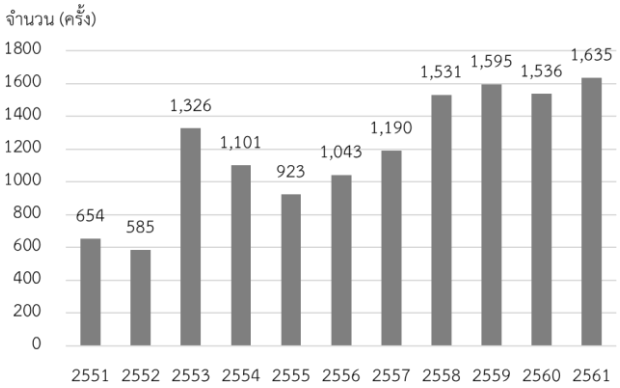
การวิเคราะห์อุบัติเหตุสำหรับทางโค้งราบของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร

Accident Analysis for Horizontal Curves of Two-Lane Rural Roads

เกษศิรินทร์ บุญตัน[1,*] นพดล กรประเสริฐ[2] และ ปฏิพัทธ์ กัณหา[3]

*[1, *] หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*
[2,3] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
** Corresponding author; E-mail address: katesirint_b@cmu.ac.th*

บทคัดย่อ



รูปที่ 1 สถิติอุบัติเหตุบนทางหลวงชนบท ปี พ.ศ. 2551 – 2561

ตารางที่ 1 จำนวนอุบัติเหตุจำแนกตามลักษณะบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ

ลำดับ	ลักษณะบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ	อุบัติเหตุ * (ครั้ง)	ร้อยละ
1	ทางตรงที่ไม่มีความลาดชัน	7,173	54.81
2	ทางโค้งกว้างและทางโค้งดิ่งที่มีความลาดชัน	3,192	24.39
3	ทางสามแยกรูปตัว T	1,132	8.65
4	ทางสี่แยก	736	5.62
5	ทางโค้งกว้างที่ไม่มีความลาดชัน	351	2.68
6	ทางโค้งหักศอกที่ไม่มีความลาดชัน	113	0.86
7	ทางตรงและโค้งดิ่งที่มีความลาดชัน	81	0.62
8	ทางสามแยกรูปตัว Y	60	0.46
9	สะพานข้ามแม่น้ำและสะพานข้ามคลอง	49	0.37
10	ทางรถจักรยานยนต์	48	0.37
11	ทางเชื่อมเข้าพื้นที่ส่วนบุคคล	35	0.27
12	วงเวียน	32	0.24
13	ทางแยกต่างระดับ	26	0.20
14	ทางโค้งหักศอกและทางโค้งดิ่งที่มีความลาดชัน	15	0.11
15	ทางเชื่อมเข้าสถานที่ราชการ	13	0.10
16	ทางลอด	7	0.05
17	ทางจักรยาน	7	0.05
18	ทางคนเดินเท้า	5	0.04
19	ทางเชื่อมเข้าบริเวณหน้าโรงเรียน	5	0.04
20	ทางม้าลายและทางคนเดินข้าม	3	0.02
21	จุดกลับรถต่างระดับ	2	0.02
22	จุดตัดทางรถไฟ	1	0.01
	รวม	13,086	100.00

** อ้างอิงจากระบบรายงานอุบัติเหตุบนทางหลวงชนบท ปี พ.ศ. 2551 – 2561*

แม้ว่าอุบัติเหตุบนทางหลวงชนบทส่วนใหญ่มากกว่าครึ่งจะเกิดขึ้นบนทางตรงปกติไม่มีความลาดชัน แต่ความรุนแรงของอุบัติเหตุบนทางโค้งนั้นมากกว่าบนทางตรงปกติไม่มีความลาดชัน [2] ซึ่งความรุนแรงนั้นส่งผลให้เกิดความสูญเสียที่มากกว่า ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์อุบัติเหตุบนทางโค้งจากข้อมูลสถิติอุบัติเหตุย้อนหลังในช่วงปี พ.ศ. 2559-2561 จากระบบรายงานอุบัติเหตุบนทางหลวงชนบท จากการวิเคราะห์จำแนกทางโค้งบนถนนสองช่องจราจรในโครงข่ายทางหลวงชนบทออกตามประเภททางโค้ง โดยอาศัยข้อมูลแนวเส้นทางจากระบบ GPS Vehicle Tracking และวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางถนนและอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณทางโค้งแต่ละประเภท เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนหรือเสนอมาตรการในการแก้ไขปัญหาและลดความรุนแรงจากการเกิดอุบัติเหตุบนทางโค้งต่อไปในอนาคต

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่ออุบัติเหตุทางถนน

อุบัติเหตุทางถนนเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่มีความแน่นอน และไม่สามารถคาดเดาได้ เนื่องจากอุบัติเหตุทางถนนเกิดได้จากหลายสาเหตุปัจจัยที่มีส่วนทำให้ความปลอดภัยในการใช้ถนนลดน้อยลง โดยสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุทางถนนเกิดขึ้นจาก 3 ปัจจัยหลัก ดังต่อไปนี้

1. ผู้ขับขี่ (Road User) เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุสูงสุด เนื่องจากพฤติกรรมเสี่ยงผู้ขับขี่ เช่น ความประมาท ความมักง่าย ไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร ไม่ตระหนักถึงความปลอดภัย การขาดสติ การขาดจิตสำนึกต่อตนเองและผู้ร่วมใช้ทาง รวมไปถึงสภาพร่างกายและจิตใจ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการควบคุมยานพาหนะลดลง และก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้
2. ยานพาหนะ (Vehicle) เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุทางถนน แม้ว่าผู้ขับขี่จะควบคุมยานพาหนะอย่างปลอดภัยและมีสติ แต่สภาพของยานพาหนะที่ไม่พร้อมในการเดินทาง หรือมีอายุการใช้งานมาก ขาดการตรวจเช็คและการบำรุงรักษาต่าง ๆ อาจส่งผลต่อการควบคุมยานพาหนะจนทำให้เกิดอุบัติเหตุได้
3. ถนนและสภาพแวดล้อม (Road and Environment) ลักษณะทางกายภาพของถนนที่บกพร่องไม่สมบูรณ์ รวมไปถึงสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยความปลอดภัยในการขับขี่ เช่น ถนนเป็นหลุมบ่อ สภาพอากาศมืดครึ้ม ต้นไม้บดบังถนน เป็นต้น เนื่องจากลักษณะของถนนมีบทบาททางจิตวิทยาต่อผู้ขับขี่ในการรับรู้ ตัดสินใจ [3] อาจจะทำให้ผู้ขับขี่ไม่สามารถควบคุมสถานการณ์ที่เผชิญและสูญเสียความสามารถในการควบคุมยานพาหนะจนนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้

นอกจากนั้นอีกหนึ่งปัจจัยที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบของระบบที่ปลอดภัย (Safe System) [4] คือ ความเร็ว (Speed) โดยการใช้ความเร็วสูงในการขับขี่มีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการขับขี่ด้วยความเร็วปกติ จากรายงานสถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของประเทศไทย พ.ศ.2558 โดยมูลนิธิไทยโรดส์ [5] พบว่า ร้อยละ 76 ของอุบัติเหตุทางถนนเกิดจากการใช้ความเร็วสูงในการขับขี่ เนื่องจากการใช้ความเร็วสูงนั้นมีความสัมพันธ์กับระยะทางในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และเป็นปัจจัยเสริมที่ทำให้อุบัติเหตุมีความรุนแรงมากขึ้น โดยเป็นการเพิ่มระยะเวลาการตัดสินใจและระยะทางในการลดความเร็ว ทำให้ผู้ขับขี่ไม่สามารถควบคุมยานพาหนะได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือเหตุการณ์ที่เหนือความคาดหมาย และก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ในท้ายที่สุด

เมื่อเกิดความผิดพลาดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งหรือหลายปัจจัยร่วมกัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการควบคุมยานพาหนะลดลง และก่อให้อันตรายที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่ร่างกาย ทรัพย์สิน และชีวิตได้ โดยปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุทางถนนดังกล่าวสามารถรวมเป็นเหตุการณ์ลูกโซ่ (Chain of Events) [6] ได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ

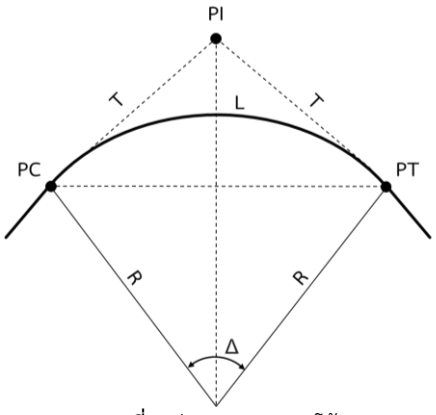
2.2 การออกแบบแนวทางโค้งราบ

การออกแบบแนวทางโค้งราบ (Horizontal Curve) หรือ ทางที่มีรัศมีโค้งน้อยกว่า 900 เมตร คือ การออกแบบส่วนของแนวทางตรงและแนวทางโค้งให้มีความสัมพันธ์กันกับความเร็วออกแบบ รัศมีความโค้ง การยกโค้ง และองค์ประกอบด้านแรงต่าง ๆ ที่กระทำขณะยานพาหนะกำลังเคลื่อนที่บนผิวทางอย่างเหมาะสม เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถใช้เส้นทางได้อย่างสะดวกสบายและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น โดย AASHTO [3] ได้แนะนำหลักการเบื้องต้นในการออกแบบแนวทางโค้งราบดังนี้

1. แนวเส้นทางควรเป็นแนวทางตรงและกลมกลืนไปกับสภาพภูมิประเทศ และมีความต่อเนื่องสม่ำเสมอ และกลมกลืนกับแนวทางโค้งดิ่ง (Vertical Alignment) โดยหลีกเลี่ยงโค้งแคบ (Sharp Curve) หรือทางตรงยาวมากแล้วต่อด้วยโค้งสั้น และหลีกเลี่ยงการออกแบบแนวทางที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด หรือการออกแบบแนวทางที่อยู่เหนือความคาดหวังของผู้ขับขี่
2. สำหรับทางที่ออกแบบให้ใช้ความเร็วสูงและไม่ได้อยู่ในพื้นที่ภูมิประเทศทางเขา ควรเลือกใช้รัศมีความโค้งที่เหมาะสมในการออกแบบ
3. ในกรณีที่มุมเบี่ยงเบน (Deflection Angle) มีค่าน้อยหรือน้อยกว่า 5 องศา ควรมีรัศมีความโค้งอย่างต่ำ 150 เมตรในการออกแบบเพื่อป้องกันการเกิดมุมหัก (Kinked) โดยไม่จำเป็นต้องออกแบบทางให้มีโค้งทางราบ ในกรณีที่มีมุมเบี่ยงเบนน้อยกว่า 1 องศา
4. ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบ หรือเพิ่มความระมัดระวังหากจำเป็นต้องออกแบบโค้งในลักษณะต่อไปนี้
   - โค้งผสม (Compound Curve) คือแนวทางโค้งราบที่ประกอบไปด้วยโค้งกลมหลายโค้งเชื่อมต่อกัน และรัศมีของสองโค้งต่างกันค่อนข้างมาก โดยขนาดของรัศมีของโค้งแรกและรัศมีของโค้งที่สองที่อยู่ติดกันไม่ควรต่างกันเกิน 1.5 เท่า
   - โค้งสลับทาง (Reverse Curve) คือแนวทางโค้งราบที่ประกอบไปด้วยโค้งกลมสองโค้งที่เชื่อมต่อกันในทิศทางตรงข้ามกัน โดยมีแนวทางตรงที่สั้นน้อยกว่า 100 เมตรเชื่อมต่อระหว่างสองโค้ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแนวทางอย่างทันทีทันใด
   - โค้งหลังหัก (Broken Back Curve) เป็นโค้งทางเดียวกันสองโค้งที่อยู่ใกล้กันที่เชื่อมต่อกันในทิศทางเดียวกัน โดยมีแนวเส้นตรงที่สั้นน้อยกว่า 100 เมตรเชื่อมต่อระหว่างสองโค้ง โค้งลักษณะนี้ขัดกับความคาดหวังของผู้ขับขี่ หากเป็นไปได้ควรออกแบบเชื่อมต่อแนวเส้นทางด้วยโค้งกว้าง ๆ เพียงโค้งเดียว
5. ควรหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้างของเกาะกลางในช่วงถนนทางตรง
6. ใช้ความเร็วออกแบบที่ปลอดภัย และมีความสม่ำเสมอ ตลอดแนวเส้นทาง และจัดให้ทุกตำแหน่งตลอดแนวเส้นทางมีระยะการมองเห็นเพียงพอให้สามารถหยุดรถได้อย่างปลอดภัย (SSD) โดยสอดคล้องกับความเร็วออกแบบ

2.2.1 โค้งกลม

โค้งกลม (Circular Curve) คือ โค้งที่มีรัศมีคงที่เท่ากันตลอด และมีจุดศูนย์กลางของรัศมีเพียงจุดเดียว ใช้เชื่อมระหว่างแนวเส้นทางใหม่ที่เบนไปจากแนวเส้นทางเดิมและแนวเส้นทางเดิมเข้าด้วยกัน โดยส่วนประกอบของโค้งกลมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของโค้งกลม

โดยที่

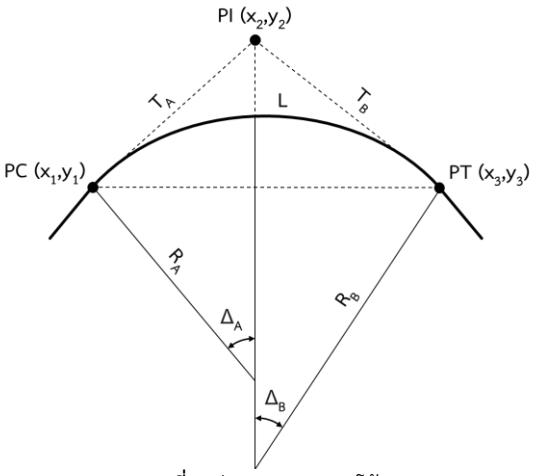
- รัศมีโค้ง (Radius หรือ R) คือ ค่ารัศมีของส่วนโค้งของกลมที่ใช้เชื่อมต่อแนวทางใหม่ที่เบนไป (Δ องศา) จากแนวเดิม
- จุดเริ่มโค้ง (Point of Curve หรือ PC) คือ จุดเริ่มต้นของโค้งกลม
- จุดสิ้นสุดโค้ง (Point of Tangent หรือ PT) คือจุดสิ้นสุดของโค้งกลม
- จุดสกัด (Point of Intersection หรือ PI) คือ จุดตัดระหว่างระหว่างแนวเส้นทางใหม่และแนวเส้นทางเดิม
- ความยาวโค้งกลม (Length of Curve หรือ L) คือ ความยาวโค้งกลมจากจุดเริ่มโค้งถึงจุดสิ้นสุดโค้ง
- มุมสกัด (Intersection Angle หรือ Δ) คือ มุมเบนของแนวเส้นตรงเส้นหลังที่เบนออกจากแนวเส้นก่อนหน้า มีค่าเท่ากับมุมที่ศูนย์กลางที่รองรับส่วนโค้งกลมนั้น

- ระยะสัมผัส (Tangent Distance หรือ T) คือ ระยะจากจุดเริ่มต้นโค้งหรือจุดสิ้นสุดโค้งถึงจุดสกัด มีความสัมพันธ์กับมุมสกัด (องศา) และรัศมีความโค้ง (เมตร) ดังสมการที่ (1)

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2} \quad (1)$$

2.2.2 *โค้งผสม*

โค้งผสม (Compound Curve) ประกอบด้วยโค้งกลมที่อยู่ติดกันโดยมีรัศมีขนาดต่างกันมากกว่า 1.5 เท่าเชื่อมต่อกันและมีจุดศูนย์กลางรัศมีมากกว่า 1 จุด ดังรูปที่ 4 สามารถพบทางโค้งลักษณะนี้ได้บนเส้นทางที่มีพื้นที่จำกัด เช่น พื้นที่บริเวณเนินเขาหรือเหวลึก เนื่องจากความสะดวกในการก่อสร้าง โดยปกติไม่เป็นที่นิยมออกแบบ เนื่องจากผู้ขับขี่ไม่รับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงความโค้ง และเป็นการออกแบบแนวทางที่อยู่เหนือความคาดหวังของผู้ขับขี่



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของโค้งผสม

โดยที่

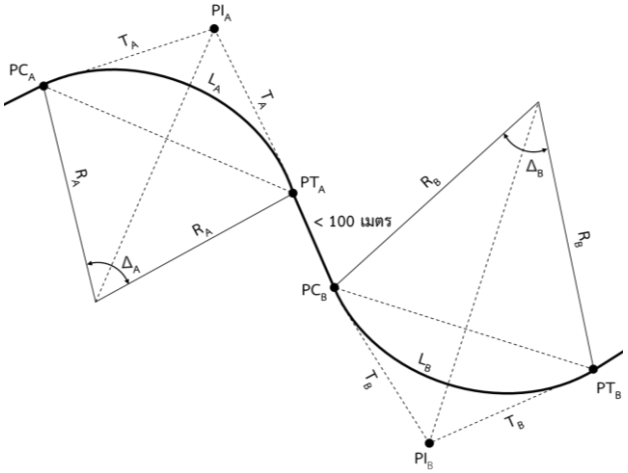
- พิกัด (x, y) คือ พิกัดทางภูมิศาสตร์ โดย x คือพิกัดลองจิจูด และ y คือพิกัดละติจูด
- ระยะสัมผัส (Tangent Distance หรือ T) คือ ระยะจากจุดเริ่มต้นโค้งหรือจุดสิ้นสุดโค้งถึงจุดสกัด สามารถหาได้จากจุดพิกัดของจุดเริ่มต้นโค้ง จุดสิ้นสุดโค้ง และจุดสกัด ดังสมการที่ (2) และ (3) โดย $T_A \geq 1.5T_B$ หรือ $T_B \geq 1.5T_A$

$$T_A = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2)$$

$$T_B = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_3 - y_2)^2} \quad (3)$$

2.2.3 *โค้งสลับทาง*

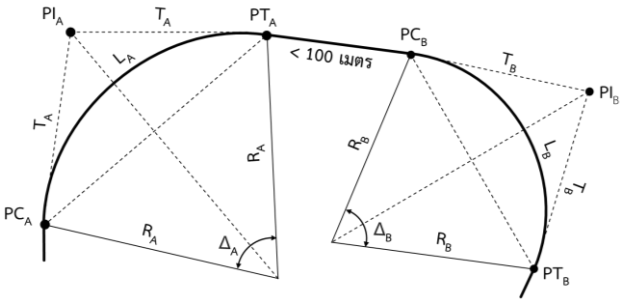
โค้งสลับทาง (Reverse Curve) คือโค้งกลมสองโค้งที่เชื่อมต่อกันในลักษณะที่จุดศูนย์กลางของโค้งอยู่ในทิศตรงกันข้าม โดยมีทางเชื่อมระหว่างสองโค้งยาวไม่เกิน 100 เมตร ดังรูปที่ 5 เป็นโค้งที่ควรหลีกเลี่ยงในการออกแบบ ส่วนมากมักใช้กับทางเขา



รูปที่ 5 ส่วนประกอบของโค้งสลับทาง

2.2.4 *โค้งหลังหัก*

โค้งหลังหัก (Broken-Back Curve) คือ โค้งทางเดียวกันที่อยู่ใกล้กันมาก ประกอบขึ้นจากโค้งกลมสองโค้งที่เชื่อมต่อในทิศทางเดียวกันด้วยทางตรงยาวไม่เกิน 100 เมตร และมีจุดศูนย์กลางของโค้งอยู่ทางเดียวกัน ดังรูปที่ 6 โค้งหลังหักเป็นโค้งที่อันตรายควรหลีกเลี่ยง เนื่องจากยากแก่การยกโค้ง และอาจทำให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะมองไม่เห็นแนวทางข้างหน้าในเวลากลางคืนเนื่องจากระยะมองเห็นไม่เพียงพอ ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย



รูปที่ 6 ส่วนประกอบของโค้งหลังหัก

2.3 การวิเคราะห์อุบัติเหตุทางถนน

การวิเคราะห์อุบัติเหตุทางถนน (Accident Analysis) คือ การวิเคราะห์เพื่อบรรยายลักษณะของกลุ่มข้อมูลที่สนใจจากการนำข้อมูลอุบัติเหตุจากฐานข้อมูลที่มีอยู่มาทำการศึกษาและผ่านกระบวนการวิเคราะห์เพื่อประเมินความปลอดภัยทางถนน รวมไปถึงผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุด้วยเทคนิคต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะความสัมพันธ์กับข้อมูลอุบัติเหตุที่ต้องการวิเคราะห์ และลักษณะของข้อมูล [7-8] โดยการวิเคราะห์อุบัติเหตุทางถนนด้วยวิธีการทางสถิติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบหลัก ๆ ดังนี้

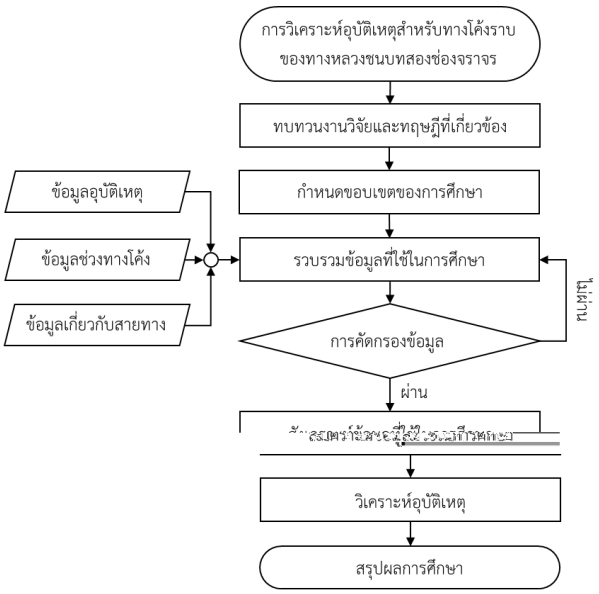
1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้เพื่อบรรยายถึงลักษณะของข้อมูลที่เก็บรวบรวมภายในขอบเขตของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้เท่านั้น ไม่สามารถอ้างอิงกลุ่มข้อมูลอื่น ๆ ได้

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของประชากรทั้งหมดจากการศึกษากลุ่มตัวอย่าง โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นในการวิเคราะห์ เช่น การประมาณค่า และการทดสอบสมมติฐาน

3. วิธีการศึกษา

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การกำหนดขอบเขตของการศึกษา การรวบรวมข้อมูล การสังเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย การวิเคราะห์อุบัติเหตุ การสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ ดังรูปที่ 7 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 7 ขั้นตอนการศึกษา

3.2 การกำหนดขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์จำแนกทางโค้งบนถนน 2 ช่องจราจร (ทิศทางละ 1 ช่องจราจร) ในโครงข่ายทางหลวงชนบทตามประเภททางโค้ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ โค้งกลม โค้งผสม โค้งหลังหักและโค้งสลับทาง และวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางถนนและอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณทางโค้งแต่ละประเภท โดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุย้อนหลัง 3 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2559 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2561

3.3 การรวบรวมและการคัดกรองข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา ได้แก่ ข้อมูลอุบัติเหตุ ข้อมูลช่วงทางโค้ง และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสายทาง

3.3.1 ข้อมูลอุบัติเหตุ

ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาจะใช้ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุ 3 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2561 จากระบบรายงานอุบัติเหตุบนทางหลวงชนบท (Accident Report Management System หรือ ARMS) หรือ arms.drr.go.th เนื่องจากเป็นข้อมูลในช่วงระยะเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทางถนนมากนัก ซึ่งข้อมูลอุบัติเหตุจากระบบรายงานอุบัติเหตุประกอบไปด้วยรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่ รหัสสายทาง ชื่อสายทาง ช่วงกิโลเมตรที่เกิดอุบัติเหตุ วันเดือนปีและช่วงเวลาที่เกิดเหตุ บริเวณที่เกิดเหตุ สภาพอากาศในวันที่เกิดเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต ชนิดของยานพาหนะ รูปแบบการชน และสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ

3.3.2 ข้อมูลช่วงทางโค้ง

ข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลปัจจัยทางถนนของทางโค้ง รวบรวมได้จากระบบ GPS Vehicle Tracking ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลโดยใช้ยานพาหนะที่ติดตั้งระบบติดตาม GPS เพื่อเก็บข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ของแนวถนนตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่เปลี่ยนแปลงไปทุก ๆ 1 เมตร และนำข้อมูลพิกัดไปคำนวณข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของทางโค้งทั้งโครงข่ายทางหลวงชนบท ได้แก่ จุดเริ่มต้นของทางโค้ง จุดสิ้นสุดของทางโค้ง จุดสกัดของทางโค้ง ความยาวทางโค้ง และรัศมีโค้ง เป็นต้น

3.3.3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสายทาง

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสายทางที่ใช้ในการคัดกรองให้สอดคล้องกับขอบเขตของการศึกษา คือ จำนวนช่องจราจร อ้างอิงจากระบบบริหารจัดการโครงข่ายทางหลวงชนบท (Rural Roads Network Management System หรือ RM) หรือ rm.drr.go.th

เมื่อได้มาซึ่งข้อมูลตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว จำเป็นต้องมีการคัดกรองข้อมูลที่ได้มา เพื่อพิจารณาข้อมูลตามขอบเขตที่สนใจ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ก่อนที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนการสังเคราะห์ข้อมูลและขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุ

3.4 การสังเคราะห์ข้อมูล

ก่อนที่จะวิเคราะห์ข้อมูล จะต้องมีการสังเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยตามที่ได้กล่าวไว้ในส่วนก่อนหน้า โดยข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ได้เลยหลังจากการคัดกรอง ได้แก่ ข้อมูลอุบัติเหตุ และข้อมูลเกี่ยวกับสายทาง แต่ในส่วนของข้อมูลปัจจัยทางถนนของทางโค้งจะต้องนำข้อมูลดิบไปผ่านกระบวนการสังเคราะห์ข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้ในส่วนถัดไป

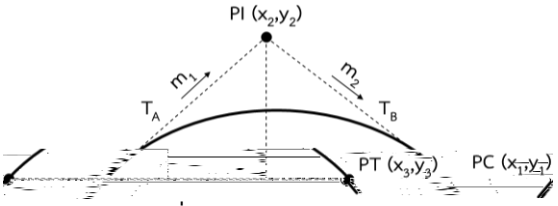
ข้อมูลปัจจัยทางถนนของทางโค้งที่ได้จากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ จุดเริ่มต้นโค้ง จุดสิ้นสุดโค้ง ความยาวทางโค้ง ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะนำไปพิจารณาเพื่อจำแนกประเภทของทางโค้งต่อ ดังนี้

- ในกรณีที่ทางโค้งที่ติดกันอยู่ห่างกันเกิน 100 เมตร และมีระยะสัมผัสจากจุดเริ่มโค้งถึงจุดสกัด (T_A) และระยะสัมผัสจากจุดสกัดถึงจุดสิ้นสุดโค้ง (T_B) ยาวต่างกันน้อยกว่า 1.5 เท่า ให้พิจารณาเป็นโค้งกลม (Circular Curve)

- ในกรณีที่ทางโค้งที่ติดกันอยู่ห่างกันเกิน 100 เมตร และมีระยะสัมผัสจากจุดเริ่มโค้งถึงจุดสกัด (T_A) และระยะสัมผัสจากจุดสกัดถึงจุดสิ้นสุดโค้ง (T_B) ยาวต่างกันมากกว่า 1.5 เท่า ให้พิจารณาเป็นโค้งผสม (Compound Curve)
- ในการจำแนกโค้งหลังหักและโค้งสลับทาง สามารถพิจารณาได้จากทิศทางของทางโค้งที่อยู่ติดกัน ซึ่งหาได้จากความชันของระยะสัมผัสจากจุดเริ่มโค้งถึงจุดสกัด (m_1) และความชันของระยะสัมผัสจากจุดสกัดถึงจุดสิ้นสุดโค้ง (m_2) ดังรูปที่ 8 และดังสมการที่ (4) – (5) โดยทางโค้งพิจารณาคือโค้งซ้ายหาก $m_1 < m_2$ และทางโค้งพิจารณาคือโค้งขวาหาก $m_1 > m_2$

$$Slope(T_A) = m_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (4)$$

$$Slope(T_B) = m_2 = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} \quad (5)$$



รูปที่ 8 ความชันของระยะสัมผัส

- ในกรณีที่ทางโค้งที่ติดกันอยู่ห่างกันไม่เกิน 100 เมตร และเชื่อมต่อกันในทิศทางเดียวกัน ให้พิจารณาเป็นโค้งหลังหัก (Broken-Back Curve)
- ในกรณีที่ทางโค้งที่ติดกันอยู่ห่างกันไม่เกิน 100 เมตร และเชื่อมต่อกันในทิศทางตรงกันข้าม ให้พิจารณาเป็นโค้งสลับทาง (Reverse Curve)

3.5 การวิเคราะห์อุบัติเหตุ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์อุบัติเหตุสำหรับทางโค้งราบของทางหลวงชนบท 2 ช่องจราจร เพื่อบรรยายลักษณะข้อมูลทั่วไปของอุบัติเหตุที่ศึกษา โดยกำหนดช่วง กม.ทางโค้งที่พิจารณา ดังสมการที่ (6) ดังรูปที่ 9 และดึงข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นลงบนช่วงทางโค้ง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางถนนและอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณทางโค้งแต่ละประเภท

ช่วงทางโค้งที่พิจารณา = ช่วง กม. ทางโค้ง ± 50 เมตร (6)



รูปที่ 9 การกำหนดช่วงทางโค้งที่พิจารณา

4. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาที่ได้นั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ การจำแนกทางโค้งและการวิเคราะห์อุบัติเหตุ

4.1 การจำแนกทางโค้ง

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์จำแนกถนนทางโค้ง 2 ช่องจราจรในโครงข่ายทางหลวงชนบทออกตามประเภททางโค้ง แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ โค้งกลม โค้งผสม โค้งสลับทาง และโค้งหลังหัก โดยข้อมูลแนวทางโค้งของถนนทั้งโครงข่ายทางหลวงชนบทที่ได้จากระบบ GPS Vehicle Tracking System กว่า 88,435 โค้ง สามารถจำแนกตามประเภทและจำนวนช่องจราจรได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนทางโค้งในโครงข่ายถนนชนบทจำแนกตามประเภทและจำนวนช่องจราจร

ประเภททางโค้ง	จำนวนช่องจราจร *				รวม
	2	4	6	>6	
โค้งกลม	45,594	5,518	22	7	51,141
โค้งผสม	5,737	536	7	3	6,283
โค้งสลับทาง	19,432	1,597	3	2	21,034
โค้งหลังหัก	9,108	865	2	2	9,977
รวม	79,871	8,516	34	14	88,435

** อ้างอิงจากระบบบริหารจัดการโครงข่ายทางหลวงชนบท*

4.2 การวิเคราะห์อุบัติเหตุ

ในการวิเคราะห์อุบัติเหตุบนช่วงทางโค้งในโครงข่ายถนนชนบท จากข้อมูลสถิติอุบัติเหตุในช่วงเวลา 3 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2559 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2561 จากระบบรายงานอุบัติเหตุบนทางหลวงชนบท พบว่า มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 1358 ครั้ง บน 1194 ช่วงถนนทางโค้ง 2 ช่องจราจร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุบนช่วงทางโค้งของถนนชนบท 2 ช่องจราจร

ปี พ.ศ.	จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)	จำนวนผู้เสียชีวิต (ราย)	จำนวนผู้บาดเจ็บ (ราย)
2559	431	101	169
2560	419	88	126
2561	508	115	142
รวม	1,358	304	437

เมื่อพิจารณาถึงจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนช่วงทางโค้ง 2 ช่องจราจรแต่ละประเภทในช่วงเวลา 3 ปีที่ผ่านมา ดังตารางที่ 4 พบว่า อุบัติเหตุส่วนมากเกิดขึ้นบนโค้งกลม (ร้อยละ 62.0) รองลงมาคือ โค้งสลับทาง (ร้อยละ 20.8) โค้งหลังหัก (ร้อยละ 10.2) และโค้งผสม (ร้อยละ 7.0) ตามลำดับ นอกจากนั้น เมื่อจำแนกอุบัติเหตุตามประเภททางโค้งและชนิดของยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง ดังรูปที่ 10 พบว่า โค้งที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุ (AccRate) ที่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์ต่อ 100 โค้งสูงสุด คือ โค้งกลม

(1.10) รองลงมา คือ โค้งสลับทาง (0.98) โค้งหลังหัก (0.93) และโค้งผสม ตามลำดับ (0.91) ในขณะที่ โค้งที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ต่อ 100 โค้งสูงสุด คือ โค้งกลม (0.50) รองลงมา คือ โค้งผสม (0.47) โค้งหลังหัก (0.44) และโค้งสลับทาง (0.33) ตามลำดับ

ตารางที่ 4 อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนช่วงทางโค้งของถนนชนบท 2 ช่องจราจรจำแนกตามประเภทของทางโค้ง

ประเภททางโค้ง	จำนวนทางโค้ง (โค้ง)	จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)	อัตราการเกิดอุบัติเหตุ (ครั้ง/100 โค้ง)
โค้งกลม	45,594 (57.1%)	842 (62.0%)	1.85
โค้งผสม	5,737 (7.2%)	95 (7.0%)	1.66
โค้งสลับทาง	19,432 (24.3%)	282 (20.8%)	1.45
โค้งหลังหัก	9,108 (11.4%)	139 (10.2%)	1.53
รวม	79,871	1,358	6.48

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง (รถจักรยานยนต์ และรถยนต์) ประเภททางโค้ง และอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณทางโค้งแต่ละประเภท พบว่า ประเภทของทางโค้งส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ โดยโค้งที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์ที่มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บรุนแรงสูงสุด คือ โค้งหลังหัก(0.648) รองลงมา คือ โค้งกลม (0.632) โค้งสลับทาง (0.530) และโค้งผสม (0.436) ตามลำดับ ในขณะที่โค้งที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ที่มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บรุนแรงสูงสุด คือ โค้งสลับทาง (0.268) รองลงมา คือ โค้งกลม (0.267) โค้งหลังหัก (0.264) และโค้งผสม (0.244) ตามลำดับ ดังตารางที่ 5 โดยที่ FSI (Fatal and Serious Injury) คือ จำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บรุนแรง F (Fatal) คือ จำนวนผู้เสียชีวิต และ SI (Serious Injury) คือจำนวนผู้บาดเจ็บ และ AccRate (Accident Rate) คืออัตราการเกิดอุบัติเหตุต่อ 100 โค้ง

นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาถึงอัตราการบาดเจ็บรุนแรงและเสียชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุ 1 ครั้งของทางโค้งแต่ละประเภท จำแนกตามชนิดของยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง พบว่า ในการเกิดอุบัติเหตุบนทางโค้ง 1 ครั้ง ประเภทของทางโค้งที่ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บรุนแรงจากอุบัติเหตุเกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์สูงสุด คือ โค้งหลังหัก (0.424) รองลงมา คือ โค้งสลับทาง (0.365) โค้งกลม (0.342) และโค้งผสม (0.263) ตามลำดับ ในขณะที่โค้งที่ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บรุนแรงจากอุบัติเหตุเกี่ยวข้องกับรถยนต์สูงสุด คือ โค้งสลับทาง (0.184) รองลงมา คือ โค้งหลังหัก (0.173) โค้งผสม (0.147) และโค้งกลม (0.145) ตามลำดับ ดังตารางที่ 6 โดยที่ FSIRate (Fatal and Serious Injury Rate) คือ อัตราการบาดเจ็บรุนแรงและเสียชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุบนทางโค้ง 1 ครั้ง FRate (Fatal Rate) คือ อัตราการเสียชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุบนทางโค้ง 1 ครั้ง และ SIRate (Serious Injury Rate) คือ อัตราการบาดเจ็บรุนแรงจากการเกิดอุบัติเหตุบนทางโค้ง 1 ครั้ง

ตารางที่ 5 อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนช่วงทางโค้งของถนนชนบท 2 ช่องจราจร จำแนกตามความรุนแรง

ประเภททางโค้ง	จำนวนทางโค้ง (โค้ง)	รถจักรยานยนต์						รถยนต์					
		FSI	AccRate	F	AccRate	SI	AccRate	FSI	AccRate	F	AccRate	SI	AccRate
โค้งกลม	45,594	288	0.63	126	0.28	162	0.36	122	0.27	47	0.10	75	0.16
โค้งผสม	5,737	25	0.44	15	0.26	10	0.17	14	0.24	3	0.05	11	0.19
โค้งสลับทาง	19,432	103	0.53	39	0.20	64	0.33	52	0.27	15	0.08	37	0.19
โค้งหลังหัก	9,108	59	0.65	24	0.26	35	0.38	24	0.26	14	0.15	10	0.11
รวม	79,871	475	2.24	204	1.00	271	1.24	212	1.04	79	0.39	133	0.66

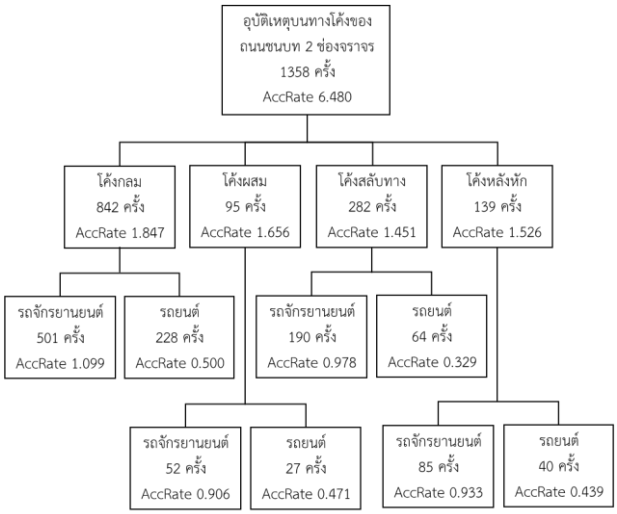
ตารางที่ 6 อัตราการบาดเจ็บรุนแรงและเสียชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุ 1 ครั้ง

ประเภททางโค้ง	จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)	รถจักรยานยนต์						รถยนต์					
		FSI	FSIRate	F	FRate	SI	SIRate	FSI	FSIRate	F	FRate	SI	SIRate
โค้งกลม	842	288	0.34	126	0.15	162	0.19	122	0.14	47	0.06	75	0.09
โค้งผสม	95	25	0.26	15	0.16	10	0.10	14	0.15	3	0.03	11	0.12
โค้งสลับทาง	282	103	0.36	39	0.14	64	0.23	52	0.18	15	0.05	37	0.13
โค้งหลังหัก	139	59	0.42	24	0.17	35	0.25	24	0.17	14	0.10	10	0.07
รวม	1,358	475	1.40	204	0.62	271	0.78	212	0.65	79	0.24	133	0.41

5. สรุปผล

จากการศึกษาวิเคราะห์อุบัติเหตุสำหรับทางโค้งราบของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนา โดยวิเคราะห์จำแนกทางโค้งบนถนนสองช่องจราจรในโครงข่ายทางหลวงชนบทออกตามประเภททางโค้ง และวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางถนนและอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณทางโค้งแต่ละประเภท ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2559 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2561 สามารถสรุปได้ว่า ช่วงถนนทางโค้งเป็น

บริเวณที่มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุที่สูง เมื่อจำแนกช่วงทางโค้งบนถนนชนบทสองช่องจราจรทั้งหมดสามารถออกตามประเภท พบว่า ทางโค้งบนถนนชนบทสองช่องจราจรประกอบไปด้วย โค้งกลม (Circular Curve) ร้อยละ 57.1% โค้งสลับทาง (Reverse Curve) ร้อยละ 24.3% โค้งหลังหัก (Broken-Back Curve) ร้อยละ 11.4 และ โค้งผสม (Compound Curve) ร้อยละ 7.2 โดยจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนช่วงทางโค้งแต่ละประเภทในช่วงเวลา 3 ปีดังกล่าว จำแนกตามชนิดของยานพาหนะที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แผนภูมิต้นไม้ของอุบัติเหตุบนทางโค้งของถนนชนบท 2 ช่องจราจร

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของยานพาหนะ ประเภททางโค้ง และอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณทางโค้งแต่ละประเภท พบว่า อุบัติเหตุส่วนมากเกิดขึ้นบนโค้งกลม รองลงมา คือ โค้งสลับทาง โค้งหลังหัก และโค้งผสม ตามลำดับ โดยโค้งที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บรุนแรงของรถจักรยานยนต์สูงสุด คือ โค้งหลังหัก ในขณะที่โค้งที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บรุนแรงของรถยนต์สูงสุด คือ โค้งสลับทาง อีกทั้ง ในการเกิดอุบัติเหตุบนทางโค้ง 1 ครั้ง โค้งที่ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บรุนแรงจากอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์สูงสุด คือ โค้งหลังหัก ในขณะที่โค้งที่ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บรุนแรงจากอุบัติเหตุเกี่ยวข้องกับรถยนต์สูงสุด คือ โค้งสลับทาง เช่นเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมทางหลวงชนบทที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศทางวิศวกรรมขนส่งและเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐาน (Excellence Center in Infrastructure Technology and Transportation Engineering - ExCITE) และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัยนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] WHO (2018). *Global Status Report on Road Safety*. World Health Organization. France.

[2] Zhu, L., Lu, L., Zhang, W., Zhao Y. and Song, M. (2019). *Analysis of Accident Severity for Curved Roadways Based on Bayesian Networks*. Sustainability 2019.

[3] AASHTO (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

[4] VicRoads (2018). *Safe System Assessment Guidelines.*

[5] มูลนิธิไทยโรดส์ (2560). *รายงานสถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของประเทศไทย ปี 2557-2558*. มูลนิธิไทยโรดส์และศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย. กรุงเทพฯ.

[6] กรมทางหลวงชนบท (2560). *คู่มือหลักการด้านความปลอดภัยงานทาง*. กระทรวงคมนาคม.

[7] Underwood, P. and Waterson, P. (2013). *Accident Analysis Models and Methods: Guidance for Safety Professionals*. Loughborough University.

[8] TRL (2004). *Accident Analysis on Rural Roads – A Technical Guide*. Road Safety Division, Department for Transport, United Kingdom.