Technical Education Journal : King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Vol. 11 No. 3 September – December, 2020

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกเฉลี่ยกับค่าการต้านความฝืดและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการต้านความฝืดของผิวทาง

พละวุฒิ อรุโณทัย[1*] และ สุพรชัย อุทัยนฤมล[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาค่าความสัมพันธ์และสร้างสมการความสัมพันธ์ของผลการทดสอบค่าความลึกของผิวหน้าของผิวจราจรและค่าความฝืด 2) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร และสร้างสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจร เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือการหาค่าความลึกผิวหน้าของผิวจราจรจากการทดสอบด้วย Sand Patch และการทดสอบค่าความฝืดของผิวจราจรจากเครื่องมือ Skid (ASFT T – 10) โดยได้ตรวจสอบ ผิวทางที่ใช้ AC 60-70 และ ผิว Para Slurry Seal ที่ อายุ 1-3 ปี นอกจากนี้ได้นำข้อมูลจากกรมทางหลวง ได้แก่ ปริมาณจราจรเฉลี่ยรายปี, อายุผิวจราจร (ปี), เปอร์เซ็นรถบรรทุก, จำนวนรถบรรทุกในช่องจราจรช้ายและปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง มาพิจารณาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการวิจัยพบว่า 1) สมการความสัมพันธ์ของการทดสอบค่าความลึกของผิวหน้าของผิวจราจรจากการทดสอบด้วย Sand Patch และค่าความฝืดของผิวจราจรจากเครื่องมือ Skid (ASFT T – 10) ของผิวทางชนิด AC 60-70 คือ $y = 0.1415x - 0.3414$ และ ผิวทางชนิด Para Slurry Seal คือ $y = 0.3816x + 0.2473$ และ 2) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจรได้แก่ ปริมาณจราจร, อายุผิวจราจร (ปี) จำนวนรถบรรทุกในช่องจราจรช้ายและปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง สมการการเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจรของผิวทางชนิด (AC 60-70) $y = 0.320 – 1.946x10^{-8}xAADTx365xปี$ และ ผิวทางชนิด Para Slurry Seal คือ $y = 0.604 – 0.1201 x10^{-8} x AADTx365xปี$

คำสำคัญ: ความฝืดของผิวจราจร, ค่าความลึกผิวจราจร, สมการถดถอย, พยากรณ์

รับพิจารณา: 31 สิงหาคม 2560
แก้ไข: 25 กันยายน 2563
ตอบรับ: 6 พฤศจิกายน 2563

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. +669 4789 7935 อีเมล: palawut.a@gmail.com

_21-0060(001-172).indd 74 29/1/2564 BE 13:07

The Study of Relationship between the Mean Depth Value and Friction Resistance and Factor Influencing the Skid Resistance

Palawut Arunothai[1*] and Suponchai Utainarumol[2]

Abstract

This research aims to study 1) Relationship and construct the correlation equations of texture depth and Skid resistance 2) Factors influencing road surface roughness. The equation for deterioration of traffic surface friction was formulated. The tool used in this study to determine the texture depth of the traffic surface are the Sand Patch tools and the Skid (ASFT T - 10) surface skid resistance test. The investigation was performed on AC 60-70 asphaltic concrete pavement and Para Slurry Seal with 1-3 years lifetime. Data from the Department of Highways including traffic volume, age of road surface (years), percent of heavy truck, number of trucks in the left lane, volume of trucks throughout the road surface were also analysed by software. The results of this research are as follows: 1) The correlation between texture depth and Skid resistance of AC 60-70 surface is y = 0.1415x - 0.3414 and Para Slurry Seal is y = 0.3816x + 0.2473 and 2) Factors influencing road surface roughness are traffic volume, lifetime of road surface (years), number of trucks in the left lane and volume of trucks throughout the road surface. Equation of motion deterioration of the pavement type (AC 60-70) is $y = 0.320 – 1.946*10^{-8}$ *AADT*365*year and Para Slurry Seal is $y = 0.604 – 0.1201*10^{-8}$*AADT*365*year.

Keywords: Skid Resistance, Depth of Road Surface Accessibility, Regression Model, Forecasting

Received: August 31, 2017
Revised: September 25, 2020
Accepted: November 6, 2020

[1] Master Degree Student, School of Transportation Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok
[2] Associate Professor, School of Transportation Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok
* Corresponding Author Tel. +669 4789 7935 e-mail: palawut.a@gmail.com

1. บทนำ

การคมนาคมทางบกหรือทางถนน เป็นเส้นทางหลักของประเทศไทย หนึ่งในสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุเนื่องมาจากสาเหตุสภาพพื้นผิวถนนที่ลื่น หรือสภาพพื้นผิวถนนที่มีค่าความฝืดของผิวจราจร (Skid Resistance) ต่ำ กรมทางหลวงมีภารกิจหลักในการดำเนินการก่อสร้าง บำรุงรักษา ตรวจสอบ และปรับปรุงถนนซึ่ง ได้มีการสำรวจและประเมินสภาพทางเป็นประจำงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความฝืดของผิวจราจรกับปัจจัยที่มีอิทธิพลในหลาย ๆ ด้านที่เกี่ยวข้อง และจากงานวิจัยอื่น ๆ ที่ผ่านมาได้มีการกล่าวว่าค่าความลึกของผิวจราจรย่อมส่งผลต่อค่าความฝืดของผิวจราจรด้วยและการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ของผลการทดสอบค่าความลึกของผิวหน้าของผิวจราจรจากการทดสอบด้วย Sand Patch และค่าความฝืดของผิวจราจรที่ได้จากเครื่องมือ Skid (ASFT T – 10) นั้น เพื่อสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความลึกผิวกับค่าความฝืดผิว เพื่อเป็นการเปรียบเทียบเครื่องมือทดสอบที่มีลักษณะแตกต่างกันหลายด้าน เช่น ลักษณะการทดสอบ การทดสอบแบบเคลื่อนที่ และการทดสอบแบบจุด เพื่อเป็นการสอบเทียบเครื่องมือ และเป็นการนำเทคนิคการหาค่าความฝืดโดยการใช้อุปกรณ์เครื่องมือทดสอบราคาต่ำอย่าง Sand Patch มาใช้หาค่าความฝืดได้โดย ไม่จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือ Skid (ASFT T – 10) ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงได้ งานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลที่ส่งผลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร [1]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์และสร้างสมการความสัมพันธ์ของผลการทดสอบค่าความลึกของผิวหน้าของผิวจราจรจากการทดสอบด้วย Sand Patch [2] และค่าความฝืดของผิวจราจรจากเครื่องมือ Skid (ASFT T – 10) [3]

2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร และสร้างสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของการเข้าถึงเพื่อใช้ในการกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

3.2 ทำการทดสอบภาคสนามจากแปลงทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบได้จากเครื่องมือทดสอบทั้ง 2 ประเภท ดังนี้

3.2.1 ค่าความลึกของผิวจราจร (MTD) จากการทดสอบด้วยเครื่องมือ Sand Patch [2]

รูปที่ 1 เครื่องมือ Sand Patch

3.2.2 ค่าความฝืด (f หรือ μ) จากเครื่องมือ Skid (ASFT T-10) [3]

โดยทำการทดสอบด้วยรถสำรวจและเครื่องมือทดสอบ Skid (ASFT T-10) และการทดสอบด้วยชุดทดสอบ Sand Patch ทดสอบทุกระยะประมาณ 200 เมตร จำนวนอย่างน้อย 1 ตำแหน่ง (ตำแหน่งละ 3 จุด) บริเวณร่องล้อซ้ายของแต่ละสายทาง ในตำแหน่งเดียวกัน ทั้ง 2 เครื่องมือ โดยการกำหนดชุดข้อมูลดังนี้

1) ชนิดของผิวทาง
   - ผิวทางชนิดเกรด Asphalt Concrete (AC 60-70)
   - ผิวทางชนิด Para Slurry Seal

2) อายุผิวทาง
   - อายุผิวทางไม่เกิน 1 ปี (2558)
   - อายุผิวทางตั้งแต่ 1-2 ปี (2557)
   - อายุผิวทางตั้งแต่ 2-3 ปี (2556)

รูปที่ 2 เครื่องมือ Skid (ASFT T – 10)

3.3 ศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าความลึกและค่าความฝืดที่ได้จากการทดสอบเครื่องมือทั้ง 2 ประเภท ซึ่งได้ทำการสำรวจข้อมูลค่าความฝืดภาคสนามจากแปลงทดสอบ โดยครอบคลุมกลุ่มของ แต่ละชนิดผิวจราจร ดังนี้

3.3.1 ผิวทางเกรด Asphalt Concrete (AC 60-70)

3.3.2 ผิวทางชนิด Para Slurry Seal

การทดสอบจะเลือกช่องจราจรซ้ายเนื่องจากด้วยช่องจราจรซ้ายมีปริมาณการจราจรของรถบรรทุกหนักมากกว่าช่องจราจรอื่น และตามปกติรถส่วนใหญ่จะขับชิดเลนซ้ายมากกว่า ดังนั้นการทดสอบจะเลือกช่องจราจรซ้ายเป็นแปลงทดสอบ แล้วจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลของผิวจราจรทั้ง 2 ชนิด โดยขอบเขตการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกของผิวจราจร (MTD) จากการทดสอบ Sand Patch และค่าความฝืด (f หรือ μ) จากเครื่องมือ Skid (ASFT T-10) [4]

3.4 เก็บรวมรวบข้อมูลค่าความฝืดการเข้าสำรวจและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องโดยใช้ถนนลาดยางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง และประสานขอข้อมูลที่จำเป็น ซึ่งมีประเภทผิวจราจรหลักที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือผิวทางก่อสร้างใหม่หรือการบูรณะผิวทางเกรด AC 60-70 และผิวทางบำรุงรักษา ชนิด Para Slurry Seal แล้วนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มา เข้าประมวลผลและเพื่อสร้างสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจร เพื่อคาดการณ์การใช้ของถนนจากค่าความฝืดผิวจราจร [1]

3.5 ศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลกับค่าความฝืดของผิวจราจรโดยมุ่งเน้นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลที่ส่งผลต่อค่าความฝืดโดยการใช้เครื่องมือทดสอบ Skid (ASFT – 10) เป็นตัวที่ใช้เก็บข้อมูลความฝืดของแต่ละชนิดผิวทาง เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลที่ส่งผลต่อค่าความฝืดโดยการศึกษานี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูล กลุ่มคุณลักษณะสภาพผิวทาง ส่วนกลุ่มที่ 2 กลุ่มแรงที่กระทำต่อสภาพผิวจราจร ซึ่งจะถูกนำมาศึกษาประกอบในเรื่องการทำวิจัยโดยรายละเอียดของตัวแปรต่าง ๆ จะกล่าวถึงตัวแปรที่สำคัญได้ดังนี้

3.5.1 กลุ่มที่ 1 กลุ่มลักษณะสภาพผิวจราจรประกอบด้วยตัวแปร ดังนี้

1) ผิวทางเกรด Asphalt Concrete (AC 60-70)

2) ผิวทางชนิด Para Slurry Seal

3.5.2 กลุ่มที่ 2 กลุ่มแรงกระทำต่อสภาพผิวจราจรประกอบด้วยตัวแปร ดังนี้

1) ปัจจัยด้านจราจร คือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยรายปี (AADT)

2) ปัจจัยด้านเวลา คือ อายุผิวทาง

3) ปัจจัยด้านปริมาณจราจรตลอดอายุผิวทางคือ AADT x 365วัน x จำนวนปี

4) ปัจจัยด้านจำนวนรถบรรทุก คือ

(1) เปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก คือ % HEAVYVEH

(2) ปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้าย

(3) ปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง

3.6 สร้างสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดผิวจราจรเพื่อคาดการณ์การใช้งานของผิวจราจรนั้น ๆ การศึกษานี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูล กลุ่มคุณลักษณะสภาพผิวทาง ส่วนกลุ่มที่ 2 กลุ่มแรงที่กระทำต่อสภาพผิวจราจรและตัวแปรอีกประเภทคือตัวแปรเชิงปริมาณ เป็นตัวแปรที่สามารถวัดค่าได้ในที่นี้คือ ปัจจัยด้านจราจร ปัจจัยด้านเวลาปัจจัยด้านจราจรตลอดอายุผิวทางปัจจัยด้านจำนวนรถบรรทุกโดยรายละเอียดของตัวแปรต่าง ๆ จะกล่าวถึงตัวแปรที่สำคัญได้ดังนี้

AADT = ปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายปีต่อวัน

อายุผิวจราจร = อายุผิวจราจรที่เปิดการใช้งาน

AADTx365xปี = ปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง

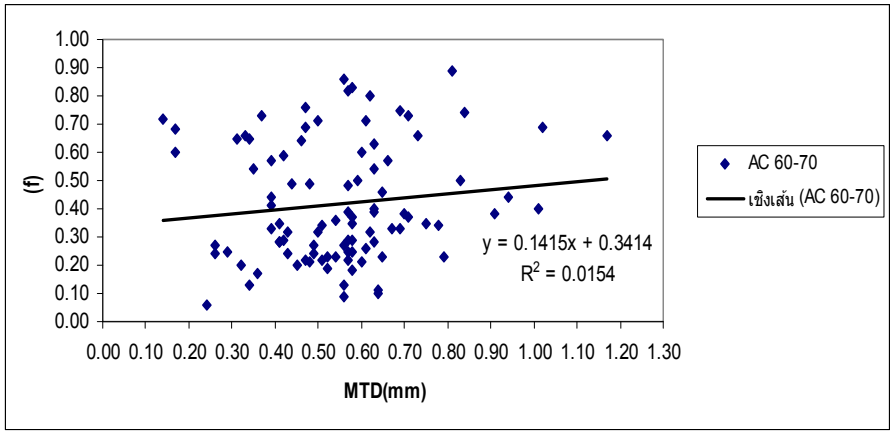
%HEAVYVEH = เปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก

ปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้าย=จำนวนรถบรรทุกเฉลี่ยต่อวันที่วิ่งในช่องจราจรซ้าย

ปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง = จำนวนรถบรรทุกที่วิ่งตลอดอายุที่เปิดใช้

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลของความสัมพันธ์และสมการความสัมพันธ์ของการทดสอบค่าความลึกของผิวหน้าของผิวจราจรจากการทดสอบด้วย Sand Patch และค่าความฝืดของผิวจราจรจากเครื่องมือ Skid (ASFT T – 10) ของเครื่องมือทดสอบทั้ง 2 ประเภทนี้โดยวิเคราะห์ความถดถอย (Simple Linear Regression Analysis) ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความถดถอย จะประกอบไปด้วย [5]



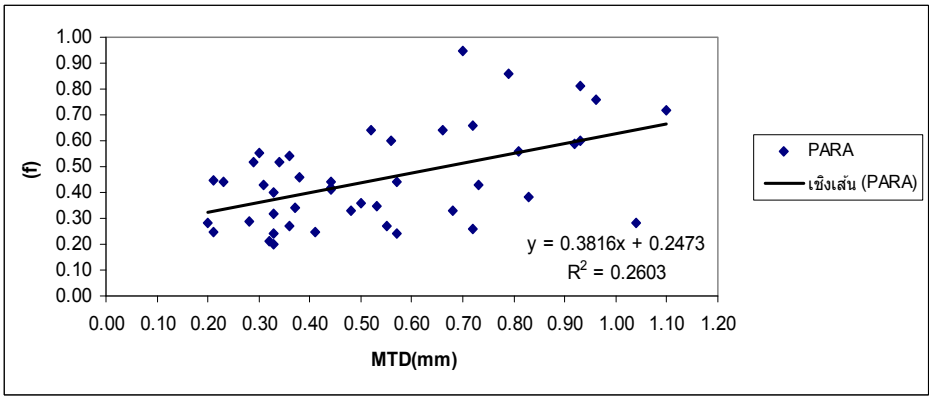
รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า MTD และค่า (f) ของ ผิวทางชนิด AC 60-70

สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า MTD จาก Sand Patch และค่า (f) จาก Skid (ASFT T-10) ของผิวทางชนิด AC 60-70

$$y = 0.1415x + 0.3414 \quad (1)$$

เมื่อ y คือ ค่าความฝืดของผิวจราจร (f) จาก Skid (ASFT T-10)

x คือ ค่าความหยาบเฉลี่ยของผิวจราจร (MTD (mm.)) จาก Sand Patch



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า MTD และค่า (f) ของ ผิวทางชนิด Para Slurry Seal

สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า MTD จาก Sand Patch และค่า (f) จาก Skid (ASFT T-10) ของผิวทางชนิด Para Slurry Seal

$$y = 0.3816x + 0.2473 \quad (2)$$

เมื่อ y คือ ค่าความฝืดของผิวจราจร (f) จาก Skid (ASFT T-10)

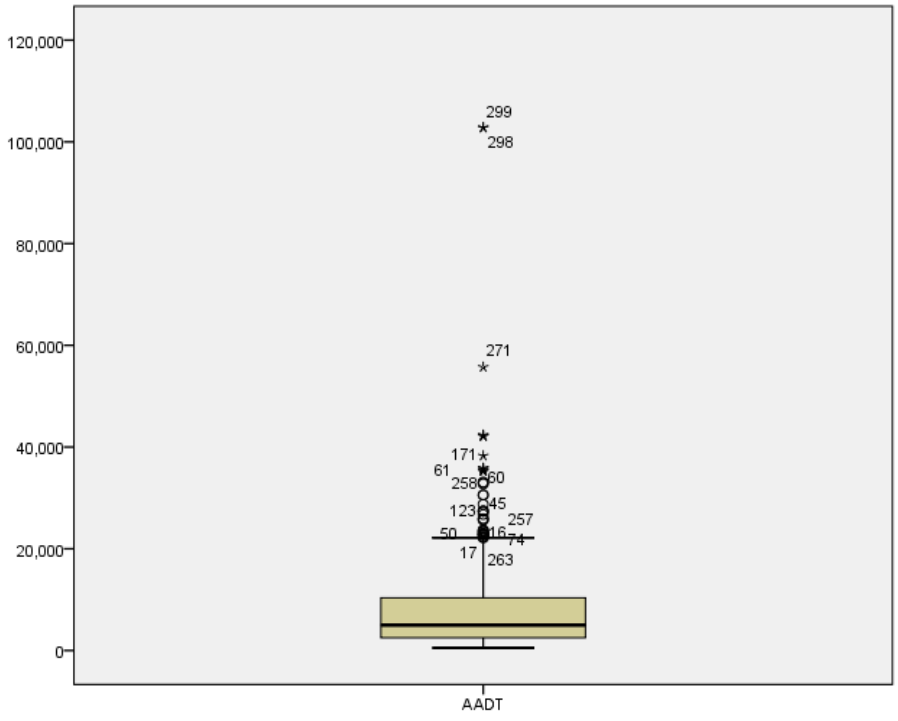
x คือ ค่าความหยาบเฉลี่ยของผิวจราจร (MTD (mm.)) จากSand Patch

4.2 ผลของการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร และการสร้างสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจร

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจรทั้ง 2 ชนิด คือผิวทางเกรด AC 60-70 และผิวทางชนิด Para Slurry Seal จากการศึกษาปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายปีต่อวัน (AADT) พบว่ามีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจรเนื่องจากปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายปีต่อวัน (AADT) มาก แสดงว่ามีการรองรับปริมาณการจราจรใช้งานมากตามอายุการใช้งานของผิวจราจรนั้น ก็จะส่งผลให้มีค่าความฝืดลดลงตามปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายปีต่อวัน (AADT) ที่เพิ่มขึ้น ส่วนจากการศึกษาอายุผิวจราจร (ปี) พบว่ามีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร เนื่องจากอายุผิวจราจร (ปี) มาก ก็จะส่งผลให้มีค่าความฝืดลดลงตามปริมาณการจราจรใช้งานมากตามอายุการใช้งานของผิวจราจรนั้น ส่วนจากการศึกษาปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง (AADTx365xปี) พบว่ามีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร เนื่องจากปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง (AADTx365xปี) มาก ก็จะมีการรองรับปริมาณการจราจรการใช้งานมากตามปริมาณอายุการใช้งานของผิวจราจรนั้นก็จะส่งผลให้มีค่าความฝืดผิวจราจรน้อยลงไปด้วย ส่วนจากการศึกษาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (% HEAVYVEH) พบว่าไม่มีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร เนื่องจากเปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (% HEAVYVEH) ยังขึ้นอยู่กับจำนวนปริมาณการจราจรทั้งหมดซึ่งเปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (% HEAVYVEH) น้อยกว่าแต่มีปริมาณการจราจรที่มากกว่าก็อาจส่งผลให้มีจำนวนรถบรรทุกหนักมากกว่าได้ อีกนัยหนึ่งเปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (% HEAVYVEH) มากกว่าแต่มีปริมาณการจราจรที่น้อยกว่าก็อาจส่งผลให้มีจำนวนรถบรรทุกหนักน้อยกว่าได้ และเปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุกมาก (% HEAVYVEH) แต่อายุการใช้งานผิวจราจรน้อยก็จะมีค่าความฝืดมาก เมื่อเทียบกับ เปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (% HEAVYVEH) น้อยแต่มีอายุการใช้งานผิวจราจรมากก็จะส่งผลให้มีค่าความฝืดน้อยลงด้วย ส่วนจากการศึกษาปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้าย พบว่ามีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้ายมาก ก็จะมีการรองรับปริมาณการจราจรการใช้งานมากตามปริมาณอายุการใช้งานของ ผิวจราจรนั้นก็จะส่งผลให้มีค่าความฝืดผิวจราจรน้อยลง ส่วนจากการศึกษาปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทางพบว่ามีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทางมาก ก็จะมีการรองรับปริมาณการจราจรการใช้งานมากตามปริมาณอายุการใช้งานของผิวจราจรนั้นก็จะส่งผลให้มีค่าความฝืดน้อยลงไปด้วย

4.2.2 ผลของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจรโดยใช้ข้อมูลที่ผ่านการตัดค่าสุดต่าง (Outlier) ออก ของผิวทางชนิด (AC 60-70) ต่อไปนี้

จากการสำรวจและประเมินสภาพความฝืดของผิวจราจรชนิด AC 60-70 กับปัจจัยที่มีอิทธิพล โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านการตัดค่าสุดต่าง (Outlier) ออก โดยการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติผ่านเครื่องมือ Explore ประกอบกับ Z-score ในการตัดข้อมูล ซึ่งเครื่องมือ Explore จะแสดงตำแหน่งของค่าที่ผิดปกติผ่านแผนภูมิแท่ง ดังรูปที่ 5 และเครื่องมือ Z-score จะแสดงให้เห็นถึงค่าเฉลี่ยที่อาจมีมากหรือน้อยไปอย่างผิดปกติของข้อมูล โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และค่า Z-score จะมีค่าอยู่ประมาณไม่เกิน 2 หากข้อมูลใดมีค่า Z-score เกินกว่านี้แสดงว่าเป็นค่าผิดปกติ ซึ่งภายหลังจากการตัดข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Explore และ Z-score มีรายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนข้อมูลทั้งก่อนและหลังการตัดค่าสุดต่าง ดังในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 [5]



รูปที่ 5 ตัวอย่างแผนภูมิแสดงถึงค่าสุดต่าง (Outlier) ผิวทางชนิด AC 60-70 ที่พบในชุดข้อมูล

ตารางที่ 1 ตารางแสดงจำนวนข้อมูลก่อนและหลังการตัดค่าสุดต่าง (Outlier) ผิวทางชนิด AC 60-70

ชนิดผิว	จำนวนข้อมูลก่อนการตัด	จำนวนข้อมูลหลังการตัด
AC (60-70)	375	49

ตารางที่ 2 ค่าข้อมูลของผิวจราจรผิวทางชนิด AC 60-70

ข้อมูล	Mean	หน่วย
ค่าความฝืดผิวทางเกรด AC 60-70	0.29	-
• ปริมาณการจราจร (AADT)	2,090	คัน/วัน
• อายุผิวจราจร	1-3	ปี
• ปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง	1,681,302	คัน
• เปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (%HEVYVEN)	12.53	%
• ปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้าย	258	คัน/วัน
• ปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง	203,119	คัน

การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความฝืดผิวจราจรกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพล ซึ่งในที่นี้ได้นำข้อมูลตัวแปรตามคือ ค่าความฝืดของผิวจราจร และตัวแปรอิสระซึ่งประกอบด้วย ตัวแปรเชิงกลุ่มคือ ปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายปีต่อวัน (AADT) อายุผิวจราจร (ปี) ปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง (AADTx365xปี) เปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (% HEAVYVEH) ปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้าย และปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง โดยตั้งสมมติฐานเพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรทุกตัวนั้นมีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวทางดังนี้

H0 : ปัจจัยต่าง ๆ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร

H1 : ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร

ในการวิเคราะห์กำหนดระดับนัยสำคัญ (Significant) = 0.05 โดยกำหนดให้ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าความฝืด (f)

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายปีต่อวัน (AADT) อายุผิวจราจร (ปี) ปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง (AADTx365xปี) เปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (%HEAVYVEH) ปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้าย และปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความฝืดของผิวจราจรและปัจจัยที่มีอิทธิพล จำนวน 49 ข้อมูล เพื่อวิเคราะห์สร้างสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจร ซึ่งเป็นกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของค่าความฝืดที่ได้จากสมการโดยวิธีการทดสอบ Validate ข้อมูลเพื่อเป็นการยืนยันว่าวิธีวิเคราะห์ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้อง แม่นยำและยอมรับได้ ซึ่งในที่นี้ได้นำข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่าง ๆ เพื่อสร้างสมการพยากรณ์การเสื่อม สภาพความฝืดของผิวจราจรเพื่อเป็นการคาดการณ์การใช้งานของผิวจราจรจากค่าความฝืดของผิวจราจรนั้น ๆ ในที่นี้ได้ใช้วิธีเลือกตัวแปรโดยวิธี (Stepwise Elimination) เป็นการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้า และนำตัวแปรอิสระออกโดยในแต่ละ model สามารถเลือกเข้าได้ครั้งละตัวแปรเดียว หรือการเลือกออกได้ครั้งละตัวแปรเดียว จนกระทั่งไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดเข้าหรือออกจากสมการอีกแล้ว ซึ่งจะคัดเลือกเฉพาะตัวแปรที่สามารถพยากรณ์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลได้รูปแบบมา 1 รูปแบบตามตารางที่ 3 [5]

ตารางที่ 3 Coefficients[a] ผิวทางชนิด AC 60-70

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	.320	.018	-.287	17.987	.000
AADTx365xปี	-1.946E-008	.000		-2.055	.045

สมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจร

ค่าความฝืดของผิวจราจรชนิด

$$AC60\text{-}70 = 0.320 - 1.946 \times 10^{-8} \times AADTx365xปี \quad (3)$$

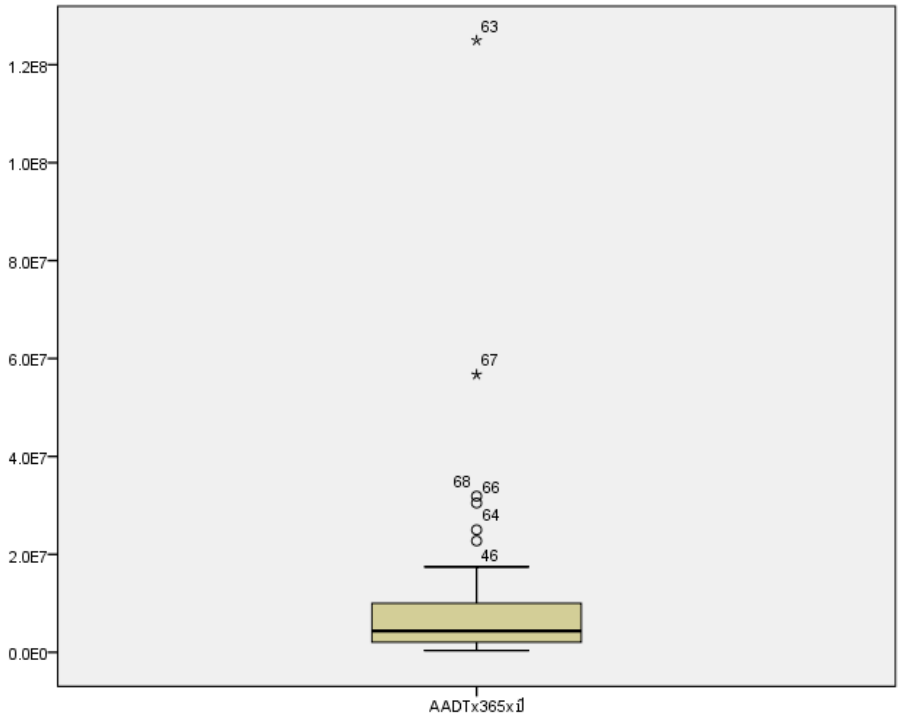
4.2.3 ผลของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจรโดยใช้ข้อมูลที่ผ่านการตัดค่าสุดต่าง (Outlier) ออกของผิวทางชนิด Para Slurry Seal

จากการสำรวจและประเมินสภาพความฝืดของผิวจราจรชนิด Para Slurry Seal กับปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยใช้ข้อมูลที่ผ่านการตัดค่าสุดต่าง (Outlier) ออกโดยการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติผ่านเครื่องมือ Explore ประกอบกับ Z-score ในการตัดข้อมูล ซึ่งเครื่องมือ Explore จะแสดงตำแหน่งของค่าที่ผิดปกติผ่านแผนภูมิแท่ง ดังรูปที่ 6 และเครื่องมือ Z-score จะแสดงให้เห็นถึงค่าเฉลี่ยที่อาจมีมากหรือน้อยไปอย่างผิดปกติของข้อมูล โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และค่า Z-score จะมีค่าอยู่ประมาณไม่เกิน 2 หากข้อมูลใดมีค่า Z-score เกินกว่านี้แสดงว่าเป็นค่าผิดปกติ ซึ่งภายหลังจากการตัดข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Explore และ Z-score มีรายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนข้อมูลทั้งก่อนและหลังการตัดค่าสุดต่าง ดังในตารางที่ 4 และตารางที่ 5 [5]

การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความฝืดผิวจราจรชนิด Para Slurry Seal กับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพล ซึ่งในที่นี้ได้นำข้อมูลตัวแปรตามคือ ค่าความฝืดของผิวจราจรชนิด Para Slurry Seal และตัวแปรอิสระซึ่งประกอบด้วย ตัวแปรเชิงกลุ่มคือ ปริมาณการจราจร (AADT) อายุผิวจราจร (ปี) ปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง (AADTx365xปี) เปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (%HEAVYVEH) ปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้าย และปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง โดยตั้งสมมติฐานเพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรทุกตัวนั้นมีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวทาง ดังรูปที่ 6

ตารางที่ 4 ตารางแสดงจำนวนข้อมูลก่อนและหลังการตัดค่าสุดต่าง (Outlier) ผิวทางชนิด Para Slurry Seal

ชนิดผิว	จำนวนข้อมูลก่อนการตัด	จำนวนข้อมูลหลังการตัด
Para Slurry Seal	78	8



รูปที่ 6 ตัวอย่างแผนภูมิแสดงถึงค่าสุดต่าง (Outlier) ที่พบในชุดข้อมูลผิวทางชนิด Para Slurry Seal

ตารางที่ 5 ค่าข้อมูลของผิวจราจรผิวทางชนิด Para Slurry Seal

ข้อมูล	Mean	หน่วย
ค่าความฝืดผิวทางเกรด Para Slurry Seal	0.41	-
• ปริมาณการจราจร (AADT)	2,445	คัน/วัน
• อายุผิวจราจร	1-3	ปี
• ปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง	1,533,040	คัน
• เปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (%HEVYVEN)	7.26	%
• ปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้าย	175	คัน/วัน
• ปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง	111,203	คัน

H0 : ปัจจัยต่าง ๆ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร

H1 : ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร

ในการวิเคราะห์กำหนดระดับนัยสำคัญ (Significant) = 0.05 โดยกำหนดให้ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าความฝืด (f)

ตัวแปรอิสระเข้า และนำตัวแปรอิสระออก โดยในแต่ละ model สามารถเลือกเข้าได้ครั้งละตัวแปรเดียว

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปริมาณการจราจร (AADT) อายุผิวจราจร (ปี) ปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง (AADTx365xปี) เปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (%HEAVYVEH) ปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้าย และปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติความสัมพันธ์ระหว่างค่าความฝืดของผิวจราจรและปัจจัยที่มีอิทธิพล จำนวน 8 ข้อมูล เพื่อวิเคราะห์สร้างสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจรชนิด Para Slurry Seal ซึ่งเป็นกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของค่าความฝืดที่ได้จากสมการโดยวิธี การทดสอบ Validate ข้อมูล เพื่อเป็นการยืนยันว่าวิธีวิเคราะห์ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และยอมรับได้ ซึ่งในที่นี้ได้นำข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่าง ๆ เพื่อสร้างสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจรเพื่อเป็นการคาดการณ์การใช้งานของผิวจราจรจากค่าความฝืดของผิวจราจรนั้น ๆ ในที่นี้ได้ใช้วิธีเลือกตัวแปรโดยวิธี Stepwise Elimination เป็นการคัดเลือกหรือการเลือกออกได้ครั้งละตัวแปรเดียว จนกระทั่งไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดเข้าหรือออกจากสมการอีกแล้ว ซึ่งจะ

คัดเลือกเฉพาะตัวแปรที่สามารถพยากรณ์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลได้รูปแบบมา 1 รูปแบบตามตารางที่ 6 [5]

ตารางที่ 6 Coefficients[a] ผิวทางชนิด Para Slurry Seal

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	.604	.087	-.719	6.960	.000
AADTx365xปี	-0.1201E-007	.000		-2.534	.044

ค่าความฝืดของผิวจราจรชนิด

Para Slurry Seal = $0.604 - 0.1201 \times 10^{-7}$ xAADTx365xปี (4)

5. สรุปผลและอภิปลายผลการวิจัย

5.1 ผลการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า (f) จากเครื่องมือ Skid (ASFT T-10) และค่า MTD จากชุดทดสอบ Sand Patch จากแปลงทดสอบ ผลการวิเคราะห์ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจน ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า (f) และค่า MTD ของแต่ละชนิดผิวจราจร

ชนิดผิว	สมการความสัมพันธ์	R2	ชนิดผิว	หมายเหตุ
AC60-70	y = 0.1415x + 0.3414	0.0154	AC60-70	y = ค่า (f)
Para Slurry Seal	y = 0.3816x + 0.2473	0.2603	Para Slurry Seal	x = ค่า MTD (mm.)

5.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจรและสร้างสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจร

5.2.1 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร

1) ปัจจัยที่มีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืด ได้แก่ปริมาณการจราจร (AADT) อายุผิวจราจร (ปี) ปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้ายปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง

2) ปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดของผิวจราจร ได้แก่ เปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนรถบรรทุก (%HEAVYVEH)

5.2.2 ผลการวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจร

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติความสัมพันธ์ระหว่างค่าความฝืดของผิวจราจรและปัจจัยที่มีอิทธิพลทั้ง 2 ชนิดผิวจราจร โดยสมการที่ได้จากการศึกษานี้ คือ ตัวแปรพยากรณ์ที่มีนัยสำคัญที่มีอิทธิพลที่สามารถพยากรณ์ตัวแปรค่าความฝืดของผิวจราจร ได้แก่ ปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง (AADTx365xปี) ซึ่งสามารถเขียนสมการการเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจรได้ดังสมการต่อไปนี้

สมการพยากรณ์การเสื่อมสภาพความฝืดของผิวจราจร

ค่าความฝืดของผิวจราจรชนิด AC60-70 = $0.320 - 1.946 \times 10^{-8}$x AADTx365xปี

ค่าความฝืดของผิวจราจรชนิด Para Slurry Seal = $0.604 - 0.1201 \times 10^{-8}$x AADTx365xปี

จากสมการค่าความฝืด ผิวจราจร ชนิด Para Slurry Seal มีอัตราการเสื่อมสภาพที่ มากกว่าอัตราการเสื่อมสภาพของผิวจราจรชนิด AC60-70

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความฝืดประกอบด้วย ชนิดผิวจราจร ปริมาณการจราจร (AADT) ปริมาณการจราจรตลอดอายุผิวทาง ปริมาณรถบรรทุกช่องจราจรซ้ายปริมาณรถบรรทุกตลอดอายุผิวทาง

6. ข้อเสนอแนะครั้งนี้และครั้งต่อไป

การตรวจสอบสภาพความฝืดของผิวถนนขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้ทดสอบและชนิดผิวทางของถนนประเภทต่าง ๆ จากข้อจำกัดด้านเครื่องมืออาจส่งผลให้ค่าความฝืด

มีความคลาดเคลื่อนสูง ดั้งนั้น ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการจริง ผู้ดำเนินการควรจะศึกษาถึงข้อจำกัดของเครื่องมือเพื่อให้สามารถเลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับชนิดของผิวทางมากที่สุด และให้ค่าความฝืดที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

7. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Sedokbuab, The Study of Factor influencing the Skid Resistance of the Road Surface, Bangkok: King Mongkut's University of Tecchnology North Bangkok, 2013. (in Thai)

[2] P. Bunraksa and P. Chano, "Skid resistance test (Skid Resistance) of road surface by Portable Skid Resistance Tester," Bureau of Material Analysis and Inspection, Bangkok, 2008. (in Thai)

[3] C. Payongsi, "Inspection of surface Stiffness with Continuous Friction Measuring Equiment," Bureau of Material Analysis and Inspection, Bangkok, 2015. (in Thai)

[4] B. Rungruengchaisri, "Analysis of correlation between the pavement friction coefficient from the test instrument," Khon Kaen University, Khon Kean, 2013. (in Thai)

[5] K. Vanichbuncha, SPSS for Windowsdata analysis, Bangkok: Chulalongkorn University, 2003. (in Thai)