

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเร็วขั้วชี้ เพื่อนำไปพัฒนาแบบจำลองความเร็วขั้วชี้ ลำดับการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้ แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลทางเรขาคณิตว่าตัวแปรทางเรขาคณิตตัวใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อความเร็วขั้วชี้ การวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วยานพาหนะ การเปรียบเทียบความสัมพันธ์โดยการเขียนกราฟระหว่างความเร็วขั้วชี้กับลักษณะเรขาคณิต การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้รวบรวมลักษณะเรขาคณิตของเส้นทางที่ต้องการจากแบบแปลน As-built Drawing ประกอบกับการสำรวจพื้นที่ และจัดเก็บข้อมูลความเร็วในแต่ละไฮด์ จนครบตามแผนที่วางไว้แล้ว ต่อไปเป็นการนำข้อมูลที่ได้อมาวิเคราะห์ข้อมูลในเบื้องต้น ทั้งตัวแปรทางเรขาคณิตของเส้นทาง และตัวแปรข้อมูลความเร็วขั้วชี้ ซึ่งประกอบไปด้วย การกระจายของข้อมูล ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ความเบ้ ความโด่ง และเปอร์เซ็นต์ไทล์ จากนั้นนำมาพิจารณาตามหลักเกณฑ์ทางสถิติเพื่อเลือกวิธีในการพัฒนาแบบจำลอง พร้อมกับการพิจารณาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทางเรขาคณิตกับความเร็วขั้วชี้ จากนั้นทำการพัฒนาแบบจำลองความเร็วขั้วชี้ในช่วงทางโค้ง และในช่วงทางตรง

4.1.1 เส้นทางและข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

การจัดเก็บตัวอย่างในทางหลวงหมายเลข 106 (ช่วง อ.บ้านโสง-อ.สี จ.ลำพูน ก.ม. 104+793 ถึง ก.ม. 71+021) และทางหลวงหมายเลข 107 (ช่วง อ.เชียงดาว-อ.ไชยปราการ จ.เชียงใหม่ ก.ม. 78+129 ถึง ก.ม. 101+000) ได้เก็บข้อมูลในช่วงทางโค้ง 33 โค้งในช่วงทางตรง 31 ช่วง แต่ละการเดินทางจะมี 2 ขา คือขาไปและขากลับ จำนวนข้อมูลแต่ละการเดินทางจะอ่านค่าความเร็วขั้วชี้ที่กึ่งกลาง Long Tangent และที่กึ่งกลางทางโค้ง ทั้งขาไป/ขากลับ ตามคำแนะนำของ FHWA มีข้อมูลความเร็วที่จัดเก็บจริงในช่วงทางโค้ง 13,909 ค่า ในช่วงทางตรง 12,944 ค่า รวมทั้งหมด 26,853 ค่า

ช่วงทางโค้ง ของทางหลวงหมายเลข 106 ได้จำนวนโค้งในการเก็บข้อมูล 3 โค้ง ลักษณะของโค้งเป็นโค้งเปลี่ยน (Spiral Curve) มีค่า CCR อยู่ระหว่าง 125 – 140 Deg./km. ความกว้างของช่องจราจร 4.00 เมตร ไหล่ทางกว้าง 1.50 เมตร สำหรับทางหลวงหมายเลข 107 จำนวนโค้งในการเก็บข้อมูล 30 โค้ง มีลักษณะเป็นโค้งเดี่ยว มีค่า CCR อยู่ระหว่าง 70-748 Deg./km. กว้างของช่องจราจร 3.50-5.10 เมตร ไหล่ทางกว้าง 0.50 เมตร ความลาดชันของทั้งสองเส้นทางอยู่ในเกณฑ์ ± 0 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์ โค้งในการจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดจึงมีจำนวน 33 โค้ง

ช่วงทางตรง ของทางหลวงหมายเลข 106 (ช่วง อ.บ้านโฮ้ง - อ.ถ้ำปูน ก.ม.104+793 ถึง ก.ม. 71+021) ได้ช่วงทางตรงในการจัดเก็บข้อมูลมีลักษณะทางตรงระยะยาวเป็นส่วนใหญ่ คือมีความยาวอยู่ในช่วง 350 – 1489 เมตร จำนวน 14 ช่วง และทางหลวงหมายเลข 107 (ช่วง อ.เขียงดาว - อ.ไชยปราการ จ.เชียงใหม่ ก.ม. 78+129 ถึง ก.ม. 101+000) ได้ใช้จัดเก็บข้อมูลมีลักษณะทางตรงระยะความยาวไม่มากนัก คือมีความยาวอยู่ในช่วง 151 – 503 เมตร จำนวน 15 ช่วง และทางตรงยาว 671 -1098 เมตร จำนวน 2 ช่วง เมื่อรวมจำนวนช่วงทางตรงทั้งหมดมีจำนวน 31 ช่วง ความกว้างของช่องจราจรทางหลวงหมายเลข 106 กว้างโดยเฉลี่ย 3.50 เมตร ไหล่ทาง 1.50 เมตร สำหรับความกว้างของช่องจราจรทางหลวงหมายเลข 107 กว้างโดยเฉลี่ย 3.50 เมตร ไหล่ทาง 0.50 เมตร ความลาดชันของทั้งสองเส้นทางอยู่ในเกณฑ์ ± 0 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์

4.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเริ่มจากการนำความเร็วขั้วปีที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของทางโค้ง/ทางตรง มาใช้วิเคราะห์ร่วมกับลักษณะเรขาคณิตของทางหลวง เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทางเรขาคณิตกับความเร็วขั้วปีที่ (ซึ่งในเบื้องต้นผู้ศึกษาได้เลือกตัวแปรตามแบบจำลองของ Lamm. และ FHWA มาพิจารณาความสัมพันธ์ในเบื้องต้นก่อน ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่อยู่ในเกณฑ์ดี ก็จะเลือกตัวแปรดังกล่าวใช้เป็นตัวแปรในแบบจำลองความเร็วขั้วปีนั้น) จากนั้นทำการตัดตัวแปรทางเรขาคณิตที่มีความสัมพันธ์กันเองออก (เพื่อป้องกันปัญหา Multicollinearity) จนได้ตัวแปรที่เหมาะสมกับแบบจำลองตามหลักเกณฑ์ทางสถิติ

4.1.3 ผลที่ต้องการจากการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ตัวแปรลักษณะเรขาคณิตกับความเร็วขั้วปีที่ เพื่อต้องการหาตัวแปรที่เหมาะสมในการใช้เป็นตัวแทนสำหรับแทนค่าในแบบจำลองความเร็วขั้วปีที่ ซึ่งผ่านการตรวจสอบทางสถิติ และความเหมาะสมในการนำตัวแปรต่างๆมาใส่ในแบบจำลองสามารถอธิบายได้ทั้งด้านหลักทางวิศวกรรมและทางสถิติ โดยตัวแปรที่ได้จะต้องทำให้รูปแบบของแบบจำลองง่ายต่อการ

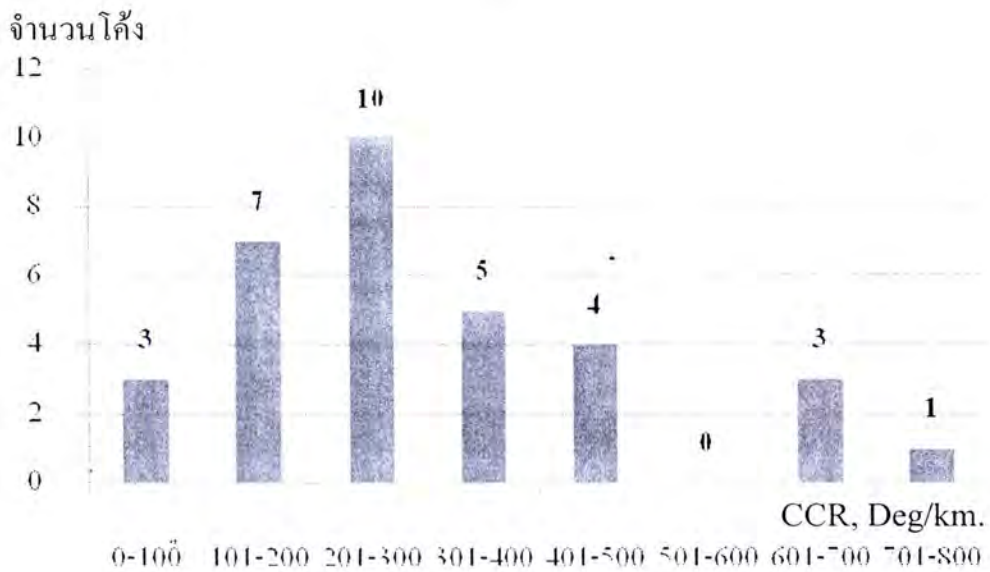
นำไปใช้งาน อีกทั้งต้องมีความสามารถในการทำนายค่าความเร็วขั้วชี้ ทั้งในทางตรง และทางโค้ง ได้อย่างแม่นยำ มีความน่าเชื่อถือ

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเรขาคณิตของเส้นทาง

การวิเคราะห์ข้อมูลเรขาคณิตของแนวเส้นทางจะพิจารณาเฉพาะตัวแปรที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองตามงานศึกษาของ Lamm. และ FHWA ซึ่งถ้าพิจารณาตามงานศึกษาดังกล่าว แล้วพบว่าตัวแปรยังให้ผลทางสถิติอยู่ในเกณฑ์ยอมรับไม่ได้ ก็จะพิจารณาเพิ่มตัวแปรเรขาคณิตเข้าแบบจำลองใหม่ หรือเปลี่ยนตัวแปร โดยยึดหลักทางด้านวิศวกรรมและผลทางสถิติเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบแบบจำลอง ตัวแปรหลักในการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วย อัตราการเปลี่ยนแปลงโค้ง (ได้จากมุมที่แนวตรงหักเหไปต่อความยาวโค้ง) เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง ความยาวของช่วงทางตรง และระยะการมองเห็นในแต่ละช่วงของถนน ตัวแปรตัวเหล่านี้จะเป็นข้อมูลตัวแปรที่ถูกใช้ทั้งในทางตรงและทางโค้ง ตามสภาพภูมิประเทศที่ความลาดชันไม่เกิน $\pm 4\%$

4.2.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงโค้ง (CCR)

CCR เป็นตัวแปรที่นำมาใช้ในแบบจำลองทางโค้ง จากตัวอย่างในสนามพบว่า CCR ในแต่ละไฮด์มีการกระจายครอบคลุมเพียงพอต่อการพัฒนาแบบจำลอง แสดงดังรูปที่ 4.1 ข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมบนทางหลวงหมายเลข 107 มีค่า CCR 70 - 748 Deg/km. จำนวน 30 โค้ง และทางหลวงหมายเลข 106 มีค่า CCR 125 - 160 Deg/km. จำนวน 3 โค้ง รวมจำนวนไฮด์ทั้งหมด 33 โค้ง ในส่วนของช่วงทางตรงค่า CCR เท่ากับ 0 ผลการจัดเก็บข้อมูลความเร็วขั้วชี้ของทางหลวงทั้งสองเส้นทางได้โค้งในการจัดเก็บที่ CCR อยู่ระหว่าง 201-300 Deg/km. มากที่สุดจำนวน 10 ไฮด์ คิดเป็น 30.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือค่า CCR อยู่ระหว่าง 101-200 Deg/km. จำนวน 7 โค้ง คิดเป็น 21.2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นค่า CCR จะอยู่ระหว่าง 301-400 401-500 0-100 601-700 และ 701-800 Deg/km. มีจำนวนโค้ง 5 4 3 3 และ 1 ตามลำดับ คิดเป็น 48.5 เปอร์เซ็นต์ ของช่วงทางโค้งทั้งหมด

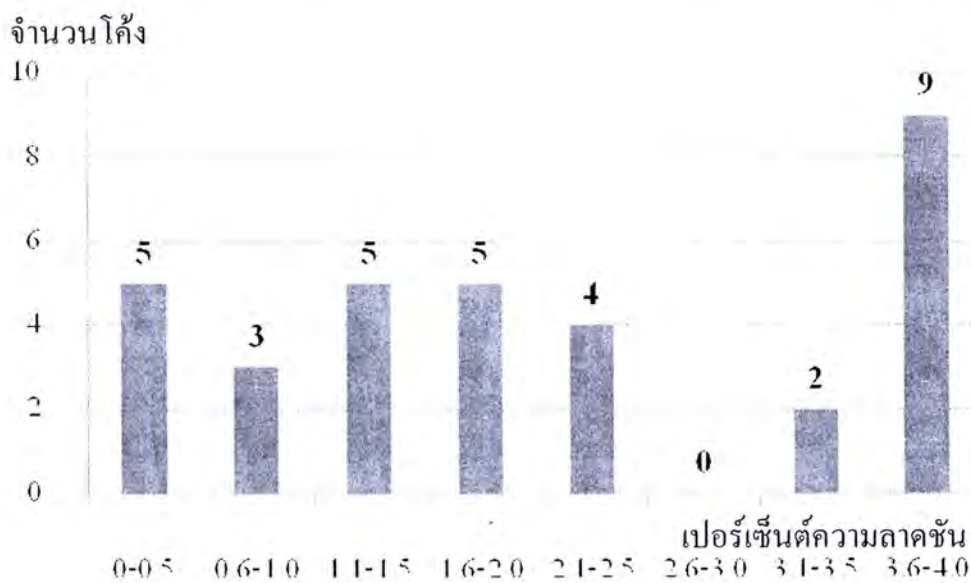


รูปที่ 4.1 แสดงการกระจายของค่า CCR ของโค้งที่ศึกษา (33 โค้ง)

4.2.2 ความลาดชัน

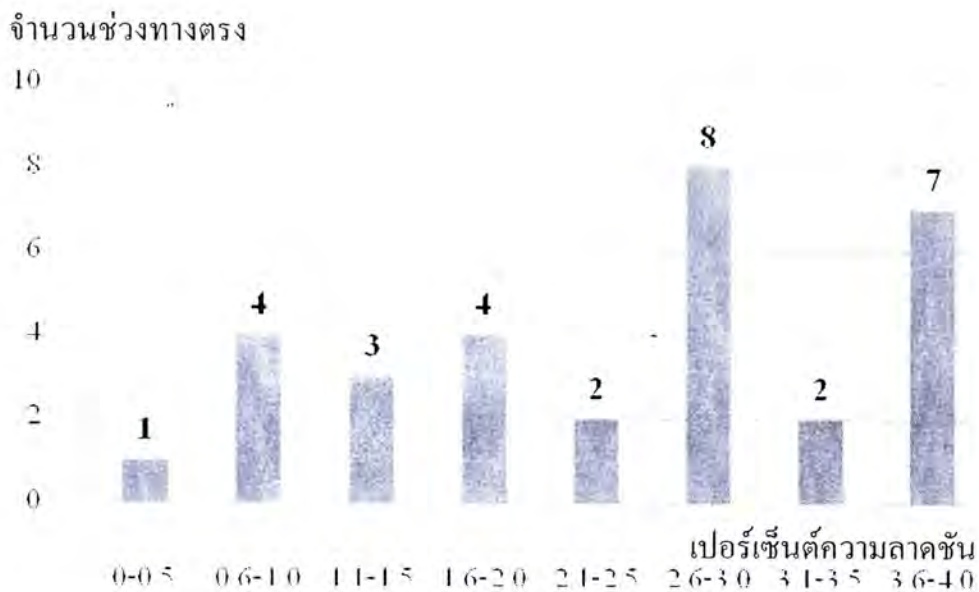
ความลาดชันกระจายตั้งแต่ $\pm 0 - 4$ เปอร์เซ็นต์ ทั้งในช่วงทางตรง และช่วงทางโค้ง และในบางช่วงของเส้นทางอาจมีค่าความลาดชันอยู่หลายค่า การศึกษานี้ได้พิจารณาเลือกความลาดชันที่มีค่าสูง เนื่องด้วยความลาดชันที่มีค่าสูงนั้นจะส่งผลกระทบต่อความเร็วขับขี่ แรงต้านทานต่อความลาดชัน และระยะการมองเห็นที่จะทำให้ผู้ขับขี่ชะลอความเร็ว หรือรักษาความเร็วเมื่อระยะมองเห็นไม่เพียงพอ ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบดังกล่าวตามงานศึกษาของ FHWA จึงได้เลือกความลาดชันไม่เกิน ± 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจคัดเลือกเส้นทาง ข้อมูลได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.2 และรูปที่

4.3



รูปที่ 4.2 แสดงการกระจายข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความลาดชันในช่วงทางโค้ง 33 โค้ง

จากกราฟความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์ความลาดชันกับจำนวนโค้งรูปที่ 4.2 พบว่าการกระจายค่าความลาดชันครอบคลุมตั้งแต่ $\pm 0 - 4$ เปอร์เซ็นต์ ผลของความลาดชันช่วงทางโค้งอยู่ระหว่าง 3.6-4.0 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวน โค้งมากที่สุด 9 โค้ง คิดเป็น 27.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือโค้งช่วงที่มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 0-0.5 1.1-1.5 และ 1.6-2.0 จำนวนช่วงละ 5 โค้ง คิดเป็น 45.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นเป็นความลาดชันอยู่ระหว่าง 0.6-1.0 2.1-2.5 และ 3.1-3.5 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนโค้ง 3 4 และ 2 โค้ง ตามลำดับ คิดเป็น 27.3 เปอร์เซ็นต์ ของช่วงทางโค้งทั้งหมด



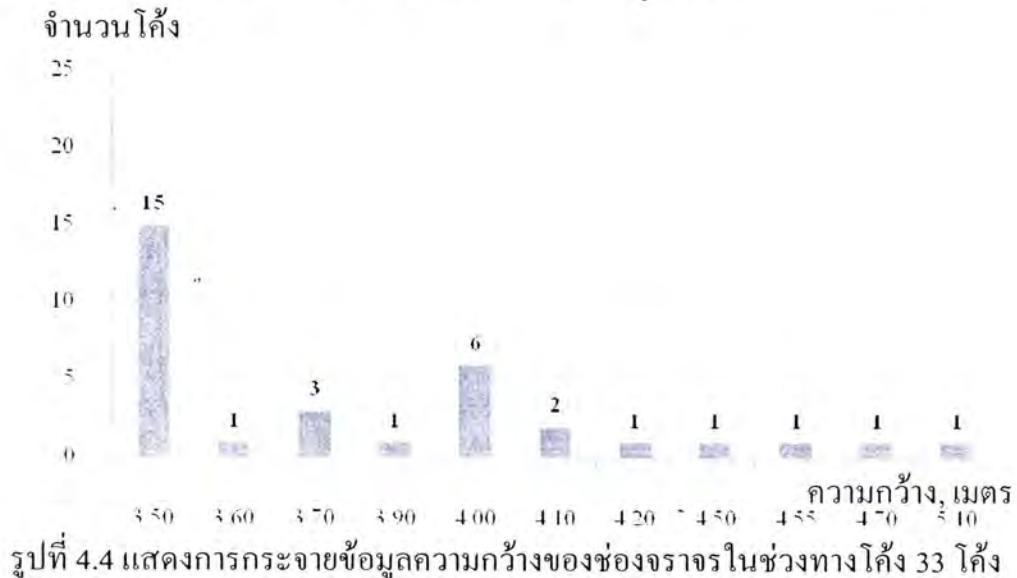
รูปที่ 4.3 แสดงการกระจายข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความลาดชันในช่วงทางตรง 31 ช่วง

ในรูปที่ 4.3 เป็นความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์ความลาดชันกับจำนวนช่วงทางตรง ผลจากกราฟความสัมพันธ์พบว่าความลาดชันระหว่าง 2.6-3.0 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนช่วงทางตรง มากที่สุดคือ 8 ช่วง คิดเป็น 25.8 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือความลาดชันระหว่าง 3.6-4.0 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวน 7 ช่วง คิดเป็น 22.6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นเป็นช่วงความลาดชันระหว่าง 0-0.5 0.6-1.0 1.1-1.5 1.6-2.0 2.1-2.5 และ 3.1-3.5 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนช่วง 1 4 3 4 2 และ 2 ช่วงตามลำดับคิดเป็น 51.6 เปอร์เซ็นต์ ของช่วงทางตรงทั้งหมด

4.2.3 ความกว้างของช่องจราจรและความกว้างของไหล่ทาง

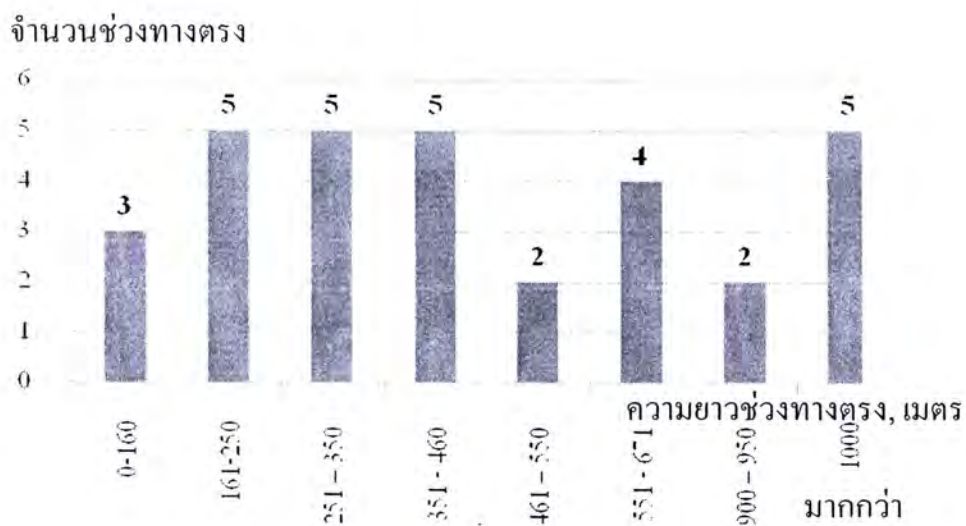
ผลจากการเก็บข้อมูลความกว้างของช่องจราจรในทางโค้งแสดงไว้ในรูปที่ 4.4 สำหรับความกว้างของไหล่ในทางโค้งทางหลวงหมายเลข 107 และ 106 มีความกว้างคงที่ คือ 0.5 และ 1.5 ตามลำดับ ในช่วงทางตรงทางหลวงหมายเลข 107 ช่องจราจรกว้าง 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง

0.50-0.80 เมตร ทางหลวงหมายเลข 106 ช่องจราจรกว้าง 3.60 ไหล่ทางกว้าง 1.50 – 1.70 เมตร ความกว้างของช่องจราจรและความกว้างของไหล่ทางมีการกระจายน้อย จากรูปที่ 4.4 พบว่าความกว้างที่ 3.5 เมตร มีจำนวนมากสุดคือ 15 โค้ง คิดเป็น 45.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นกระจายอยู่ในช่วง 3.6-5.10 เมตร จำนวน 18 โค้ง คิดเป็น 54.5 เปอร์เซ็นต์ ของข้อมูลทางโค้งทั้งหมด



4.2.4 ความยาวของช่วงทางตรง

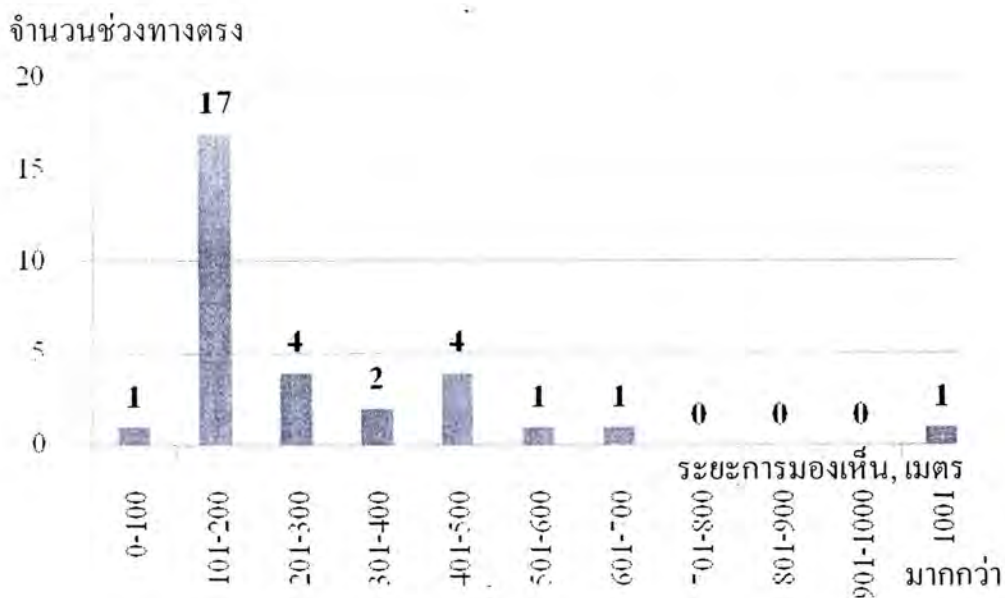
ความยาวช่วงทางตรงจำนวน 31 ช่วง มีการกระจายความยาวช่วงทางตรงตั้งแต่ 151 – 1,489 เมตร เพื่อให้ครอบคลุมช่วงทางตรงมากที่สุด และให้เพียงพอต่อการพัฒนาแบบจำลองในช่วงทางตรง แสดงดังรูปที่ 4.5 ต่อไปนี้



ข้อมูลความเร็วในช่วงทางตรงที่ได้รวบรวมบนทางหลวงหมายเลข 107 มีค่าความยาว 151-1098 เมตร จำนวน 17 ช่วง และทางหลวงหมายเลข 106 มีค่าความยาว 350 – 1489 เมตร จำนวน 14 ช่วง รวมจำนวนช่วงทางตรงทั้งหมด 31 ช่วง การพิจารณาความยาวถนนแบ่งเป็นช่วง ช่วงละ 50 เมตร โดยเริ่มที่ 150 – มากกว่า 1000 เมตร (งานศึกษาของ Lamm. พบว่าความยาวช่วงทางตรงระยะต่ำกว่า 150 เมตร ไม่มีผลต่อการเร่งความเร็วของผู้ขับขี่เมื่อออกจากโค้งหนึ่งเข้าสู่โค้งหนึ่ง ผู้ศึกษาได้ทดลองเก็บข้อมูลในช่วงระยะทาง 150 158 และ 158 เมตร ของทางหลวงหมายเลข 107 จำนวน 3 ไซต์ เพื่อเปรียบเทียบความเร็วขับขี่ในทางโค้งกับทางตรง พบว่าความเร็วขับขี่ในช่วงทางตรงดังกล่าวใกล้เคียงกับความเร็วในช่วงทางโค้ง คือมีผลต่างประมาณ -2.5 ถึง 10 kph.) จากรูปที่ 4.5 ความยาวช่วงทางตรงระหว่าง 161-250 251-350 351-460 และ มากกว่า 1000 เมตร มีจำนวน 5 ช่วง คิดเป็น 64.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นช่วงความยาวระหว่าง 551-671 เมตร จำนวน 4 ช่วง คิดเป็น 12.9 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นเป็นช่วงความยาวระหว่าง 0-160 461-550 และ 900-950 เมตร มีจำนวน 3 2 และ 2 ช่วง ตามลำดับ คิดเป็น 22.6 เปอร์เซ็นต์ ของข้อมูลความยาวช่วงทางตรงทั้งหมด

4.2.5 ระยะการมองเห็น

การศึกษาได้วัดความยาวของระยะการมองเห็นในแบบ Profile ของช่วงเส้นทางที่เลือกเก็บข้อมูลความเร็วในช่วงทางตรง ตามความยาวทางตรงในแต่ละไซต์ และค่าที่วัดได้จะเลือกค่าที่ต่ำที่สุดของแต่ละช่วงมาเพื่อใช้เป็นตัวแปรในการพัฒนาแบบจำลองทางตรง แสดงการกระจายของข้อมูลระยะมองเห็นดังรูปที่ 4.6

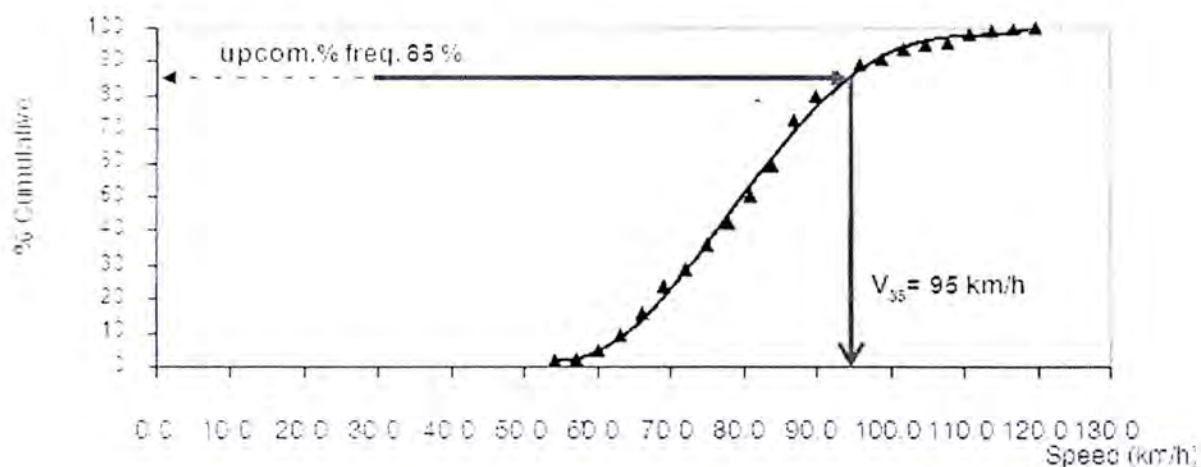


รูปที่ 4.6 แสดงการกระจายข้อมูลระยะการมองเห็นในทางตรง 31 ช่วง

การกระจายของข้อมูลพบว่าครอบคลุมระยะการมองเห็นจาก 100 – มากกว่า 1000 เมตร มีระยะการมองเห็นอยู่ระหว่าง 101 – 200 เมตร มากที่สุดมีจำนวน 17 ช่วง คิดเป็น 54.8 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือระยะมองเห็นระหว่าง 201 – 300 และ 401-500 เมตร จำนวนช่วงละ 4 ช่วง คิดเป็น 25.8 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นระยะการมองเห็นระหว่าง 0-100 301-400 501-600 601-700 และมากกว่า 1000 เมตร คิดเป็น 19.4 เปอร์เซ็นต์ ของช่วงทางตรงทั้งหมด

4.3 การวิเคราะห์ความเร็วขับขี่ของยานพาหนะในช่วงทางโค้ง และทางตรง

4.3.1 ช่วงทางโค้ง ความเร็วขับขี่ V_{85} หรือความเร็วขับขี่ที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ ได้จากการรวบรวมความเร็วของข้อมูลแต่ละไซต์ในทางโค้ง มีทั้งในโค้งและนอกโค้ง นำมาหาความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ตามความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเปอร์เซ็นต์สะสม แสดงได้ในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเปอร์เซ็นต์สะสม

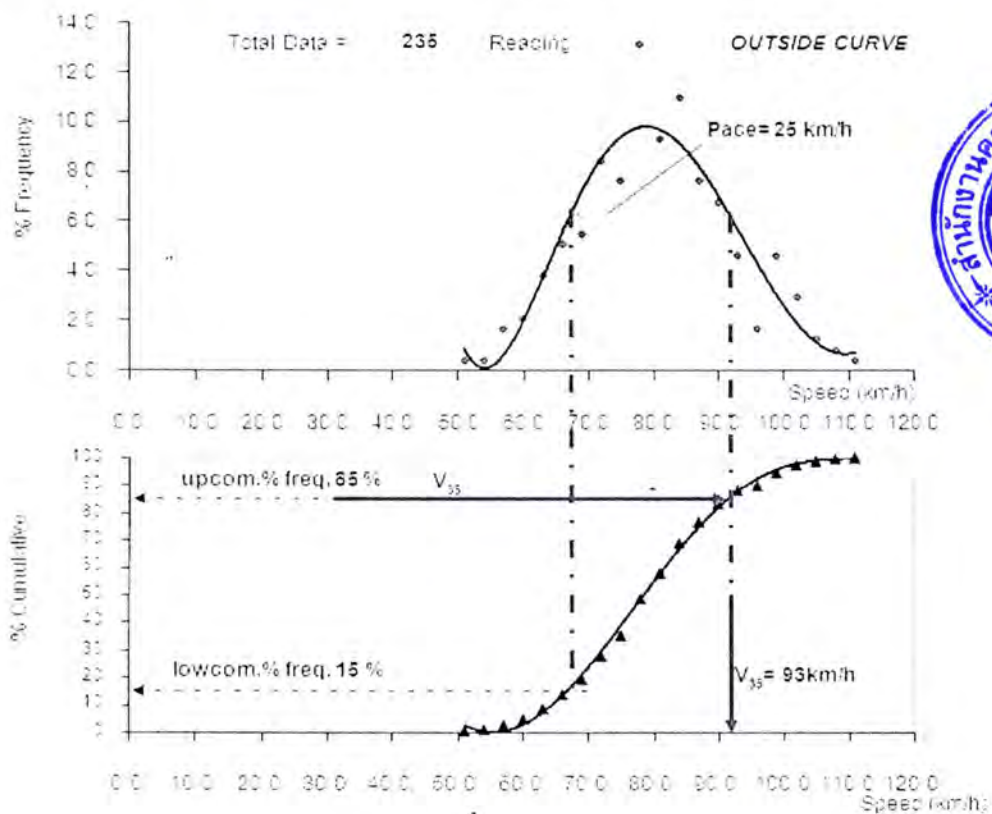
การหาความเร็วขับขี่ทุกไซต์แยกเป็นช่วงโค้งในและโค้งนอก ค่าเปอร์เซ็นต์สะสมได้จากเปอร์เซ็นต์ความถี่ของจำนวนยานพาหนะที่ผ่านจุดวัดสำรวจ รายละเอียดการหาค่าความเร็วขับขี่แสดงอยู่ในตัวอย่างต่อไปนี้ ทางหลวงหมายเลข 107 กม.83+645 ถึง กม.83+707 เป็นช่วงทางโค้งมีรัศมีโค้ง 818.5 เมตร ความลาดชันอยู่ในช่วง 0.96 - (-0.4) เปอร์เซ็นต์ ความยาวโค้ง 62 เมตร มุมแนวตรงที่หักเหไป $4^{\circ}22'00''$ CCR เท่ากับ 70 Deg/km. ความกว้างของช่องจราจร 3.7 เมตร ไหล่ทาง 0.5 เมตร เป็นช่วงอยู่นอกโค้งขาไปจาก อ.เชียงดาว เข้าสู่ อ.ไชยปราการ ข้อมูลความเร็วที่วัดได้จากจุดสำรวจแสดงดังตารางที่ 4.1 การวัดความเร็วจะแยกความเร็วออกเป็นกลุ่มเพื่อให้ได้ข้อมูลความถี่ เช่น เมื่อวัดความเร็วของยานพาหนะคันที่ 1 2 3 และ 4 ได้ 50 70 50 และ 70 kph. ตามลำดับ ก็จะนับความถี่ของความเร็วที่ 50 kph. มีความถี่(Frequency) 2 คัน และความเร็วที่ 70 kph. มีความถี่ 2

กัน เป็นต้น จากนั้นนำค่าความถี่ที่ได้แต่ละความเร็วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถี่ของกลุ่มความถี่ทั้งหมด

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลความเร็วที่วัดได้จากจุดสำรวจ กม.83+645 ถึง กม.83+707

Speed (kph)	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
50	1	0.4	0.4	0.4
54	1	0.4	0.4	0.9
56	1	0.4	0.4	1.3
58	3	1.3	1.3	2.6
59	3	1.3	1.3	3.8
61	2	0.9	0.9	4.7
62	4	1.7	1.7	6.4
63	2	0.9	0.9	7.2
64	3	1.3	1.3	8.5
65	4	1.7	1.7	10.2
66	5	2.1	2.1	12.3
67	3	1.3	1.3	13.6
68	2	0.9	0.9	14.5
69	7	3.0	3.0	17.4
70	4	1.7	1.7	19.1
71	6	2.6	2.6	21.7
72	9	3.8	3.8	25.5
73	5	2.1	2.1	27.7
74	9	3.8	3.8	31.5
75	4	1.7	1.7	33.2
76	5	2.1	2.1	35.3
77	11	4.7	4.7	40.0
78	8	3.4	3.4	43.4
79	12	5.1	5.1	48.5
80	6	2.6	2.6	51.1
81	9	3.8	3.8	54.9
82	7	3.0	3.0	57.9
83	13	5.5	5.5	63.4
84	6	2.6	2.6	66.0
85	7	3.0	3.0	68.9
86	7	3.0	3.0	71.9
87	6	2.6	2.6	74.5
88	5	2.1	2.1	76.6
89	9	3.8	3.8	80.4
90	4	1.7	1.7	82.1
91	3	1.3	1.3	83.4
92	3	1.3	1.3	84.7
93	3	1.3	1.3	86.0
94	5	2.1	2.1	88.1
95	1	0.4	0.4	88.5
96	3	1.3	1.3	89.8
98	4	1.7	1.7	91.5
99	3	1.3	1.3	92.8
100	4	1.7	1.7	94.5
101	2	0.9	0.9	95.3
102	1	0.4	0.4	95.7
103	4	1.7	1.7	97.4
105	1	0.4	0.4	97.9
106	2	0.9	0.9	98.7
108	1	0.4	0.4	99.1
109	1	0.4	0.4	99.6
111	1	0.4	0.4	100.0
Total	235	100	100	

ต่อไปนำเปอร์เซ็นต์ความถี่คิดเป็นค่าเปอร์เซ็นต์สะสม เริ่มจากความเร็วต่ำสุดไปจนถึงความเร็วสูงสุด เมื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์สะสมได้ตามตารางที่ 4.1 จากนั้นเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ดังรูปที่ 4.8 เพื่อหาความเร็วขั้นขึ้น (V_{85}) ความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย ความเร็วต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ และความโค้ง



รูปที่ 4.8 แสดงการหาค่าความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย ความเร็วต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ ความโค้งและความเร็วขั้นขึ้น V_{85}

จากตัวอย่างนี้จึงสามารถอ่านค่าทางสถิติในเบื้องต้นได้ ความเร็วสูงสุด 111 kph. ความเร็วเฉลี่ย 80.5 kph ความเร็วต่ำสุด 50.0 kph. จากนั้นใช้สมการทางสถิติคำนวณหาค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ 11.66 ความเบ้ 0.157 และความโค้ง -0.179 ส่วนความเร็วขั้นขึ้น V_{85} อ่านจากกราฟความสัมพันธ์ความเร็วกับเปอร์เซ็นต์สะสมได้ 93.0 kph. สำหรับการคำนวณในโค้งอื่นๆได้แสดงรายละเอียดในการหาความเร็วขั้นขึ้นอยู่ในภาคผนวก ก

ความเร็วขั้นขึ้นทั้งหมด 33 ไซต์ แสดงอยู่ในตารางที่ 4.2 ความเร็วขั้นขึ้น V_{85} มีการกระจายตัวส่วนใหญ่อยู่ในลักษณะปกติ พบ 5 ไซต์มีค่าความโค้งผิดปกติ กม. 81+704 กม.83+428 กม. 92+936 กม.90+722 และ กม.100+514 ได้ค่าความโค้ง 2.35 2.90 1.30 1.55 และ 1.34 ตามลำดับ จากนั้นนำความเร็วขั้นขึ้นทั้งโค้งในและโค้งนอกมาเปรียบเทียบกันโดยการทดสอบความแตกต่าง

ระหว่างค่าของข้อมูลทั้งสอง ว่าสามารถรวมข้อมูลให้เป็นค่าเฉลี่ยความเร็วขับได้ หรือมีค่าความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้หรือไม่ ผลดังกล่าวนี้ได้แสดงในตาราง 4.3

ตาราง 4.2 แสดงค่าความเร็วขับและสถิติของข้อมูลความเร็วช่วงทางโค้ง

Site No.	Sta. Km. - Km.		Highway No.	CCR (Δ_c / L)	Lane width	Shoulder width	Operating Speed, V_{85}				Inside Curve						Outside Curve					
	Km.	Km.					Inside Curve	Outside Curve	Speed, Δ	Avg. V_{85}	Std. Deviation	Skewness	Kurtosis	Max. Speed(kph)	Mean Speed(kph)	Min. Speed(kph)	Std. Deviation	Skewness	Kurtosis	Max. Speed(kph)	Mean Speed(kph)	Min. Speed(kph)
1	83+644	83+707	107	70	3.7	0.5	94.6	92.8	1.8	94	13.5	0.29	-0.07	120	82	53	11.7	0.16	-0.18	111	81	50
2	93+765	93+832	107	100	3.5	0.5	92.4	86.7	5.7	90	10.9	0.33	0.10	108	76	52	11.0	0.36	-0.07	114	81	53
3	97+842	97+971	107	100	3.5	0.5	94.1	92.6	1.5	93	11	0.44	-0.18	115	83	58	10.3	0.5	0.06	114	81	60
4	83+920	83+996	107	120	3.7	0.5	92.7	94.4	-1.7	94	11.8	0.46	0.29	122	81	50	13.4	0.74	0.87	133	81	54
5	98+142	98+224	107	140	3.5	0.5	95.9	91.7	4.1	94	10.5	0.35	0.21	123	84	61	10.4	0.27	0.27	118	82	57
6	92+714	92+787	107	200	4.0	0.5	83.0	85.0	-2.1	84	10	0.1	0.69	105	73	35	9.0	0.61	0.93	106	76	54
7	97+054	97+103	107	200	3.5	0.5	97.0	84.7	12.3	91	12.2	0.19	0.11	122	83	54	9.6	0.47	0.28	105	75	54
8	81+704	81+750	107	230	3.5	0.5	84.1	84.5	-0.4	84	9.3	0.5	0.35	107	73	51	9.4	1.09	2.35	118	75	57
9	88+762	88+854	107	250	3.5	0.5	85.8	86.1	-0.4	86	9.1	0.18	-0.37	99	76	52	10.3	0.14	0.05	104	76	44
10	83+428	83+494	107	260	3.5	0.5	85.7	83.7	1.9	85	11	0.94	2.90	131	76	54	8.7	0.52	0.11	101	75	56
11	93+370	93+410	107	263	3.9	0.5	73.9	75.5	-1.5	75	8.3	-0.16	-0.01	87	66	39	7.9	0.24	-0.32	88	67	48
12	81+949	82+015	107	300	3.5	0.5	75.4	79.8	-4.5	78	9.1	0.48	0.38	98	66	45	10.1	-0.05	0.36	102	69	36
13	94+602	94+672	107	300	3.5	0.5	82.4	80.6	1.8	82	8.5	0.28	-0.09	99	74	54	9.3	0.24	-0.26	98	70	45
14	98+424	98+520	107	300	4.0	0.5	81.9	81.0	0.9	81	8.4	0.31	0.42	101	73	52	9.2	0.26	0.20	103	72	47
15	92+003	92+075	107	300	3.5	0.5	81.8	83.1	-1.3	82	8.6	0.43	0.79	104	74	50	9.3	0.09	-0.05	99	74	46
16	86+859	86+919	107	300	3.5	0.5	81.8	73.6	8.2	78	8.8	0.24	0.44	103	73	51	9.1	0.83	0.80	98	65	48
17	90+154	90+216	107	300	3.5	0.5	85.6	86.1	-0.5	86	9.8	0.41	0.04	101	75	48	10.6	0.57	0.29	114	76	52
18	80+393	80+454	107	313	3.7	0.5	76.4	85.0	-8.7	81	8.3	0.29	0.49	98	69	49	10.6	0.24	-0.11	103	74	48
19	92+936	93+037	107	330	3.5	0.5	83.5	78.8	4.7	81	8.9	0.11	0.34	99	74	45	8.9	0.61	1.30	105	71	45
20	91+163	91+242	107	333	4.0	0.5	74.1	74.6	-0.4	74	7.5	-0.09	0.21	92	66	45	8.2	0.32	-0.05	91	66	48
21	93+458	93+517	107	357	4.1	0.5	73.8	75.3	-1.5	75	8.2	-0.17	0.65	89	66	37	7.7	0.16	-0.28	90	67	50
22	90+722	90+814	107	393	4.55	0.5	71.6	71.4	0.2	71	7.2	0.24	1.55	95	65	39	7.2	0.20	0.42	83	64	43
23	100+874	100+916	107	404	4.0	0.5	64.5	65.0	-0.5	65	7.4	0.46	0.60	82	58	40	6.4	0.21	-0.58	74	58	44
24	96+345	96+477	107	420	3.5	0.5	79.7	75.0	4.7	77	8.1	-0.11	0.04	97	72	47	7.4	0.11	-0.08	87	67	46
25	96+690	96+732	107	455	4.2	0.5	75.2	75.2	0.0	75	6.6	-0.05	-0.04	86	68	51	7.7	0.08	0.75	93	68	42
26	90+972	91+053	107	460	3.5	0.5	74.8	73.1	1.7	74	8.1	0.32	-0.24	92	66	48	7.0	0.36	-0.31	86	66	50
27	99+012	99+128	107	618	5.1	0.5	58.6	61.7	-3.1	60	4.9	0.11	0.12	69	54	42	6.1	0.01	0.41	77	55	36
28	82+794	82+906	107	643	4.1	0.5	57.8	56.5	1.3	57	5	0.01	0.54	71	53	40	4.8	0.37	0.73	68	52	36
29	100+514	100+594	107	699	4.7	0.5	56.0	54.8	1.2	55	5.2	0.12	-0.07	66	51	36	5.6	0.63	1.34	72	49	37
30	82+471	82+585	107	748	4.5	0.5	60.1	59.0	1.2	60	6.1	0.22	0.77	77	55	39	5.9	0.35	0.68	74	53	35
31	89+800	90+000	106	125	4.0	1.5	89.6	86.6	3.0	88	10.7	0.4	0.08	111	79	52	10.9	0.35	0.03	111	75	53
32	90+400	90+525	106	160	4.0	1.5	86.0	86.6	-0.6	86	9.8	0.21	0.18	108	77	50	10.9	0.46	0.39	110	75	47
33	81+489	81+657	106	140	4.0	1.5	90.3	91.6	-1.4	91	10.2	0.22	-0.07	111	80	54	10.2	0.15	-0.54	107	81	56

ตาราง 4.3 แสดงค่าสถิติของข้อมูลความเร็วขับเคลื่อนช่วงทางโค้ง เพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าของข้อมูลความเร็วในโค้ง/นอกโค้ง

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Inside	80	33	11.30	1.97
	Outside	79	33	10.58	1.84

Paired Samples Correlations

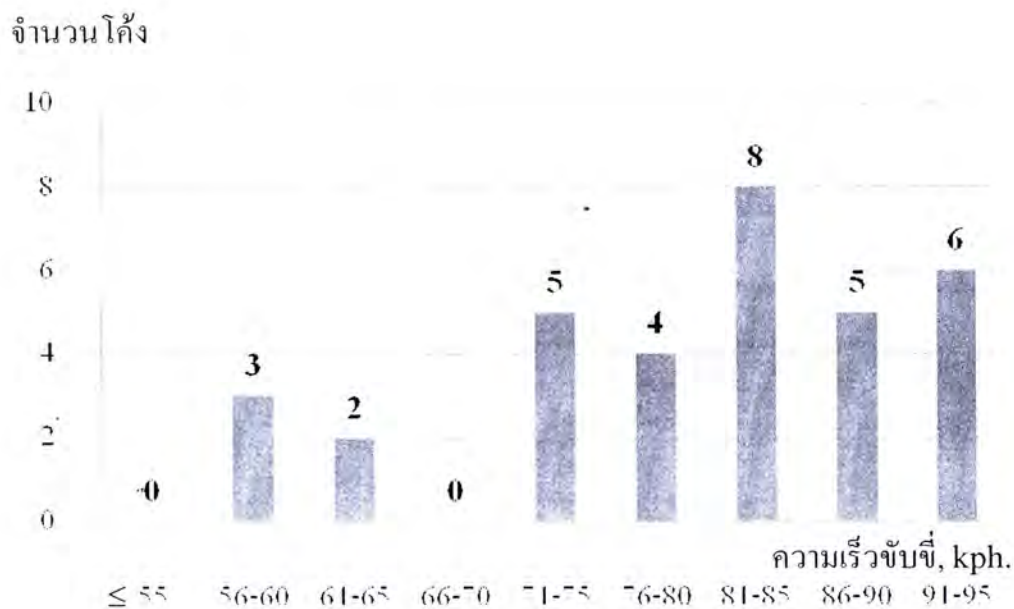
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Inside & Outside	33	0.95	0.00

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Inside - Outside	0.84	3.70	.65	-0.47	2.15	1.30	32	0.20

เมื่อ Sig. (2-tailed) หรือ P-Value เท่ากับ 0.20 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงยอมรับค่าความเร็วขับเคลื่อนของทั้งในโค้งและนอกโค้งมีค่าไม่ต่างกัน หรือมีความเร็วขับเคลื่อนเท่ากัน สามารถนำความเร็วขับเคลื่อนในโค้งและนอกโค้งรวมกันโดยทำเป็นค่าเฉลี่ยความเร็วขับเคลื่อนในโค้งได้

รูปที่ 4.9 แสดงการกระจายของข้อมูลความเร็วขับเคลื่อนที่ Site ต่างๆ ความเร็วขับเคลื่อนช่วงระหว่าง 81-85 kph. มีจำนวนสูงสุด 8 โค้ง คิดเป็น 24.2 เปอร์เซ็นต์รองลงมาเป็นช่วงความเร็ว 91-95 kph. มีจำนวน 6 โค้ง คิดเป็น 18.2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นเป็นช่วงความเร็วระหว่าง 56-60 61-65 71-75 76-80 และ 86-90 kph. จำนวน 3 2 5 4 และ 5 โค้ง ตามลำดับ คิดเป็น 57.6 เปอร์เซ็นต์ของช่วงทางโค้งทั้งหมด



รูปที่ 4.9 แสดงการกระจายข้อมูลความเร็วขับขี่ (V_{85}) ในช่วงทางโค้ง 33 โค้ง

4.3.2 ในช่วงทางตรง ความเร็วขับขี่ V_{85} ได้จากการรวมความเร็วของข้อมูลแต่ละช่วง มีขาการเดินทางทั้งไปและกลับ นำมาหาความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทล์ เหมือนเช่นตัวอย่างการหาความเร็วขับขี่ในทางโค้งแสดงในหัวข้อ 4.3.1 ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลความเร็วขับขี่ V_{85} ในช่วงทางตรง 31 ช่วง ความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย ความเร็วต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง เป็นต้น ความเร็วในแต่ละช่วงทางตรงมีการกระจายตัวในลักษณะปกติ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง อยู่ในลักษณะปกติ

Site No.	Sta. Km. - Km.		Highway No.	Length, m.	Sight Distance	CCR avg.	Operating Speed,				Return Trip						Outward					
	Km.	Km.					V ₈₅				Std. Deviation	Skewness	Kurtosis	Max. Speed(kph)	Mean Speed(kph)	Min. Speed(kph)	Std. Deviation	Skewness	Kurtosis	Max. Speed(kph)	Mean Speed(kph)	Min. Speed(kph)
							Return Trip	Outward	Speed, Δ	Avg. V ₈₅												
1	83+494	83+645	107	151	180	165	94.1	88.6	5.5	91	11.7	0.32	0.36	120	83	51	10.0	0.51	0.52	116	79	57
2	100+717	100+874	107	158	180	265	75.7	73.6	2.1	75	8.2	-0.06	0.53	88	67	38	7.3	0.58	1.09	99	67	50
3	90+814	90+972	107	158	158	427	82.3	75.6	6.7	79	8.3	0.25	0.49	102	73	49	6.7	0.22	-0.04	87	69	53
4	97+971	98+142	107	172	172	120	94.3	90.8	3.5	93	10.6	0.12	-0.01	115	84	57	11.8	0.25	0.56	122	79	52
5	81+750	81+949	107	198	198	265	84.8	87.5	-2.7	86	9.2	0.37	-0.02	103	75	54	10.0	0.27	-0.39	104	76	57
6	98+224	98+424	107	199	199	220	88.3	88.4	0.0	88	10.5	0.58	0.99	116	79	57	10.3	0.37	0.16	114	77	52
7	83+707	83+920	107	213	255	95	98.3	98.1	0.3	98	13.8	0.58	0.93	142	84	54	11.8	0.39	0.71	131	85	55
8	90+216	90+456	107	240	280	250	89.4	93.3	-3.9	91	9.5	0.22	-0.31	109	79	55	11.7	0.53	0.84	125	82	55
9	92+075	92+363	107	288	288	210	94.2	90.5	3.6	92	11.5	0.45	0.54	125	82	56	9.1	0.33	-0.03	107	81	59
10	82+906	83+428	107	296	296	452	88.0	84.5	3.5	86	10.1	0.20	-0.42	101	77	49	9.4	0.21	0.29	102	75	49
11	97+539	97+842	107	303	303	89.5	96.1	94.7	1.4	95	12.6	0.26	0.45	125	84	52	10.7	0.36	0.10	118	83	58
12	93+037	93+370	107	334	110	297	84.3	88.0	-3.7	86	9.7	0.36	0.89	112	76	49	9.3	0.20	-0.08	108	78	55
13	92+050	92+400	106	350	350	219	92.2	95.7	-3.6	94	11.4	0.12	-0.27	109	81	53	11.4	0.27	-0.64	109	82	57
14	71+021	71+401	106	379	135	118	83.8	84.7	-1.0	84	9.5	0.11	-0.11	98	74	49	9.5	0.18	0.02	104	75	50
15	91+618	92+003	107	384	404	250	95.0	90.5	4.5	93	10.9	0.36	0.18	120	83	57	10.8	0.11	0.29	108	80	48
16	89+975	90+400	106	425	425	180	88.6	98.3	-9.8	93	11.3	0.19	-0.24	110	77	54	12.2	0.12	-0.15	119	85	52
17	90+525	90+950	106	425	425	280	92.0	91.5	0.5	92	12.1	0.45	0.18	117	80	53	11.8	0.17	0.63	113	78	42
18	82+014	82+471	107	456	456	524	85.2	96.1	-11.0	91	11.1	0.4	0.44	111	74	42	11.9	0.44	0.41	124	84	58
19	94+099	94+602	107	503	85	190	95.6	91.9	3.7	94	10.9	0.24	0	117	84	51	11.3	0.30	-0.18	110	80	57

จากนั้นนำความเร็วขั้นที่ทั้งสองจากการเดินทางไปและกลับเทียบความแตกต่างโดยการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าของข้อมูลทั้งสอง ว่าสามารถรวมข้อมูลให้เป็นค่าเฉลี่ยความเร็วขั้นที่ได้ หรือมีค่าความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้หรือไม่ ผลดังกล่าวแสดงในตาราง 4.5

ตาราง 4.5 แสดงค่าสถิติของข้อมูลความเร็วขั้นช่วงทางตรง เพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าของข้อมูลความเร็วขาไป/ขากลับ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	return trip	91	31	5.68	1.02
	outward	91	31	6.29	1.13

Paired Samples Correlations

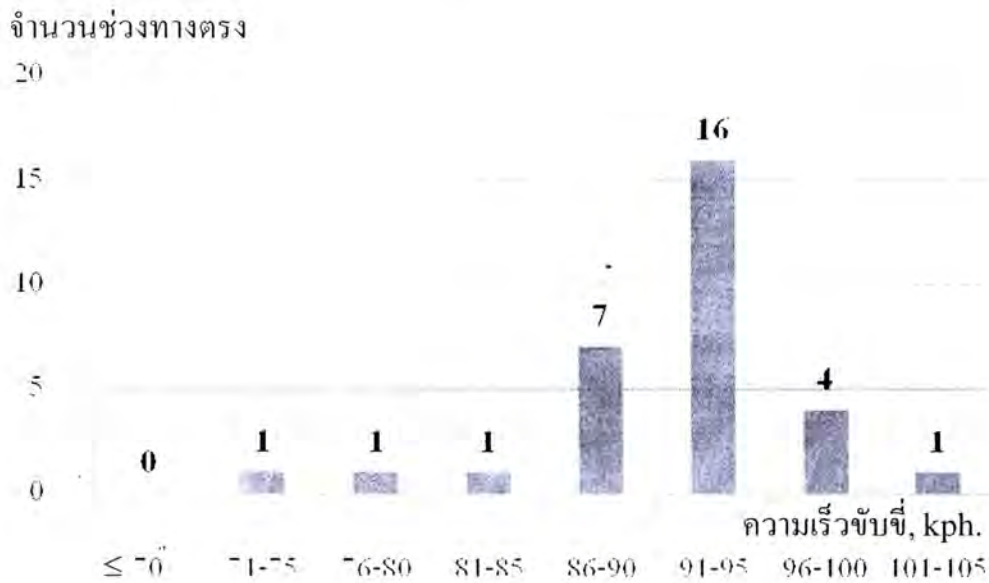
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	round trip	31	.66	0.00

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 round trip	0.74	4.98	0.89	-1.09	2.57	0.83	30	0.41

เมื่อ Sig. (2-tailed) หรือ P-Value เท่ากับ 0.41 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงยอมรับค่าความเร็วขั้นที่ของทั้งสองขาไป/กลับ มีค่าไม่ต่างกันหรือความเร็วขั้นที่เท่ากัน สามารถนำความเร็วขั้นในช่วงขาไปและในช่วงขากลับรวมกันโดยทำเป็นค่าเฉลี่ยความเร็วขั้นที่ได้

รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วขั้นกับจำนวนช่วงทางตรง พบว่าความเร็วขั้นช่วงระหว่าง 91-95 kph. มีจำนวนมากที่สุดคือ 16 ช่วง คิดเป็น 51.6 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นช่วงความเร็ว 86-90 kph. จำนวน 7 ช่วง คิดเป็น 22.6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นเป็นช่วงความเร็วระหว่าง 71-75 76-80 81-85 96-100 และ 101-105 kph. มีจำนวน 1 1 1 4 และ 1 ช่วง ตามลำดับ คิดเป็น 25.8 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนช่วงทางตรงทั้งหมด

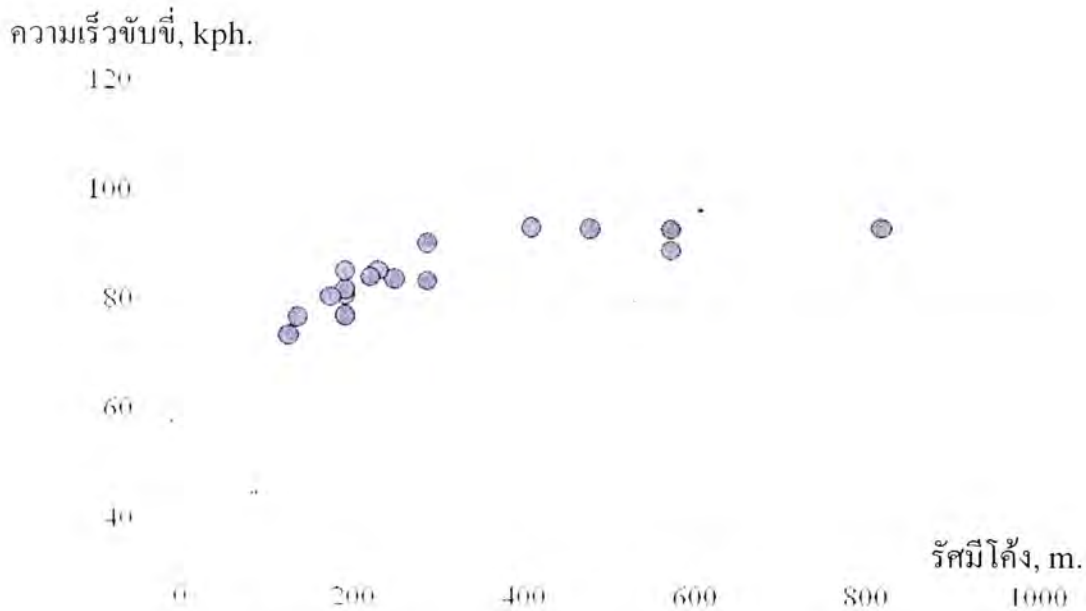


รูปที่ 4.10 แสดงการกระจายข้อมูลความเร็วขั้วในช่วงทางตรง 31 ช่วง

4.4 กราฟความสัมพันธ์เบื้องต้นโดยการเขียนระหว่างความเร็วขั้วกับลักษณะเรขาคณิต

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นโดยการเขียนกราฟระหว่างความเร็วขั้ว (V_{85}) กับลักษณะเรขาคณิตของเส้นทาง เป็นการพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลตัวแปรเชิงปริมาณ 2 ตัว ระหว่างข้อมูลความเร็วขั้ว (V_{85}) กับลักษณะเรขาคณิตอันได้แก่ รัศมีโค้ง(r), Inverse Radius($1/r$), Degree of Curve(DC), ความยาวของทางตรง และ CCR แล้วเปรียบเทียบความสัมพันธ์แต่ละคู่ ว่ากระจายตัวอยู่ในลักษณะใด เช่น สัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น เส้นโค้ง พาราโบลา เป็นต้น เมื่อทำการวิเคราะห์ใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ความเร็วขั้ว กับลักษณะเรขาคณิตแล้ว ต่อไปจึงตัดสินใจว่าความสัมพันธ์ควรอยู่ในรูปแบบใด จึงจะสามารถเลือกเทคนิคในการวิเคราะห์ได้ถูกต้อง

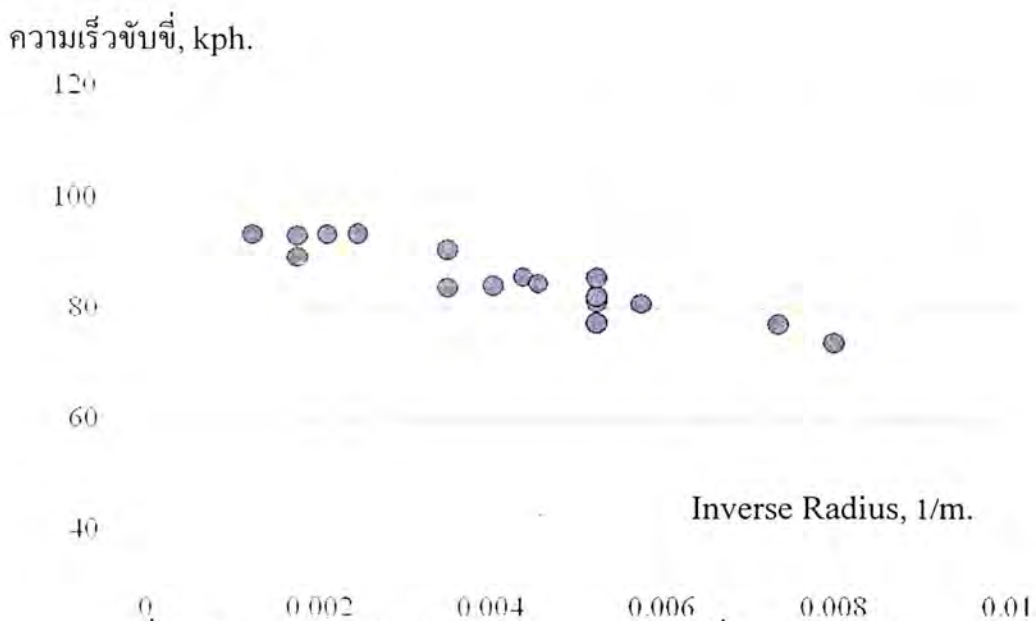
1) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขั้วกับรัศมีโค้งเดี่ยว การเก็บข้อมูลความเร็วในทางโค้งตามแบบแปลนของทางหลวงหมายเลข 107 มีโค้งเดี่ยวทั้งหมด 30 โค้ง ทางหลวงหมายเลข 106 มีโค้งโค้งเปลี่ยน (Spiral curve) ทั้งหมด 3 โค้ง รวมทั้งหมด 33 โค้ง แต่จากการสำรวจทางภาคสนามพบว่าสภาพลักษณะเรขาคณิตของแนวเส้นทางในบางโค้งถูกเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม คือ โค้งถูกปรับให้เป็นโค้งเปลี่ยน ทำให้ไม่สามารถหาค่ารัศมีในโค้งที่เปลี่ยนแปลงได้ จำนวนตัวอย่างในการหาค่าความสัมพันธ์ที่สามารถวิเคราะห์โดยการเขียนกราฟระหว่างความเร็วขั้วกับรัศมีโค้งเดี่ยวและ Inverse Radius ได้จึงเหลือเพียง 19 โค้ง แสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขับเคลื่อนกับรัศมีโค้ง

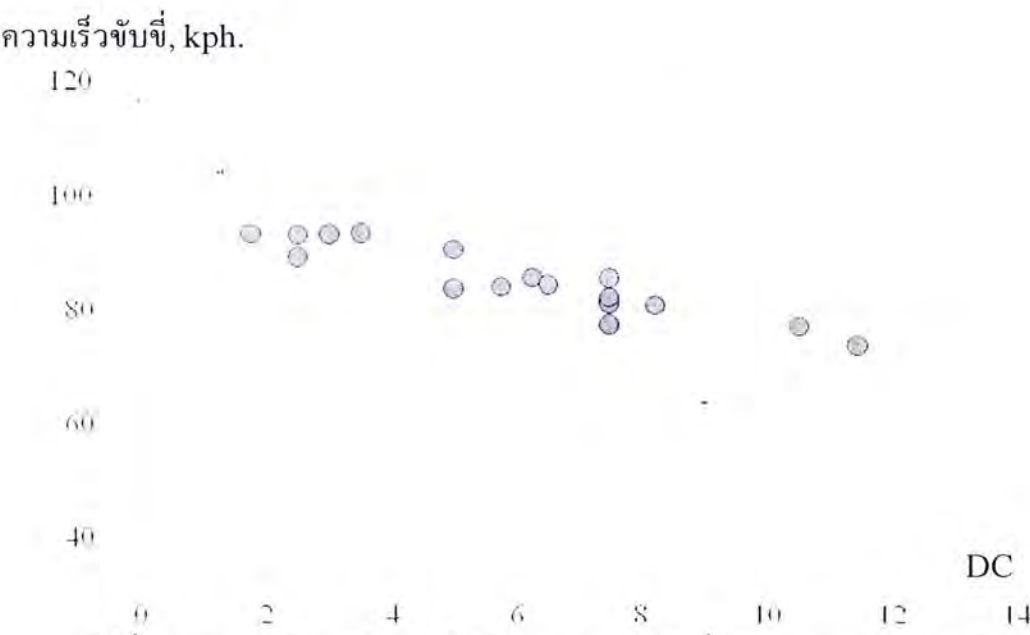
จากกราฟรูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขับเคลื่อนกับรัศมีโค้ง มีค่าความสัมพันธ์ในรูปฟังก์ชันลอการิทึมในเชิงบวก คือเมื่อรัศมีทางโค้งเพิ่มขึ้นความเร็วขับเคลื่อนก็จะเพิ่มขึ้น

2) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขับเคลื่อน (V_{85}) กับ Inverse Radius แสดงในรูปที่ 4.12 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขับเคลื่อนกับ Inverse Radius มีค่าความสัมพันธ์ในรูปฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียล หรือในรูปเชิงเส้น เป็นลบ คือเมื่อค่า Inverse Radius ของโค้งลดลงความเร็วขับเคลื่อนจะเพิ่มขึ้น



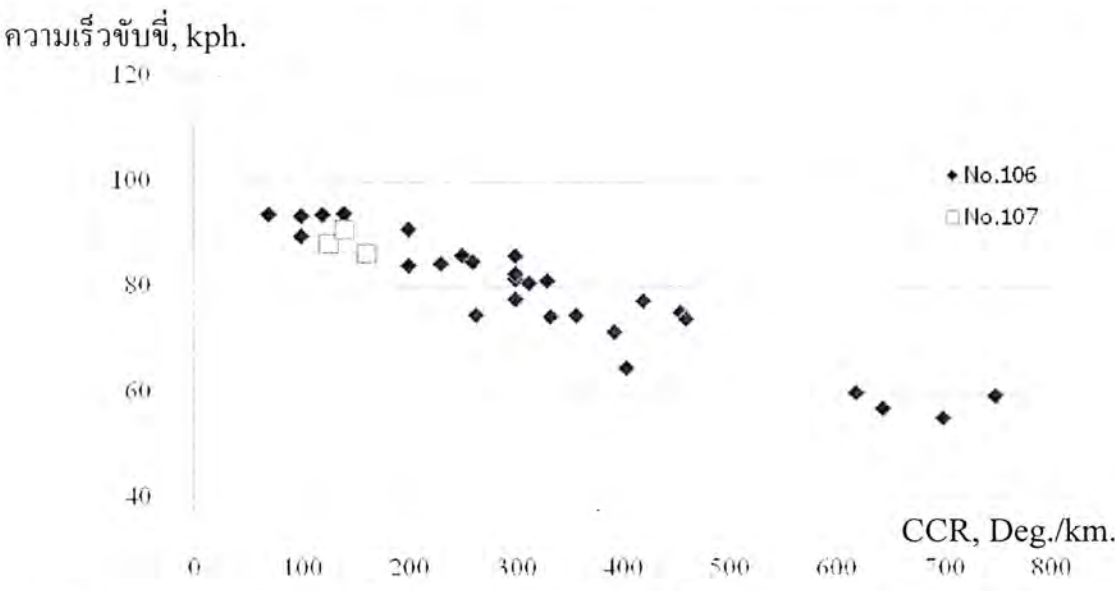
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขับเคลื่อนกับ Inverse Radius

3) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขีกับ Degree of curve, DC แสดงในรูปที่ 4.13 เมื่อค่า Degree of curve ของโค้งลดลงความเร็วขีจะเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขีกับ Degree of curve มีค่าความสัมพันธ์ในรูปฟังก์ชันเอกซโปเนนเชียล หรือในรูปเชิงเส้น เป็นลบ ลักษณะเหมือนกับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขีกับ Inverse Radius ต่างกันที่ค่า DC ง่ายต่อการใช้งานเนื่องจากเป็นเลขจำนวนเต็มไม่ใช่เลขทศนิยม



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขีกับ Degree of curve

4) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขีกับอัตราการเปลี่ยนแปลงโค้ง (CCR)

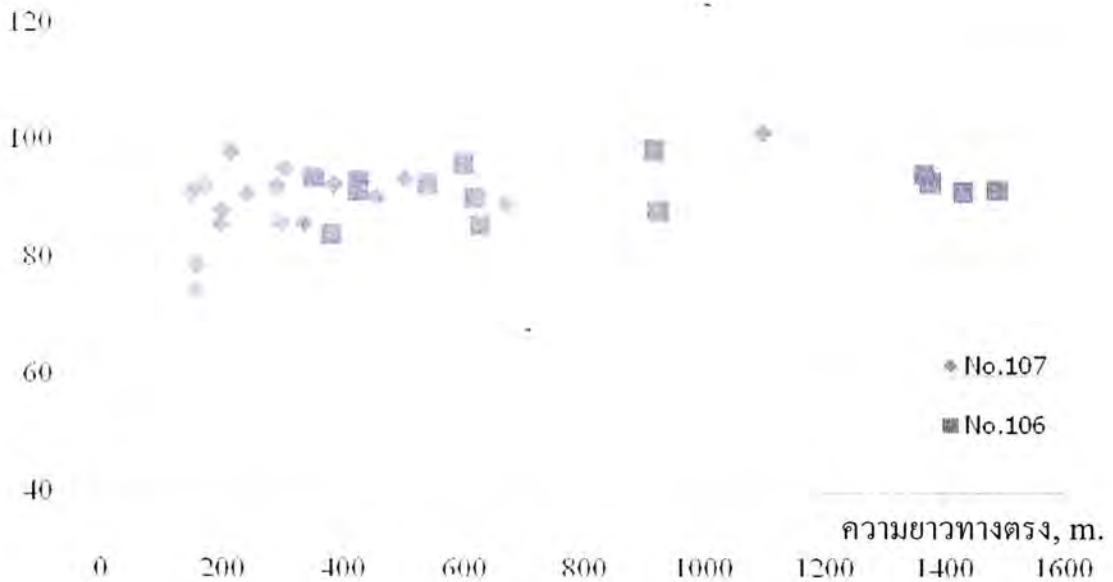


รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขีกับอัตราการเปลี่ยนแปลงโค้ง (CCR)

จากรูปที่ 4.14 ข้อมูลได้จากการรวบรวมความเร็วจากทางหลวงหมายเลข 107 จำนวน 30 โกล่ง และทางหลวงหมายเลข 106 จำนวน 3 โกล่ง ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขั้วกับ CCR มีค่าความสัมพันธ์ในรูปฟังก์ชันเอกซโปเนนเชียล หรือในรูปเชิงเส้น เป็นลบ คือเมื่อค่า CCR ของโกล่งลดลงความเร็วขั้วจะเพิ่มขึ้น

5) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขั้วกับความยาวทางตรง แสดงในรูปที่ 4.15 มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 31 ช่วง แบ่งเป็นข้อมูลบนทางหลวงหมายเลข 107 จำนวน 17 ช่วง ทางหลวงหมายเลข 106 จำนวน 14 ช่วง ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขั้วกับความยาวทางตรง มีความสัมพันธ์ในรูปฟังก์ชันลอการิทึม หรือรูปแบบเชิงเส้นเป็นบวก คือเมื่อค่าความยาวทางตรงเพิ่มขึ้นค่าความเร็วขั้วจะเพิ่มขึ้น ข้อมูลมีความแปรปรวนมาก มีความเป็นไปได้ว่าอาจมีอิทธิพลของตัวแปรอื่นร่วมอยู่ด้วย

ความเร็วขั้ว, kph.



รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขั้วกับความยาวทางตรง

4.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

4.5.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาว่ามีตัวแปรทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมทางเลือกใช้ความเร็วยานพาหนะ โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วยานพาหนะและตัวแปรต่างๆนั้น ได้ใช้วิธีการหาค่าความสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) โดยนำตัวแปรทางเรขาคณิตไปเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กับความเร็วยานพาหนะ เพื่อหาตัวแปรอิสระที่อาจมีความสัมพันธ์กันเอง ทำให้เกิดความซ้ำซ้อนของความสัมพันธ์ที่เรียกว่า Multicollinearity จะทำให้ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยผิดพลาดได้ เช่น ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณจากตัวแปรที่ใส่ในแบบจำลองไม่มีนัยสำคัญ หรือเครื่องหมายของค่าพารามิเตอร์ตรงข้ามกับความเป็นจริง เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้งในช่วงทางตรง และช่วงทางโค้ง

4.5.2 ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์

เนื่องจากการกระจายของข้อมูลความเร็วยานพาหนะในแต่ละพื้นที่เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) การศึกษาได้เลือกใช้ความเร็วขับเคลื่อนที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์เป็นตัวแทนข้อมูลความเร็วยานพาหนะ ในส่วนตัวแปรทางเรขาคณิตนั้นแยกการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วนคือ

1) สำหรับเส้นทางช่วงทางโค้งใช้ตัวแปร อัตราการเปลี่ยนแปลงทางโค้งราบ (CCR) ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง และความลาดชันตามแนวยาว

2) สำหรับเส้นทางช่วงทางตรงใช้ตัวแปร ความยาวทางตรง อัตราการเปลี่ยนแปลงทางโค้งราบ (CCR) อัตราการเปลี่ยนแปลงความลาดบนโค้งโค้ง (K) ค่าความลาดที่เปลี่ยนไปของโค้งโค้ง (A) อัตราส่วนระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงความลาดบนโค้งต่อความยาวทางตรง ระยะการมองเห็น อัตราส่วนระหว่างระยะการมองเห็นกับความยาวทางตรง และความเร็วขับเคลื่อนที่ออกจากทางโค้ง

ข้อมูลทางเรขาคณิตนั้นใช้ค่าจากแบบแปลนประกอบการการตรวจวัดในภาคสนาม กรณีข้อมูลมีความแตกต่างจากภาคสนามมาก จะพิจารณาที่ลักษณะเส้นทางหากพบการเปลี่ยนแปลงของแนวเส้นทางก็จะเลือกใช้ข้อมูลทางเรขาคณิตที่วัดได้จากภาคสนามเป็นข้อมูลใน

การวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาค่าสัมพันธของเพียร์สันได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค1-ค5

4.5.3 ผลการวิเคราะห์

1) ผลการวิเคราะห์ในช่วงทางโค้ง หาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันในช่วงทางโค้ง จำนวน 33 ไซต์ แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันในช่วงทางโค้ง (Correlation Matrix)

	Operating_Speed	CCR	Lane_width	Shoulder_width	Percent_Grade
Correlation Operating_Speed	1.000	<u>-.943</u>	-.694	.265	-.076
CCR	<u>-.943</u>	1.000	.637	-.318	.040
Lane_width	-.694	.637	1.000	.132	.144
Shoulder_width	.265	-.318	.132	1.000	.138
Percent_Grade	-.076	.040	.144	.138	1.000

จากตารางที่ 4.6 พบว่าความเร็วขับเคลื่อนของยานพาหนะในช่วงทางโค้ง มีความสัมพันธ์กับตัวแปรทางเรขาคณิตเพียงตัวเดียว คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงโค้ง (CCR) (ดังที่ขีดเส้นใต้ในตารางที่ 4.6) จากความสัมพันธ์ของตัวแปรจึงสามารถนำไปสร้างแบบจำลองความเร็วขับเคลื่อนของยานพาหนะบนช่วงทางโค้งได้

2) ผลการวิเคราะห์ในช่วงทางตรง หาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันในช่วงทางตรง จำนวน 31 ไซต์ แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพหุสัมพันธ์ (Correlation Matrix) ในช่วงทางตรง

Correlation	Speed V85	Tangent SSD	Inverse TL	TL_per_SSD	V85 CCR1	V85 CCR2	V85_on Curve	Inverse V85 CCR1	Inverse V85 CCR2	Inverse V85 CCRavg	CCR1	CCR2	CCR avg	Sum_K	SumK_per_TL	Inverse CCRavg	Inverse SSD	SumCCR_sq,2	Inverse _sumK	Sum_A_total
Speed V85	1.000	.363 .398	-.475	.150	.418	.397	.499	-.399	-.349	-.480	-.410	-.376	-.491	.308	.110	.479	-.225	-.428	-.455	.156
Tangent_Length	.363	1.000 .032	-.810	.858	.333	.133	.279	-.313	-.129	-.271	-.324	-.132	-.275	.717	-.024	.291	.275	-.246	-.645	.708
SSD	.398	.032 1.000	-.184	-.457	-.011	-.169	-.130	.008	.189	.127	.009	.180	.128	-.014	.038	-.108	-.796	.118	-.215	-.292
Inverse_TL	-.475	-.810 -.184	1.000	-.639	-.196	-.100	-.178	.187	.084	.169	.193	.094	.174	-.560	.049	-.203	-.140	.148	.769	-.593
TL_per_SSD	.150	.858 .457	-.639	1.000	.302	.186	.302	-.285	-.196	-.296	-.294	-.192	-.299	.591	-.073	.286	.679	-.274	-.452	.824
V85_CCR1	.418	.333 -.011	-.196	.302	1.000	.288	.766	-.987	-.272	-.753	-.997	-.281	-.761	.301	.105	.684	.167	-.706	-.309	.140
V85_CCR2	.397	.133 -.169	-.100	.186	.288	1.000	.836	-.261	-.983	-.835	-.276	-.996	-.837	.289	.204	.716	.086	-.805	-.172	.130
V85_on_Curve	.499	.279 -.130	-.178	.302	.766	.836	1.000	-.742	-.818	-.993	-.757	-.830	-.998	.367	.202	.870	.163	-.948	-.292	.174
Inverse_V85CCR1	-.399	-.313 .008	.187	-.285	-.987	-.261	-.742	1.000	.243	.738	.996	.252	.741	-.288	-.125	-.629	-.166	.706	.338	-.155
Inverse_V85CCR2	-.349	-.129 .189	.084	-.196	-.272	-.983	-.818	.243	1.000	.833	.259	.995	.826	-.259	-.194	-.647	-.126	.833	.153	-.125
Inverse_V85_CCRavg	-.480	-.271 .127	.169	-.296	-.753	-.835	-.993	.738	.833	1.000	.748	.837	.998	-.345	-.202	-.815	-.172	.978	.301	-.170
CCR1	-.410	-.324 .009	.193	-.294	-.997	-.276	-.757	.996	.259	.748	1.000	.268	.754	-.295	-.115	-.659	-.167	.708	.325	-.148
CCR2	-.376	-.132 .180	.094	-.192	-.281	-.996	-.830	.252	.995	.837	.268	1.000	.835	-.275	-.200	-.685	-.106	.821	.164	-.129
CCR_avg	-.491	-.275 .128	.174	-.299	-.761	-.837	-.998	.741	.826	.998	.754	.835 1.000	-.356	-.356	-.202	-.844	-.167	.965	.297	-.172
Sum_K	.308	.717 -.014	-.560	.591	.301	.289	.367	-.288	-.259	-.345	.295	-.275	-.356	1.000	.565	.509	.109	-.293	-.600	.337
SumK_per_TL	.110	-.024 .038	.049	-.073	.105	.204	.202	-.125	-.194	-.202	-.115	-.200	-.202	.565	1.000	.237	.189	-.197	-.311	-.129
Inverse_CCRavg	.479	.291 -.108	-.203	.286	.684	.716	.870	-.629	-.647	-.815	-.659	-.685	-.844	.509	.237	1.000	.096	-.688	-.250	.138
Inverse_SSD	-.225	.275 -.796	-.140	.679	.167	.086	.163	-.166	-.126	-.172	.167	-.106	.167	.109	-.189	.096	1.000	-.182	.057	.528
SumCCR_sq,2	-.428	-.246 .118	.148	-.274	-.706	-.805	-.948	.706	.833	.978	.708	.821	.965	-.293	-.197	-.688	-.182	1.000	.306	-.155
Inverse_sumK	-.455	-.645 -.215	.769	-.452	-.309	-.172	-.292	.338	.153	.301	.325	.164	.297	-.600	-.311	-.250	.057	.306	1.000	-.459
Sum_A_total	.156	.708 -.292	-.593	.824	.140	.130	.174	-.155	-.125	-.170	-.148	-.129	-.172	.337	-.129	.138	.528	-.155	-.459	1.000

จากตารางที่ 4.7 พบว่าความเร็วขับเคลื่อนของยานพาหนะในช่วงทางตรง มีความสัมพันธ์กับตัวแปรทางเรขาคณิต 3 ตัวแปร คือความเร็วขับเคลื่อนในขณะออกจากโค้งโดยใช้ค่าเฉลี่ย CCR ของโค้งที่ 1 และโค้งที่ 2 (V85_on_curve) ของช่วงทางตรงที่พิจารณา ระยะการมองเห็นในโค้งแนวโค้ง(SD) และส่วนกลับของความยาว(Inverse TL)ทางตรง (ดังที่ขีดเส้นใต้ในตารางที่ 4.7) จากความสัมพันธ์ของตัวแปรจึงสามารถนำไปสร้างแบบจำลองความเร็วขับเคลื่อนของยานพาหนะบนช่วงทางตรงได้ ส่วนตัวแปรอื่นๆตัวแปรมีความสัมพันธ์กันเองจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

4.6 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.6.1 สรุปการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็ว

1) การวิเคราะห์ความเร็วรถในช่วงทางโค้งดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าค่าความเบ้ไม่เกิน ± 1 คือมีความเบ้เล็กน้อย ค่าความโด่งโดยส่วนใหญ่มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ จึงมีความโด่งเป็นปกติ มีเพียง 5 ไซต์มีค่าความโด่งผิดปกติ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงค่า CCR สูงจะมีค่าเบี่ยงเบนน้อยและเมื่อค่า CCR ลดลง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก็เพิ่มขึ้นหมายถึงการกระจายตัวของข้อมูลอยู่ห่างไกลจากความเร็วเฉลี่ยมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่มีโอกาสในการเลือกใช้ความเร็วที่แตกต่างกันมากขึ้นเมื่อค่า CCR ลดลง ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลมีลักษณะปกติ การเก็บข้อมูลความเร็วได้รวบรวมทั้งโค้งในและโค้งนอก เพื่อหาความแตกต่างระหว่างความเร็วทั้งในโค้งและนอกโค้ง แต่จากผลทางสถิติ Paired Samples Statistics พบว่ามีค่าไม่ต่างกัน จึงสามารถใช้ค่าความเร็วทั้งในโค้งและนอกโค้ง เป็นค่าเฉลี่ยความเร็วขับเคลื่อนในการพัฒนาแบบจำลองในช่วงทางโค้งได้

2) ความเร็วในช่วงทางตรง ของแต่ละไซต์ ความเร็วขับเคลื่อน (V_{85}) ความเร็วเฉลี่ย (V_{avg}) ความเร็วสูงสุด (V_{max}) ความเร็วต่ำสุด (V_{min}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าความเบ้ (Skewness) ค่าความโด่ง (Kurtosis) แสดงในตารางที่ 4.4 ค่าความเบ้มีค่าไม่เกิน ± 1 คือมีความเบ้เล็กน้อย ค่าความโด่งมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ จึงมีความโด่งปกติ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงระยะทางตรงสั้นๆจะมีค่าเบี่ยงเบนน้อยและเมื่อความยาวของทางตรงเพิ่มขึ้นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก็เพิ่มขึ้นหมายถึงการกระจายตัวของข้อมูลอยู่ห่างไกลจากความเร็วเฉลี่ยมากขึ้นเมื่อความยาวทางตรงเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่สนับสนุนแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่มีโอกาสในการเลือกใช้ความเร็วที่แตกต่างกันมากขึ้น ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลมีลักษณะปกติ (Normal Distribution) การเก็บข้อมูลความเร็วได้รวบรวมทั้งขาไปและขากลับเพื่อหาความแตกต่างระหว่างความเร็วทั้งสองขา แต่จากผลทาง

สถิติ Paired Samples Statistics พบว่ามีค่าไม่ต่างกัน จึงสามารถใช้ค่าความเร็วทั้งสองขาเป็นค่าเฉลี่ยความเร็วขับเคลื่อนในการพัฒนาแบบจำลองในช่วงทางตรงได้

4.6.2 สรุปการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขับเคลื่อนกับลักษณะเรขาคณิต

1) ในเส้นทางช่วงทางโค้ง จากกราฟความสัมพันธ์ความเร็วขับเคลื่อนกับตัวแปรรัศมีโค้ง Inverse Curve, Degree of curve และอัตราการเปลี่ยนแปลงของโค้ง(CCR) พบว่าการกระจายตัวของตัวแปรมีความแปรปรวนต่ำ เหมาะสมในการพัฒนาแบบจำลองทุกตัวแปร แต่เนื่องจากการเก็บข้อมูลมีปัญหาเรื่องแนวเส้นทางในแบบแปลนกับพื้นที่ภาคสนามไม่ตรงกัน โค้งมีการเปลี่ยนแปลงแนวเส้นทางแล้วไม่ได้แก้ไขใน As-built Drawing ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะปรับให้เป็นโค้งเปลี่ยน ทำให้ไม่สามารถทราบถึงรัศมีโค้งในบางโค้ง ประกอบกับการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้ค่ารัศมีโค้ง Inverse Curve และ Degree of curve มีปัญหาในการนำไปใช้เมื่อโค้งที่ออกแบบเป็นโค้ง Spiral curve การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกตัวแปร CCR ในการพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งความสัมพันธ์ของกราฟความเร็วขับเคลื่อนกับ CCR อยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกโปเนนเชียล เป็นลบ มีความแปรปรวนต่ำข้อมูลในการจัดเก็บมีความสมบูรณ์ สามารถหาความยาวของโค้งได้ทั้งในแบบแปลนและวัดได้ทางภาคสนาม อีกทั้งมุมทางตรงที่หักเหไปก็สามารถวัดตรวจสอบได้โดยง่ายในภาคสนาม

2) ในเส้นทางช่วงทางตรง ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขับเคลื่อนกับความยาวทางตรง มีความสัมพันธ์ในรูปฟังก์ชันลอการิทึม หรือรูปแบบเชิงเส้นเป็นบวก แต่ยังคงมีค่าความแปรปรวนและการกระจายตัวของข้อมูลอยู่มาก เหตุผลอันเนื่องมาจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่อาจเกี่ยวข้อง

4.6.3 สรุปการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

1) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วขับเคลื่อนกับค่า CCR มีความแปรปรวนต่ำ แสดงให้เห็นว่าตัวแปร CCR มีอิทธิพลต่อความเร็วขับเคลื่อนเป็นอย่างมาก และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าตัวแปร CCR มีความสัมพันธ์กับความเร็วขับเคลื่อนในเชิงลบ และเป็นตัวแปรอิสระเพียงตัวแปรเดียวที่ไม่มีความสัมพันธ์กันเองกับตัวแปรอิสระตัวแปรอื่น

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วขับเคลื่อนกับช่วงทางตรง พบว่าตัวแปรลักษณะเรขาคณิตของแนวเส้นทางที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วขับเคลื่อน และมีความสัมพันธ์กันเองของตัวแปรอิสระตัวแปรอื่นที่เลือกเข้าแบบจำลองต่ำที่สุด มี 3 ตัวแปรดังนี้ ตัวแปรความเร็วขับเคลื่อนขาออกจากทางโค้ง ตัวแปร Inverse ระยะทางตรง และตัวแปรระยะการมองเห็น ความเร็วขับเคลื่อนในทางโค้งสูงค่าความเร็วขับเคลื่อนในทางตรงก็จะเพิ่มขึ้น ระยะการมองเห็นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเร็วขับเคลื่อน เมื่อระยะการ

มองเห็นเพิ่มการเลือกใช้ความเร็วก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และตัวแปร Inverse ระยะทางตรงมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ หมายถึงความยาวของระยะทางตรงมีความยาวมากก็จะลดความเร็วขยับเพิ่มขึ้น