โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุดของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานตลอดช่วงทางโค้งที่ 2 ที่แปลงเป็นค่าดัชนีความเสียดทานสากล (International Friction Index, IFI) แล้ว เท่ากับ 0.44 และ 0.36 ตามลำดับ
- ทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง British Pendulum ที่บริเวณทางแยกต่างระดับบางควาย ในทิศทางขนานและตั้งฉากกับการจราจรทั้งหมด 12 ครั้ง (9 จุดทดสอบ) ทั้งในสภาพผิวเปียกและผิวแห้ง ดังสรุปผลในตารางที่ 3 โดยได้ทำการทดสอบหาค่า British Pendulum Number (BPN) ซ้ำที่จุดเดิม 3 จุด ทั้งสองทิศทางเพื่อตรวจสอบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานทั้งสองทิศทางที่จุดเดียวกันนั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างไร โดยผลการทดสอบในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานตามในทิศทางตั้งฉากกับการจราจรนั้นจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในทิศทางขนานกับการจราจร

4. การตรวจสอบความปลอดภัย

4.1 ค่าดัชนีความเสียดทานสากล (International Friction Index)

เช่นเดียวกันกับการแปลงค่าความขรุขระของผิวทางเป็นค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) เนื่องจากค่า

ตารางที่ 1 ค่าการยกโค้ง ค่าความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทางในช่วงทางโค้งที่ 2 ภายหลังจากดำเนินการโครงการ

ระยะทาง จากจุดเริ่มโค้งที่ 2	ค่าการยกโค้ง (SE)	ความกว้าง (ม.)				
		ไหล่ซ้าย	เลนซ้าย	เลนขวา	ไหล่ขวา	รวม
0+000	-2.50%	2.20	3.60	3.74	0.66	10.20
0+025	0.70%	1.45	3.50	3.90	0.90	9.75
0+050	3.60%	1.65	3.62	3.32	0.81	9.40
0+075	6.30%	1.60	3.53	3.46	1.07	9.66
0+100	7.50%	1.52	3.49	3.66	1.26	9.93
0+105	9.10%	1.59	3.51	3.56	1.34	10.00
0+125	8.50%	1.50	3.55	3.50	1.48	10.03
0+150	4.80%	1.69	3.47	3.50	1.14	9.80
0+175	3.20%	1.55	3.56	3.45	1.04	9.60
0+200	-1.40%	1.98	3.96	3.36	0.60	9.90
0+225	-2.80%	1.99	3.78	3.54	0.42	9.73
0+250	-1.60%	1.96	3.60	3.61	0.38	9.55
0+275	-1.50%	1.92	3.59	3.61	0.39	9.51

ตารางที่ 2 ความเร็วของรถที่บริเวณทางตรงก่อนเข้าสู่โค้งที่ 2 โดยใช้กล้องตรวจวัดความเร็ว

ความเร็วรถ	รวมรถทุกประเภท	รถเล็ก	รถบรรทุก
85 th Percentile	78.8	81.0	63.0
95 th Percentile	85.0	86.4	67.7
ความเร็วเฉลี่ย	66.3	71.0	55.0
ความเร็วต่ำสุด	12.6	20.9	12.6
ความเร็วสูงสุด	120.6	120.6	91.1

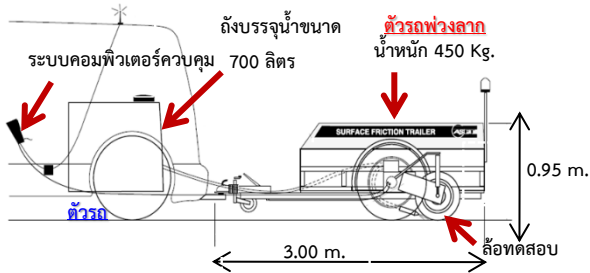
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานด้วยเครื่อง British Pendulum

จุดทดสอบ	อุณหภูมิทดสอบ (°C)	ทดสอบสภาพแห้ง		ทดสอบสภาพเปียก	
		BPN (35 °c)	Coeff. Friction	BPN (35 °c)	Coeff. Friction
1	48	95	0.95	65	0.65
2	49	105	1.05	47	0.47
3	52	107	1.07	51	0.51
4	56	113	1.13	50	0.5
5	50	107	1.07	56	0.56
6	50	100	1	48	0.48
6*	50	100	1	54	0.54
7	50	101	1.01	56	0.56
7*	50	101	1.01	56	0.56
8	51	94	0.94	50	0.5
9	54	107	1.07	56	0.56
9*	54	107	1.07	63	0.63

หมายเหตุ การทดสอบค่า BPN ปกติจะทำการทดสอบในทิศทางขนานกับการจราจร ยกเว้นจุดทดสอบที่มี “*” จะทำการทดสอบในทิศทางตั้งฉากกับการจราจร



ก) ภาพรถ ASFT T-10



ข) Diagram แสดงส่วนประกอบของรถ ASFT T-10

รูปที่ 5 รถ ASFT T-10 สำหรับทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวทาง

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อรถและผิวทาง (Coefficient of friction, f) ที่วัดได้ในสนามนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการเช่นวิธีการวัดและค่าความเร็วของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการวัด เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับแก้ค่า f ที่วัดได้ในสนามให้เป็นค่ามาตรฐานคือค่าดัชนีความเสียดทานสากล (International Friction Index, IFI) ที่เป็นตัวแทนของค่า f ของผิวทางที่ความเร็วของการวัดเท่ากับ 60 กม./ชม. เพื่อจำกัดผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ในการตรวจวัด และเพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบค่า f ของถนนหรือผิวทางต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยการคำนวณหาค่า IFI หรือ F_{60} นั้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 และ 2 ที่อ้างอิงจากรายงาน “โครงการยกระดับมาตรฐานความผิดของผิวแอสฟัลต์เพื่อมุ่งสู่ทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน” ของสำนักวิจัยและพัฒนาทาง [6]

$$F_{60} = A + B * F_s * e^{(S-60)/Sp} \quad (1)$$

เมื่อ F_{60} = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ความเร็วเครื่องมือ 60 กม./ชม.

F_s = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ความเร็วเครื่องมือ S กม./ชม.

S = ความเร็วของเครื่องมือทดสอบ

A, B = ค่าพารามิเตอร์สำหรับปรับแก้สำหรับวิธีการทดสอบ

โดยสำหรับสำหรับรถ ASFT T-10 ที่ทำการทดสอบแบบ Fixed Slip

$S = 0.13 * V$ เมื่อ V คือความเร็วรถ กม./ชม.

$A = 0.082$ และ $B = 0.91$

Sp = ค่าปรับแก้จากค่าความหยาบ(สึก)ของผิวทาง

$$Sp = a + (b * T_x) \quad (2)$$

$a = -11.6$ และ $b = 113.6$

T_x = ค่าความหยาบ(สึก)ของผิวทางที่วัดด้วยวิธี Sand Patch (มม.)

ทั้งนี้ในการสำรวจด้วยรถ ASFT T-10 โดยสำนักวิศวกรรมโยธาและตรวจสอบนั้น รถสำรวจได้ติดตั้งอุปกรณ์ Laser Profiler ที่สามารถตรวจวัดและคำนวณหาค่า Sensor Measured Textured Depth ซึ่งได้นำมาใช้เป็นค่า T_x ในการแปลงค่าความเสียดทานที่วัดได้ด้วยรถ ASFT T-10 เป็นค่า IFI ซึ่งจากการพิจารณาข้อมูลผลการทดสอบค่า IFI พบว่า ผิวทางในช่วงทางโค้งมีทั้งในช่องจราจรซ้ายและขวามีค่า IFI ต่ำสุดเท่ากับ 0.36 ซึ่งจะได้นำค่าดังกล่าวไปใช้เป็นตัวแทนค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเพื่อใช้ตรวจสอบหาค่าความเร็วปลอดภัยในการเข้าโค้งต่อไป

4.2 ความเร็วในการเข้าโค้ง

ประเด็นหลักในการตรวจสอบความปลอดภัยหลังการดำเนินการของโครงการนี้คือค่าความเร็วที่เหมาะสมหรือค่าความเร็วที่ปลอดภัยสำหรับการเข้าโค้งที่ 2 ของ Ramp 0305 ทั้งนี้ค่าความเร็วเข้าโค้งที่ปลอดภัยนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4 ของ AASHTO [2]

$$f = \frac{v^2}{127R} - 0.01e \quad (3)$$

$$\text{หรือ } V = \sqrt{(f + 0.01e) * 127R} \quad (4)$$

เมื่อ V = ความเร็วปลอดภัย(ออกแบบ)ในการเข้าโค้ง (กม./ชม.)

f = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อรถและผิวจราจร

e = ค่ายกโค้ง (%)

R = ค่ารัศมีความโค้ง (เมตร)

สำหรับทางโค้งที่ 2 มีค่ารัศมีความโค้งเท่ากับ 71.6 เมตร และมีค่าการยกโค้งสูงสุดที่ กม. 0+800 ของโครงการเท่ากับ 9.1% และมีค่า IFI ต่ำสุดในสภาพผิวเปียกในช่วงทางโค้งเท่ากับ 0.36 อย่างไรก็ตาม AASHTO [2] ได้นแนะนำค่า f ที่ใช้ในการออกแบบทางโค้งไว้เท่ากับ 0.18 สำหรับโค้งที่ใช้ความเร็วออกแบบ 40 ถึง 50 กม./ชม. เพื่อความรู้สึกสะดักสบายในการขับขีเมื่อเข้าโค้งโดยจะรู้สึกถึงแรงเหวี่ยงในการเข้าโค้งมากเกินไป โดยคำแนะนำนี้จะเปลี่ยนไปตามค่าความเร็วในการเข้าโค้ง ดังนั้นในการตรวจสอบความปลอดภัยของทางโค้งในรายงานนี้จึงได้นำค่า f ทั้ง 2 ค่ามาคำนวณหาค่าความเร็วสูงสุดที่ปลอดภัยสำหรับการเข้าโค้งดังแสดงผลไว้ในตารางที่ 4

นอกจากนี้ เนื่องจากค่าที่วัดได้จากเครื่อง ASFT T-10 เป็นการวัดในสภาพผิวทางเปียก แต่โดยทั่วไปการใช้งานจริงจะอยู่ในสภาพผิวทางแห้ง ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในสภาพแห้งนั้น เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบ British Pendulum Test ในสภาพผิวแห้งแล้ว ก็จะเห็นได้ว่ามีค่าอยู่ประมาณ 0.94 ถึง 1.13 ถึงแม้ว่าค่า f ดังกล่าวเป็นค่าที่ยังมิได้ปรับแก้เป็นค่า IFI แต่จากการพิจารณา ผลการทดสอบจากรถ ASFT T-10 ในสภาพเปียกที่ปรับแก้เป็นค่า IFI แล้ว ที่บริเวณเดียวกับจุดที่ทำการทดสอบ British Pendulum Test พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.46 ถึง 0.58 ในขณะที่ค่า f จากการทดสอบ British Pendulum Test ในสภาพเปียกมีค่าอยู่ในช่วง 0.46 ถึง 0.50 ซึ่งไม่ต่างกันมาก จึงพอจะอนุมานได้ว่า ค่า f จากการทดสอบ British Pendulum Test ในสภาพผิวแห้งก็คงจะมีค่าไม่ต่างจากค่า IFI ที่ปรับแก้แล้วมากนัก ดังนั้นเพื่อความปลอดภัย ผู้เขียนจึงใช้ค่า f เท่ากับ 0.80 เป็นตัวแทนในการประมาณค่าความเร็วสูงสุดที่รถจะเข้าโค้งได้ในสภาพผิวแห้งดังแสดงในตารางที่ 4 เช่นกัน

ตารางที่ 4 ค่าความเร็วปลอดภัยในการเข้าโค้งคำนวณจากค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

R (ม.)	e (%)	สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, f	V_{safe} (กม./ชม.)
71.6	9.1	0.18 (ค่าแนะนำ)	49.6
71.6	9.1	0.36 (ค่าทดสอบผิวเปียก)	64
71.6	9.1	0.80 (ค่าทดสอบผิวแห้ง)	90

จากผลการคำนวณในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าตามข้อเสนอแนะของ AASHTO เพื่อความรู้สึกละเอียดสบายในการขับขี่ สามารถเข้าโค้งที่ 2 ได้ด้วยความเร็วสูงสุด 49.6 หรือ ประมาณ 50 กม./ชม. การที่ผู้ออกแบบได้ใช้ค่าความเร็วออกแบบเท่ากับ 40 กม./ชม. จึงเป็นค่าที่ปลอดภัยและเหมาะสม และเมื่อพิจารณาจากความเร็วของรถบรรทุกซึ่งเป็นรถที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งในช่วงทางโค้งที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 2 จะพบว่าค่าความเร็วที่ตรวจวัดได้ในช่วงทางตรงก่อนเข้าโค้งที่ 2 มีค่าที่ 95th percentile เท่ากับ 67.7 กม./ชม. อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวเป็นความเร็วในช่วงทางตรง ซึ่งผู้ขับขี่ควรชะลอความเร็วลงเมื่อจะเข้าโค้ง โดยหากใช้สมมติฐานที่ว่ารถชะลอความเร็วที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 30 กม./ชม. ความเร็วในการเข้าโค้งที่ 2 ที่ผู้ขับขี่รถบรรทุกจะชะลอลงได้อย่างปลอดภัยน่าจะอยู่ที่ประมาณ 37.7 กม./ชม. ซึ่งก็จะทำให้สามารถเข้าโค้งได้อย่างสะดวกและปลอดภัย แต่หากพิจารณาจากค่าความเร็วสูงสุดของรถบรรทุกในช่วงทางตรงที่ 91.1 กม./ชม. และความเร็วสูงสุดในการเข้าโค้งที่ 2 ที่ 61.1 กม./ชม. ด้วยหลักคิดเดียวกัน ผู้ขับขี่รถบรรทุกก็จะเข้าโค้งได้ด้วยความไม่สะดวก แต่ก็ยังคงไม่ไกลหลุดโค้งไป เนื่องจาก ความเร็ว 61.1 กม./ชม. นั้นยังต่ำกว่าค่าความเร็วสูงสุดปลอดภัยในการเข้าโค้งที่เท่ากับ 64.0 กม./ชม. ในสภาพผิวเปียก และเท่ากับ 90.0 กม./ชม. ในสภาพผิวแห้ง

4.3 การคำนวณค่าความกว้างของผิวจราจรที่ต้องการในช่วงทางโค้ง

จากการตรวจสอบค่าการขยายความกว้างของช่องจราจรในช่วงทางโค้ง (Widening, w) ตามตารางแนะนำของกรมทางหลวงใน Standard Drawing for Highway Design and Construction 2015 Revision 2018 [7] พบว่า สำหรับทางโค้งที่เป็นถนน 2 ช่องจราจร ความกว้างช่องจราจรรวม 7.00 เมตร มีรัศมีความโค้ง 70 เมตร และความเร็วออกแบบ 40 ถึง 50 กม./ชม. นั้น รถพ่วง WB-19 จะต้องการค่า w เท่ากับ 3.50 เมตร และเมื่อรวมกับ ความกว้างช่องจราจรเดิมที่ 7.00 เมตรแล้ว ก็จะเป็นความกว้างช่องจราจรใหม่ในจุดที่มีความกว้างสูงสุด (W_c) เท่ากับ 10.50 เมตร

นอกจากนี้ ผู้เขียนยังได้คำนวณค่าความกว้างช่องจราจรที่ต้องการในช่วงทางโค้ง (W_c) จากสูตรคำนวณที่ระบุไว้ใน Standard Drawing [7] ดังแสดงไว้ในสมการที่ 5

$$W_c = N(U+C) + (N-1) F_A + Z \quad (5)$$

เมื่อ W_c = ความกว้างช่องจราจรที่ต้องการในช่วงทางโค้ง (ม.)
 N = จำนวนช่องจราจร = 2 ช่องจราจร
 U = ความกว้างของ Track Width ของรถที่ออกแบบ (ม.)
 C = ระยะห่างด้านข้างระหว่างรถ (ม.)
 F_A = ความกว้าง Front Overhang ที่ยื่นออกไปจากแนวล้อรถ (ม.)
 Z = ระยะเผื่อเพิ่มสำหรับการควบคุมรถขณะเข้าโค้ง (ม.)

ซึ่งค่า C สำหรับรถ WB-19 นั้น Standard Drawing ระบุไว้ให้มีค่าเท่ากับ 0.90 เมตร และสำหรับ ค่า U ค่า F_A และ ค่า Z นั้นสามารถอ่านได้จากกราฟที่กำหนดไว้ใน Standard Drawing เช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 3.90 เมตร 0.13 เมตร และ 0.60 เมตร ตามลำดับ จากนั้นผู้เขียนจึงได้นำค่าต่างๆ มาคำนวณหาค่า W_c ตามสมการที่ 5 ได้ค่า W_c เท่ากับ 10.33 เมตร หรือคิดเป็นค่า w เท่ากับ 3.33 เมตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่อ่านได้จากตารางที่ 5 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความกว้างผิวจราจร (ช่องจราจรรวมไหล่ทาง) ที่วัดได้จริงดังแสดงในตารางที่ 1 กับค่าความกว้างผิวจราจรที่ต้องการ (W_c) ในเบื้องต้นจะพบว่า ในช่วงทางโค้งที่ 2 ที่มีความกว้างผิวจราจรเพียง 9.40 เมตร ถึง 10.03 เมตร จะมีความกว้างไม่เพียงพอต่อค่าความกว้างผิวจราจรที่ต้องการ

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนขอชี้ให้เห็นว่าในการคำนวณหาค่า W_c นั้นได้มีการเผื่อระยะความกว้างจากการควบคุมรถในช่วงทางโค้ง หรือ ค่า Z ไว้เท่ากับ 0.60 เมตร ซึ่งหากไม่รวมค่า Z ไว้ ค่าความกว้างของผิวจราจรที่ต้องการอย่างแท้จริงในช่วงทางโค้งจะเท่ากับ 9.73 เมตร ความกว้างผิวจราจรที่ 10.03 เมตรก็จะยังเพียงพอต่อวงเลี้ยวในการเข้าโค้ง ส่วนในช่วงต้นและปลายของทางโค้ง เช่นที่ กม. 0+745 ที่เป็นช่วงต้นของทางโค้งและมีความกว้างผิวจราจรรวมเพียง 9.40 เมตรนั้น เนื่องจากโค้งที่ 2 นี้ เป็นทางโค้งที่ค่อย ๆ ปรับรัศมีความโค้งจากช่วงทางตรงเข้าสู่รัศมีความโค้งที่ต้องการ หรือเป็นโค้งแบบ Spiral Curve ดังนั้นที่ กม. 0+745 ซึ่งอยู่ในช่วงปรับรัศมีความโค้ง (Spiral In) จึงน่าจะยังไม่ต้องการความกว้างรวมเท่ากับค่า W_c ที่คำนวณได้จากรัศมีความโค้ง 71.6 เมตร อย่างไรก็ตาม จากผลการตรวจสอบนี้ได้ชี้ให้เห็นว่า ความกว้างของผิวจราจรในช่วงทางโค้งที่ 2 นี้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน และผู้ขับขี่รถบรรทุกขนาดใหญ่จะต้องใช้ความระมัดระวังในการขับขี่ โดยเฉพาะเมื่อมีรถบรรทุกขนาดใหญ่เช่น รถ WB-19 ขับขี่คู่กันในช่วงทางโค้ง

ผู้เขียนขอให้ข้อสังเกตเพิ่มเติมคือ ถ้ารวมความกว้างของผิวจราจรที่อยู่ใต้ Rolling Guard Rail อีก 0.36 เมตร ก็ได้ความกว้างสูงสุดรวมเท่ากับ 10.39 เมตร ซึ่งจะเพียงพอต่อค่า W_c ที่ต้องการ (10.33 เมตร) และในท้ายที่สุด ผู้เขียนยังได้ตรวจสอบจากแบบก่อสร้างเดิม และพบว่าในแบบเดิมได้กำหนดค่า w ไว้เพียง 1.00 เมตร สำหรับในช่วงทางโค้งที่ 2 ซึ่งน้อยกว่าค่าที่คำนวณได้ 3.33 เมตรเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงเป็นที่เข้าใจได้ว่าการดำเนินการโครงการฯ นี้เป็นการแก้ไขปัญหาภายใต้ข้อจำกัด และจะต้องใช้ความกว้างของผิวจราจรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อลดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งให้ได้ ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถทำการวิเคราะห์และตรวจสอบความปลอดภัยต่อไปได้ ผู้เขียนจึงขอใช้ค่า W_c ซึ่งไม่รวมค่า Z ที่มีค่าเท่ากับ 9.73 เมตร และมีค่า w เท่ากับ 2.73 เมตรในการตรวจสอบความเหมาะสมในการตีเส้นแบ่งช่องจราจรและไหล่ทางในโครงการนี้ต่อไป

4.4 การตรวจสอบการตีเส้นแบ่งช่องจราจรและไหล่ทาง

สำหรับการตีเส้นแบ่งช่องจราจรในช่วงทางโค้งที่มีการขยายความกว้างของช่องจราจรนั้น AASHTO [2] ได้แนะนำว่าเส้นแบ่งช่องจราจรของถนนก็จะอยู่ตรงกับแนวกึ่งกลางถนน กล่าวคือสำหรับถนน 2 ช่องจราจร ความกว้างที่เพิ่มขึ้นจะถูกแบ่งเพิ่มเท่าๆ กันในทั้ง 2 ช่องจราจร ซึ่งในกรณีของทาง

โค้งที่ 2 นี้ ความกว้างของช่องจราจรที่ต้องเพิ่มขึ้นในแต่ละช่องคือ 1.37 เมตร แต่จากการสัมภาษณ์ผู้ออกแบบ ซึ่งมีข้อสันนิษฐานถึงความกว้างที่น้อยเกินไปของไหล่ทางด้านขวา (ไหล่ทางด้านใน) ผู้ออกแบบจึงได้คงความกว้างของช่องจราจรไว้เท่ากับ 3.50 เมตร แต่นำความกว้างของช่องจราจรที่เพิ่มขึ้นไปเพิ่มความกว้างของไหล่ทางแทน โดยกำหนดให้ไหล่ทางด้านขวามีความกว้างเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากเดิมในช่วงทางตรงที่มีไหล่ทางด้านขวากว้างเพียง 0.50 เมตร โดยที่ กม. 0+800 จะมีความกว้างมากที่สุดเท่ากับ 1.50 เมตร หรือกว้างเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.00 เมตร ในขณะที่ไหล่ทางด้านซ้าย (ไหล่ทางด้านนอก) ในช่วงทางโค้งที่ 2 จะมีความกว้างตั้งแต่ 1.50 เมตร ถึง 2.20 เมตร โดยที่ กม. 0+800 จะมีความกว้างของไหล่ทางด้านซ้ายเท่ากับ 1.50 เมตร ซึ่งก็เพียงพอสำหรับการใช้เป็นพื้นที่ผิวทางเพิ่มเติมเช่นกัน

หลังจากได้ตรวจสอบความกว้างของช่องจราจรในช่วงทางโค้งที่ต้องการแล้ว ผู้เขียนได้ตรวจสอบผลการตีเส้นแบ่งช่องจราจรและค่าการยกโค้ง ที่ได้จากการวัดจริงในสนามในช่วงทางโค้งที่ 2 ภายหลังจากโครงการแล้วเสร็จ ซึ่งจากการตรวจสอบดังแสดงในตารางที่ 1 นั้น พบว่า

- 1) ที่ กม. 0+800 ซึ่งกำหนดให้เป็นจุดที่ควรมีการยกโค้งสูงสุดเท่ากับ 9.2% มีค่าการยกโค้งเท่ากับ 9.1% ในขณะที่ความกว้างของไหล่ทางด้านขวาที่ กม. 0+800 มีค่าเท่ากับ 1.34 เมตร จากที่กำหนดให้มีความกว้างสูงสุดเท่ากับ 1.50 เมตร โดยจุดที่ไหล่ทางด้านขวากว้างที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 1.48 เมตร นั้น เลื่อนไปอยู่ที่ กม. 0+820 ซึ่งเป็นจุดที่มีความกว้างไหล่ทางรวมมากที่สุด เท่ากับ 2.98 เมตร ด้วยเช่นกัน
- 2) ในขณะที่เมื่อพิจารณาถึงความกว้างของช่องจราจรนั้น ในช่วงทางโค้งช่องจราจรมีความกว้างน้อยที่สุดเท่ากับ 3.45 เมตรที่ กม. 0+870 จากที่ระบุไว้ในแบบเท่ากับ 3.50 เมตร และที่ กม. 0+895 ซึ่งเป็นจุดที่พ้นช่วงทางโค้งไปแล้วนั้น มีความกว้างของช่องจราจรด้านขวาเหลือเพียง 3.36 เมตร แต่ก็ไม่น่าจะเป็นปัญหาในการขับขี่

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ค่าความกว้างของช่องจราจรที่ต้องการเพิ่มเติมในช่วงทางโค้ง และค่าความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทางที่แท้จริงภายหลังการดำเนินการ พบว่าถึงแม้จะค่าความกว้างของผิวจราจรและไหล่ทางคลาดเคลื่อนไปจากแผนงานเล็กน้อย แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยที่การดำเนินการแก้ไขปัญหาระยะความกว้างของไหล่ทางที่ไม่เพียงพอโดยการนำพื้นที่ความกว้างของผิวจราจรเพิ่มเติมในช่วงทางโค้งมาเพิ่มเป็นความกว้างของไหล่ทางแทนนั้น ในความเห็นของผู้เขียนสามารถแก้ไขปัญหาที่โค้งที่ 2 ของทางแยกต่างระดับบางควายได้ เนื่องจากผู้ออกแบบต้องการชะลอความเร็วของรถพ่วงที่เข้าโค้งเพื่อลดอุบัติเหตุ โดยการใช้ป้ายเตือนและอุปกรณ์ Traffic Calming ต่าง ๆ เช่นการตีเส้น Optical Speed Bar เพื่อให้ผู้ขับขี่รู้สึกถึงความกว้างของช่องจราจรลดลง ในขณะที่การเพิ่มความกว้างของช่องจราจรในช่วงทางโค้งตามปกติ น่าจะมีผลทางอ้อมที่ทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกผ่อนคลายและเพิ่มความเร็วในการขับขี่ได้ ดังนั้นการคงความกว้างของช่องจราจรและเมื่อความกว้างไว้ที่ไหล่ทางจึงน่าจะเป็นทางออกที่เหมาะสมสำหรับกรณีนี้

ส่วนข้อพิจารณาในกรณีรถพ่วง WB-19 จะมีแนววงเลี้ยวที่รวมกับค่าเผื่อระยะต่าง ๆ แล้ว ทำให้ต้องใช้ผิวจราจรจริงเกินกว่า 3.50 เมตรต่อช่อง

จราจรนั้น ส่วนของรถที่อาจจะเลยเข้าไปในไหล่ทางทั้งด้านซ้ายและขวานั้น ยังคงมีระยะ Clearance หรือความกว้างของไหล่ทางเท่ากับ 1.48 เมตร ที่เพียงพอ จึงไม่น่าจะเกิดปัญหา เนื่องจากเฉพาะในกรณีของทางหลวงพิเศษนั้น กรมทางหลวงไม่อนุญาตให้มีรถจักรยานยนต์และคนเดินเท้ามาใช้ทาง จึงจะไม่มีผู้ใช้พื้นไหล่ทางเช่นเดียวกับทางหลวงทั่วไป นอกจากนี้ จากข้อสังเกตของผู้ออกแบบ กรณีผู้ใช้พื้นไหล่ทางโดยขับรถยึดแนวเส้นเหลือง (เส้นขอบช่องจราจรด้านขวา) เป็นเส้นนำสายตา และอาจทำให้เกิดกรณีท้ายรถพ่วงเฉี่ยวชนกับกำแพงคอนกรีต การเพิ่มความกว้างของไหล่ทางด้านขวาก็จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

4.5 การตรวจสอบสถิติการเกิดอุบัติเหตุก่อนและหลังการดำเนินการ

จากการตรวจสอบข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยกต่างระดับบางควายบริเวณทางโค้งที่ 2 ของ Ramp 0305 ในทิศทางจราจรด้านซ้ายทางซึ่งเป็นจุดที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง พบว่าก่อนการดำเนินการก่อสร้างโครงการ มีการเกิดอุบัติเหตุขึ้นตั้งแต่ต้นปี 2560 รวม ทั้งสิ้น 6 ครั้ง มีผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 2 ราย บาดเจ็บสาหัส 1 ราย และบาดเจ็บเล็กน้อย 2 ราย และหลังจากการดำเนินการโครงการแล้วเสร็จและเปิดใช้งานในเดือนมิถุนายน 2562 จนกระทั่งปัจจุบัน มีนาคม 2563 รวมเป็นระยะเวลากว่า 9 เดือน ยังไม่มีการเกิดอุบัติเหตุขึ้นอีกเลย

5. สรุปผลการตรวจสอบความปลอดภัย

- 1) จากการพิจารณาภาพถ่ายและข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุบริเวณด้านซ้ายทางของทางโค้งที่ 2 ของ Ramp 0305 ของทางแยกต่างระดับบางควายก่อนการดำเนินการโครงการนั้น อุบัติเหตุส่วนใหญ่น่าจะมีส่วนสาเหตุหลักมาจากรถใช้ความเร็วสูงในการเข้าโค้ง ประกอบกับความกว้างของผิวจราจรในช่วงทางโค้งที่มีอยู่อย่างจำกัดทำให้ผู้ขับขี่ต้องบังคับรถด้วยความยากลำบาก การที่ ขทพ. ได้ดำเนินการแก้ไขปัญหานี้เบื้องต้น โดยการตีป้ายเตือน การตีเส้น Optical Speed Bar ด้วยสี Traffic Paint นั้นน่าจะยังช่วยลดความเร็วของรถได้ไม่มากนัก ส่วนการติดตั้ง Rolling Guard Rail นั้นจะช่วยลดความรุนแรงของอุบัติเหตุสำหรับรถเล็กในกรณีที่เกิดการปะทะกับราวกันอันตราย แต่จะไม่สามารถช่วยลดการพลิกคว่ำ หรือการปะทะของรถพ่วงหรือรถบรรทุกขนาดใหญ่กับราวสะพานได้ อย่างไรก็ตาม การเกิดอุบัติเหตุปะทะหรือเฉี่ยวชนของรถเล็กกับราวกันอันตรายที่เป็นอุบัติเหตุขนาดเล็กนั้น มักจะไม่มีผู้บาดเจ็บเสียชีวิต และไม่มีทรัพย์สินราชการเสียหาย จึงไม่ได้รับการบันทึกไว้ในฐานข้อมูลของกรมทางหลวงเนื่องจากผู้ประสบอุบัติเหตุจะออกจากที่เกิดเหตุโดยไม่แจ้งให้กรมทางหลวงทราบ จึงทำให้ไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนของจำนวนอุบัติเหตุของรถเล็กและ ผลลัพธ์ของการติดตั้ง Rolling Guard Rail ในโค้งที่ 2
- 2) จากข้อสันนิษฐานของผู้ออกแบบโครงการ เรื่องไหล่ทางด้านขวาที่แคบซึ่งอาจก่อให้เกิดการเฉี่ยวชนปะทะของรถพ่วงกับกำแพงคอนกรีต และจากการตรวจสอบพบว่ามีรถพ่วงที่ติดตั้ง Rolling Guard Rail ที่ใช้ความกว้างของไหล่ทางไป 0.36 เมตร และ เมื่อ ขทพ.ตีเส้นจราจรใหม่เพื่อให้รองรับการติดตั้ง Rolling Guard Rail และการตีเส้น Optical

Speed Bar ทำให้ไหล่ทางด้านขวาเหลือความกว้างน้อยลง และสถิติอุบัติเหตุในปี 2561 ภายหลังจากการปรับปรุง ก็เพิ่มสูงขึ้นสอดคล้องกับข้อสันนิษฐานเรื่องอุบัติเหตุเนื่องจากไหล่ทางด้านขวาแคบ และจาก ความกว้างรวมของผิวทางที่ไม่เพียงพอ

- 3) ความเร็วที่ปลอดภัยสำหรับการเข้าโค้งที่ 2 จากการคำนวณเท่ากับ 49.6 กม./ชม. ดังนั้นความเร็วที่ผู้ออกแบบกำหนดให้ใช้ในการเข้าโค้งเท่ากับ 40 กม./ชม. จึงเป็นค่าที่เหมาะสม โดยค่าดังกล่าวคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (f) เพียง 0.18 ซึ่งเน้นที่ความรู้สึกในการขับซึ่และการควบคุมรถของผู้ขับซึ่เป็นหลัก ถึงแม้เมื่อคำนวณจากค่า f ที่แท้จริงทั้งในสภาพเปียกและแห้ง จะมีความเร็วเข้าโค้งที่ปลอดภัยโดยไม่เกิดการลื่นไถลได้ถึง 64 กม./ชม. และ 90 กม./ชม. ตามลำดับ
- 4) การดำเนินการโครงการงานจ้างเหมาปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายที่ด้านซ้ายทางของทางโค้งที่ 2 ของทางแยกต่างระดับบางควาย ในปี 2562 ที่เน้นการลดความเร็วของรถที่เข้าโค้ง และการปรับการยกโค้ง การปรับความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทาง โดยเฉพาะการเพิ่มความกว้างของไหล่ทางด้านขวาสามารถลดการเกิดอุบัติเหตุของรถพ่วงได้จริง จากหลักฐานที่ไม่มีการเกิดอุบัติเหตุของรถพ่วงขึ้นอีกเลยนับตั้งแต่โครงการเปิดใช้งาน กว่า 9 เดือน

5. ข้อสังเกตและข้อแนะนำ

- 1) แนวทางในการเพิ่มความกว้างของไหล่ทางแทนการเพิ่มความกว้างของช่องจราจรที่ ขทพ.ได้ดำเนินการนั้น อาจจะเหมาะสมในบางกรณีเท่านั้น เนื่องจากบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองนั้น ไม่อนุญาตให้มีคนเดินเท้า และรถจักรยานยนต์เข้าใช้งาน ไหล่ทางจึงมีไว้เฉพาะการจอดรถในกรณีฉุกเฉินเท่านั้น และกรณีทั่วไป รถเสียก็จะจอดชิดไหล่ทางด้านซ้ายเท่านั้น แต่บนทางหลวงที่ทั่วไปที่เปิดให้รถวิ่งสวนกัน 2 ทิศทางและมีรถจักรยานยนต์ และ ประชาชนเข้าใช้งานไหล่ทาง การยอมให้พื้นที่เผื่อจากวงเลี้ยวรถเกินไปในไหล่ทางเช่นในโครงการนี้ จะไม่สามารถยอมรับได้
- 2) ถึงแม้ค่าความเร็วออกแบบสำหรับการเข้าโค้งที่ 40 กม./ชม. จะถูกคำนวณจากค่า f เพียง 0.18 อย่างไรก็ตาม จากการตรวจสอบความเร็วที่แท้จริงของรถเล็กและรถบรรทุกในช่วงทางตรงก่อนเข้าโค้งที่ 2 พบว่า ความเร็วที่ 95th percentile นั้นมีค่าเท่ากับ 86.4 กม./ชม. และ 67.7 กม./ชม. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าความเร็วออกแบบมาก ดังนั้น ขทพ. จึงจะต้องดูแลสภาพผิวทางให้มีความผิดที่ติอยู่ตลอดเวลา โดยเพื่อความปลอดภัย ผู้ตรวจสอบขอแนะนำให้รักษาสภาพผิวทางของทางโค้งที่ 2 ให้มีค่า f ที่แปลงเป็นค่า IFI แล้วไม่ต่ำกว่า 0.40 เนื่องจาก f เป็นตัวแปรหลักที่จะกำหนดค่าความเร็วเข้าโค้งที่ปลอดภัย ส่วนค่าการยกโค้ง (e) นั้นอาจจะช่วยเพิ่มความสบายในการขับซึ่แต่จะไม่สามารถทดแทนค่า f ที่ลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญได้
- 3) ผู้ออกแบบเรขาคณิตของถนนจะต้องพิจารณาให้รอบคอบถึงผลกระทบของจากพฤติกรรมจราจรขับซึ่ของคนไทย ที่อาจไม่เป็นไปตามทฤษฎี เช่น รถบรรทุกวิ่งเลนขวา การขับรถตัดโค้ง การขับรถเกินความเร็วที่กำหนด

ซึ่งทั้งหมดนี้ ประกอบกันเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุบนด้านซ้ายทางของทางโค้งที่ 2 ของ Ramp 0305 ทางแยกต่างระดับบางควาย โดยในส่วนของความพยายามในการลดความเร็ว นั้น จากประสบการณ์ของผู้เขียนพบว่า ประสิทธิภาพของ Rumble Strip และ Optical Speed Bar ในการลดความเร็ว จะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปและผู้ขับซึ่มีความคุ้นชินกับอุปกรณ์ หากเกิดเหตุการณ์เช่นนั้นขึ้น การใช้ป้าย Overhead ขนาดใหญ่ รวมทั้งป้ายข้อความ (Variable Matrix Sign, VMS) หรือป้ายในลักษณะที่ดึงดูดความสนใจได้ดี จะเป็นทางเลือกในขั้นตอนต่อไปที่จะช่วยลดความเร็วของรถ รวมทั้งมาตรการทางด้าน การบังคับใช้กฎหมาย ถ้าหากดำเนินการเป็นประจำก็จะช่วยความเร็วของรถได้อย่างชัดเจน

- 4) ในระยะยาวเพื่อให้การแก้ปัญหาจุดเสี่ยงบริเวณทางโค้งที่ 2 เป็นไปอย่างสมบูรณ์ตามหลักวิชาการ ควรพิจารณาเพิ่มความกว้างของช่องจราจรในช่วงทางโค้งให้ได้ไม่น้อยกว่า 10.33 เมตร ซึ่งอาจทำได้ยาก เพราะเป็นโครงสร้างในส่วนที่ยกระดับก่อนขึ้นสะพาน ผู้เขียนจึงขอแนะนำว่าในระยะสั้นอาจพิจารณา รื้อ Rolling Guard Rail ออกเพื่อเพิ่มความกว้างของช่องจราจรอีก 0.36 เมตร ซึ่งจะทำให้จุดที่กว้างที่สุดช่วงกลางทางโค้งมีความกว้างรวม 10.39 เมตร เพียงพอต่อความต้องการตามมาตรฐานได้ และเมื่อได้ขยายความกว้างของผิวจราจรในระยะยาวให้เพียงพอแล้ว จึงอาจจะพิจารณารื้อ Rolling Guard Rail กลับมาติดตั้งอีกครั้ง
- 5) จากการทดสอบค่า f ในทิศทางขนานและตั้งฉากกับทิศทางจราจรด้วยเครื่อง British Pendulum พบว่า ค่า f ในทิศทางตั้งฉากกับการจราจร นั้นมีค่าไม่น้อยกว่า ค่า f ในทิศทางขนานกับการจราจร ดังนั้นการเก็บค่าความผิดด้วยรถสำรวจที่วัดค่า f ในทิศทางขนานกับการจราจรและนำมาใช้เป็นค่าในการออกแบบทางโค้งจึงสามารถทำได้ และผู้เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะ เจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลงค่า f ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือต่าง ๆ เป็นค่า IFI เช่นเดียวกับที่มีความคุ้นเคยกับค่า IRI เพื่อที่การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยเกณฑ์ในการตรวจวัด และเกณฑ์ในการบำรุงรักษาผิวทาง จะได้อยู่บนระบบและพื้นฐานความเข้าใจเดียวกัน
- 6) การคำนวณความเร็วปลอดภัยในการเข้าโค้งดังแสดงในสมการที่ 4 นั้น ใช้สมมติฐานที่กำหนดให้รถเป็นของแข็งที่จุดศูนย์กลางของมวลจะอยู่ที่ตำแหน่งเดิมตลอดการเข้าโค้ง แต่ในความเป็นจริงรถบรรทุกนั้นอาจจะบรรทุกก๊าซหรือของเหลว หรือของที่บรรทุกอาจจะบรรจุอยู่ในภาชนะเช่นกล่องหรือถังในสภาพที่ไหลเลื่อนได้ง่าย ทำให้เมื่อเข้าโค้งวัตถุที่บรรทุกมีการเคลื่อนตัวจนทำให้จุดศูนย์กลางของรถบรรทุกนั้นเปลี่ยนไปจากเดิม จนทำให้ควบคุมรถได้ยาก และอาจเกิดอุบัติเหตุจากรถบรรทุกเอง หรือจากของที่บรรทุกเลื่อนไหลตกหล่นได้ (ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุจากเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง) โดยการจะพิจารณาถึงผลกระทบของวัตถุที่บรรทุกอยู่ต่อความเร็วปลอดภัยในการเข้าโค้งนั้น ควรจะต้องมีการศึกษาโดยละเอียดต่อไปโดยผู้เชี่ยวชาญและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่นเดียวกับแนวทางในการนำค่าความกว้างของผิวจราจรที่ต้องการเพิ่มเติมในช่วงทางโค้งไปใช้ให้สอดคล้องกับสภาพสายทางและพฤติกรรมของผู้ขับซึ่ที่แท้จริงในประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง (2562), รายงานขั้นสุดท้ายงานจ้างเหมาบริหารจัดการระบบควบคุมการอำนวยความสะดวกจราจรด้านความปลอดภัยศูนย์บริหารจัดการจราจรกลางมอเตอร์เวย์ (Traffic Management Center) ลาดกระบังและพัทยา พร้อมปรับปรุงระบบโปรแกรมระบบเพื่อรองรับตามความต้องการของผู้ใช้งานเพิ่มเติม, หน้า 17-1 – 17-7
- [2] American Association of State Highway and Transportation Officials, (2011) A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 6th edition, pp. 3-18 - 3-33 and pp. 3-85 - 3-95
- [3] สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง (2560), คู่มือแนะนำและวางแผนบำรุงรักษาผิวทางให้มีความเสียดทาน (μ) ที่เหมาะสม, หน้า 2-1 – 2-13
- [4] ประเสริฐ บุญรักษา และ ชาโน พยงค์ศรี (2555), การทดสอบความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance) ของพื้นผิวถนน โดย Portable Skid Resistance Tester, งานสัมมนาวิชาการสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปี 2555 หน้า 65-82
- [5] ชาโน พยงค์ศรี (2555), การตรวจสอบสภาพความฝืด (Friction) ของผิวจราจรด้วย Continuous Friction Measuring Equipment (CFME), งานสัมมนาวิชาการสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปี 2555 หน้า 153-163
- [6] สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2561), รายงานขั้นสุดท้ายโครงการยกระดับมาตรฐานความฝืดของผิวแอสฟัลต์เพื่อมุ่งสู่ทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน, หน้า 3-66 – 3-68
- [7] สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง, (2561) Standard Drawing for Highway Design and Construction, 2015 Revision, Sheet No. 27