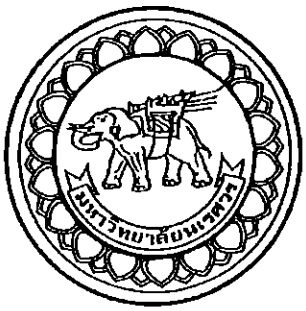


การเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีต(กรณีศึกษาผิวทางภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร)

The Compare of Skid Resistance on Bituminous and Rigid Pavements

(Case Study :Pavements in Naresuan University)

นายพิทักษ์ บุญประเสริฐ รหัส 50380454

นางสาวมยุรี สุวรรณการณ์ รหัส 50382694

นางสาวชลนิชา ม่วงมา รหัส 50383301

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 24 ส.ค. 2554
เลขทะเบียน 155161/1
เลขเรียกหนังสือ ว.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร W6731 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีต (กรณีศึกษาผิวทางภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร)

ผู้ดำเนินโครงงาน นายพิทักษ์ บุญประเสริฐ รหัส 50380454
นางสาวมยุรี สุวรรณการณ์ รหัส 50382694
นางสาวชลนิชา ม่วงมา รหัส 50383301

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์บุญพล มีไชโย

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์ บุญพล มีไชโย)

.....กรรมการ
(อาจารย์ วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สสิกรณณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**การเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีต (กรณีศึกษาผิวทางภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร)**
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นายพิทักษ์ บุญประเสริฐ รหัส 50380454**
	นางสาวมยุรี สุวรรณการณ์ รหัส 50382694
	นางสาวชลนิชา ม่วงมา รหัส 50383301
ที่ปรึกษาโครงงาน	**อาจารย์ บุญพล มีไชโย**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมโยธา**
ภาควิชา	**วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์**
ปีการศึกษา	2553

.....

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีตภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถลในสภาพเปียกระหว่างผิวทางทั้งสอง และเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถลในสภาพแห้งกับอุณหภูมิผิวทางต่างกัน โดยเครื่องมือ Portable Skid Resistance Tester การทดสอบบนผิวทางลาดยาง 2 พื้นที่ คือ ถนนหน้าลาดจอดรถ และถนนข้างหอสมุด ทดสอบบนผิวทางคอนกรีต 2 พื้นที่ คือ ถนนหน้าอาคารปฏิบัติงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ และ ถนนข้างตึกคณะเภสัชศาสตร์

ในการทดสอบจะทดสอบถนนผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีต โดยผิวทางทั้ง 2 แบบจะทดสอบแบบผิวแห้งและผิวเปียก โดยจะทดสอบพื้นที่ละ 10 จุด โดยแต่ละจุดนั้นจะทำการทดสอบ 7 ครั้ง และในการทดสอบ 10 จุดนั้น จะทดสอบตรงรอยล่องล้อของรถยนต์ แต่ละจุดจะห่างกันประมาณ 10 เมตร และค่าที่จากการทดสอบจะนำมาหาความสัมพันธ์ของผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีต แล้วความสัมพันธ์ระหว่างค่า SRVกับค่า f (Coefficient of Friction) ซึ่งรวมถึงความแตกต่างของผิวทางแบบเปียกและผิวทางแบบแห้ง

จากการศึกษาพบว่า ค่าความต้านทานการลื่นไถลในสภาพแห้งของผิวทางคอนกรีตมีค่าสูงกว่าผิวทางลาดยาง ส่วนในสภาพผิวเปียกค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางลาดยางมีค่าสูงกว่าผิวทางคอนกรีต ค่าต้านทานการลื่นไถลของผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีตมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และมีบางจุดที่มีค่าความต้านทานการลื่นไถลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

Project title	The Compare of Skid Resistance on Bituminous and Rigid Pavements (Case study : Pavements in Naresuan University)		
Name	Mr.Pituk	Boonprasirt	ID: 50380454
	Ms.mayuree	Suwannakan	ID: 50382694
	Ms. Chonnicha	Muangma	ID: 50383301
Project advisor	Mr. Boonphol	Meechiyo	
Major	Civil Engineering		
Department	Civil Engineering		
Academic year	2010		

Abstract

This Project Studies The Compare of Skid Resistanceon Bituminous and Rigid Pavements in Naresuan University. There are 3 objectives: to compare the skid resistance between the asphalted surface with concrete in the wet condition , to compare the skid resistance in dry condition with the different temperature . The skid resistance test by the portable skid Resistance Tester, on the asphalted surface, 2 area where is Street parking ramp next and Road Side Library and on the concrete surface, 2 area where is Street in front of building performance Engineering and Road building the Faculty of Pharmacy

The Testing to test the asphalted surface and concrete pavement. By skin type and 2 will dry and wet tests. The test surface is wet, slopes, water spot test enough to wet were selected. The test area of 10 points. But point is tested 7 times. Test the wheel of a car straight groove. At each 10 meters apart and values obtained from testing the relationship between the asphalted surface and the concrete pavement. Then the relationship between SRV and the f(Coefficient of Friction). Including different surface wet and dry pavement.

This project tell us that the skid resistance on Bituminous and Rigid Pavement is higher than asphalted surface. Section wet skin resistance Of asphalted surface is higher than concrete pavement .The skid resistance of asphalted and concrete surface is low's when the temperature is higher. And some areas have the skid resistance lower than the standard limit.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วย ความเมตตาช่วยเหลือของท่านอาจารย์ บุญพล มีไชโย ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นให้ทางคณะผู้จัดทำจนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณฝ่ายวัสดุของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ยืมอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้การอุปการะทางด้านการเงิน จนกระทั่งโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายพิทักษ์ บุญประเสริฐ
นางสาวมยุรี สุวรรณการณ์
นางสาวชลนิช ม่วงมา
มีนาคม 2554

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญรูป.....ญ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 สถานที่เก็บข้อมูล.....1
1.2 ความสำคัญ.....1
1.3 วัตถุประสงค์.....1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
1.5 ขอบเขตงานวิจัย.....2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2
1.7 แผนการดำเนินงาน.....3
1.8 งบประมาณ.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....4
2.1 ความต้านทานการลื่นไถลของผิวถนน.....4
2.1.1 แรงยึดเกาะ (Adhesion Force).....4
2.1.2 แรงฮีสเตอร์ซีส (Hysteresis Force).....4
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานการลื่นไถล.....4
2.2.1 คุณลักษณะและรูปร่างของวัสดุมวลรวม.....4
2.2.2 ผิวมหาภาค (Macro Texture).....6
2.2.3 ผิวจุลภาค (Micro Texture).....6
2.2.4 ความสามารถในการระบายน้ำของผิวทาง.....9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.7 อุณหภูมิ (Temperature).....11

2.2.8 ความเร็วของยวดยาน.....13

2.2.9 ปัจจัยอื่นๆ.....15

2.3 การศึกษาความต้านทานการลื่นไถลในอดีต.....15

2.4 การวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง.....20

2.4.1 เครื่อง Braking Force Trailer.....20

2.4.2 เครื่อง SCRIM.....21

2.4.3 เครื่อง British Portable Tester (BPT).....21

2.5 เครื่องมือวัดความหนาของฟิล์มน้ำ.....24

2.6 มาตรฐานกำหนดความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง.....25

2.7 มาตรฐานกำหนดความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง กรมทางหลวง.....27

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....29

3.1 แผนการดำเนินการวิจัยในภาคสนาม.....29

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....31

3.3 การวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลในสนาม.....35

3.4 สมการปรับแก้อุณหภูมิ.....36

3.5 สมการหา Coefficient of friction ; f.....36

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....37

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....41

5.1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามระหว่างค่าความต้านทาน.....43
การลื่นไถลกับค่ามาตรฐานในสภาพเปียกและแห้งของผิวทางลาดยาง

5.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามระหว่างค่าต้านทาน.....43
การลื่นไถลกับค่ามาตรฐานในสภาพเปียกและแห้งของผิวทางคอนกรีต

5.3 การเปรียบเทียบผลการทดสอบค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง.....43
คอนกรีตและผิวทางลาดยาง พร้อมระบุความแตกต่าง

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.4 การหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างผิวเปียกและผิวแห้ง.....44
ทั้งผิวถนนคอนกรีตและผิวถนนลาดยาง
5.5 การแปลงค่า SRV ที่ได้จากการทดสอบมาเป็นค่า Coefficient of Friction;f.....44

เอกสารอ้างอิง.....45

ภาคผนวก ก.....46

ภาคผนวก ข.....49

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ตารางแสดงแผนการดำเนินงาน..... 3

2.1 ระดับของค่า SFC ที่ความเร็ว 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง (SFC_{50}).....25
สำหรับประเภทของลักษณะของถนนต่างๆรวม 4 ประเภท

2.2 ผลของความลึกของผิวมหาภาคที่มีต่อค่าความต้านทาน.....26
การลื่นไถล (SRV) เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น

2.3 ค่าความต้านทานการลื่นไถลขั้นต่ำของ BPT-Number และMu-Meter Number.....26
ที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในลักษณะถนนประเภทต่างๆในกรณีผิวทางเปียก

2.4 แบบสำรวจงานวัดความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางจราจร.....28

5.1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามระหว่างค่าความต้านทานการลื่นไถล.....41
กับค่ามาตรฐาน ในสภาพเปียกและแห้ง

5.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามระหว่างผิวทางแบบเปียกและผิวทางแบบแห้ง.....42

5.3 การแปลงค่า SRV ที่ได้จากการทดสอบมาเป็นค่า Coefficient of Friction;f.....42

ข1 การทดสอบแบบแห้ง (ถนนผิวทางลาดยางลานจอดรถ).....50

ข2 การทดสอบแบบเปียก (ถนนผิวทางลาดยางลานจอดรถ).....51

ข3 การทดสอบแบบแห้ง (ถนนผิวทางลาดยางบริเวณหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร).....52

ข4 การทดสอบแบบเปียก (ถนนผิวทางลาดยางบริเวณหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร).....53

ข5 การทดสอบแบบแห้ง (ถนนผิวทางคอนกรีตบริเวณหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์)..54

ข6 การทดสอบแบบเปียก (ถนนผิวทางคอนกรีตบริเวณหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์).55

ข7 การทดสอบแบบแห้ง (ถนนผิวทางคอนกรีตบริเวณตึกคณะเภสัชศาสตร์).....56

ข8 การทดสอบแบบเปียก (ถนนผิวทางคอนกรีตบริเวณตึกคณะเภสัชศาสตร์).....57

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบของแรงเสียดทานระหว่างหน้ายางล้อรถและผิวทาง.....5

2.2 แสดงความแตกต่างของลักษณะผิวทาง.....7

2.3 แสดงผลของความสึกผิวทางที่มีต่อการลดลงของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน.....8
(BFC) ที่ความเร็ว 50 และ 130 กม./ชม.

2.4 แสดงผลของค่าความยืดหยุ่นของดอกยางบนผิวทางเรียบและเหยียบในสภาพผิวทางเปียก.....10

2.5 แสดงผลของความลึกดอกยางกับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (BFC) บนผิวเปียก.....12

2.6 แสดงผลของความเร็วขวดยานที่มีต่อ สปส. ความเสียดทาน (SFC) ในสภาพผิวทางต่างๆ.....14

2.7 แสดงผลของความเร็วขวดยานที่มีต่อ สปส. ความเสียดทาน (SFC).....14
ในสภาพผิวทางต่างๆกันขณะเปียก

2.8 แสดงระดับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (SFC) บนผิวทางชนิดต่างๆ.....16

2.9 แสดงระดับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (SFC ในฤดูร้อน).....16
บนผิวทางมาตรฐาน Motorway

2.10 แสดงการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (SFC) บนผิวทาง Trunk Road.....17
A4,COLNBROOK BY – PASS เมื่อการจราจรลดลง

2.11 แสดงความสัมพันธ์ของค่า M – NV กับ BPTV.....19

2.12 รูปเครื่องมือ Portable Skid Resistance Tester.....22

3.1 ตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบวัดค่าในสนามพื้นที่ทั้ง 4 พื้นที่ ภายในมหาวิทยาลัย.....30

3.2 แสดงตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดค่าในสนาม.....30

3.3 เครื่องมือทดสอบ Portable Skid Resistance Teste.....31

3.4 การตรวจสอบเครื่องมือก่อนทำการทดลอง.....31

3.5 การทดสอบในสนามผิวแห้ง.....32

3.6 การทดสอบในสภาพผิวเปียก.....32

3.7 การทดสอบบริเวณลาดจอดรถในมหาวิยาลัยนเรศวร.....33

3.8 การทดสอบบริเวณถนนข้างหอสมุดของมหาวิทยาลัยนเรศวร.....33

3.9 การทดสอบบริเวณถนนหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์.....34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.10 การทดสอบบริเวณข้างตึกคณะเภสัชศาสตร์.....34

3.11 ค่าใช้ปรับแก้ความต้านทานการลื่นไถลเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงขณะทดสอบ.....35

4.1 กราฟเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่ 44.....37
(ถนนผิวทางลาดยางบริเวณลานจอดรถ)

4.2 กราฟเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่ 44.....38
(ถนนผิวทางลาดยางบริเวณข้างหอสมุดของมหาวิทยาลัย)

4.3 กราฟเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่ 44.....39
(ถนนผิวทางคอนกรีตหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์)

4.4 กราฟการเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่ 44.....40
(ถนนผิวทางคอนกรีตหน้าตึกคณะเภสัชศาสตร์)

บทที่ 1

บทนำ

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับยวดยานที่ใช้ความเร็วสูงมีบ่อยครั้งที่ผิวทางตรงบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุมีค่าความต้านทานการลื่นไถลต่ำคือการสึกหรอและการขัดถูด้วยล้อรถยนต์ทำให้ผิวทางลื่นเป็นมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพถนนที่เปียก เช่น ขณะฝนตก จึงเห็นสมควรศึกษาตรวจสอบหาค่าต้านทานการลื่นไถล ซึ่งในประเทศส่วนใหญ่จะเป็นผิวทางแบบคอนกรีตและผิวทางแบบลาดยาง ดังนั้นมีการศึกษาตรวจสอบหาค่าต้านทานการลื่นไถลทั้งผิวทางคอนกรีตและผิวทางลาดยาง ซึ่งแน่นอนว่าต้องมีความแตกต่างกัน

1.1 สถานที่เก็บข้อมูล

ถนนภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรใช้พื้นที่ทดสอบรวมทั้งหมด 4 พื้นที่ โดยแบ่งเป็น

1.1.1 ผิวทางลาดยาง 2 จุด คือ ถนนหน้าลาดจอดรถ และถนนข้างหอสมุด

1.1.2 ผิวทางคอนกรีต 2 จุดคือ ถนนหน้าอาคารปฏิบัติงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ และถนนข้างตึก คณะเภสัชศาสตร์

1.2 ความสำคัญ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบหาค่าความต้านทานการลื่นไถล (SRV = Skid Resistence Value) และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาและเป็นประโยชน์กับผู้ที่สนใจต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวเปียกและผิวแห้งบนถนนผิวลาดยางและผิวทางคอนกรีต

1.3.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีตกับค่ามาตรฐาน

1.3.3 เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางลาดยาง และผิวทางคอนกรีต

1.3.4 เพื่อหาค่า f (Coefficient of Friction) ของผิวถนนที่ทำการทดสอบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงค่าการต้านทานการลื่นไถลในจุดที่ทดสอบ

1.4.2 ทราบสาเหตุต่างๆที่ทำให้ค่าการต้านการลื่นไถลมีค่าน้อย

1.4.3 เป็นแนวทางเพื่อการศึกษาค้นคว้า

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

การเปรียบเทียบหาค่าความต้านทานการลื่นไถล (SRV) โดยใช้เครื่องมือตรวจวัด คือ เครื่อง Portable Skid Resistence Tester ซึ่งเป็นการหาเฉพาะจุด (spot check) ทำการทดสอบสภาพแห้งและเปียก โดยผิวเปียกจะทำการฉีดน้ำให้ชุ่มพอสมควร ซึ่งพื้นที่ทอสอบทั้งหมด 4 พื้นที่ทดสอบ มีการทดสอบ 10 จุด ในหนึ่งจุดทำการทั้ง 2 ล้อของรถยนต์แต่ละจุดห่างกัน 10 เมตร แต่ละจุดทำการแกว่งทดสอบ ทั้งหมด 7 ครั้ง นำมาเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถล(SRV = Skid Resistence Value)บนผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีตกับค่ามาตรฐานหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานการลื่นไถลบนผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีต หาความแตกต่างค่าความต้านทานการลื่นไถลผิวเปียกและผิวแห้งทั้งในกรณีผิวทางคอนกรีตและผิวทางลาดยาง การหาค่า f (Coefficient of Friction) เมื่อได้ความสัมพันธ์ จะนำค่าทดสอบจากผิวทางลาดยางและผิวคอนกรีตมาเปรียบเทียบ

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.6.1 ศึกษาการใช้เครื่องมือ

1.6.2 วางแผนการทดสอบ

1.6.3 ทดสอบหาค่าความต้านทานการลื่นไถล

1.6.4 วิเคราะห์สรุปข้อมูล

1.6.5 จัดทำรูปเล่มรายงาน

1.7 แผนการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงแผนการดำเนินการ

กิจกรรม	พฤศจิกายน 2553	ธันวาคม 2553	มกราคม 2553	กุมภาพันธ์ 2553
1.7.1 ศึกษาข้อมูลและวางแผน	←———	———→		
1.7.2 ทดสอบภาคสนาม		←———	———→	
1.7.3 วิเคราะห์สรุปข้อมูล			←———	———→
1.7.4 จัดทำรูปเล่มรายงาน			←———	———→

1.8 งบประมาณ

1.8.1 ค่าเข้าเล่มและถ่ายเอกสาร 1,200 บาท

1.8.2 ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์ 800 บาท

1.8.3 ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง 1,000 บาท

รวมค่าใช้จ่าย 3,000 บาท (สามพันบาทถ้วน)

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง

องค์ประกอบที่ก่อให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของพื้นผิวยาง ทั้งพื้นผิวยางแบบคอนกรีตและพื้นผิวทางแบบราดยางมีอยู่ 2 องค์ประกอบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1

2.1.1 แรงยึดเกาะ (Adhesion Force)

ในขณะที่หน้าสัมผัสของล้อยางยานพาหะนะ และ พื้นผิวทางเกิดการสัมผัสกัน ตลอดแนวสัมผัสนั้นจะเกิดแรงเสียดทานขึ้นในลักษณะของแรงเฉือนค่าของแรงเฉือนนั้นขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำพื้นผิวทาง ชนิดลักษณะของดอกยางพื้นที่สัมผัส แรงยึดเกาะนี้มีค่าสูงเมื่อผิวทางแห้ง และจะลดค่าลงเมื่อมีสิ่งสกปกหรือของเหลวมาปิดกั้นระหว่าง ผิวสัมผัส

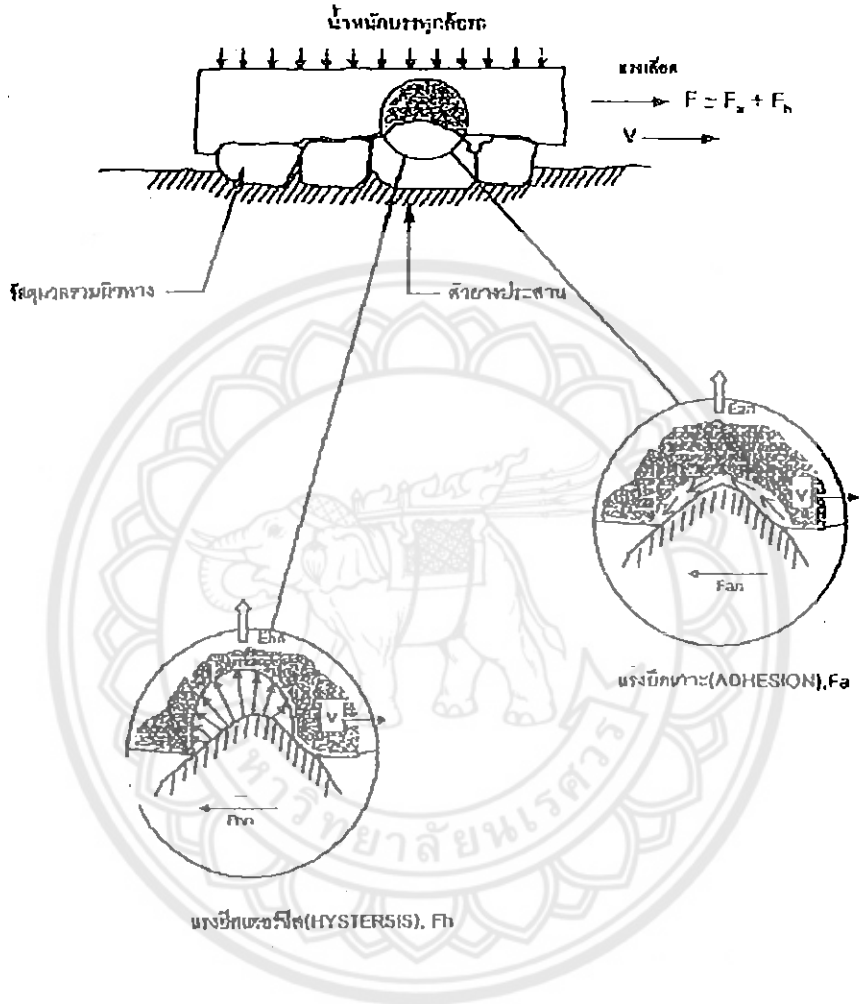
2.1.2 แรงฮีสเตอร์ซีส (Hysteresis Force)

เป็นแรงที่เกิดจากการดูดกลืนพลังงาน เมื่อหน้ายางยุบตัวลงขณะที่รถแล่นไปบนผิวทาง มีค่าแปรผันตรงกับค่าความยุบตัวของยาง ไม่ขึ้นอยู่กับของเหลวที่ปิดกั้นระหว่างผิวสัมผัสของยางกับพื้นผิวทาง

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานการลื่นไหล (Skid Resistance Parameters)

การควบคุมยานพาหนะให้สามารถแล่นอยู่ในทิศทางตามที่ต้องการบนเส้นทางการจราจรได้ต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง สิ่งสำคัญอย่างยิ่ง คือ แรงเสียดทานระหว่างพื้นผิวทางและผิวหน้าทางสัมผัสยางของยานพาหนะ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยรองอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อความต้านทานการลื่นไหล ซึ่งความนำพิจารณาในการออกแบบควบคู่กันไปดังนี้ คือ

2.2.1 คุณลักษณะและรูปร่างของวัสดุมวลรวม (Aggregate Characteristics and Surface Texture) วัสดุที่มีความแข็ง มีเหลี่ยมมุม (Angular) ทนทานต่อการขัดสีของดอกยางสามารถเจาะผ่านฟิล์มของของเหลวที่กั้นอยู่ระหว่างผิวทางได้ดีกว่า ทำให้ค่าแรงยึดเกาะของยางและพื้นผิวทางที่มีค่าสูงกว่าวัสดุที่มีผิวเรียบหรือผิวมน (Rounded Aggregates) เป็นผลให้ค่าความต้านทางการลื่นไถลสูงตามตามไปด้วย



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของแรงเสียดทานระหว่างหน้ายางล้อรถและผิวทาง

Hosking (1974) ได้ทำการศึกษาวัสดุที่มีเนื้อพรุน (Porous Aggregates) พบว่าความต้านทานการลื่นไถลจะเป็นสัดส่วนกับความพรุน และมีค่าสูงกว่าวัสดุที่มีเนื้อแน่น และได้ศึกษาการนำดินมอสโซท์ที่มีอลูมินาสูงมาทำการเผา พบว่าความพรุนของเนื้อดินภายหลังการเผาเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานการลื่นไถลดีขึ้น แต่ความสึกหรอจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

2.2.2 ผิวมหภาค (Macro Texture) หมายถึง ผิวขนาดใหญ่ เมื่อพิจารณาในลักษณะ Large Scale Texture ของขนาดรูปร่าง และลักษณะผิววัสดุมวลรวมซึ่งเป็นเครื่องบ่งบอกลักษณะความหยาบ หรือละเอียดของพื้นผิวทางโดยทั่วไป ผิวมหภาคที่ดีจะต้องสามารถระบายน้ำออกจากหน้าสัมผัสยางรถได้ดี และช่วยให้ยางรถยุบตัวในขณะที่รถวิ่งบนพื้นผิวทางด้วยความเร็วสูงเพื่อนทำให้เกิดแรงฮีสเตอร์ซีสเพิ่มขึ้น

2.2.3 ผิวจุลภาค (Micro Texture) หมายถึง ผิวของมวลรวมแต่ละก้อนบนพื้นผิวทางเป็นการพิจารณาลักษณะเฉพาะก้อนแบบ Small Scale Texture ของพื้นผิวทาง ผิวจุลภาคที่ดีจะต้องมีความแข็ง ความขรุขระ ความหยาบเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดการลื่นไถลเมื่อรถแล่นด้วยความเร็วระดับหนึ่งที่ได้ออกแบบไว้ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2

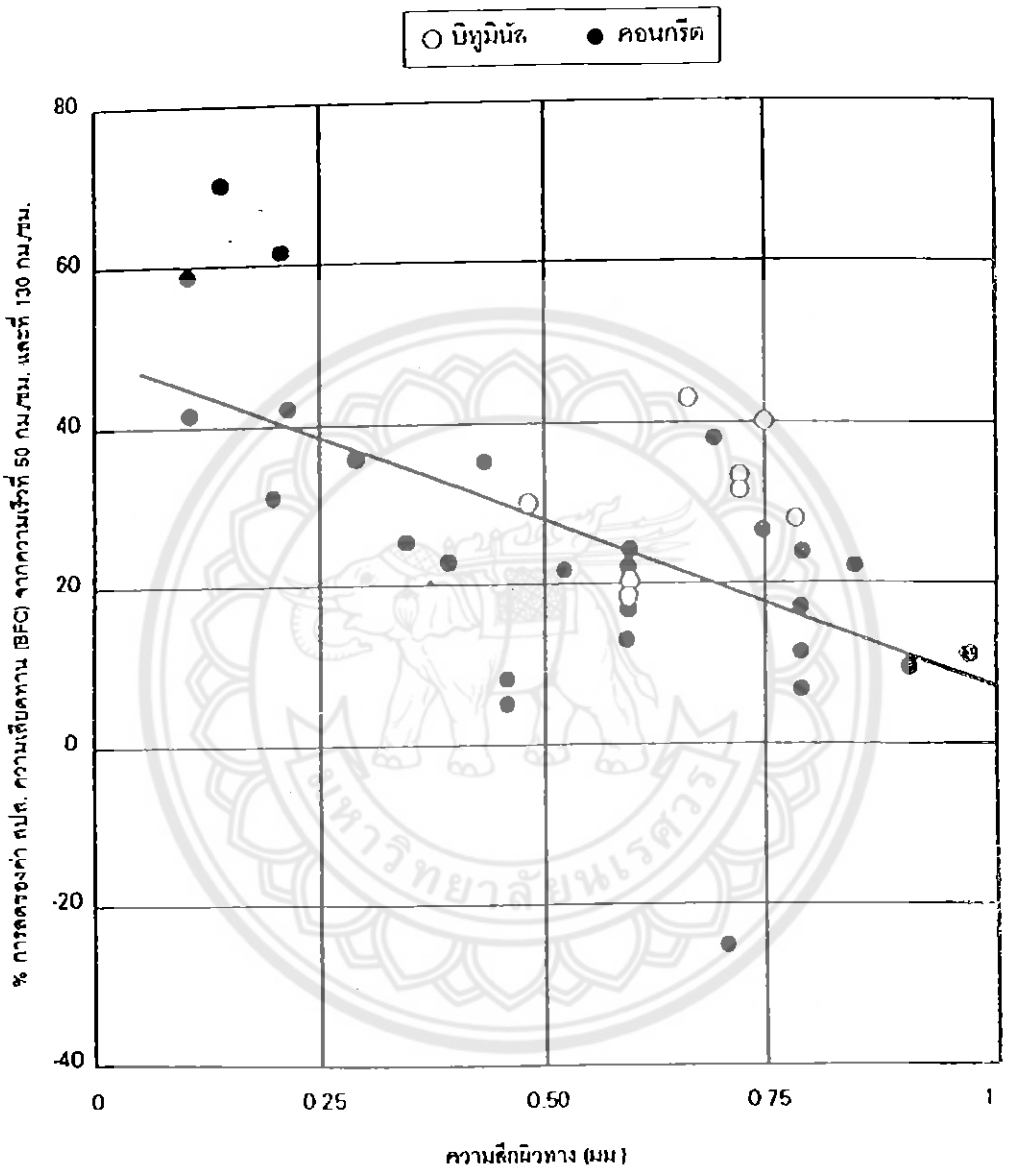
Lupton ,G.N.(1968) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของค่าความลึกของผิวทางและ การทดลองของค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางในรูปของค่า BFC ระหว่างความเร็ว 50 กม./ชม. และ 130 กม./ชม.ตามรูปที่2.3 พบว่าความลึกผิวทางที่น้อยกว่า 250 μm. (0.010นิ้ว)ในถนนที่ใช้ความเร็วสูงนั้นค่า BFC จะลดเฉลี่ย 25% ของค่า BFC ที่ความเร็ว 50กม./ชม. ดังนั้นจึงอาจกำหนดค่าความลึกผิวทางไว้อย่าน้อยที่สุดสำหรับถนนที่ใช้ความเร็วสูงเท่ากับ 250μm. เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ขับขี่ยวดยาน

Sabey , B.E.(1966) ได้ศึกษาค่าความสัมพันธ์ความลึกของผิวทาง และ การลดลงของค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางในรูปของค่า BFC ระหว่างความเร็ว 50 กม./ชม. และ 130 กม./ชม. ของพื้นผิวทางคอนกรีตและพื้นผิวทางลาดยาง ตามรูปที่ 2.4 ซึ่งให้ผลสรุปสนับสนุนผลการศึกษาของ Lupton

ตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องกับค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวลาดยาง คือ อัตราส่วนของวัสดุที่ใช้ทำพื้นผิวทาง (Mix Proportions) คุณสมบัติของวัสดุประสาน บิทูมินัส (Bituminous Binder) สำหรับพื้นผิวทางคอนกรีตคุณสมบัติของซีเมนต์ที่ใช้งานวัสดุมวลรวมหยาบ วัสดุมวลรวมละเอียด และอัตราส่วนผสมล้วนมีผลต่อค่าความต้านทานการลื่นไถลทั้งสิ้น ตลอดจนวัสดุอื่นที่อยู่บนพื้นผิวทาง เช่นฝุ่นละออง เม็ดดิน เม็ดกรวด หิน ทราย คราบน้ำมัน และ ของเหลว ที่เหมาะสมที่สะสม อยู่บนพื้นผิวทางจนเกิดเป็นฟิล์ม (Traffic Film) โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในสภาพเปียกจะมีผลทำให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลลดลงอย่างมาก

	ผิว	ขนาดของลักษณะผิว	
		มหภาค (ขนาดใหญ่)	จุลภาค (ขนาดเล็ก)
1		ขรุขระ	หยาบ
2		ขรุขระ	เนียน
3		เรียบ	หยาบ
4		เรียบ	เนียน

รูปที่ 2.2 แสดงความแตกต่างของลักษณะผิวทาง (Lupton 1968)



รูปที่ 2.3 แสดงผลของความสึกผิวทางที่มีต่อการลดลงของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (BFC) ที่ความเร็ว 50 และ 130 กม./ชม. (Sabey 1966)

2.2.4 ความสามารถในการระบายน้ำของผิวทาง (Surface Drainage)

Csathy,T.I.(1968)พบว่าค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่เปียกจะลดลง และแปรค่าผกผันกับความหนาฟิล์มน้ำบนพื้นผิวทาง ดังนั้นมวลรวมที่ผิวมหภาคและจุลภาคที่ดี มีความพรุนสูงจะสามารถดูดซับน้ำ หรือระบายน้ำออกจากผิวสัมผัสของหน้ายางและพื้นผิวทางได้ดีและรวดเร็วกว่าทำให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลมีค่าสูงขึ้น

2.2.5 คุณสมบัติของยางรถ (Rubber properties)

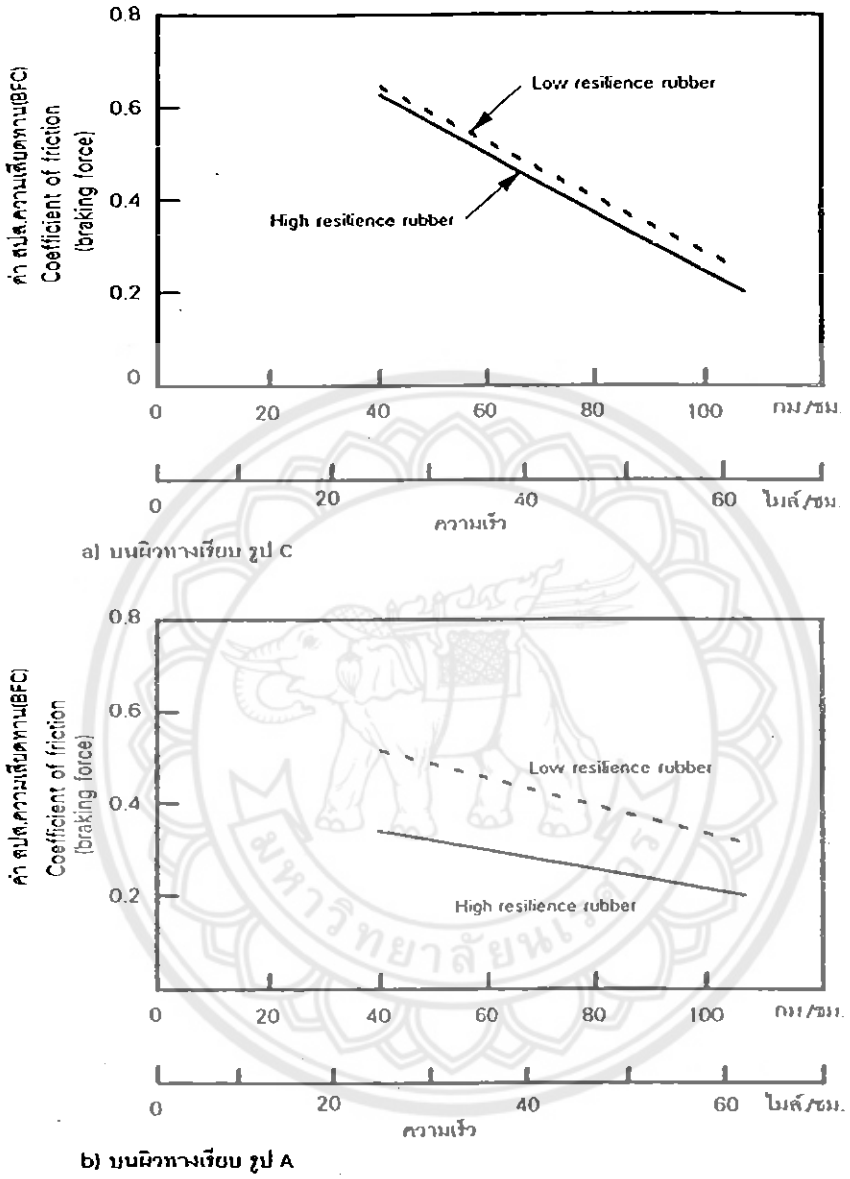
ยางรถคุณสมบัติสัมพันธ์กับพื้นผิวทางแบบฮีสเตอร์ซีส ดังนั้นยางที่มีคุณสมบัติฮีสเตอร์ซีสจะมีผลทำให้ค่าความฝืดของผิวทางมีค่ามากขึ้นโดยเฉพาะบนพื้นผิวทางที่หยาบซึ่งมีการยุบตัวของหน้ายางมาก จะทำให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลสูงถึง 200% ความแข็งของดอกยาง จะมีผลกรณีทางผิวเรียบ หรือผิวทางที่มีน้ำแข็งปกคลุม โดยยางที่มีดอกยางแข็งจะทำให้มีพื้นผิวสัมผัสกับผิวทางที่มีค่าน้อย ความกดดันที่ผิวสัมผัสสูงการระบายน้ำเร็วขึ้นเป็นผลให้ความฝืดของผิวทางเพิ่มขึ้น

Lupton,G.N.(1968) ได้ศึกษาคุณสมบัติฮีสเตอร์ซีสของยางรถต่อค่า สปส.ความเสียดทานของผิวทาง (BFC) บนผิวทางเรียบและหยาบที่ความเร็วต่างๆกัน ในแต่ละสภาพความเปียกของผิวทางตามรูปที่ 2.5 พบว่าบนพื้นผิวทางหยาบรถที่มีค่าฮีสเตอร์ซีสสูง (ค่าความยืดหยุ่นต่ำ) ค่าBECจะมีค่าสูงกว่ายางรถที่มีค่าฮีสเตอร์ซีสต่ำ ส่วนบนผิวทางเรียบคุณสมบัติทางด้านฮีสเตอร์ซีสจะมีผลต่อค่า BFC น้อย

2.2.6 ลักษณะของดอกยาง (Tread Patten)

ลักษณะของดอกยางที่ดีจะต้องมีแนวสันตามเส้นรอบวง (Circumferential Ribs) และมีร่องตามแนวขวาง (Transverese Slots) ทำให้เกิดความต้านทางลื่นไถลเพิ่มขึ้นมากกวายางที่ไม่มีดอกยางเฉพาะเมื่อผิวทางเปียก เนื่องจากดอกยางจะช่วยระบายน้ำออกจากผิวสัมผัสได้เร็วกว่านั่นเอง ยางที่มีดอกยางดรทำให้เกิดการลื่นไถลน้อยลง เมื่อขับขี่ด้วยความเร็วสูงและผู้ขับขี่จะได้รับความปลอดภัยสูง

Lupton,G.N.(1968) ได้ศึกษาผลของลักษณะดอกยาง(Tread Patten) ที่มีต่อค่า สปส. ความเสียดทานของผิวทาง (BFC) เรียบและหยาบ เมื่อความเร็วต่างๆกัน ในสภาพผิวทางเปียกตามรูปที่ 2.6 พบว่าในสภาพความเร็วต่ำ ลักษณะขอดอกยางจะมีผลไม่มากนักต่อค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางขณะที่เปียกทั้งพื้นผิวทางเรียบและหยาบ แต่จะขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวมหภาคและพื้นผิวจุลภาคของพื้นผิวทางมากกว่าอย่างอื่น ในกรณีความเร็วสูงบนพื้นผิวทางเรียบดอกยางรถจะมีส่วนสำคัญต่อค่า BFC มากกว่าผิวทางหยาบ ยางรถที่ไม่มีดอกยางค่า BFC จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อความเร็วสูงขึ้น ส่วนยางที่ดอกยางค่า BFC จะค่อยๆลดลงด้วยอัตราคงที่



รูปที่ 2.4 แสดงผลของค่าความยืดหยุ่นของดอกยาง (Tread Resilience) บนผิวทางเรียบและเหยียบในสภาพผิวทางเปียก (Lupton, 1968)

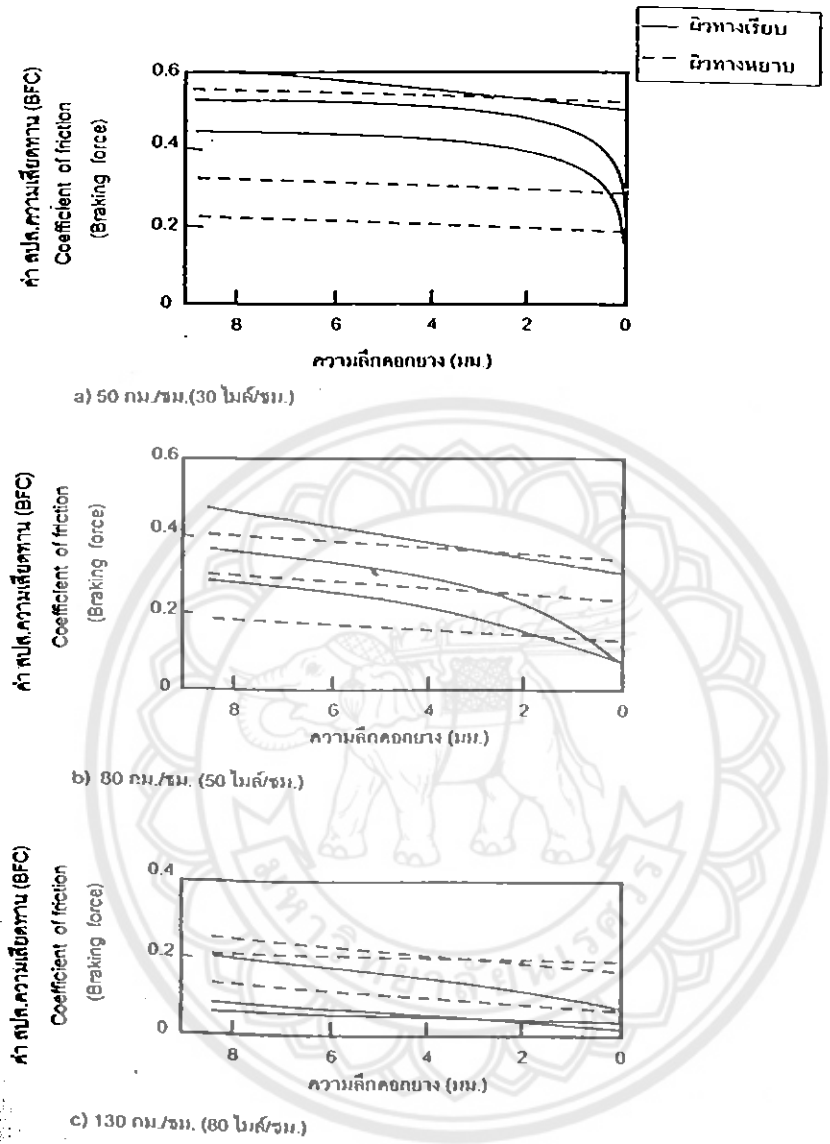
Maycock,G.(1967) ได้ทดลองเกี่ยวกับลักษณะของดอกยางรถที่มีผลต่อความต้านทานการลื่นไถล พบว่าความกว้างของร่องดอกยาง (Grooves) จะมีผลต่อการระบายออกจากผิวสัมผัสได้มากกว่าจำนวนของสัน (Ribs) ขณะผิวทางเปียก ทำให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มสูงขึ้น

Sabey,B.e.(1969) พบว่าในขณะผิวทางเปียกแรงดึงดูดระหว่างผิวทางและยางรถยนต์จะลดลงเมื่อค่าความลึกของดอกยางลดลง ความลึกของดอกยางที่ลดลงนี้เนื่องจากการสึกหรตามการใช้งานปกติแสดงในรูปที่ 2.7 แสดงค่าความสัมพันธ์ของคา BFC และความลึกของดอกยาง (Tread Depth) ที่ความเร็วต่างๆกันคือ 50,80และ 130 กม./ชม.บนผิวทางหยาบ พบว่าที่ความเร็วต่างๆกันค่าของ BFC จะเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แม้ว่าความลึกของดอกยางจะน้อยก็ตาม เนื่องจากความหยาบของผิวทางมีมากเพียงพอ ที่จะรายน้ำออกไปจากผิวสัมผัสได้ ส่วนบนผิวทางที่เรียกมากหรือค่าของความลึกผิวทาง มีค่าประมาณ 125 mm. ที่ค่าความเร็วต่ำ ๖50-80กม./ชม.) ค่า BFC จะลดลงอย่างมากเมื่อดอกยางมีความลึกน้อยกว่า 1-2 มม. บนผิวทางเรียบที่ความเร็วสูง (≤ 130กม./ชม.)แม้ว่าจะใช้ยางใหม่ที่มีความลึกของดอกยางมากก็ไม่ได้ทำให้ค่า BFC เพิ่มมากว่าเมื่อใช้ยางที่มีความลึกของดอกยางน้อย แสดงว่าดอกยางไม่สามารถชดเชยความหยาบของพื้นผิวทางได้เลยที่ค่าความเร็วสูงๆบนผิวทางเรียบ

2.2.7 อุณหภูมิ (Temperature) ผลจากการทดลองพบว่า ค่าความต้านทานการลื่นไถลจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของพื้นผิวทารถเพิ่มสู.ขึ้น โดยทั่วไปค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจะลดลงประมาณ 0.02 เมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นถึง 10 °F เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1000 °F จะทำให้พื้นผิวทางลาดยางเกิดการเยิ้มเหลว (Melting) ของยางและทำให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลลดลง

Giles et al,C.G.(1976) พบว่าในฤดูหนาวค่าการต้านทานการลื่นไถลจะสูงกว่าในฤดูร้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงผิวจุลภาคของผิวทางซึ่งเกิดจากอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และฝุ่นที่ปกคุลมบนพื้นผิวทาง ฝุ่นละเอียดซึ่งมีมากในฤดูร้อนทำให้เกิดการขจัดสีวัสดุใช้ทำพื้นผิวทางทำให้ผิวจุลภาคลื่นขึ้น เอฝนตกฝุ่นนี้จะหายไปพื้นผิวทางจะหยาบทำให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มสูงขึ้น

Hoskin และ Woodford (1976) สรุปผลการทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิและค่าความต้านทานการลื่นไถลว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C ค่า SFC จะลดลงประมาณ0.03หน่วยต่อมา Sabey ,B.E. ได้ทำการศึกษาผลของค่าอุณหภูมิต่อความต้านทานการลื่นไถลของผิทางที่วัดด้วย 7-35 °C พบว่าค่าความต้านทานการลื่นไถล จาก (SRV) จะลดลง 0.26หน่วย ต่ออุณหภูมิมิเพิ่มขึ้น 1 °Cค่า(มีค่าประมาณ 0.003 หน่วยไของ SFC)



รูปที่ 2.5 แสดงผลของความลึกดอกยางกับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (BFC) บนผิวเปียก

2.2.8 ความเร็วของยวดยาน (Vihicle Speed) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่าความต้านทานการลื่นไถลจะแปรผกผันกับค่าความเร็วของยวดยานซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนขึ้นเมื่อพื้นผิวทางอยู่ในสภาพเปียก

Horne,(1968) ได้ศึกษาพบว่าเมื่อความเร็วของยวดยานเพิ่มสูงขึ้นในสภาพพื้นผิวทางเปียกน้ำที่อยู่ระหว่างผิวสัมผัสของหน้ายางและพื้นผิวทางไม่สามารถระบายออกไปได้ทันจะเกิดแรงดันระหว่างพื้นผิวทางและหน้ายางขึ้น (Hydrodynamic Lift) และเพิ่มสูงขึ้นตามค่าความเร็วและความสามารถที่จะระบายน้ำออกจากผิวยางได้ เมื่อแรงดันนี้ถึงระดับเดียวกันกับแรงดันที่ผิวหน้ายางกระทำกับผิวทาง ทำให้ยวดยานลื่นไถล ไปบนผิวทางผู้ขับขี่ไม่สามารถควบคุมทิศทางได้ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Hydroplaning และเรียกค่าความเร็วที่พอดีเกิดปรากฏการณ์นี้ว่า Hydroplaning Speed พบว่าค่าความสัมพันธ์ตามปรากฏการณ์นี้เป็นดังนี้

$$V_h = K (P^{1/2})$$

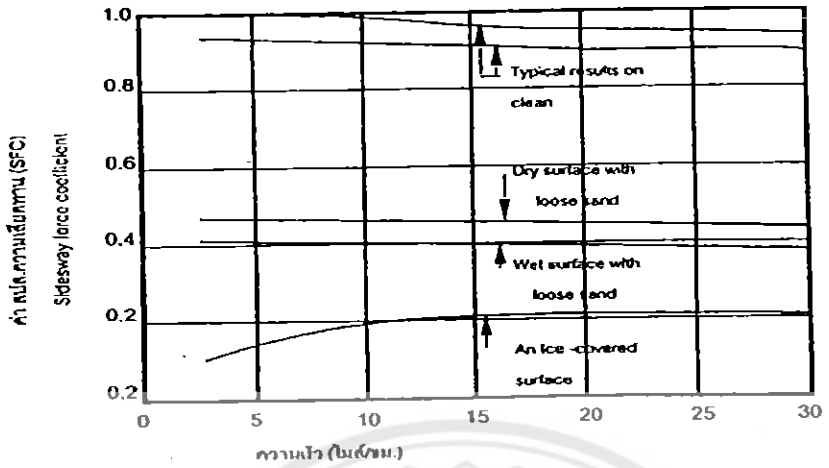
V_h = ค่าความเร็วของยวดยานขณะเกิด Hydroplaning หน่วยเป็น ไมค์ / ชั่วโมง

K = ค่าคงตัวที่ได้จากการสังเกตทดลองมีค่าประมาณ 10

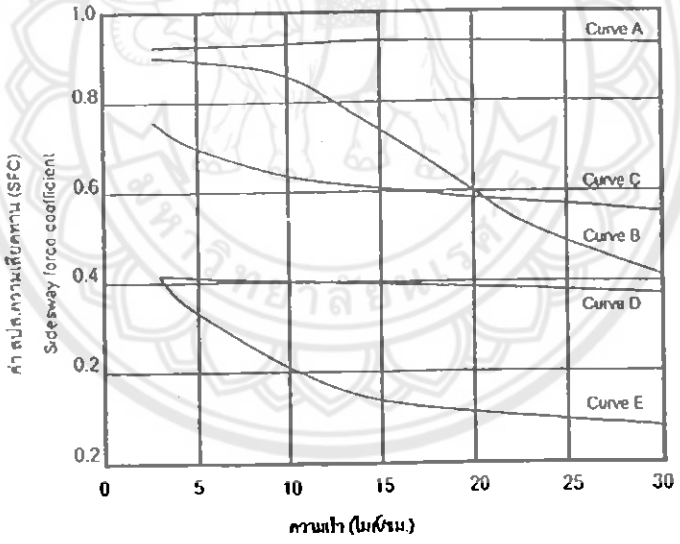
P = ความดันของยางรถ (Inflation Pressure)

จากค่าความสัมพันธ์นี้ สามารถนำมาคำนวณความเร็วรถเพื่อจำกัดค่าความเร็วรถขณะผิวทางเปียกร่วมกันกับการออกแบบผิวจราจรให้หยาบระบายน้ำได้ดีเลือกใช้ยางที่มีดอกยางลึกก็จะสามารถลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้จากปรากฏการณ์ Hydroplaning

Lupton,G.N.(1968) ได้ศึกษาผลของความเร็วที่มีต่อค่า BFC ในสภาพพื้นผิวทางเปียกบนผิวทางต่างๆกัน 4 ประเภท พบว่าผิวทางเรียบที่มีผิวมหภาคน้อยค่า BFC จะลดลงอย่างมากเมื่อความเร็ว ยวดยานมากขึ้น ส่วนผิวทางหยาบค่าBFC จะลดลงไม่มากนัก แสดงว่าผลของความเร็วต่อการต้านทานลื่นไถลเทอมของ BFC จะขึ้นอยู่กับสภาพและลักษณะของผิวทางเป็นสำคัญซึ่งได้ผลสอดคล้องกับการทดลอง Research on Road safety ดังแสดงในรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8



รูปที่2.6 แสดงผลของความเร็วขวดยานที่มีต่อ สปส.ความเสียดทาน (SFC) ในสภาพผิวทางต่างๆ (Road Research Laboratory , 1963)



รูปที่ 2.7 แสดงผลของความเร็วขวดยานที่มีต่อ สปส. ความเสียดทาน (SFC) ในสภาพผิวทางต่างๆกันขณะเปียก

กราฟ A สภาพผิวทางดีมาก

กราฟ B และ C สภาพผิวทางค่อนข้างเรียบและเรียบมาก ตามลำดับ

กราฟ C และ D สภาพผิวทางหยาบมากและค่อนข้างหยาบ ตามลำดับ

(Road Research Laboratory , 1963)

2.2.9 ปัจจัยอื่นๆ ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อความต้านทานการลื่นไถล คืออายุการใช้งานผิวทางค่า PSV ของวัสดุมวลรวมที่ใช้ทำผิวทางและปริมาณการจารจรบนผิวทาง

Salt,G.F.(1977) ได้สรุปและรวบรวมผลการทดลองที่สำคัญพบว่า บนผิวทางที่มีปริมาณการจราจรเท่ากัน ค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางลดลงเมื่ออายุการใช้งานของผิวทางเพิ่มขึ้น โดยอัตราการลดลงจะสูงในช่วงแรกของการใช้งานจากนั้นอัตราการลดลงจะลดลงเรื่อยๆ ซึ่งค่าที่ลดลงนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่า PVS ของวัสดุที่ใช้ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.11

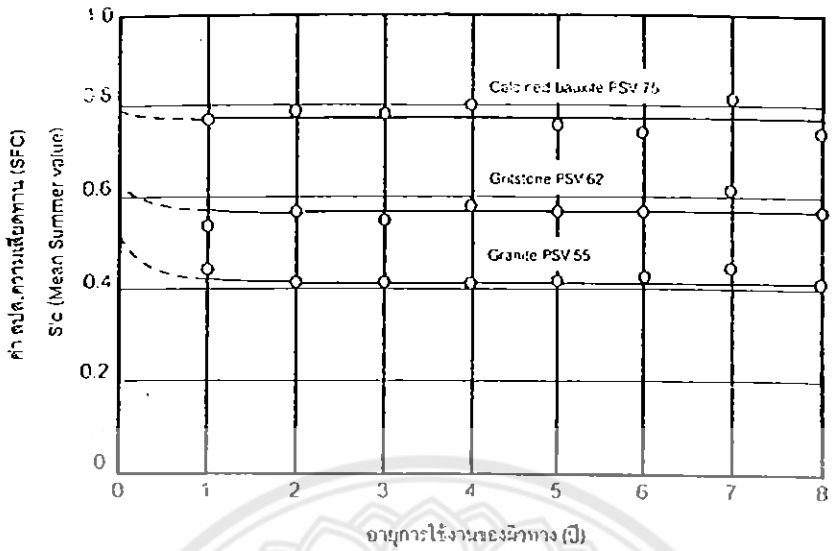
บนผิวทางที่ใช้วัสดุมวลรวมในระดับเดียวกัน คือ 58 ถึง 60 หน่วยดังรูปที่ 2.12 พบว่าผิวทางที่มีการจราจรมากจะทำให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลลดลง แต่พบว่าค่าความต้านทานการลื่นไถลจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการจราจรลดต่ำลงดังแสดงในรูปที่ 2.13

2.3 การศึกษาความต้านทานการลื่นไถลในอดีต

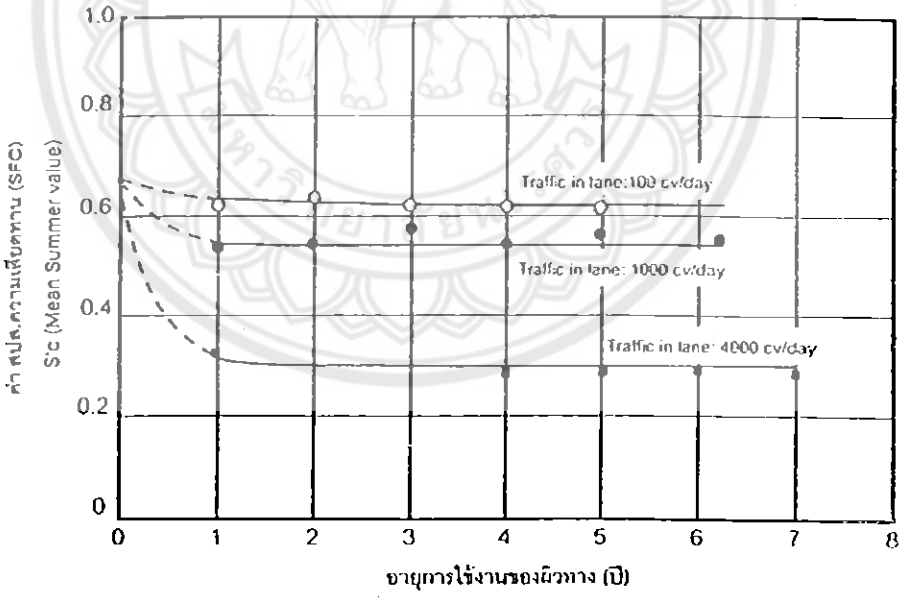
Macleam & Sheargold (1968) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า PVS ที่วัดในห้องทดลองด้วยเครื่อง British Tester และค่าความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance Value,SRV) ในสนาม โดยการฝังหินแบบต่างๆ ในปริมาณการจราจรต่างๆกัน พบว่าค่าทั้งสองมีความคล้ายคลึงกันเมื่อปริมาณการจราจรหนัก 60,000 ตันต่อวัน และพบว่าสภาพหินตัวอย่างที่ถูกขัดสีมากที่สุด ในห้องทดลองจะมีสภาพเหมือนกับผิวทางจริงเมื่อเวลาผ่านไป คือ หินตัวอย่างบนเส้นทางตรงจะมีสภาพถูกขัดสีมากเมื่อเวลาผ่านไป 45 วัน แต่บนทางโค้ง ตัวอย่างที่ทำการทดสอบจะอยู่ในสภาพเดียวกันในระยะเวลาเพียง 14 วันเท่านั้น

Giles,et al (1964) ได้ทดลองหาค่าความสัมพันธ์ ระหว่างค่าความต้านทานการลื่นไถลที่วัดเดียวเครื่องมือ British Portable Tester กับเครื่องมืออื่นในสนามบนพื้นผิวทางจริง พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือมีความสัมพันธ์กันดีกับเครื่องมือที่ใช้ยาง มีดอกยางที่ความเร็ว 30 ไมค์/ชั่วโมง ส่วนยางที่ไม่มีดอกยาง ค่าที่วัดได้จะสัมพันธ์กันดี ก็ต่อเมื่อวัดบนพื้นผิวทางที่หยาบ โดยค่าเฉลี่ย ของ British Portable Tester จะมีค่าสูงกว่าเครื่องมืออื่นประมาณ 5 หน่วย

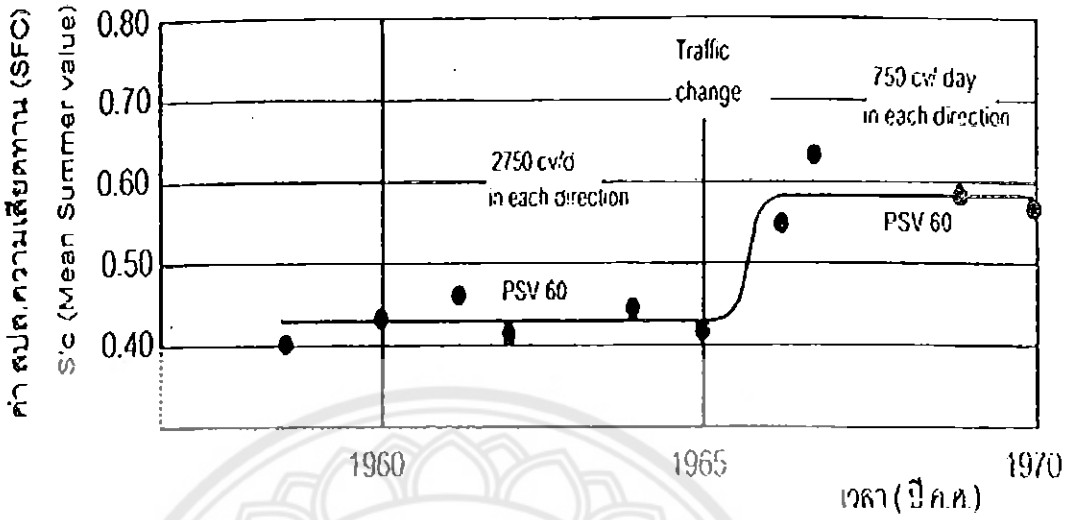
Bunnag , S.& Sukhawan (1975) ได้ทำการทดลอง เปรียบเทียบผล และ แสดงความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางระหว่าง เครื่อง British Portable Tester กับเครื่อง มู-มิเตอร์ (MU – Meter,Side – Force Friction Test Trailer) โดยได้ทำการทดสอบบนบริเวณร่องล้อของผิวทางต่างๆกัน 14 จุด ในสภาพผิวทางเปียก ความหนาของฟิล์มน้ำตลอดการทดสอบเท่ากับ 0.508 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.8 แสดงระดับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (SFC) บนผิวทางชนิดต่างๆ (Surfac dressing โดยใช้ Chipping ขนาด 13 mm. มีปริมาณการจราจร 2100 คัน ต่อ ช่องทาง ต่อ วัน)(Salt, 1977)



รูปที่ 2.9 แสดงระดับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (SFC ในฤดูร้อน) บนผิวทางมาตรฐาน Motorway (Rolled Asphalt ด้วย Precoter Chippings มีค่า SPV ในช่อง 58-60 Chippings ขนาด 13 mm. มีปริมาณการจราจร 2100 คัน ต่อ ช่องทาง ต่อ วัน)(Salt, 1977)



รูปที่ 2.10 แสดงการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (SFC) บนผิวทาง Trunk Road A4, COLNBROOK BY –PASS เมื่อการจราจรลดลง (Salt, 1977)

ผลการวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลที่วัดด้วย Mu-Meter Value (M-MV) ที่ความเร็ว 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง และค่าที่วัดด้วย ,British Portable Tester ในเทอมของ British Portable Tester Value (BPTV) มีความสัมพันธ์ตามสมาการ Y=1.09X +17.45 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป็น r = 0.987 ดังในรูปที่.14

Szatkowski & Hoskig (1972) ได้ทดลองหาความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานการลื่นไถลที่วัดได้จากเครื่อง Skid-Force Friction Tester (SFC) กับค่า PSV จากเครื่อง British Portable Tester ในห้องทดลองเมื่อทราบปริมาณการจราจรของยวดยานพาณิชย์ (Q_{cv}) ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$SFC_{50}\ 0.204 - 0.663 \times 10^{-4}\ Q_{cv} + 1 \times 10^{-2}$ PSV

เมื่อกำหนดให้ Q_{cv} = ปริมาณการจราจรของยวดยานพาณิชย์ (คัน/ช่องทาง/วันในทิศทางเดียวกัน)

PSV = ค่าแรงเสียดทานของมวลรวมที่หล่อเป็นแผ่น หลังจากการขัดสีด้วยเครื่องขัดแล้ว

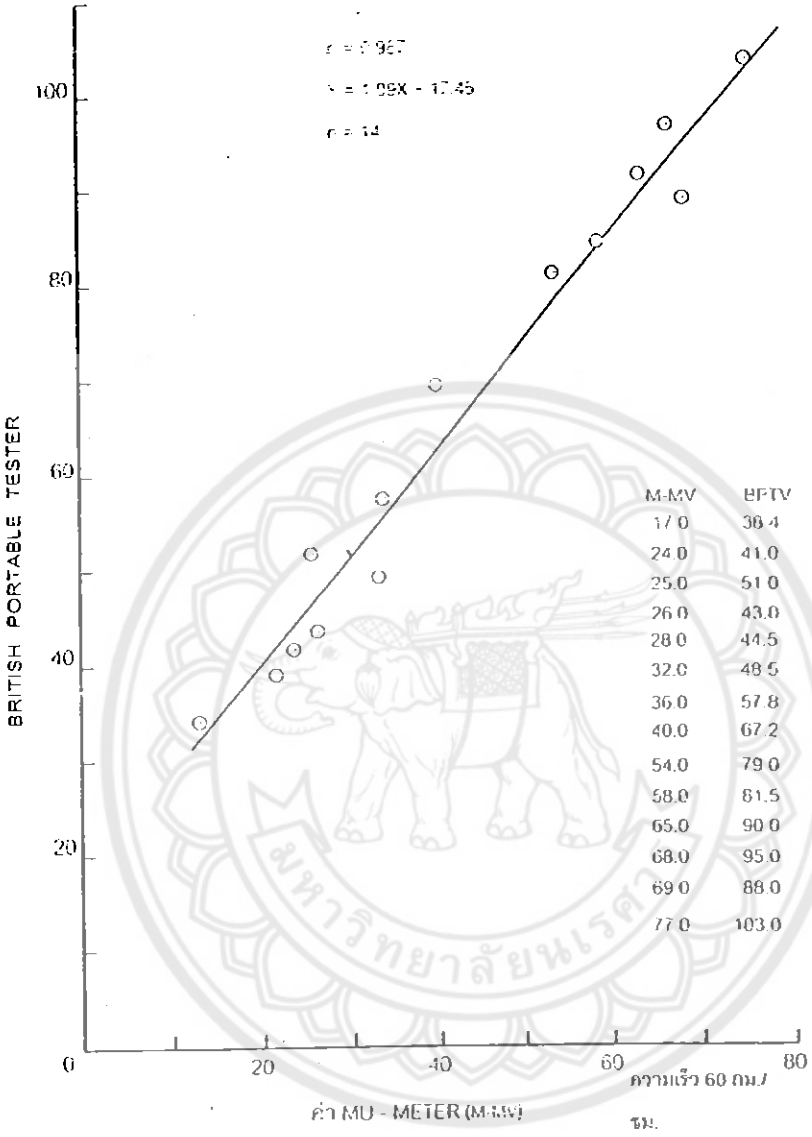
ค่านี้โดยใช้เครื่อง British Portable Tester โดยทำการทดสอบกับวัสดุมวลรวมชนิดเดียวกัน (ความเร็วที่ทำการหาค่าความสัมพันธ์ 50 กม./ชม.)

ความสัมพันธ์นี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือก วัสดุมวลรวมที่จะนำไปใช้งานเป็นพื้นผิวทางประเภทต่างๆ เพื่อให้ได้ความต้านทานการลื่นไถลตามมาตรฐาน จากค่าความสัมพันธ์ข้างต้นพบว่าเมื่อค่า PSV เปลี่ยนไป 1 หน่วย จะมีผลทำให้ค่า SFC_{50} ที่ความเร็ว 50 กม./ชม. มีค่าเปลี่ยนไป 0.01 หน่วย

ผลการศึกษาค่าความต้านทานการลื่นไถลในประเทศไทย Bunnag,S.& Sukhawan(1975)ได้ผลการศึกษาสรุปดังนี้

1. จากการวิเคราะห์ค่าความฝืดของผิวทางชนิดต่างๆคือคอนกรีต แอลฟัสท์ติกคอนกรีตและแมคคาแดม โดยใช้หลักการของผิวมหภาคและผิวจุลภาค พบว่าพื้นผิวทางในประเทศไทยทุกชนิดมีความต้านทานการลื่นไถลเพียงพอเมื่อผิวทางแห้ง แต่เมื่อผิวทางเปียกพื้นผิวทางประเภทแอสฟัสท์ติก

2. ค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางในสภาพแห้งและเปียก จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่าความลึกของผิวทาง(Surface texture Depth)เพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ของค่า M-NV กับ BPTV (Bunnag & Sukhawan, 1975)

3. ค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางจะลดลง เมื่อความเร็วของยวดยานสูงขึ้นและอายุการใช้งานมากขึ้น ทั้งสภาพพื้นผิวทางเปียกและสภาพพื้นผิวทางแห้ง

4. ความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางในสภาพเปียกจะมีค่าน้อยกว่าในสภาพแห้ง เปรียบเทียบเมื่ออายุการใช้งานเท่ากัน

5. พื้นผิวทางแบบแอสฟัลท์ติกคอนกรีต ค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางจะลดลง เมื่อความหนาของฟิล์มน้ำหรือความหนาของชั้นน้ำบนพื้นผิวทางมีค่ามากขึ้น

6. พื้นผิวทางแอสฟัลท์ติกคอนกรีตที่ใช้งานหนักมาประมาณ 2 ปี พบว่าค่าความลึกของพื้นผิวทาง และความต้านทานการลื่นไถลจะลดลงต่ำกว่ามาตรฐานมาก จนอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ยานพาหนะที่วิ่งอยู่บนพื้นผิวทางได้ โดยเฉพาะในสภาพพื้นผิวทางเปียก

2.4 การวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง

พื้นผิวทางในสภาพเปียกเป็นสภาพที่วัดค่าความต้านทานการลื่นไถลได้น้อยกว่าสภาพพื้นผิวทางแห้ง ดังนั้นการทดสอบค่าความต้านทานการลื่นไถลโดยทั่วไปจึงทดสอบในสภาพพื้นผิวทางเปียก เครื่องมือที่นิยมใช้ตรวจวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางโดยทั่วไปมี 3 ชนิดคือ

2.4.1 เครื่อง Braking Force Trailer โดยทั่วไปประกอบด้วยรถยนต์นั่งหรือรถบรรทุกขนาดเล็ก ลากพ่วงเอาล้อทดสอบ (Test Wheel) จำนวนหนึ่งล้อหรือมากกว่าเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติและถังน้ำ หลักการของวิธีนี้ คือ เมื่อทำการหยุดล้อทดสอบขณะที่รถลากกำลังวิ่งอยู่จะเกิดแรงต้านทานที่พื้นผิวสัมผัสของหน้ายางล้อทดสอบกับพื้นผิวทาง ค่าแรงต้านทานนี้จะถูกบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติแล้วนำค่านี้ไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานเรียกว่าค่า "Braking Force Coefficient (BFC)"

Casthy ,T.I.(1968) พบว่าโดยปกติค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลจะถูกบันทึกด้วยช่วงเวลาอันสั้นและมีความคลาดเคลื่อนเพียง 1-2 % เท่านั้น จึงคุ้มค่ากับราคาเมื่อต้องทำการทดสอบในสนาม เครื่องทดสอบประเภทนี้จึงนิยมใช้งานในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ และฝรั่งเศส ต่อมาได้มีการคิดค้นเครื่องมือแบบใหม่ โดยใช้หลักการเดียวกันคือ ทำรถทดสอบที่ติดตั้งเครื่องวัดค่าความหน่วง(Decelerometer)เมื่อทดสอบวิ่งผ่านจุดที่ต้องการวัดค่าด้วยความเร็ว50 กม./ชม.ให้หยุดรถทันทีและปล่อยให้รถลื่นไถลไปแล้วจดบันทึกค่าอัตราหน่วงของรถทดสอบไว้ตั้งแต่ความเร็วเริ่มต้นจนถึงเวลาที่รถหยุดไถล ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของรถทดสอบจะมีค่าเท่ากับอัตราหน่วงของรถทดสอบในเทอมของค่าแรงโน้มถ่วงของโลก ผลที่ได้ให้ค่าใกล้เคียงกับวิธีการSideway-forceเมื่อรถทดสอบเป็นรถชนิดดอกยางเรียบ ข้อดีของวิธีนี้คือ รวดเร็ว

และราคาต่ำแต่ค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าวิธีSideway-force คือจะมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 2-3%

Giles(1957)ได้หาความสัมพันธ์ของค่า BFC และ SFC เมื่อวัดด้วยเครื่องมือทั้งสองแบบพบว่าค่า BFC โดยเฉลี่ยจะน้อยกว่าค่า SFC เล็กน้อย หรือ BFC = 0.8 SFC

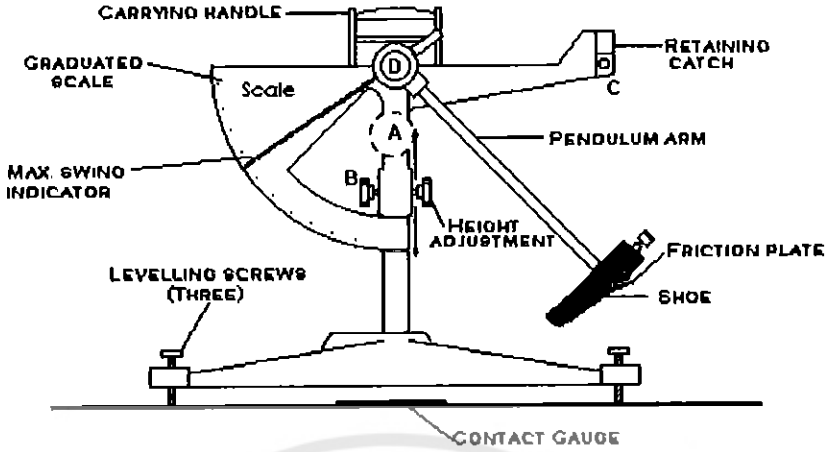
2.4.2 เครื่อง SCRIM (Sideway – Force Coefficient Routine Investigation Machine)

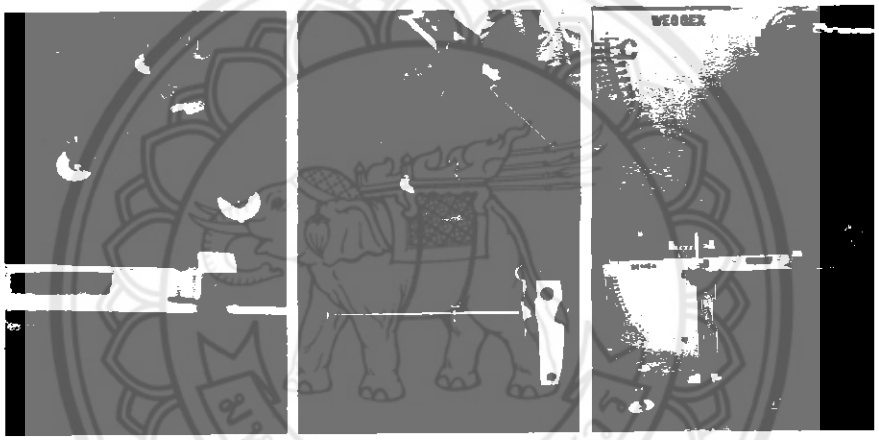
เครื่องมือชนิดนี้ TRRL เริ่มใช้งานครั้งแรกในประเทศอังกฤษ เมื่อ ค.ศ.1968 เรียกวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์การลื่นไถลแบบนี้ว่า Sideway-Force Coefficient (SFC)เป็นค่าอัตราส่วนของแรงทางด้านข้างของล้อทดสอบต่อน้ำหนักกระทำต่อล้อในแนวดิ่ง โดยล้อทดสอบจะติดตั้งทำมุม 20 องศากับทิศทางการเคลื่อนที่ของรถทดสอบ ล้อทดสอบที่ใช้เป็นล้อยางที่มีดอกยางเรียบ รถทดสอบต้องสามารถบรรทุกน้ำได้จำนวนมากเพื่อทำให้บริเวณที่จะทำการทดสอบเปียก ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่อง SCRIM คือเครื่องบันทึกผลของแรงทางด้านข้างที่ล้อทดสอบขณะที่ล้อทดสอบแล่นผ่านไปบนผิวทางที่ต้องการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานความเร็วที่ทำการทดสอบปกติ 50 กม./ชม.ตำแหน่งที่ทำการทดสอบจะถูกบันทึกออกมาเป็นช่วงด้วยกระดาษกราฟความคลาดเคลื่อนของวิธีการทดสอบด้วยวิธีนี้มี 1-2% ข้อดีของวิธีการนี้คือ สามารถวัดค่าได้ต่อเนื่องตลอดเส้นทางซึ่งไม่จำเป็นต้องมีการจัดระบบจราจรในขณะที่มีการทดสอบ

2.4.3 เครื่อง British Portable Tester (BPT) เครื่องมือชนิดนี้นิยมใช้งานกันแพร่หลายสำหรับการหาค่าความเสียดทานเฉพาะจุด(Spot Check)โดยวัดค่าความฝืดระหว่างยางที่ติดตั้งอยู่ที่ปลายของแขนแกว่ง(Pendulum Arm)กับพื้นผิวทางในสภาพพื้นผิวทางเปียกในรูปของ Skiding Resistence Value (SRV)

ข้อดี ของเครื่องมือแบบนี้คือสามารถทดสอบได้รวดเร็วทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการค่าที่ได้สามารถอ่านได้โดยตรง สามารถทดสอบได้แม้ในพื้นที่ลาดเอียง

ข้อเสีย คือเกิดความผิดพลาดได้ง่าย โดยเฉพาะกรณีพื้นผิวทางขรุขระและมีขีดจำกัดในการใช้งานมากกว่าเครื่องมือแบบอื่น รูปร่างของเครื่องมือทดสอบดังแสดงในรูปที่ 2.15





รูปเครื่องมือ Portable Skid Resistance Taster

รูปที่ 2.12 รูปเครื่องมือ Portable Skid Resistance Taster

ส่วนประกอบของเครื่อง BPT ตัวเครื่องประกอบด้วยฐานรองรับรูปตัว T ปลายแต่ละด้านของฐานมีสกรูปปรับให้สูงต่ำได้ โดยใช้ระดับน้ำซึ่งติดอยู่ที่โคนขาของเครื่องเป็นตัวตรวจสอบระดับของเครื่อง เพื่อให้เครื่องตั้งอยู่ในแนวดิ่งขณะทำการทดลอง แกนในแนวตั้งเป็นแกนกลม มีรางเลื่อนให้แขนแกว่ง และแผ่นดัชนีเลื่อนขึ้นลงได้ในแนวดิ่ง แขนแกว่งประกอบด้วยก้านอลูมิเนียมและลูกตุ้มที่ปลายแขน ภายในลูกตุ้มเป็นแผ่นยางติดกับก้านสปริงมีคันยกก้านสปริงเพื่อให้แผ่นยางยกขึ้น เหนือพื้นผิวทางได้เมื่อแกว่งกลับ แขนแกว่งถูกยึดติดด้วยไกปล่อยที่สามารถจับ-ปล่อยแขนแกว่งได้ เมื่อกดไกแขนแกว่ง จะตกลงจากตำแหน่งที่ถูกยึดไว้แบบอิสระและผิวหน้าแผ่นยางจะปาดสัมผัสไปบนพื้นผิวทางที่ต้องการทดสอบ ขณะเดียวกันแขนแกว่งจะพาเอาเข็มชี้ไปที่ขีดแบ่งบนดัชนีอลูมิเนียม การเลื่อนขึ้น-ลง ของแขนแกว่งผ่านแกนในแนวดิ่งเพื่อให้แผ่นยางทดสอบสัมผัสผิวทางเป็นระยะทาง 7.60±0.10 ซม. ความยาวของแขนแกว่งจากจุดหมุนของแขนแกว่งถึงแผ่นยาง

ยาว 50.00 ซม. น้ำหนักแขนแกว่งรวมลูกตุ้มและแผ่นยางหลัก 1.50±0.03 กก.จุดศูนย์ถ่วงอยู่ห่างจากจุดหมุน 40.50±0.50 ซม. ยางมีลักษณะสีดำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 3.10ซม. ยาว 7.60 ซม. หนา 0.06 ซม. ยึดติดกับอลูมิเนียมมีรูเสียบติดกับก้านสปริง น้ำหนักยางรวมแผ่นโลหะหนัก 22.0±5.00 กรัม แผ่นยางวางทำมุม 20 องศา กับผิวพื้นผิวทางที่ทำการทดสอบเมื่อแขนแกว่งอยู่ที่ตำแหน่งต่ำที่สุด แผ่นยางที่มีอายุการใช้งานอย่างน้อย 6 เดือน และมีคุณสมบัติดังนี้

คุณสมบัติ	อุณหภูมิ(C̊)				
	0	10	20	30	40
ความยืดหยุ่น(Resilience)%	42-47	55-62	61-68	64-71	66-73
ความแข็ง(Hardness)	55±BS.DEGREE				

แผ่นดัชนีเป็นแผ่นดัชนีเคลือบรูปเสี้ยววงกลม มีขีดแบ่งช่วงที่จุดบนสุดเป็น 0 และที่จุดล่างสุดเป็น 150 ดังรูปที่ 2.16 หลักการออกแบบเครื่องมือนี้ คือ ใช้เครื่องมือจำลองสภาพล้อรถที่วิ่งไปบนพื้นผิวทาง โดยแผ่นยางที่มีพื้นที่สัมผัสเท่ากับ $3\times\frac{1}{20}$ ตารางนิ้ว มีความดัน 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้วซึ่งเปรียบเทียบเป็นค่าความเร็วที่ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ค่าความต้านทานการลื่นไถลที่อ่านได้จากเครื่อง (Skid Resistance Value,SRV)ที่อ่านได้จากเครื่อง BPT จะให้ค่า 100 เท่าของค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน(Coefficient of Friction,C_F)

2.5 เครื่องมือวัดความหนาของฟิล์มน้ำ (NASA Water Depht Gage)

เครื่องวัดค่าความหนาของฟิล์มน้ำแสดงไว้ในรูปที่ 2.17 ใช้วัดความหนาของฟิล์มขณะพื้นผิวทางเปียก มีลักษณะกลมทำด้วยไฟเบอร์กลาสสีดำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว หนา ½ นิ้ว มีรูเจาะขนาด 0.50 นิ้ว โดยรอบ พร้อมตัวเลขกำกับบอกค่าความหนาของฟิล์มน้ำ ค่าที่สามารถอ่านได้จาก 0.01 ถึง 0.10 นิ้ว (0.254-2.54 มม.) ในแต่ละรูมีแท่งพลาสติกแข็งใส่ส่วนปลายเป็นรูปกรวยสอดอยู่การควบคุมระดับของเครื่องมือทำได้โดยใช้แท่งเหล็ก 3 แท่ง ที่ติดมากับเครื่องเป็นตัวควบคุม

การอ่านค่าความหนาของฟิล์มน้ำจะเริ่มอ่านจากส่วนบน ซึ่งวัดค่าความหนาต่ำสุดไปหาค่าสูงสุดจดบันทึกค่าที่อ่านได้ไว้ ค่าที่อ่านได้มากที่สุดที่น้ำเต็มร่องกรวย คือ ค่าความหนาของฟิล์มน้ำบนพื้นผิวทางที่ทำการตรวจวัด

2.6 มาตรฐานกำหนดความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง (Stand of Skid Resistance)

โดยทั่วไปมาตรฐานที่กำหนดขึ้นจะเป็นค่าขั้นต่ำ เพื่อเป็นขีดจำกัดให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ขี่ยวดยานเป็นประการสำคัญ นอกจากนี้ยังใช้เป็นประโยชน์ในการพิจารณาประเมินระยะเวลาเพื่อซ่อมบำรุงพื้นผิวจราจรได้ด้วย

Giles, (1957) ได้เสนอแนะระดับของค่า SFC ที่ความเร็ว 50 กิโลเมตร/ ชั่วโมงสำหรับประเภทและลักษณะถนนต่างๆรวม 4 ประเภท ในสภาพพื้นผิวทางเปียกดังแสดงในตารางที่ 2.1 ค่าที่ได้รับการเสนอแนะนี้ใกล้เคียงกับที่ใช้งานของหน่อยซ่อมบำรุงทางหลวงของประเทศอังกฤษ

Salt, GF ,& Szatkowski , W.S. , (1973) ได้เสนอแนะว่าสำหรับถนนที่ใช้สำหรับยวดยานที่มีความเร็วสูงเกินกว่า 95 กิโลเมตร/ชั่วโมง ค่าเปอร์เซ็นต์การลดของค่า SRV มากที่สุดจากค่าความเร็วสูงไปต่ำไม่ควรเกิน 20 % เพื่อที่จะรักษาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานให้มากพอที่จะไม่ทำให้เกิดอันตราย จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่า ค่าความลึกของพื้นผิวจราจรที่น้อยที่สุดสำหรับผิวทางลาดยาง คือ 1.00 มม. ผิวทางคอนกรีตเท่ากับ 0.50 มม. เมื่อค่าความลึกผิวทางน้อยกว่านี้ควรทำการซ่อมแซมบำรุงพื้นผิวทางใหม่

Bunnag, et al,(1975) ได้เสนอแนะค่าความต้านทานการลื่นไถลในสภาพพื้นผิวทางเปียกของถนนประเภทต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 ระดับของค่า SFC ที่ความเร็ว 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง (SFC_{50}) สำหรับประเภทและลักษณะของถนนต่างๆ รวม 4 ประเภท (Giles,1957)

ประเภท	ลักษณะของถนน	ในสภาพผิวทางเปียก	
		ค่า SFC	ค่า BPTV
A	ถนนตามจุดอันตราย(Most Difficult Sites) เช่น -วงเวียน -ถนนโค้งที่มีรัศมีความโค้งน้อยกว่า 500 ฟุต -ทางลาดชันมากกว่า 1:2 และระยะความลาดมากกว่า 300 ฟุต -บริเวณแยกใกล้ไฟสัญญาณ	มากกว่า 0.60	มากกว่า 65
B	ถนนสาธารณะโดยทั่วไปที่ไม่ได้จัดอยู่ในประเภท Aและ C (General Requirements)	มากกว่า 0.50	มากกว่า 55
C	ถนนสาธารณะในทางตรงที่มีความลาดชันน้อยรัศมีความโค้งไม่มากนักและมีบริเวณแยกน้อย(Easy Sites)	มากกว่า 0.40	มากกว่า 55
D	ถนนสาธารณะโดยทั่วไปที่มี สปส.ความเสียดทานต่ำกว่า 0.40 (Proved Sites)		ถ้าต่ำกว่า 45จะเกิดการลื่นไถล

1551171
ว/ร.
ฬ7357
2553

ตารางที่ 2.2 ผลของความลึกของผิวมหาภาคที่มีต่อค่าความต้านทานการลื่นไถล (SRV) เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น (Salt &Szatkowski,1973)

ค่า SRV ที่ลดลงเมื่อความเร็วเปลี่ยนจาก 50-130 กม./ชม. (%)	ความลึกผิวทาง(มม.)	
	ผิวทางลาดยาง	ผิวทางคอนกรีต
0	2.00	0.80
10	1.50	0.70
20	1.00	0.50
30	0.50	0.40

ตารางที่ 2.3 ค่าความต้านทานการลื่นไถลขั้นต่ำของ BPT-Number และ Mu-Meter Number ที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในลักษณะถนนประเภทต่างๆ ในกรณีผิวทางเปียก (Wet Condition) (Bunnag& Sukhawan,1975)

ลักษณะของถนน	ค่า BPN	Mu-Meter Number ที่ 60 กม.ต่อชม.
ตามจุดอันตราย เช่น วงเวียน โค้ง ทางชันจุดใกล้สัญญาณไฟจราจร(ตามแยก)และบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยๆ	50	30
ทางหลวงชั้น 1,ชั้น 2 และถนนแยก (Feeder Roads)ที่มีปริมาณการจราจรเกิน 1,500 คัน	45	25

2.7 มาตรฐานกำหนดความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง (Stand of Skid Resistance) มาตรฐานจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

มาตรฐานความลื่นไถลของถนน อ้างอิงมาจาก ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง เป็นตัวอย่างงานวัดค่าความการต้านทานการลื่นไถลของผิวจราจร โดยเป็นการสำรวจ ถนนสายกรุงเทพ-ชลบุรี(สายใหม่) โดยจะอ้างอิงจากตารางการทดลองนี้จากตาราง 2.4 ซึ่งมาตรฐานการทดลองของสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง จะใช้ค่ามาตรฐานที่ 44

กองสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

งานวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวจราจรเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน และหาค่าเฉลี่ยความหยาบของผิวจราจร

SKID - RESISTANCE, COEFFICIENT OF FRICTION AND TEXTURE DEPTH MEASUREMENT

รายละเอียดสายทาง		TEST SECTION		GEOMETRICS		SURFACE TYPE	WHEEL SURFACE	SRV,CF AND Td (LT , LT)													
โครงการ	[illegible]							LWT					BWT.				RWT.				
	ใช้ทำผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีต โดยใช้							ที่ T ขณะทดสอบ		ที่ T = 35 c		Td	ที่ T ขณะทดสอบ		ที่ T = 35oc		Td	ที่ T ขณะทดสอบ		ที่ T = 35oc		Td
	Slag Aggregate เป็นวัสดุมวลรวม ตั้งแต่ [illegible]	SITE No.	Km. - Km.	M	C			T° C	SRV	SRV	CF		T° C	SRV	SRV	CF		T° C	SRV	SRV	CF	
พื้นที่ควบคุม	ตลอด ความยาวพื้นผิวจราจรเดิม	1	74 - 74			AC	Wet	44	47	50	0.50	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	74 - 100			AC	Wet	44	46	51	0.51	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
หมายเลขสายทาง	/	3	74 - 200			AC	Wet	44	42	46	0.46	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ชื่อสายทาง	ตอน [illegible]	4	74 - 300			AC	Wet	44	43	42	0.42	0.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กม. - กม.	กม. 74+000 - 75+000	5	74 - 400			AC	Wet	44	43	51	0.51	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เลนที่ทดสอบ	L2	6	74 - 500			AC	Wet	44	52	55	0.55	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
วันที่ทดสอบ	22 สิงหาคม 2562	7	74 - 600			AC	Wet	44	49	52	0.52	0.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เวลาทดสอบ	10.00 - 15.00	8	74 - 700			AC	Wet	44	53	54	0.54	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
หมายเหตุ	ใช้ Slag A เป็นวัสดุมวลรวม	9	74 - 800			AC	Wet	44	52	55	0.55	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		10	74 - 900			AC	Wet	44	52	53	0.53	0.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		11	74 - 500			AC	Wet	46	50	53	0.53	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

สรุป

	SRV	CF	Td
	LWLT	WET	
MAX.	55	0.55	28.52
MIN.	50	0.50	32.16
AVAN	53	0.53	0.33

NOTE :- เป็นผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีต ที่ใช้ Slag Aggregate เป็นวัสดุ [illegible]

PORTABLE SKID - RESISTANCE TESTER NUMBER :-

6030 - 043 - 0001 - 49

RECORDERS :- TANIN, PREECHA, SUCHART

SRV :- SKID - RESISTANCE VALUE ; B/N.

Td :- TEXTURE DEPTH ; mm.

CF :- COEFFICIENT OF FRICTION = SRV / 100

LWT :- LEFT WHEEL TRACK

BWT :- BETWEEN WHEEL TRACK

RWT :- RIGHT WHEEL TRACK

รูปที่ 2.13 แบบสำรวจงานวัดความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางจราจร

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินการวิจัยในสนาม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการทดสอบค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง (SRV) ในสภาพพื้นผิวทางเปียกและสภาพพื้นทางผิวแห้ง ด้วยเครื่อง Portable Skid-Resistance Tester พร้อมกับทำการวัดอุณหภูมิ

ตำแหน่งของการตรวจวัดและจุดที่ทำการทดสอบรวมทั้งหมด 4 พื้นที่ โดยแบ่งแต่ละพื้นที่การทดสอบได้ดังนี้

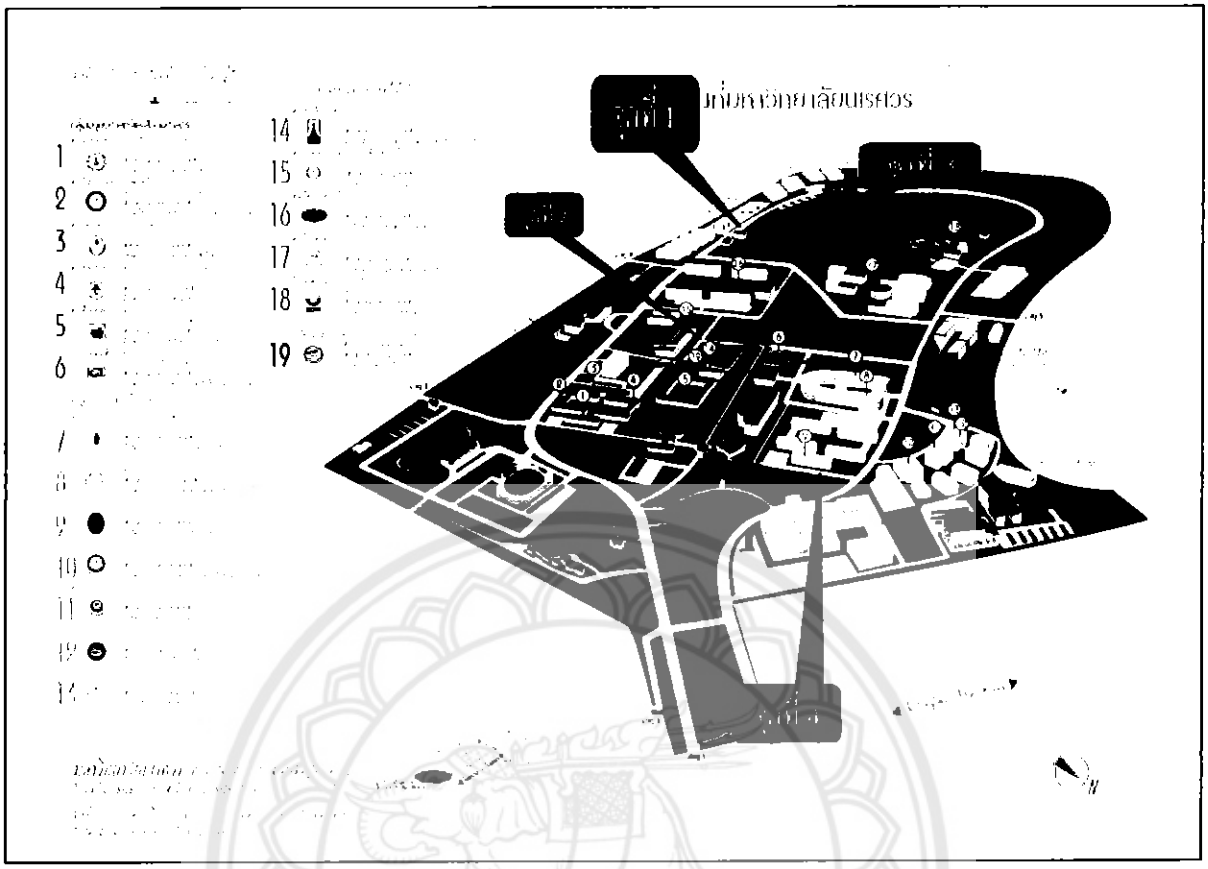
ผิวทางลาดยาง 2 พื้นที่

- ถนนลานจอดรถหอพักนิสิต
- ถนนข้างหอสมุดมหาลัยนเรศวร

ผิวทางคอนกรีต 2 พื้นที่

- ถนนหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์
- ถนนหน้าธนาคารกรุงศรีอยุธยา

ซึ่งได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 3.1 และ รูปที่ 3.2 จะทำการทดสอบในพื้นที่ทดสอบ 1 จุดพื้นที่ทดสอบ ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดที่ให้ค่าวิกฤตที่สุด คือ ตำแหน่งในแนวร่องล้อรถยนต์และได้ถือตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่กำหนดขึ้นเพื่อตรวจวัดในการทดลองในครั้งนี้ โดยมีระยะห่างแต่ละจุด 10 เมตร โดยจะทำการทดสอบ ล้อซ้าย 5 จุด ล้อขวา 5 จุด ในแนวเดียวกัน ซึ่งมีระยะตลอดการทดลองทั้งหมด 50 เมตร โดยแต่ละครั้งที่ทำการทดลองจะกดแขนแกว่งให้ผิวทางสัมผัสกับพื้นผิวทาง 7 ครั้ง และจดบันทึกและนำค่าที่ได้ทั้ง 7 ค่านำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อตรวจสอบกับค่ามาตรฐาน44

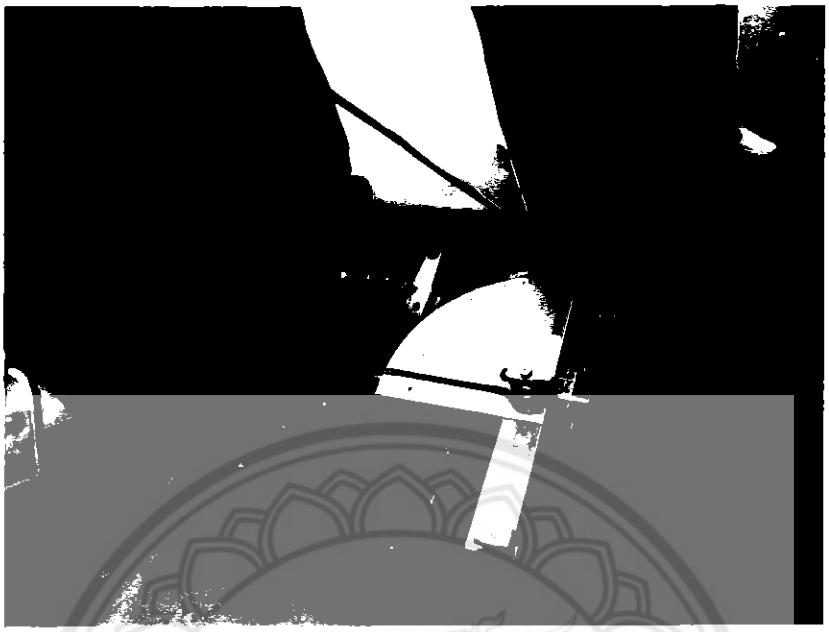


รูปที่ 3.1 ตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบวัดค่าในสนาม พื้นที่ทั้ง 4 พื้นที่ ภายในมหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดค่าในสนาม

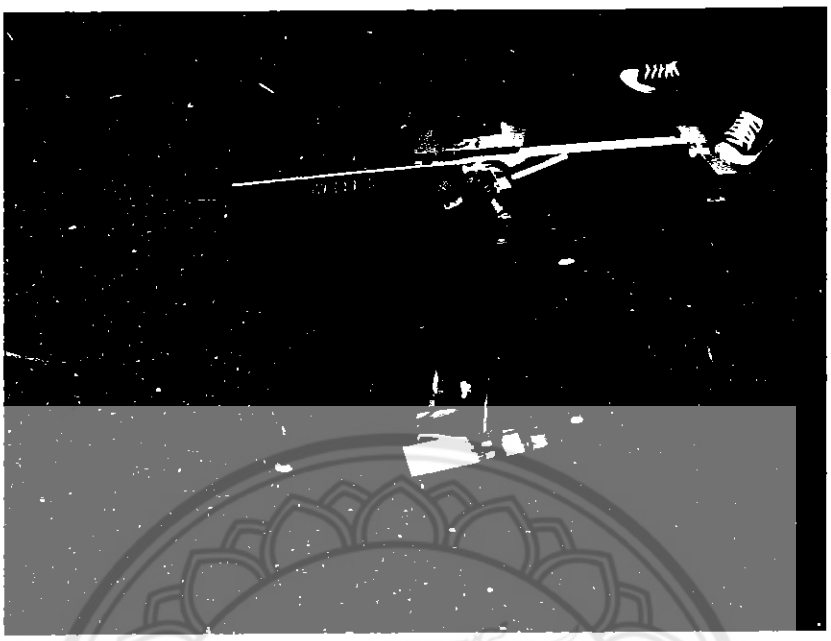
งานศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการภาคสนามบนพื้นผิวทางคอนกรีตภายในบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2554 ระหว่างที่ทำการทดสอบก็ยังมีจราจรของรถยนต์วิ่งผ่านไปมาในพื้นที่ทำการทดสอบตลอดเวลา จึงต้องมีการระมัดระวังเป็นอย่างมากในการทดสอบตลอดเวลา

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

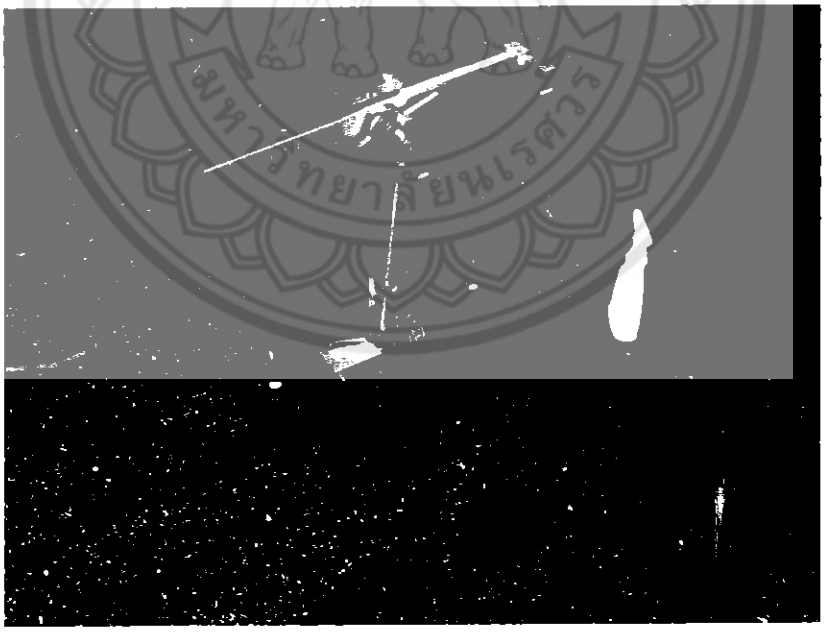


รูปที่ 3.3 เครื่องมือทดสอบ Portable Skid-Resistance Tester

รูปที่ 3.4 การตรวจสอบเครื่องมือก่อนทำการทดลอง

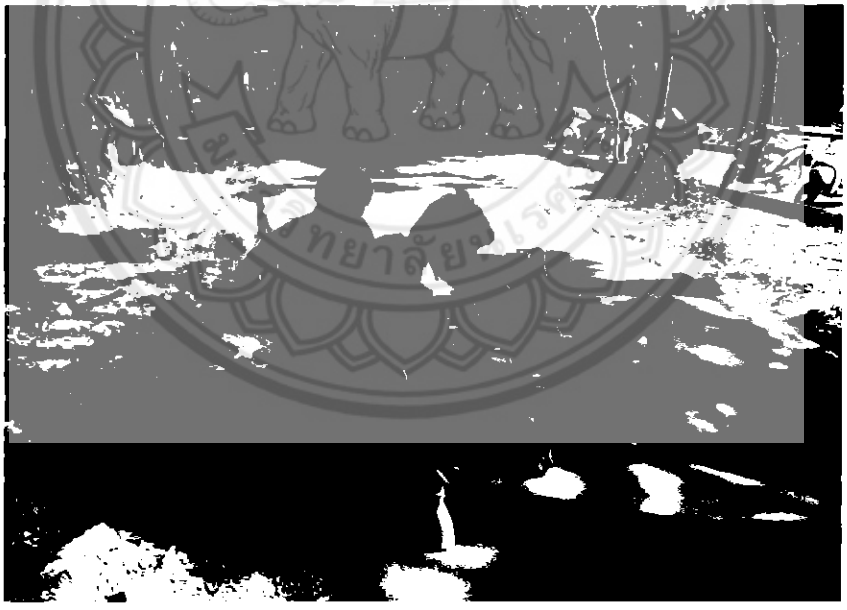


รูปที่ 3.5 การทดสอบในสภาพผิวแห้ง



รูปที่ 3.6 การทดสอบในสภาพผิวเปียก

รูปที่ 3.7 การทดสอบบริเวณลานจอดรถในมหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 3.8 การทดสอบบริเวณถนนข้างหอสมุดของมหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ 3.9 การทดสอบบริเวณถนนหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์

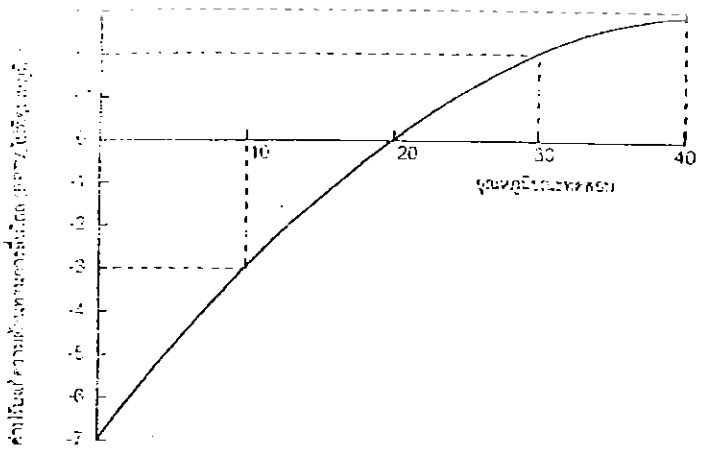
รูปที่ 3.10 การทดสอบบริเวณข้างตึกเภสัชศาสตร์

3.3 การวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลในสนาม

การตรวจวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลในสนามโดยใช้เครื่อง British Potable Tester (BPT) มีดังนี้

ก่อนอื่นต้องมีการตรวจเช็คเครื่องก่อนทำการทดสอบทุกครั้ง เมื่อเสร็จขั้นตอนนี้แล้ว ก็เริ่มทำการทดสอบ โดยการกดไกที่ยึดแขนแกว่ง แขนแกว่งก็จะตกลงมาอย่างอิสระ แล้วแผ่นยางจะสัมผัสกับผิวทาง ซึ่งจะหาค่า SRV ในสภาพผิวแห้ง แล้วก็จดบันทึกค่าที่เข็มชี้วัด (Pointer) ชี้บ่งบอกไว้ไว้บนแผ่นดัชนีอลูมิเนียมอย่างน้อย 7 ค่า ส่วนในสภาพผิวทางเปียกจะต้องทำแผ่นยางเปียกทุกครั้งและทำให้ผิวทางในจุดที่ทำการทดสอบให้เปียกชุ่มทุกครั้งที่จะทำการทดสอบ แล้วก็บันทึกค่าอย่างน้อง 7 ค่าเหมือนกับสภาพผิวแห้ง ค่าที่ได้แรกๆของสภาพผิวเปียก อาจจะมีค่าต่ำกว่าที่เป็นจริงเล็กน้อย เนื่องจากฝุ่นละอองยังเกาะอยู่บนผิวทางที่ทำการทดสอบถึงแม้ลาดน้ำให้เปียกแล้วก็ตาม แต่ยังหลงเหลืออยู่บ้างทำให้เกิดการลื่นไถลขึ้นได้ จำเป็นต้องลาดน้ำบนส่วนผิวทางนั้นให้สะอาดก่อนทุกครั้งเมื่อทำการวัดค่า

หมายเหตุ ระหว่างที่ทำการวัดค่าจะต้องบันทึกอุณหภูมิของอากาศ (Air Temperature) อุณหภูมิของผิวทาง (Surface Temperature) ขณะนั้นทุกครั้งนำมาใช้ปรับแก้ค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่อุณหภูมินั้น (SRV , BPTV) ไปที่อุณหภูมิ 20 °C (SRV_{20} ,$BPTV_{20}$) ดังกราฟการปรับแก้ค่าในรูปที่ 3.3 สำหรับการทดลองนี้ ได้แปลงค่าตามค่าปรับแก้ความต้านทานการลื่นไถล แต่ผลการทดลองที่ได้นั้นมีค่าเกินมาตรฐาน อยู่ในด้านปลอดภัยมาก จึงไม่จำเป็นต้องปรับแก้ ซึ่งอุณหภูมิ โดยปกติสูงกว่า 20 °C อยู่แล้วซึ่งไม่จำเป็นต้องคำนวณถึงค่า SRV ที่ 20 °C จึงพิจารณาที่อุณหภูมิ 30-40 °C



รูปที่ 3.11 ค่าใช้ปรับแก้ความต้านทานการลื่นไถล เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงขณะทดสอบ(Sabey,1969)

3.4 สมการปรับแก้อุณหภูมิ

ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อการคืนตัวของแท่นยางมีอิทธิพลต่อการวัดค่าความต้านทานการลื่น ไถลในประเทศอังกฤษ ค่าความต้านทานการลื่นไถลอยู่ที่อุณหภูมิ 20 °c

จากการศึกษาของ Maclean andShergold (1978) แนะนำให้ใช้สัดส่วนของอุณหภูมิ ปรับแก้ค่าที่อ่านได้จากการศึกษาของ Beaven and Tubey (1978) ในประเทศมาเลเซีย ได้ปรับปรุงสูตรเพื่อปรับแก้ค่าความต้านทานการลื่นไถลที่อุณหภูมิทดสอบ เป็นค่าความต้านทานการลื่นไถลที่อุณหภูมิ 35 °c ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้อ้างอิงในบริเวณโซนเมืองร้อน

$$SRV(35) = \frac{(100+t)}{135} \times SRV(t)$$

เมื่อ SRV(35) = Equivalent Skid Resistance Value at 35oc

SRV(t) = Measured Skid Resistance

t = Temperature at Test Site

3.5 สมการหา Coefficient of Friction; f

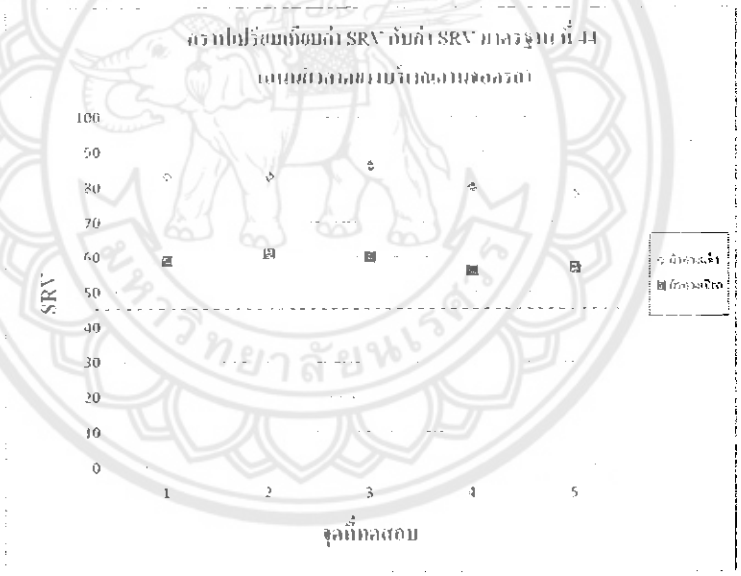
$$f = (SRV/100)$$

โดยการนำค่า SRV ที่ได้จากการทดลอง(ค่าที่ปรับแก้อุณหภูมิ) ซึ่งจะนำค่าเฉลี่ยของ SRV จากการทดลองในภาคสนาม นำมาหารด้วย 100 จะได้ค่า f (Coefficient of Friction) หรือเรียกว่าค่า factor โดยค่า factor จะไม่มีหน่วย ค่า SRV มากค่า f มีมาก กล่าวคือ ถ้าค่า f มาก ค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางจราจรจะมีค่ามาก

บทที่ 4

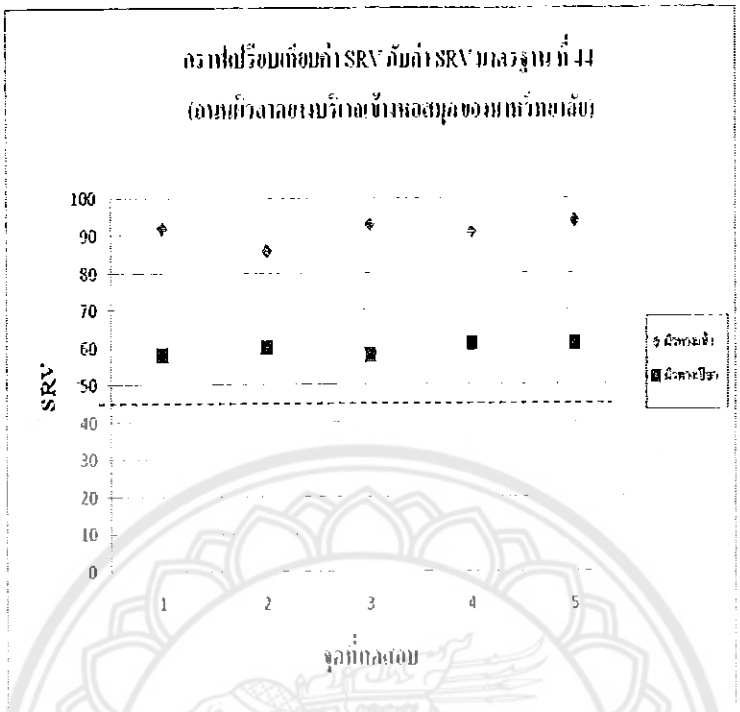
ผลการทดลอง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งการทดสอบค่าต้านทานความลื่นไถลของพื้นผิวถนนทางแบ่งออกเป็น 2 สถานะ คือ ทำการทดสอบในภาพพื้นที่ผิวทางแห้ง และทดสอบในสภาพในพื้นที่สภาพผิวเปียก ค่าความต้านทานการลื่นไถลทั้ง 2 ผิวทาง ได้รายงานผลกรทดลองในรูปแบบของค่า (SRV) โดยผลที่ได้จะนำมาปรับแก้ค่าจากค่า (SRV) ที่ 20 องศาเซลเซียส (SRV_{20}) ซึ่งทำการทดสอบตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ในแต่ละที่ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ที่ในบทที่ 3 ค่าความต้านทานการลื่นไถลที่วัดได้ในสนาม ได้ทำการวัดในบริเวณที่ทำการตรวจวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลแต่ละตำแหน่งพร้อมกับวัดค่าอุณหภูมิของพื้นผิวทาง และบันทึกค่าโดยได้แสดงไว้ในกราฟดังต่อไปนี้



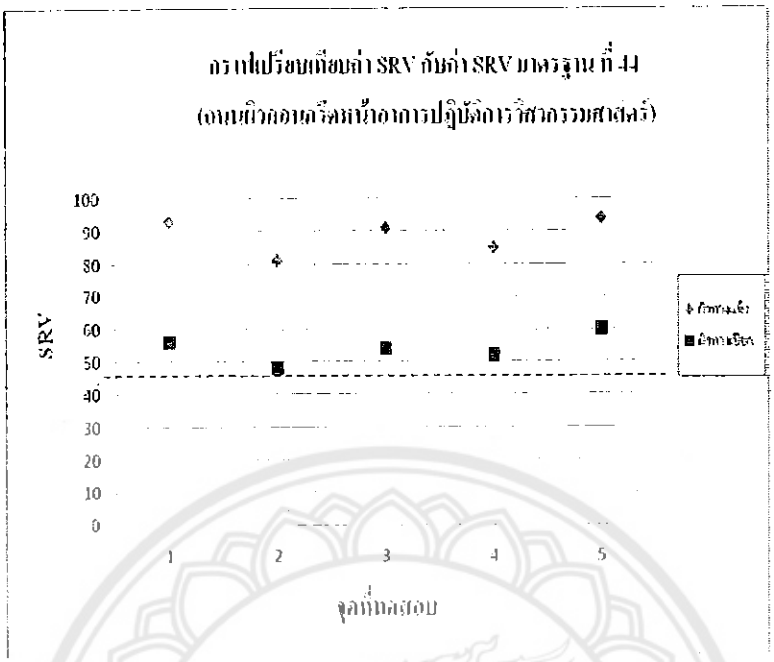
รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่44 (ถนนผิวลาดยางบริเวณลานจอดรถ)

จากรูปที่ 4.1 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่ 44 โดยค่า SRV จะมีการปรับแก้อุณหภูมิ 20 °C (ค่าปรับแก้รูปที่ 3.1) ทั้งผิวทางเปียกและผิวทางแห้ง ค่า SRV ผิวทางแห้งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 82 ค่าสูงสุด คือ SRVที่ 85 ค่าต่ำสุดคือ SRVที่78 ซึ่งนำมาหาค่า Coefficient of friction โดยนำค่าเฉลี่ยของผิวทางเปียกหาร 100 ได้ค่า f = 0.82 ค่า SRV ผิวทางเปียกค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 59 ค่าสูงสุด คือ SRVที่ 61 ค่าต่ำสุดคือ SRVที่ 56 ซึ่งนำมาหาค่า Coefficient of friction โดยนำค่าเฉลี่ยของผิวทางเปียกหาร 100 ได้ค่า f = 0.59 และจะได้ว่าค่าผิวทางแบบแห้งจะมีค่ามากกว่าผิวทางเปียก โดยมีค่าแตกต่างกันประมาณ 22%



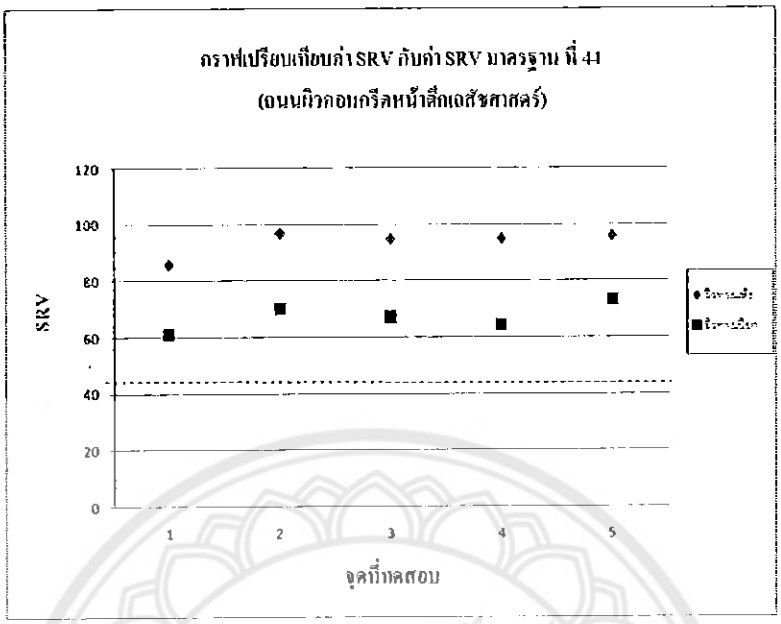
รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่44 (ถนนผิวลาดยางบริเวณข้างหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร)

จากรูปที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่ 44 โดยค่า SRV จะมีการปรับแก้อุณหภูมิ 20 °C (ค่าปรับแก้รูปที่ 3.1) ทั้งผิวทางเปียกและผิวทางแห้ง ค่า SRV ผิวทางแห้งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 91 ค่าสูงสุด คือ SRVที่ 93 ค่าต่ำสุดคือ SRVที่ 86 ซึ่งนำมาหาค่า Coefficient of friction โดยนำค่าเฉลี่ยของผิวทางเปียกหาร 100 ได้ค่า f = 0.91 ค่า SRV ผิวทางเปียกค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 60 ค่าสูงสุด คือ SRVที่ 61 ค่าต่ำสุดคือ SRVที่ 58 ซึ่งนำมาหาค่า Coefficient of friction โดยนำค่าเฉลี่ยของผิวทางเปียกหาร 100 ได้ค่า f = 0.60 และจะได้ว่าค่าผิวทางแบบแห้งจะมีค่ามากกว่าผิวทางเปียก โดยมีค่าแตกต่างกันประมาณ 30%



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่44 (ถนนผิวคอนกรีตบริเวณหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์)

จากรูปที่ 4.3 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่ 44 โดยค่า SRV จะมีการปรับแก้อุณหภูมิ 20 °C (ค่าปรับแก้รูปที่ 3.1) ทั้งผิวทางเปียกและผิวทางแห้ง ค่า SRV ผิวทางแห้งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 90 ค่าสูงสุด คือ SRVที่ 94 ค่าต่ำสุดคือ SRVที่ 85 ซึ่งนำมาหาค่า f (Coefficient of friction) ได้ค่า f = 0.90 ค่า SRV ผิวทางเปียกค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 54 ค่าสูงสุด คือ SRVที่ 63 ค่าต่ำสุดคือ SRVที่ 48 ซึ่งนำมาหาค่า Coefficient of friction ได้ค่า f = 0.54 และจะได้ว่าค่าผิวทางแบบแห้งจะมีค่ามากกว่าผิวทางเปียก โดยมีค่าแตกต่างกันประมาณ 35%



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่44 (ถนนผิวคอนกรีตบริเวณหน้าตึกเภสัชศาสตร์)

จากรูปที่ 4.4 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า SRV กับค่า SRV มาตรฐานที่ 44 โดยค่า SRV จะมีการปรับแก้อุณหภูมิ 20 °C (ค่าปรับแก้รูปที่ 3.1) ทั้งผิวทางเปียกและผิวทางแห้ง ค่า SRV ผิวทางแห้งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 96 ค่าสูงสุด คือ SRVที่ 97 ค่าต่ำสุดคือ SRVที่ 93 ซึ่งนำมาหาค่า f (Coefficient of friction) ได้ค่า f = 0.96 ค่า SRV ผิวทางเปียกค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 70 ค่าสูงสุด คือ SRVที่ 75 ค่าต่ำสุดคือ SRVที่ 67 ซึ่งนำมาหาค่า Coefficient of friction ได้ค่า f = 0.70 และจะได้ว่าค่าผิวทางแบบแห้งจะมีค่ามากกว่าผิวทางเปียก โดยมีค่าแตกต่างกันประมาณ 25%

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การทดลองการเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถลบนผิวถนนลาดยางและผิวคอนกรีต ทั้งนี้ต้องการหาค่าความสัมพันธ์และความแตกต่างของผิวทางคอนกรีตและผิวทางลาดยาง ทั้งในสภาพผิวทางแบบแห้งและผิวทางแบบเปียก หาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง และนำค่าเฉลี่ยของผิวทางแห้งและผิวทางเปียก มาหาค่า f : (Coefficient of Friction)

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามระหว่างค่าต้านทานการลื่นไถลกับค่ามาตรฐานในสภาพเปียกและแห้ง

วิเคราะห์ผลการทดลอง	ค่ามาตรฐานที่ 44	ค่า SRV ของถนนผิวทางลาดยาง		ค่า SRV ของถนนผิวทางคอนกรีต		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		ผิวทางแบบแห้ง	ผิวทางแบบเปียก	ผิวทางแบบแห้ง	ผิวทางแบบเปียก	
ค่า SRV เฉลี่ยบริเวณลานจอดรถหอพักนิสิต	44	82	59	-	-	22%
ค่า SRV เฉลี่ยบริเวณถนนข้างหอสมุดมหาลัยนเรศวร	44	91	60	-	-	30%
ค่า SRV เฉลี่ยบริเวณหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์	44	-	-	90	54	35%
ค่า SRV เฉลี่ยบริเวณถนนหน้าตึกคณะเภสัชศาสตร์	44	-	-	96	70	25%

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามระหว่างผิวทางแบบเปียกและผิวทางแบบแห้ง

วิเคราะห์ผลการทดลอง	ค่ามาตรฐานที่ 44	ค่า SRV ของถนนผิวทางลาดยาง	ค่า SRV ของถนนผิวทางคอนกรีต	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
การเปรียบเทียบค่าการต้านการลื่นไถลระหว่างผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีตในสภาพผิวแห้ง	44	86	92	6%
การเปรียบเทียบค่าการต้านการลื่นไถลระหว่างผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีตในสภาพผิวเปียก	44	59	54	5%

ตารางที่ 5.3 การแปลงค่า SRV ที่ได้จากการทดลอง มาเป็นค่า Coefficient of Friction; f

วิเคราะห์ผลการทดลอง	ค่า f ผิวทางแบบลาดยาง		ค่า f ผิวทางแบบคอนกรีต	
	ผิวทางแบบแห้ง	ผิวทางแบบเปียก	ผิวทางแบบแห้ง	ผิวทางแบบเปียก
ค่า f เฉลี่ยบริเวณลานจอดรถหอพักนิสิต	0.82	0.59	-	-
ค่า f เฉลี่ยบริเวณถนนข้างหอสมุดมหาลัยนเรศวร	0.91	0.60	-	-
ค่า f เฉลี่ยบริเวณหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์	-	-	0.90	0.54
ค่า f เฉลี่ยบริเวณถนนข้างตึกคณะเภสัชศาสตร์	-	-	0.96	0.76

สรุปผลการทดลอง

5.1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามระหว่างค่าต้านทานการลื่นไถลกับค่ามาตรฐานในสภาพเปียกและแห้งของผิวทางลาดยาง

ถนนลาดยางทั้งผิวเปียกและผิวแห้งนั้นมีค่า SRV สูงกว่ามาตรฐานค่อนข้างมาก ซึ่งถือว่าถนนที่ทดสอบ 2 จุดนี้มีความปลอดภัยทั้งผิวแห้งและผิวเปียก และสังเกตได้ว่า ถนนข้างหอสมุดมหาลัยจะมีค่า SRV สูงในสภาพผิวเปียก ทั้งนี้มาจากถนนสายนี้พึ่งมีการซ่อมบำรุงใหม่ โดยการลาดยางใหม่ ทำให้ค่า SRV. ที่ได้สูง แตกต่างกับถนนที่ใช้งานไปนานจะทำให้ถนนนั้นมีความลื่นไถลสูง เพราะมีการเสียดสีของล้อรถและวัสดุหน้าผิวลาดยาง

5.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามระหว่างค่าต้านทานการลื่นไถลกับค่ามาตรฐานในสภาพเปียกและแห้งของผิวทางคอนกรีต

จากข้อมูลที่ได้จะเห็นได้ว่าผิวทางคอนกรีตที่หน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ ในสภาพผิวเปียก ซึ่งอาจเกิดมาจากจุดที่ทดสอบนั้น มีการสัมผัสระหว่างล้อรถและหน้าผิวทางนานๆก็จะทำให้ผิวทางเรียบทำให้เกิดการลื่นไถลได้ ส่วนค่า SRV ของถนนผิวทางคอนกรีตข้างตึกเภสัชศาสตร์มีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้มาจากการกรีดเส้นบนถนนผิวทางคอนกรีตหลังการก่อสร้าง ทั้งนี้สามารถช่วยลดความลื่นของถนนได้ดีในถนนผิวทางคอนกรีต

5.3 การเปรียบเทียบผลการทดสอบค่าต้านทานการลื่นไถลของผิวทางคอนกรีตและผิวทางลาดยาง พร้อมระบุความแตกต่าง

คอนกรีตที่มีค่าน้อยอาจมีหลายสาเหตุที่ทำให้ค่าต่ำกว่าค่าจากผิวทางลาดยาง ได้แก่

- การขัดสีและการบดทับของยางรถยนต์
- การใช้หินกรวดผสมในคอนกรีตแทนหินโม่
- เนื่องจากการเยิ้มของน้ำที่ผิวหน้ามากเกินไปในการสร้างทาง
- การกรีดเส้นถนนหลังจากการเทคอนกรีตเพื่อลดความลื่นไถลของถนน
- การระบายน้ำออกจากผิวสัมผัสระหว่างผิวทางกับยางรถยนต์
- ปริมาณการจราจรและอายุการใช้งาน

5.4 การหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างผิวเปียกและผิวแห้ง ทั้งผิวถนนคอนกรีตและผิวถนนลาดยาง

จากผลการทดลองเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างทั้งผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีตจะอยู่ในช่วง 20% - 35% ซึ่งถือว่ามีค่าความแตกต่างที่ไม่แตกต่างกันมาก แต่ในผิวทางคอนกรีตนั้นจะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่อนข้างมาก ซึ่งเห็นได้ชัดว่าเวลาผิวทางแห้งถนนคอนกรีตจะมีค่าต้านการลื่นไถลดี พอฝนตกหรือมีน้ำในผิวหน้าของถนน ถนนคอนกรีตจะมีความลื่นไถลสูง

5.5 การแปลงค่า SRV ที่ได้จากการทดลอง มาเป็นค่า Coefficient of Friction; f

ค่า f (Coefficient of Friction) หรืออาจเรียกว่า ค่า Factor ของถนน โดยมาจากค่า SRV นั้นเอง โดยให้เหตุผลว่าถ้าค่า SRV มีค่ามาก ค่า f จะมากด้วย ซึ่งค่า f มากก็จะทำให้ถนนมีความฝืดมากขึ้นหรือมีค่าการต้านทานการลื่นไถลมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

นิพลธ์ รณะนันท์ และชวลิต สุขะวรรณ.(2515).Skid Resistance ของผิวทางบางชนิดบนทางหลวงสายประธานหมายเลข 1.กรุงเทพฯ:กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

ชยันต์ เจริญพร และสุเชษฐ์ เอี่ยดเชย .(2542)ความต้านทานการลื่นไถลของงานซ่อมบำรุงแบบ Thin Bonded Patching.ฉบับที่ วพ.171.กรุงเทพ:ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

ภาคผนวก ก

วิธีการใช้เครื่องมือ BPT

วิธีการใช้เครื่องมือ BPT

มีดังนี้ คือ

1. ตรวจความเรียบร้อยของเครื่องมือทุกอย่างให้อยู่สภาพใช้งานได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผ่นยางที่ใช้นั้นส่วนริมขอบของแผ่นยางจะต้องไม่สึกจนมนบางเกินไป โดยข้อแนะนำของการใช้เครื่อง BPT นั้นกำหนดให้แผ่นยาง (Sliding Rubber) แผ่นหนึ่งใช้ได้ประมาณไม่เกิน 500 ครั้ง

2. เมื่อตรวจสอบเครื่องมืออุปกรณ์เรียบร้อยแล้วนำเครื่อง BPT นี้วางลงบนบริเวณหรือแนวที่วัดค่า SRV ให้ได้ระดับโดยการปรับหมุนสกรูที่ขาตั้งทั้งสามของตัวเครื่อง ปรับจนระดับน้ำที่โคนขาตั้งด้านหนึ่งอยู่ในกรอบกึ่งกลางพอดี แสดงว่าแกนเครื่องอยู่ในแนวดิ่งอยู่

3. ทำการจัดและตรวจสอบการแกว่งของแขนแกว่งให้ได้ศูนย์เสมอ (ก่อนทำการวัดค่าทุกครั้ง) สิ่งที่ควรระวังในขั้นตอนนี้ คือ ต้องไม่ให้แผ่นยางตอนปลายของแขนแกว่งสัมผัสพื้นผิวทางในขณะตรวจสอบการแกว่งนี้

4. ถ้าเข็มดัชนีไม่ตรงกับศูนย์ ให้หมุนสกรูที่แขนแกว่ง ถ้าต่ำกว่าศูนย์ให้หมุนสกรูออกและถ้าเข็มสูงกว่าศูนย์ให้หมุนสกรูเข้า

5. ทำการปรับ (Adjust) แผ่นยางให้แตะหรือสัมผัสพอดีกับผิวทางเป็นระยะประมาณ 7.60 ± 0.10 ซม.ก่อนทำการวัด

6.กลไกที่ยึดแขนแกว่งไว้ให้แขนแกว่งตกลงมา แล้วแผ่นยางจะสัมผัสกับผิวทางที่จะหาค่า SRV ในสภาพผิวทางแห้ง จดบันทึกค่าที่เข็มดัชนี (pointer) ชี้บ่งบอกไว้บนแผ่นดัชนีอลูมิเนียมอย่างน้อย 5-7 ค่า ส่วนในสภาพผิวทางเปียกจะต้องทำให้แผ่นยางเปียกก่อนทุกครั้ง และผิวทางที่จะทำการวัดจะต้องลาดน้ำให้เปียกแล้ว จดบันทึกค่าอย่างน้อย 5-7 เพราะค่าแรกๆ ที่ได้อาจจะต่ำกว่าเป็นจริงเนื่องจากฝุ่นละอองยังเกาะอยู่บนผิวทางถึงแม้จะลาดด้วยน้ำจนเปียกแล้ว แต่ก็ยังหลงเหลืออยู่บ้างทำให้เกิดการลื่นไถลขึ้นได้ จึงจำเป็นต้องลาดน้ำบนส่วนของผิวทางนั้นให้สะอาดก่อนวัดเสมอ

ข้อควรระวังของเครื่องมือนี้

- ต้องระมัดระวังตรวจแผ่นยางเสมอไม่ให้ตรงริมมนมากเกินไป (แผ่นยางหนึ่งอันใช้ได้ไม่เกิน 500 Swing)
- ในการทดลองบนสภาพผิวทางเปียก จะต้องไม่ลืมทำให้แผ่นยางเปียกด้วยทุกครั้ง ต้อง Set และ check การแกว่งของ pendulum ให้ได้ศูนย์เสมอก่อนทดลองทุกครั้ง
- ต้องตรวจสอบเครื่องมือโดยละเอียด อย่างน้อยปีละครั้ง
- การ Adjust แผ่นยางให้แตะพอดีกับผิวถนนก่อนทำการทดลอง

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ข

ตารางข้อมูลการทดสอบภาคสนาม

ตารางที่ ข1 การทดสอบแบบแห้ง (ถนนผิวลาดยางลานจอดรถ)

		ล้อซ้าย								ล้อขวา									
ระยะ	จุดที่ / ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	Avg.	อุณหภูมิ
+0.00	1	86	87	89	88	87	87	86	87	70	80	80	76	80	82	81	78	83	30.8
+0.10	2	89	90	82	90	95	93	90	89	75	76	78	76	75	80	77	76	83	31.7
+0.20	3	93	90	94	93	94	93	95	93	79	80	85	76	78	80	81	77	85	30.5
+0.30	4	87	89	89	90	90	89	90	89	70	71	72	70	70	74	75	71	80	30.8
+0.40	5	85	87	86	85	87	88	87	86	65	67	66	70	68	72	77	70	78	30.3

ตารางที่ ข2 การทดสอบแบบเปียก (ถนนผิวลาดยางลานจอดรถ)

ล้อซ้าย ล้อขวา

ระยะ	จุดที่ / ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	Avg.	อุณหภูมิ
+0.00	1	63	66	67	68	67	67	68	66	49	51	53	50	53	55	53	52	59	32.5
+0.10	2	60	64	65	70	66	65	65	65	56	55	55	54	55	60	58	56	61	36.6
+0.20	3	59	62	65	63	64	63	66	63	54	54	61	52	57	62	58	56	60	/29.8
+0.30	4	61	63	64	64	65	65	64	63	44	54	51	47	45	52	54	49	56	31.1
+0.40	5	63	65	64	64	62	65	66	64	47	46	48	50	54	49	56	50	57	30.7

ตารางที่ ข3 การทดสอบแบบแห้ง (ถนนผิวลาดยางบริเวณหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร)

ล้อซ้าย ล้อขวา

ระยะ	จุดที่ / ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	Avg.	อุณหภูมิ
+0.00	1	85	89	91	94	94	93	96	91	90	89	90	94	94	95	96	92	92	29.4
+0.10	2	77	84	90	94	96	98	99	91	75	75	78	83	85	86	85	81	86	29.4
+0.20	3	95	92	94	99	98	99	97	95	96	94	90	87	88	85	90	90	93	28.9
+0.30	4	88	89	93	90	93	95	97	92	85	86	89	93	94	92	93	89	90	28.2
+0.40	5	88	92	100	103	102	98	99	96	90	86	92	93	93	89	90	90	93	29

ตารางที่ ข4 การทดสอบแบบเปียก (ถนนผิวลาดยางบริเวณหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร)

		ล้อซ้าย								ล้อขวา									
ระยะ	จุดที่ / ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	Avg.	อุณหภูมิ
+0.00	1	56	59	60	64	61	64	60	60	52	54	55	55	56	56	59	55	58	28.7
+0.10	2	64	66	68	69	67	68	68	66	50	51	53	54	55	54	55	53	60	28.6
+0.20	3	53	56	60	63	64	64	65	63	50	55	56	58	60	60	59	56	59	29.4
+0.30	4	45	55	65	66	67	67	65	61	54	60	61	63	64	64	64	61	61	28.5
+0.40	5	58	65	68	70	71	72	70	68	44	50	54	55	55	57	57	53	61	31.2

ตารางที่ ข5 การทดสอบแบบแห้ง (ถนนคอนกรีตบริเวณหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์)

		ล้อซ้าย								ล้อขวา									
ระยะ	จุดที่ / ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	Avg.	อุณหภูมิ
+0.00	1	95	93	92	95	96	95	95	94	91	95	90	90	89	90	94	91	93	/28.9
+0.10	2	80	81	81	81	82	85	85	82	82	83	89	86	92	87	91	87	86	28.2
+0.20	3	95	96	98	100	99	96	97	96	80	82	81	84	83	82	83	82	91	29.7
+0.30	4	84	80	80	81	80	83	82	81	89	88	87	89	88	88	87	88	85	30.2
+0.40	5	90	90	89	89	90	89	90	89	99	98	100	101	98	101	99	99	94	28.9

ตารางที่ ข6 การทดสอบแบบเปียก (ถนนคอนกรีตบริเวณหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์)

ล้อซ้าย ล้อขวา

ระยะ	จุดที่ / ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	Avg.	อุณหภูมิ
+0.00	1	45	50	50	51	53	55	54	51	60	60	61	60	64	63	61	61	56	31
+0.10	2	36	41	46	47	47	48	50	45	50	50	51	50	54	52	53	51	48	28.9
+0.20	3	49	54	60	60	60	63	61	58	49	50	50	50	50	51	53	50	54	28.7
+0.30	4	49	51	50	50	51	51	53	51	45	50	51	55	53	55	54	52	52	30.7
+0.40	5	55	59	60	62	61	62	60	60	59	62	65	61	67	69	69	65	63	29.1

ตารางที่ ข7 การทดสอบแบบแห้ง (ถนนคอนกรีตบริเวณตึกเภสัชศาสตร์)

		ล้อซ้าย								ล้อขวา									
ระยะ	จุดที่ / ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	Avg.	อุณหภูมิ
+0.00	1	92	96	95	89	92	91	98	93	98	94	89	92	94	92	90	93	93	26.4
+0.10	2	96	98	99	95	98	98	94	96	98	101	97	96	98	99	99	98	97	27.6
+0.20	3	98	96	97	98	95	98	92	96	90	99	95	96	95	99	95	95	95	27
+0.30	4	99	98	95	96	97	96	99	97	93	94	95	94	94	95	96	94	95	26.9
+0.40	5	94	92	95	100	101	96	98	96	98	97	98	97	96	99	97	97	96	25.2

ตารางที่ ข8 การทดสอบแบบเปียก (ถนนคอนกรีตบริเวณตึกเภสัชศาสตร์)

		ล้อซ้าย								ล้อขวา									
ระยะ	จุดที่ / ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย	Avg.	อุณหภูมิ
+0.00	1	72	75	70	70	70	75	88	72	72	79	66	76	68	69	71	79	75	26.3
+0.10	2	75	76	76	79	80	76	76	76	65	65	65	65	66	65	67	65	70	27.7
+0.20	3	70	71	75	70	71	76	75	72	63	60	60	61	60	65	63	61	67	25.9
+0.30	4	70	65	69	65	71	64	69	68	69	71	71	69	68	72	72	71	69	25.9
+0.40	5	76	75	76	75	78	77	78	76	68	69	69	70	69	71	70	69	73	25.6

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายพิทักษ์ บุญประเสริฐ

ภูมิลำเนา 39 หมู่ 6 ต.นาทะนุง อ.นาหมื่น จ.น่าน

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกจากโรงเรียนนาหมื่นพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: pituk_cfc@hotmail.com

ชื่อ นางสาวมยุรี สุวรรณเการณ์

ภูมิลำเนา 121 หมู่ 6 ต.ปล้อง อ.เทิง จ.เชียงราย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกจากโรงเรียนปล้องวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: zu-yu-jung@hotmail.com

ชื่อ นางสาวชลนิชา ม่วงมา

ภูมิลำเนา 37 หมู่9 ต.โค้งไผ่ อ.ขาณุวรลักษณ์ จ.กำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกจากโรงเรียนโค้งไผ่วิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: kaki_Nicha@hotmail.com