

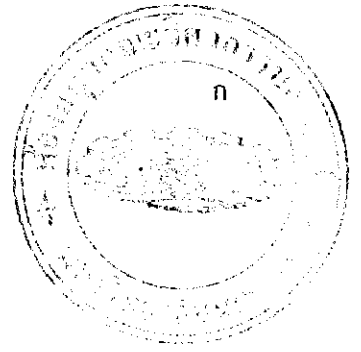
การศึกษาความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต  
STUDY OF THE SKID RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE  
SAMPLES

นายรัชกฤษ เจริญภัทราวุฒิ รหัส 53360484  
นายสันติ สุยะ รหัส 53360705  
นางสาวอรอมา ขันทะพุด รหัส 53360859

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์  
วันที่รับ.....  
เลขทะเบียน.....16920901.....  
เลขเรียกหนังสือ.....  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ๒๕๕๖

2556


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี  
ปีการศึกษา 2556

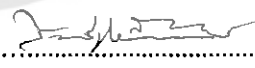


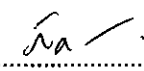
## ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ	การศึกษาความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายรัชกฤษ เจริญภัทราวุฒิ	รหัส	53360484
	นายสันติ สุขะ	รหัส	53360705
	นางสาวอรอุมา ชันทะพุด	รหัส	53360859
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์บุญพล มีไชโย		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2556		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

  
.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(อาจารย์บุญพล มีไชโย)

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สลิกรณณ์ เหลืองวิซขเจริญ)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ภักพงศ์ หอมเนียม)

ชื่อหัวข้อโครงการงาน	การศึกษาความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต		
ผู้ดำเนินโครงการงาน	นายรัชกฤษ	เจริญภัทราวุฒิ	รหัส 53360484
	นายสันติ	สุยะ	รหัส 53360705
	นางสาวอรอุมา	ขันทะพุดม	รหัส 53360859
ที่ปรึกษาโครงการงาน	อาจารย์บุญพล	มิไชโย	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2556		

### บทคัดย่อ

การศึกษาโครงการงานนี้เป็นการศึกษา ความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถล (SRV=Skid Resistance Value) ในสภาพเปียกของแต่ละแหล่งที่มา และเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานการลื่นไถลที่อุณหภูมิต่างๆกัน โดยใช้เครื่องมือ British Portable Tester (BPT) และนำไปเทียบกับค่าความต้านทานการลื่นไถลมาตรฐาน โดยทำการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตจากแหล่งหินทั้ง 5 แหล่ง ได้แก่ จังหวัด นครราชสีมา สงขลา สุราษฎร์ธานี เชียงใหม่ และชลบุรี แบ่งเป็นขนาดมวลรวมละเอียด 9.5 มิลลิเมตรและมวลรวมหยาบ 12.5 มิลลิเมตร แต่ละขนาดมวลรวมแบ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ยาง(AC) 4.5 5.5 และ 6.0 ที่อุณหภูมิ 25 35 และ 45 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาพบว่า เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 35 องศาเซลเซียส ค่าความต้านทานการลื่นไถลของมวลรวมละเอียด 9.5 มิลลิเมตร จะเพิ่มสูงขึ้น แต่หลังจากอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นต้นไปค่าความต้านทานการลื่นไถลมีแนวโน้มลดลง ส่วนของมวลรวมหยาบ 12.5 มิลลิเมตร ค่าความต้านทานการลื่นไถลสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกค่าความต้านทานการลื่นไถลนั้นจะมีแนวโน้มลดลงต่ำลงไปเรื่อยๆ

สำหรับมวลรวมละเอียด 9.5 มิลลิเมตร ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสุราษฎร์ธานี AC 4.5 และ 6.0 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสและจากจังหวัดสงขลา AC 6.0 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีค่า SRV สูงสุด และก้อนตัวอย่างจากจังหวัดนครราชสีมา AC 4.5 และสงขลา AC 5.5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่า SRV ต่ำสุด สำหรับมวลรวมหยาบ 12.5 มิลลิเมตร ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสงขลา AC 6.0 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีค่า SRV สูงสุด และก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดเชียงใหม่ AC 4.5 และจังหวัดชลบุรี AC 6.0 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่า SRV ต่ำสุด

<b>Project Title</b>	Study of The Skid Resistance of Asphalt Concrete Samples		
<b>Name</b>	Mr. Rachakrit	Charoenpatrawut	Code 53360484
	Mr. Santi	Suya	Code 53360705
	Miss. Onuma	Khantaput	Code 53360859
<b>Project advisor</b>	Mr. Boonphol	Meechaiyo	
<b>Major</b>	Civil Engineering		
<b>Department</b>	Civil Engineering		
<b>Academic Year</b>	2556		

### Abstract

This study, we study about skid resistance of asphalt concrete samples testing for compare saturation Skid Resistance Value (SRV) each of sources and the relationship between skid resistances and temperatures by British Portable Tester (BPT) and compare all of samples with skid resistance standard value. All of 5 sources asphalt concrete samples form Narathiwat, Songkhla, Surat Thani, Chiang Mai and Chon Buri are divided to smooth aggregates 9.5 and rough aggregates 12.5 mm. Each of aggregates are divided to asphalt volume (AC) 4.5 5.5 and 6.0 at temperatures 25 35 and 45 degrees Celsius

The finding of this project indicated that when the temperatures is increased from 25 to 35 degrees Celsius the skid resistances value also increase too for smooth aggregates 9.5 mm. but when the temperatures over than 35 degrees Celsius skid resistances value will go lower. For rough aggregates 12.5 mm. the maximum skid resistances value is at 25 degrees Celsius and will go down when the temperatures go higher.

For smooth aggregates 9.5 mm. the asphalt concrete samples that have maximum SRV are from Surat Thani AC 4.5, 6.0 at 35 degrees Celsius and from Songkhla AC 6.0 at 25 degrees Celsius. The asphalt concrete samples that have minimum SRV are from Narathiwat AC 4.5 and from Songkhla AC 5.5 at 45 degrees Celsius. For rough aggregates the asphalt concrete sample that have maximum SRV is from Songkhla AC 6.0 at 25 degrees Celsius and the asphalt concrete samples that have minimum SRV are from Chiang Mai AC 4.5 and Chon Buri AC 6.0 at 45 degrees Celsius.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลงได้ ทางคณะผู้ดำเนินงานต้องขอขอบคุณ อาจารย์บุญพล มีไชโย ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น รวมถึงผู้ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำต่างๆตลอดการทดสอบเป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการนี้เป็นอย่างยิ่ง จนทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ สำนักทางหลวงที่ 4 กรมทางหลวง ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ก่อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต

ขอขอบคุณ นายรัชกมล บัวชื่น ที่ให้คำปรึกษาในการใช้เครื่องมือในการทดสอบและให้ความรู้ความเข้าใจถึงเพื่อเป็นแนวทางในการทดสอบเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ นายชัยวัฒน์ กล้าแย้ม และนายกาลไกล วรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือช่างต่างๆตลอดการทดสอบเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณคณะอาจารย์มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่คณะผู้ดำเนินงาน

สุดท้ายนี้จึงขอกล่าวขอบคุณแก่ท่านเหล่านี้ ขอให้มีความสุขความเจริญด้วย อายุ วรรณะ สุขะ พละ จากคณะผู้ดำเนินงาน

คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม

นายรัชกฤช เจริญภัทราวุฒิ

นายสันติ สุขะ

นางสาวอรอุมา ชันทะพูน

## สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ .....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	1
1.4 ขอบเขตการทำโครงการ .....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน .....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี .....	3
2.1 การทดสอบความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance) ของพื้นผิวถนน .....	3
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานการลื่นไถล .....	3
2.3 การวัดความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง .....	4
2.4 หลักการหาค่าความต้านทานการลื่นไถล.....	5
2.5 การทดสอบหาความต้านทานการลื่นไถลโดย Portable Skid Resistance Tester .....	5
2.6 มาตรฐานค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง .....	7

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการงาน .....	8
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ .....	8
3.2 วิธีการติดตั้งเครื่องมือทดสอบ .....	9
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง .....	10
แผนผังการดำเนินโครงการงาน .....	13
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล .....	14
4.1 ผลการทดสอบ .....	14
4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ .....	19
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา .....	21
5.1 สรุปผลการทดสอบ .....	21
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	23
เอกสารอ้างอิง .....	24
ภาคผนวก .....	25
ประวัติผู้ดำเนินโครงการงาน .....	46

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานความต้านทานการลื่นไถลขั้นต่ำในสภาพถนนเปียก(ประเสริฐ บุญรักษา และชา โณ พยงค์ศรี, 2555) .....	7
ตารางที่ 4.1 ค่า SRV ขนาดมวลรวมละเอียด (9.5).....	14
ตารางที่ 4.2 ค่า SRV ขนาดมวลรวมหยาบ (12.5).....	15





## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 หลักการหาค่าความต้านทานการลื่นไถล .....	5
รูปที่ 2.2 เครื่องมือ Portable Skid Resistance Taster(ประเสริฐ บุญรักษา และชา โณ พยงค์ศรี, 2555).....	7
รูปที่ 3.1 รูปเครื่องมือทดสอบ .....	8
รูปที่ 3.2 การตั้งฟังก์ชันทดสอบเครื่องมือและก่อนตัวอย่างให้อยู่ในแนวระนาบ .....	9
รูปที่ 3.3 แขนเหยียงสัมผัสกับผิวระยะประมาณ 76 มิลลิเมตร .....	9
รูปที่ 3.4 แยกก่อนตัวอย่างแต่ละแหล่งที่มา .....	10
รูปที่ 3.5 แต่งขอบก่อนตัวอย่าง .....	10
รูปที่ 3.6 ควบคุมอุณหภูมิก่อนตัวอย่าง .....	11
รูปที่ 3.7 จุดการทดสอบ SRV .....	11
รูปที่ 3.8 ขณะที่เหยียงแขนเครื่องทดสอบผ่านผิวด้านบนก่อนตัวอย่าง .....	12
รูปที่ 4.1 ขนาดมวลรวมละเอียด (9.5) AC 4.5 .....	16
รูปที่ 4.2 ขนาดมวลรวมละเอียด (9.5) AC 5.5 .....	17
รูปที่ 4.3 ขนาดมวลรวมละเอียด (9.5) AC 6.0 .....	17
รูปที่ 4.4 ขนาดมวลรวมหยาบ (12.5) AC 4.5 .....	18
รูปที่ 4.5 ขนาดมวลรวมหยาบ (12.5) AC 5.5 .....	18
รูปที่ 4.6 ขนาดมวลรวมหยาบ (12.5) AC 6.0 .....	19

## สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

---

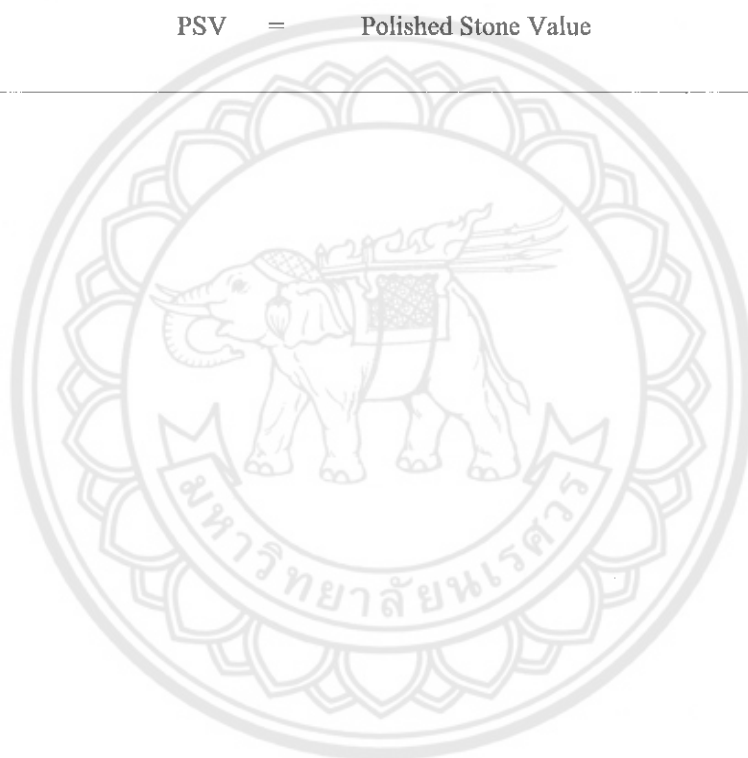
SRV = Skid Resistance Value

BPT = British Portable Tester

BPN = British Pendulum Number

PSV = Polished Stone Value

---



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความจำเป็นและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากถนนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความเป็นอยู่ของประชาชนในประเทศสำหรับการเดินทาง ขนส่งสินค้าต่างๆและยังเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาบ้านเมือง ในปัจจุบันมีการใช้รถใช้ถนนกันมากขึ้น ซึ่งทำให้จำนวนอุบัติเหตุเนื่องจากถนนเสื่อมสภาพ ในกรณีต่างๆ เช่น การเสื่อมสภาพตามกาลเวลาเนื่องจากปริมาณการจราจรมากขึ้นและการเลือกใช้วัสดุ เช่นมวลรวม ซึ่งการเลือกใช้วัสดุมวลรวมที่ควรพิจารณาถึงแรงเสียดทาน สิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยที่ทำให้ความต้านทานการลื่นไถลระหว่างถนนและยานพาหนะนั้นลดลงทั้งสิ้น ฉะนั้น การทดสอบความต้านทานการลื่นไถลก็เป็นคุณสมบัติหนึ่งของการทดสอบผิวทางซึ่งสามารถนำไปพิจารณาก่อนที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการสร้างหรือซ่อมบำรุง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยของผู้ใช้รถใช้ถนน จึงทำให้เป็นที่มาของการศึกษาความต้านทานการลื่นไถลจากก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตจากแต่ละแหล่งที่มา เพื่อให้ทราบถึงค่าความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต ทั้ง 5 แหล่ง ในสภาพเปียก ที่อุณหภูมิต่างๆ และรวมถึงขนาดมวลรวม ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหา และเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานการลื่นไถล (SRV=Skid Resistance Value) ของ ก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต จาก 5 แหล่งตัวอย่าง
- 1.2.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต ที่อุณหภูมิ 25 35 และ 45 องศาเซลเซียส

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ทราบค่าความต้านทานการลื่นไถล (SRV=Skid Resistance Value) ของก้อนตัวอย่าง
- 1.3.2 ทราบความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่าง ที่อุณหภูมิต่างๆกันเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

## 1.4 ขอบเขตการทำโครงการ

ศึกษาความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักทางหลวงที่ 4 กรมทางหลวง โดยเลือกแหล่งหินจาก 5 แหล่ง ได้แก่ แหล่งหินจากจังหวัดนครราชสีมา สงขลา สุราษฎร์ธานี เชียงใหม่และชลบุรี และเลือกใช้ก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตมวลรวมละเอียด(9.5) มวลรวมหยาบ(12.5) ค่าเปอร์เซ็นต์ยาง AC : 4.5 , AC : 5.5 , AC : 6.0 และนำมาทดสอบหาค่าความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25 35 และ 45 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีการหาค่า Skid Resistance Value(SRV) โดยใช้เครื่องมือเครื่อง British Portable Tester (BPT)

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.5.1 วางแผนการทำงาน
- 1.5.2 ศึกษาทฤษฎีหัวข้อของการทดสอบ
- 1.5.3 ศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือ
- 1.5.4 ทำการทดลอง
- 1.5.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ
- 1.5.6 สรุปผลการทดสอบ

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

#### 2.1 การทดสอบความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance) ของพื้นผิวถนน

Resistance Tester เป็นการทดสอบที่จุดทดสอบบนพื้นผิวถนน เพื่อหาค่าความต้านทานการลื่นไถล ค่าที่ทดสอบได้มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการห้ามล้อของยางล้อรถชนิดที่มีดอกยางบนถนนที่เปียกและได้ในขณะที่รถวิ่งในอัตราเร็วประมาณ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวถนนใช้ประกอบการตัดสินใจในการบำรุงรักษาสภาพของพื้นผิวถนน ให้สภาพพื้นผิวถนนมีความต้านทานการลื่นไถลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามประเภทความสำคัญของทาง ซึ่งส่งผลให้ผู้ใช้ทางสามารถเดินทางได้อย่างปลอดภัย

#### 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานการลื่นไถล

ปัจจัยหลักที่สำคัญของความต้านทานการลื่นไถลของถนนมี 4 ปัจจัยดังนี้

2.2.1 คุณลักษณะของพื้นผิวทาง (Pavement Characteristics) เช่น ความหยาบละเอียด (Texture), ความขรุขระ (Roughness), ร่องล้อ (Rutting) ความหยาบละเอียดของพื้นผิวถนนส่งผลให้ความต้านทานการลื่นไถลดีขึ้นเพราะมีการสัมผัสกับพื้นผิวอย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่ความขรุขระของถนนอาจทำให้ล้อยานพาหนะเกิดการกระเด็นและไม่สัมผัสกับพื้นผิวทั้งหมดเมื่อขับผ่าน ซึ่งส่งผลให้ความเสียดทานระหว่างล้อและผิวถนนลดลง ร่องล้อที่เกิดขึ้นบนผิวถนน โดยเฉพาะเมื่อมีน้ำขังมีส่วนทำให้ค่าความเสียดทานระหว่างล้อและผิวถนนลดลง

2.2.2 คุณลักษณะของล้อยาง (Tire Characteristics) เช่น ชนิดของยาง (Tire Type), ดอกยาง (Tire Tread), ลมยาง (Inflation Pressure) การออกแบบล้อยางโดยทั่วไปจะเลือกออกแบบให้ล้อยางคุณลักษณะที่ใดอย่างหนึ่ง ระหว่างในด้านความทนทานต่อการสึกหรอหรือด้านความต้านทานการลื่นไถล ล้อยางที่ถูกออกแบบให้มีเนื้อยางแข็งจะมีความทนทานต่อการสึกหรอมากกว่า ล้อยางที่ถูกออกแบบให้มีเนื้อยางอ่อน ในขณะเดียวกัน เนื้อยางที่อ่อนจะช่วยให้การต้านทานการลื่นไถลได้ดีกว่าล้อยางที่มีเนื้อยางแข็ง ล้อยางที่มีดอกยางสภาพดีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพต้านทานการลื่นไถลได้และช่วยรีดน้ำในขณะแล่นบนถนนเปียกได้ดี ลมยางที่มากหรือน้อยเกินไป มีผลให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลลดลง

**2.2.3 คุณลักษณะของการใช้รถ (Vehicle Operational Characteristics)** เช่น ความเร็ว (Speed), อาการลื่น (Tire Slip), น้ำหนักรถ (Axle Load), ชนิดของรถ (Type of Vehicle) ความเร็วของยานพาหนะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความต้านทานการลื่นไถล ความเร็วที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การรีดน้ำบนถนนที่เปียกตกลงส่งผลให้สภาพเปียกของถนนมีผลต่อการเบรคยานพาหนะ เมื่อทำการเบรค ความเร็วของล้อจะลดลงถ้าความเร็วของล้อลดลงด้วยอัตราที่สูงกว่าความเร็วของรถ ล้ออย่างจะมีอาการลื่น(ไม่หมุน)ไปบนพื้นถนน และเมื่อเกิดภาวะเบรคลื่น ล้อที่อยู่ในสภาพลื่นจะลื่นไถลไปบนพื้นถนน ระบบ Anti-lock Break System (ABS) ถูกออกแบบเพื่อช่วยสร้างสมดุลความเร็วของล้อและรถในขณะที่เบรค ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการลื่นไถล

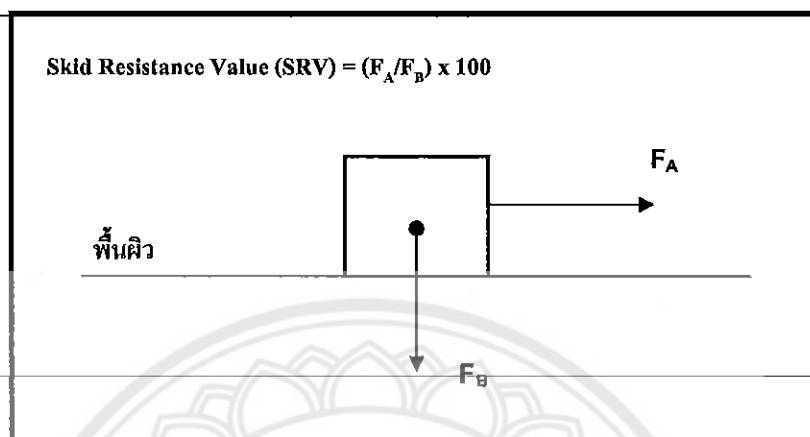
**2.2.4 สภาพแวดล้อมอื่นๆ (Environmental Factors)** เช่น สภาพเปียก (Wetness), สิ่งเปื้อน (Contamination), อุณหภูมิ (Temperature) ถนนที่มีสภาพเปียก หรือ มีสิ่งเปื้อน เช่นโคลน น้ำมันบนผิวถนนจะลดประสิทธิภาพความต้านทานการลื่นไถล อุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิล้อที่สูงขึ้นจะลดค่าความต้านทานการลื่นไถลได้

## 2.3 การวัดความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง

การวัดในเชิงสถิติศาสตร์เป็นการวัดความต้านทานการลื่นไถลโดยใช้เครื่องมือทดสอบเคลื่อนที่ผ่านจุดของพื้นผิวถนนที่ทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบหาความต้านทานการลื่นไถลคือเครื่อง Portable Skid Resistance Tester หรือ Portable British Pendulum Tester การวัดในเชิงสถิติศาสตร์ถูกใช้ในห้องปฏิบัติการ และ บนพื้นผิวถนนในงานสนาม เครื่อง Portable Skid Resistance Tester จะมีชุดแขนเหวี่ยงและหัวเหวี่ยงแท่นวางที่ปลายแขนเหวี่ยง การทดสอบ จะวัดค่าแรงเสียดทานระหว่างแท่นวางและจุดสัมผัสของพื้นผิวถนน โดยที่แท่นวางกับผิวทดสอบจะมีระยะผิวสัมผัสประมาณ 125 มิลลิเมตร บริเวณจุดทดสอบจะต้องอยู่ในสภาพที่เปียกเมื่อแขนเหวี่ยงถูกปล่อยแล้วแท่นวางผ่านผิวสัมผัส จะได้ค่าความต้านทานการลื่นไถลที่อ่านได้จากมาตรโค้งบนเครื่องมือเป็นค่า British Pendulum Number; BPN ซึ่งก็คือค่า Skid Resistance Value; SRV ค่า BPN มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของการห้ามล้อของยางล้อรถ บนถนนที่เปียกและได้ในขณะที่รถวิ่งในอัตราเร็วประมาณ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เครื่อง Portable Skid Resistance Tester นี้ไม่ได้ ออกแบบสำหรับที่ความเร็วสูงกว่านี้ และค่าที่ได้จากเครื่อง Portable Skid Resistance Tester ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ไปยังค่าที่ได้จากการทดสอบแบบ full-scale ในเชิงพลศาสตร์โดยใช้ล้อ

## 2.4 หลักการหาค่าความต้านทานการลื่นไถล

ความต้านทานการลื่นไถลโดยทั่วไปแสดงค่าในรูปของ ค่าสัมประสิทธิ์ ความเสียดทาน (Coefficient of Friction;  $f$ ) หรือ ค่าความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance Value; SRV)



รูปที่ 2.1 หลักการหาค่าความต้านทานการลื่นไถล

### 1.) ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of Friction; $f$ )

$$f = \frac{F_A}{F_B}$$

เมื่อ  $F_A$  = แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส (แรงที่ทำให้วัตถุ เริ่มเคลื่อนที่)

$F_B$  = น้ำหนักที่กระทำลงบนพื้น ตั้งฉากกับผิวสัมผัส

### 2.) ค่าความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance Value; SRV)

$$SRV = 100 \times f$$

## 2.5 การทดสอบหาความต้านทานการลื่นไถล โดย Portable Skid Resistance Tester

เครื่องมือชนิดนี้นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายสำหรับการหาค่าความเสียดทานเฉพาะจุด (Spot Check) โดยวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลระหว่างยางที่ติดตั้งอยู่ที่ปลายของแขนแกว่ง (Pendulum Arm) กับพื้นผิวทางเปียกในรูปของ Skid Resistance Value (SRV)

ข้อดี สามารถทดสอบได้รวดเร็วทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการ ค่าที่ได้สามารถอ่านได้โดยตรง สามารถทดลองได้ในพื้นที่ลาดเอียง

ข้อเสีย เกิดความผิดพลาดได้ง่าย โดยเฉพาะกรณีพื้นผิวทางขรุขระ และมีขีดจำกัดในการใช้งานมากกว่าเครื่องมือแบบอื่น

ค่าความต้านทานการลื่นไถลที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องมือ Portable Skid Resistance Tester มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการห้ามล้อของยางล้อรถชนิดที่มีดอกยางบนถนนที่เปียก และได้ในขณะที่รถวิ่งในอัตราเร็วประมาณ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คุณสมบัติหลายๆ ประการของพื้นถนนสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจนในช่วงอัตราเร็วตั้งแต่ 50 จนถึง 130 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง ดังนั้นค่าความต้านทานการลื่นไถล ซึ่งเป็นค่าที่วัดในขณะที่อัตราเร็วอยู่ที่ประมาณ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจึงไม่สามารถนำไปใช้แสดงประสิทธิภาพของถนนที่อัตราเร็วสูงกว่านั้นได้อย่างถูกต้อง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วความต้านทานการลื่นไถลของถนนจะลดลงไปเมื่ออัตราความเร็วของรถเพิ่มสูงขึ้นบนถนนที่เปียกและ ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะความหยาบของพื้นผิวถนนด้วยเช่นกัน โดยความต้านทานการลื่นไถลของถนนที่มีพื้นผิวหยาบนั้นมักจะมากกว่าถนนที่มีผิวเรียบ ถ้าต้องการใช้เครื่องทดสอบกับถนนที่ใช้อัตราเร็วสูง จำเป็นที่จะต้องระบุรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับวัสดุและความหยาบของพื้นผิวถนนลงไปด้วย

เนื่องจากเครื่อง Portable Skid Resistance Tester นั้นสามารถใช้ทดสอบ เพื่อแสดงความสามารถของยางรถบนพื้นผิวถนนเปียกในอัตราเร็วที่ไม่สูงมากนัก จึงจำเป็นที่จะต้องทำการบันทึกส่วนประกอบของพื้นผิวถนน หรือลักษณะทางกายภาพของพื้นผิวถนนที่ทำการทดสอบให้ละเอียด ซึ่งถนนสามารถแบ่งลักษณะความหยาบออกได้ด้วยจากการสังเกตด้วยสายตา ดังต่อไปนี้

- ถนนที่มีความหยาบหรือขรุขระสูง หมายถึง ถนนที่ดอกยางของล้อรถนั้น ไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อ ประสิทธิภาพของการห้ามล้อ ไม่ว่ายางที่มีพื้นผิวเรียบหรือมีดอกยางก็สามารถวิ่งบนพื้นถนนชนิดนี้ได้โดยที่มีประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน

- ถนนที่มีความหยาบหรือขรุขระปานกลาง หมายถึง ถนนที่จำเป็นต้องอาศัยดอกยางช่วยเหลือบ้าง โดยยางที่มีลักษณะพื้นผิวเรียบจะต้องเผชิญกับค่าความต้านทานการลื่นไถลน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้โดยผู้ทดสอบ

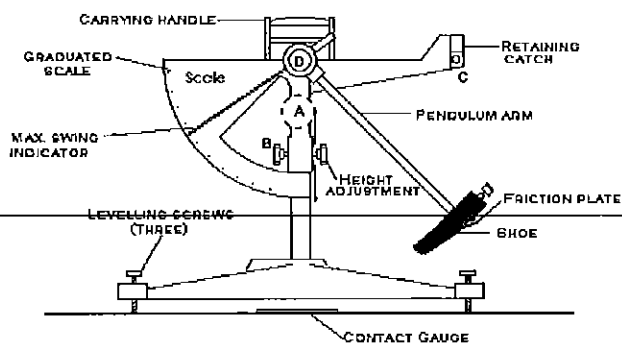
- ถนนที่มีลักษณะราบเรียบ หมายถึง พื้นถนนที่ต้องอาศัยดอกยางช่วยในประสิทธิภาพของการห้ามล้อเป็นอย่างมาก

### 2.5.1 เครื่องมือทดสอบ

เครื่องมือ Portable Skid Resistance Taster ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญดังนี้

- 1.) ชุดขาตั้งเครื่องมือ (A)
- 2.) ชุดแกนตั้งปรับระดับเครื่องมือในแนวตั้ง (B)
- 3.) ชุดมาตรโค้ง เข็มชี้ค่า (C)
- 4.) ชุดตัวจับยึดแขนเหวี่ยง (D)
- 5.) ชุดแขนเหวี่ยงและชุดหัวเหวี่ยงแทนยาง (E)





รูปที่ 2.2 เครื่องมือ Portable Skid Resistance Taster(ประเสริฐ บุญรักษา และชาโล พงศ์ศรี, 2555)

## 2.6 มาตรฐานค่าความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทาง

(ประเสริฐ บุญรักษา และชาโล พงศ์ศรี, 2555) มาตรฐานค่าความต้านทานการลื่นไถลในสภาพเปียกชื้นต่ำของพื้นถนนชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานความต้านทานการลื่นไถลขั้นต่ำในสภาพถนนเปียก(ประเสริฐ บุญรักษา และชาโล พงศ์ศรี, 2555)

กลุ่ม	ชนิดของพื้นถนน	ค่าความต้านทานการลื่นไถลขั้นต่ำ
A	ถนนมีลักษณะที่ซับซ้อน เช่น 1. ทางเลียวกวน 2. ทางโค้งรัศมีน้อยกว่า 150 เมตรบนถนนที่ไม่จำกัดอัตราความเร็ว 3. ทางลาดชัน ขนาด 1 ใน 20 หรือชันกว่านั้น ของระยะมากกว่า 100 เมตร 4. ทางบรรจบกับไฟถนนที่ไม่จำกัดอัตราความเร็ว	65
B	ทางหลวงระหว่างเมือง อุโมงค์ และถนนระดับชั้นที่ 1 ถนนในแถบปริมาตรที่มีการจราจรแออัดสูง (มีรถวิ่งผ่านไม่น้อยกว่า 2000 คันต่อวัน)	55
C	ถนนชนิดอื่นๆ	45

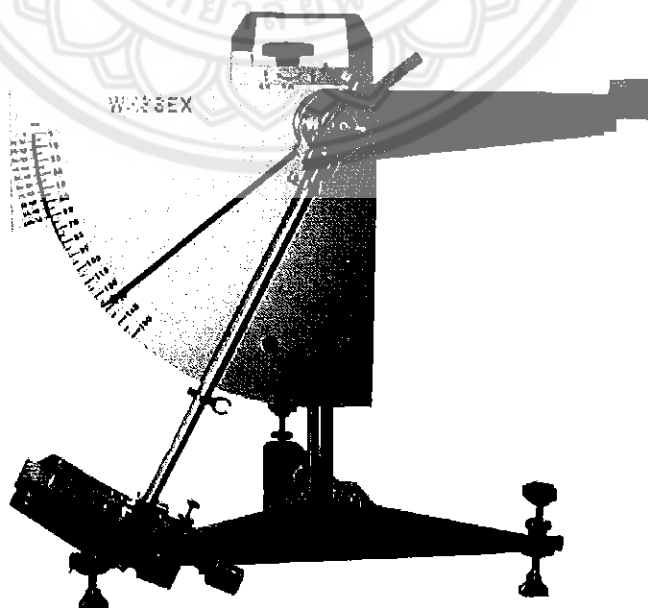
### บทที่ 3

## วิธีดำเนินโครงการงาน

การศึกษาโครงการครั้งนี้จะทำการทดสอบค่าความต้านทานการลื่น ไตลของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต โดยใช้มวลรวมจากแหล่งหินทั้ง 5 แหล่ง เชียงใหม่ ชลบุรี สุราษฎร์ธานี สงขลา นราธิวาส ที่อุณหภูมิต่างๆกันคือ 25 35 และ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง Portable Skid-Resistance Tester โดยการนำก้อนตัวอย่างไปให้ความร้อนในเครื่องมือควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามอุณหภูมิที่ต้องการบันทึกผลการทดสอบทุกค่าเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างในแต่ละแหล่งที่มาต่อไป

### 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

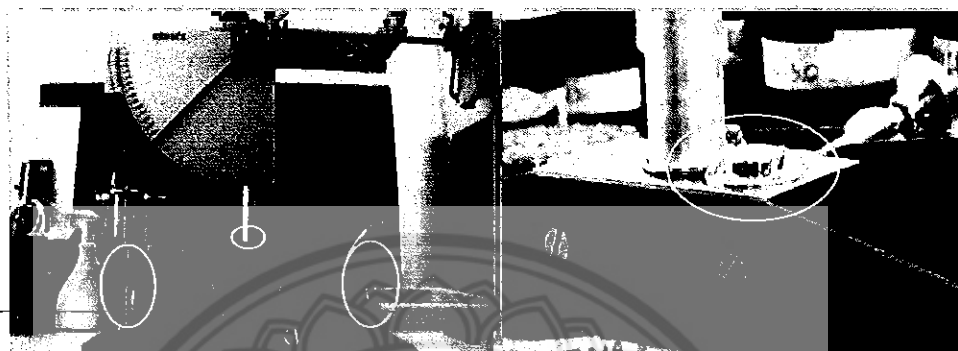
- |  |    |         |
|--|----|---------|
| 1. เครื่อง British portable tester (BPT) | 1  | เครื่อง |
| 2. ก้อน                                  | 3  | อัน     |
| 3. เทปกาว                                | 1  | ม้วน    |
| 4. ปากกาคณิต                             | 3  | อัน     |
| 5. เครื่องต้มน้ำควบคุมอุณหภูมิ           | 1  | เครื่อง |
| 6. ก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต           | 90 | ก้อน    |



รูปที่ 3.1 รูปเครื่องมือทดสอบ

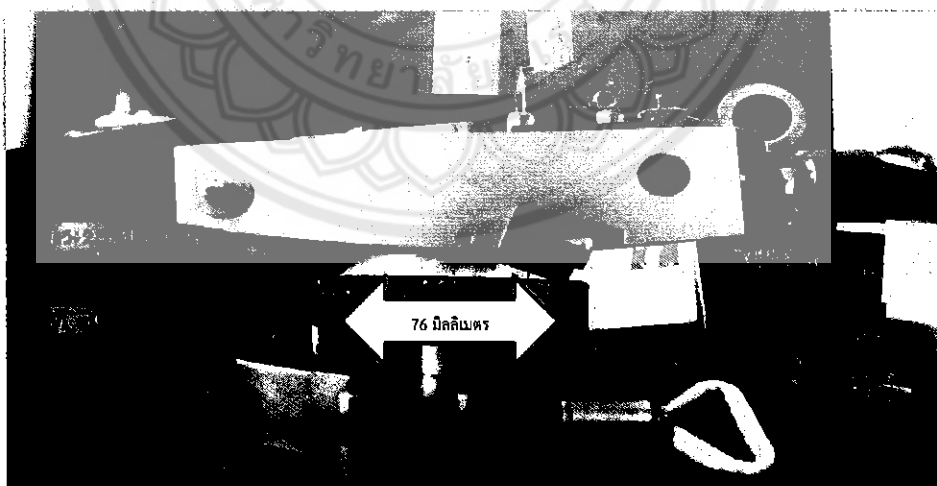
### 3.2 วิธีการติดตั้งเครื่องมือทดสอบ

1. ปรับระดับของฐานของชุดขาตั้งเครื่องมือทดสอบและก้อนตัวอย่าง โดยใช้วิธีตั้งระดับจาก ฟองกลมและสกรูปรับระดับทั้ง 3 ชุด ที่ฐานของชุดขาตั้งเครื่องมือทดสอบ



รูปที่ 3.2 การตั้งฟองกลมชุดเครื่องมือและก้อนตัวอย่างให้อยู่ในแนวระนาบ

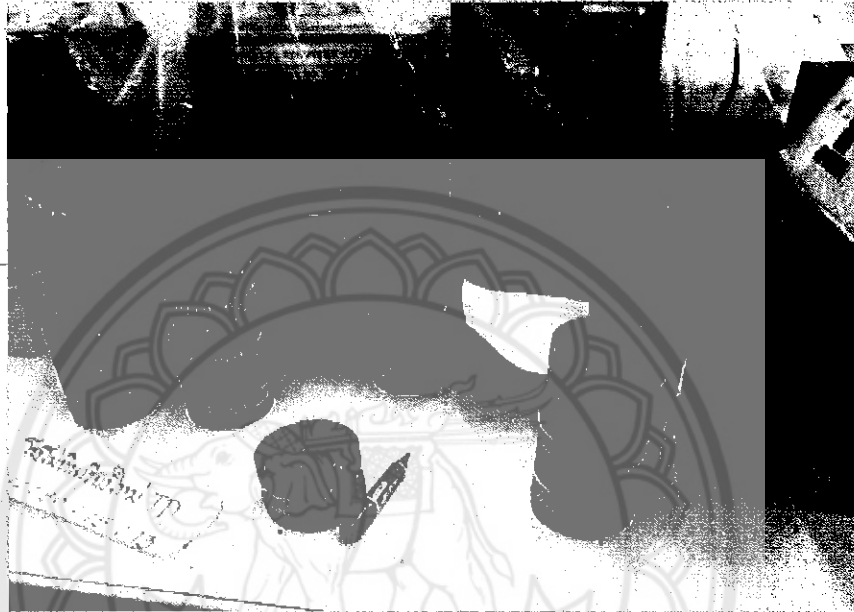
2. ปรับระดับความสูงของแกนเหวี่ยงให้สัมผัสกับผิวก้อนตัวอย่างให้ได้ระยะประมาณ 76 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.3 แกนเหวี่ยงสัมผัสกับผิวระยะประมาณ 76 มิลลิเมตร

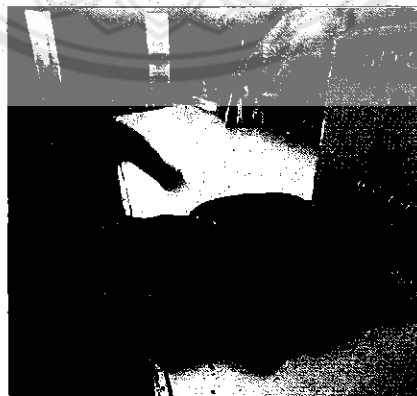
### 3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

1. แยกแหล่งที่มาของก้อนตัวอย่าง เปอร์เซ็นต์ยาลงและขนาดมวลรวม แต่ละแหล่งที่มาแบ่งออกเป็นมวลรวมละเอียด 9.5 มิลลิเมตร และ 12.5 มิลลิเมตร แต่ละมวลรวมแบ่งเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ยาลง(AC) คือ 4.5 5.5 และ 6.0 แต่ละเปอร์เซ็นต์ยาลงมีทั้งหมด 3 ก้อน



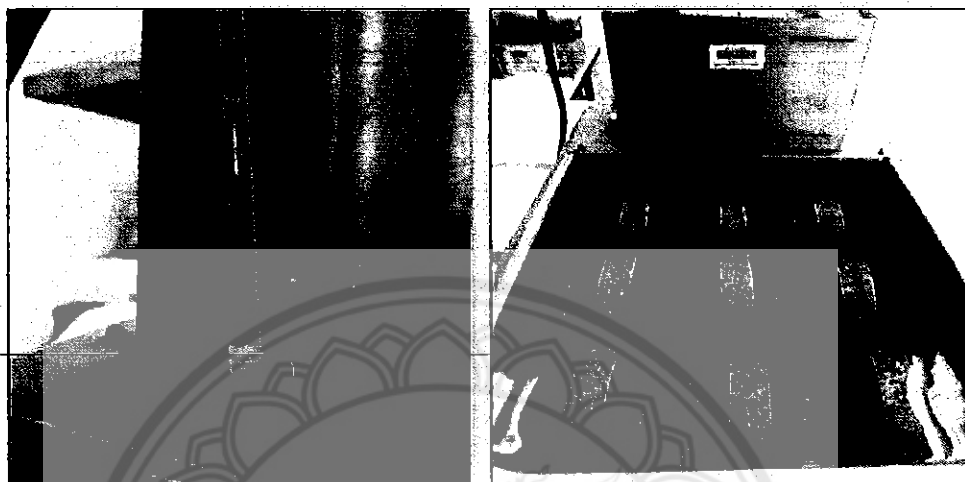
รูปที่ 3.4 แยกก้อนตัวอย่างแต่ละแหล่งที่มา

2. แต่งขอบก้อนตัวอย่างให้เรียบเพื่อสะดวกต่อการทดสอบ



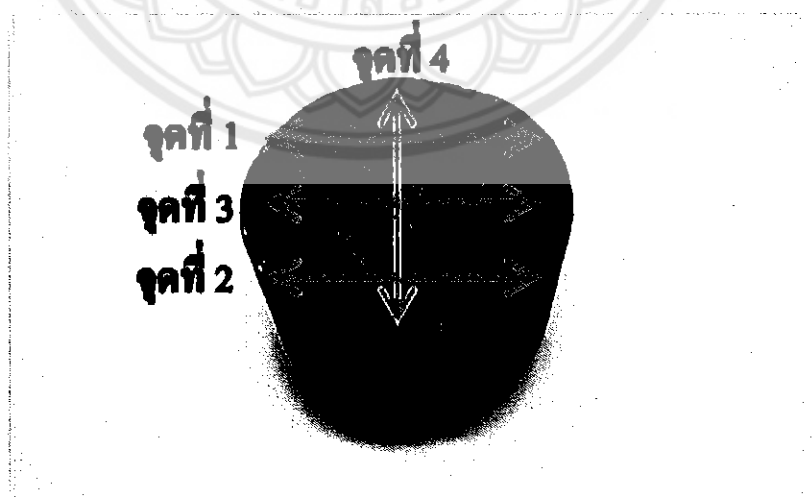
รูปที่ 3.5 แต่งขอบก้อนตัวอย่าง

3. นำก้อนตัวอย่างไปทำการให้ความร้อนในเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ( สำหรับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสใช้อุณหภูมิห้องที่ควบคุมโดยเครื่องปรับอากาศ)

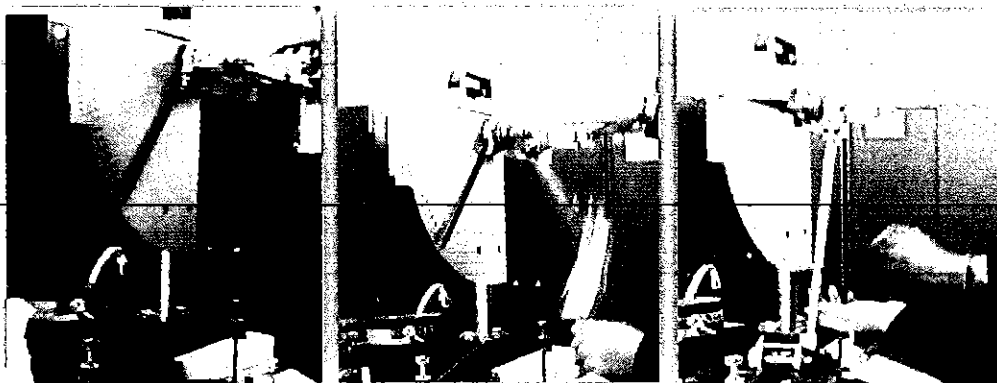


รูปที่ 3.6 ควบคุมอุณหภูมิก้อนตัวอย่าง

4. ฉีดน้ำด้วยอุณหภูมิที่ทดสอบให้ก้อนตัวอย่างคงอยู่ในสภาพเปียก
5. นำก้อนตัวอย่างมาทดสอบ โดยการแกว่งแขนเครื่องทดสอบผ่านผิวด้านบนทั้งหมด 5 ครั้ง แบ่งจุดทดสอบออกเป็น 4 จุดในหนึ่งด้านของก้อนตัวอย่าง ทำการทดสอบทั้งด้านบนและด้านล่าง



รูปที่ 3.7 จุดการทดสอบ SRV

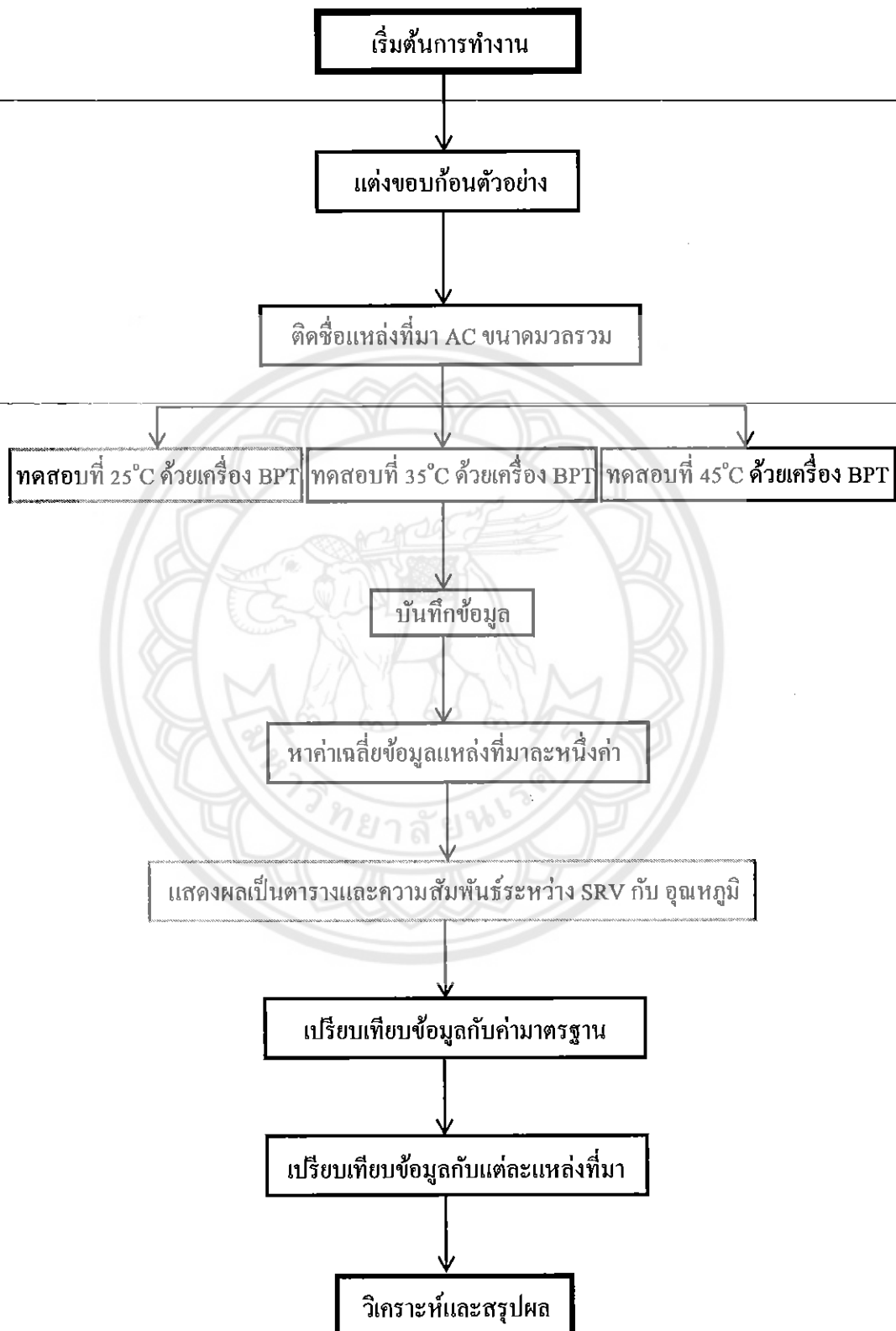


รูปที่ 3.8 ขณะที่เหยียงแขนเครื่องทดสอบผ่านผิวด้านบนก่อนตัวอย่าง

- บันทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบแล้วเฉลี่ยให้เหลือแหล่งที่มาละ 1 ค่า



## แผนผังการดำเนินโครงการ



## บทที่ 4

### ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบคือค่า SRV จากเครื่องทดสอบ BPT ได้แบ่งการทดสอบแต่ละก้อนตัวอย่าง เป็นสองด้าน ในหนึ่งด้านจะแบ่งการทดสอบเป็น 4 จุด ทำแบบนี้ทุกๆก้อน แยกตามขนาดมวลรวม เปอร์เซ็นต์ยาง(AC) และอุณหภูมิ บันทึกค่าทั้งหมดไว้ในตาราง

#### 4.1 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ค่า SRV ขนาดมวลรวมละเอียด (9.5)

แหล่ง/อุณหภูมิ (°C)	ขนาดมวลรวมละเอียด 9.5								
	AC: 4.5			AC: 5.5			AC: 6.0		
	25	35	45	25	35	45	25	35	45
นราธิวาส	55	64	51	57	59	52	57	62	54
สงขลา	62	65	51	56	58	51	55	60	50
สุราษฎร์ธานี	60	61	51	57	58	51	55	60	50
เชียงใหม่	62	57	52	58	58	48	59	62	54
ชลบุรี	63	56	52	55	54	53	59	54	53

■ มากสุด ■ น้อยสุด

AC: 4.5 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดชลบุรี มีค่า SRV สูงสุด และแหล่งที่มาจังหวัดนราธิวาสต่ำสุด อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่า SRV สูงสุดและแหล่งที่มาจังหวัดชลบุรีต่ำสุด และที่ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสงขลาและสุราษฎร์ธานี มีค่า SRV สูงสุดและแหล่งที่มาจังหวัดนราธิวาสต่ำสุด

สำหรับก้อนตัวอย่างมีค่าความต้านทานการสิ้น ไถลเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิที่ 25 และ 35 องศาเซลเซียส และลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แต่มีก้อนตัวอย่างจาก 2 แหล่งที่มาคือ เชียงใหม่และชลบุรี ที่ค่าความต้านทานการสิ้น ไถลลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส

AC: 5.5 ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่า SRV สูงสุดในทุกๆอุณหภูมิ แหล่งที่มาจังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุดในทุกๆอุณหภูมิ



ก่อนตัวอย่างมีค่าความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิที่ 25 และ 35 องศาเซลเซียส และลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แต่มีก่อนตัวอย่างจาก 2 แหล่งที่มาคือ เชียงใหม่และชลบุรี ที่ค่าความต้านทานการลื่นไถลลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส

AC: 6.0 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก่อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสงขลามีค่า SRV สูงสุดและแหล่งที่มาจังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุด อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ก่อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีค่า SRV สูงสุดและแหล่งที่มาจังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุด อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ก่อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสงขลามีค่า SRV สูงสุดและแหล่งที่มาจังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุด

ก่อนตัวอย่างมีค่าความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิที่ 25 และ 35 องศาแต่มีก่อนตัวอย่างจากสงขลาเพียงแหล่งเดียวมีค่าความต้านทานการลื่นไถลลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.2 ค่า SRV ขนาดมวลรวมหยาบ (12.5)

แหล่ง/อุณหภูมิ (°C)	ขนาดมวลรวมหยาบ 12.5								
	AC: 4.5			AC: 5.5			AC: 6.0		
	25	35	45	25	35	45	25	35	45
นราธิวาส	67	64	58	67	65	63	62	58	55
สงขลา	66	62	60	70	68				
สุราษฎร์ธานี	62	58	54				70	66	62
เชียงใหม่	56	54	49	63	57	55	64	61	56
ชลบุรี	64	56	55	57	56	53	56	52	49

■ มากสุด ■ น้อยสุด

AC: 4.5 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก่อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสงขลามีค่า SRV สูงสุด และแหล่งที่มาจังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุด อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ก่อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดนราธิวาสมีค่า SRV สูงสุดและแหล่งที่มาจังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุด อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ก่อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสงขลามีค่า SRV สูงสุดและแหล่งที่มาจังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุด

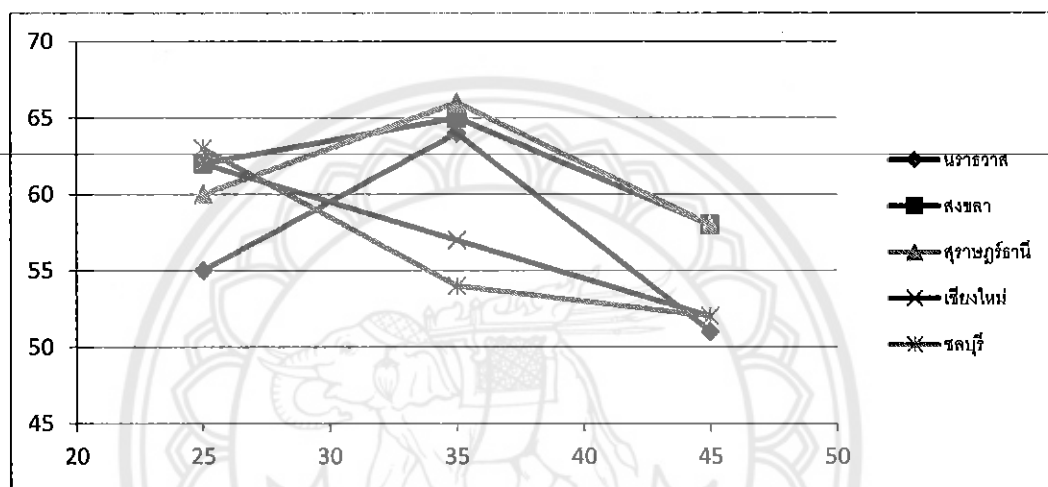
ค่าความต้านทานการลื่นไถลมีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส

AC: 5.5 ก่อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่า SRV สูงสุดในทุกๆอุณหภูมิและแหล่งที่มาจังหวัดชลบุรีต่ำสุดในทุกๆอุณหภูมิ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ก่อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสงขลา ค่า SRV สูงสุด

ค่าความต้านทานการสิ้นไถลมีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส

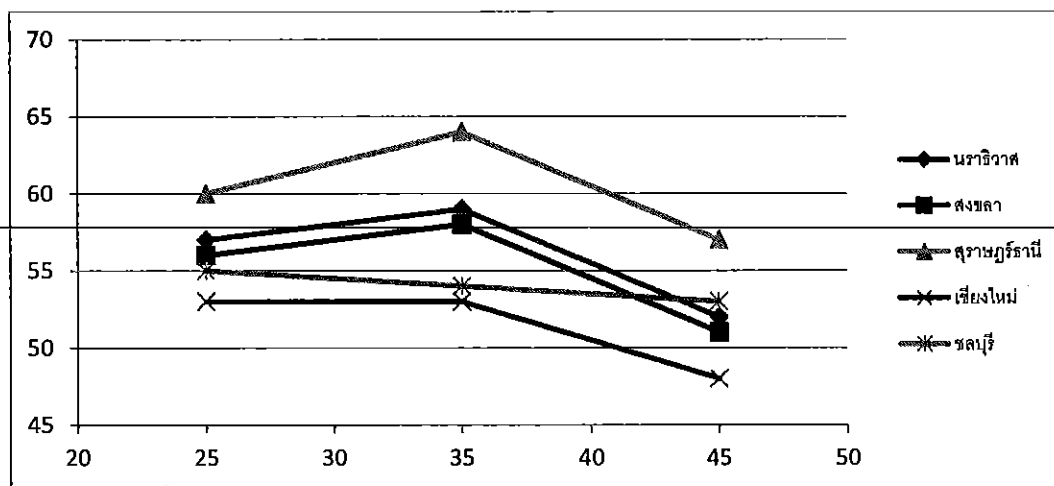
AC: 6.0 ค่าความต้านทานการสิ้นไถลของก้อนตัวอย่างจากจังหวัดสงขลามีค่าสูงสุดที่ 25 องศาเซลเซียส ค่าความต้านทานการสิ้นไถลของก้อนตัวอย่างจากจังหวัดชลบุรีต่ำสุดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ค่าความต้านทานการสิ้นไถลมีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส



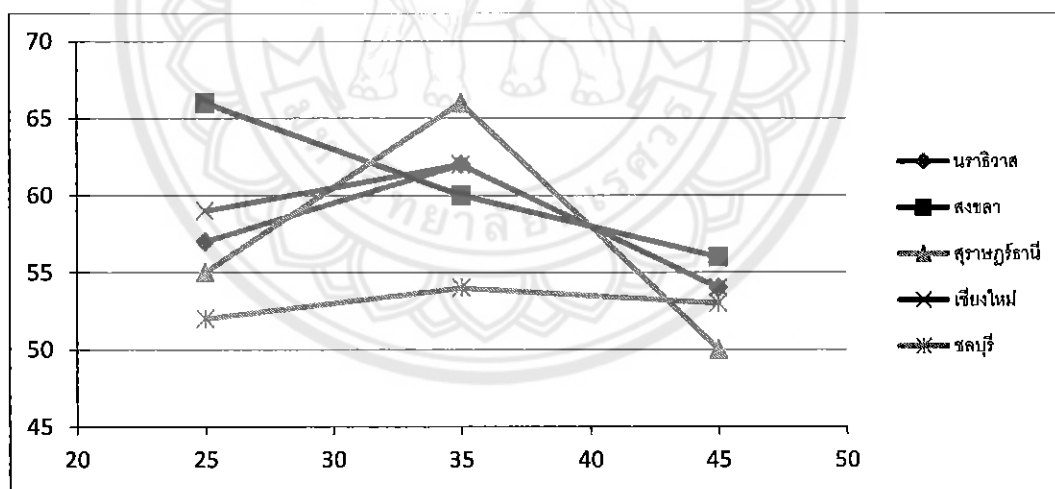
รูปที่ 4.1 ขนาดมวลดะเอียด (9.5) AC 4.5

ก้อนตัวอย่างมีค่าความต้านทานการสิ้นไถลเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิที่ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แต่มีก้อนตัวอย่างจาก 2 แหล่งที่มาคือ เชียงใหม่และชลบุรี ที่ค่าความต้านทานการสิ้นไถลลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส



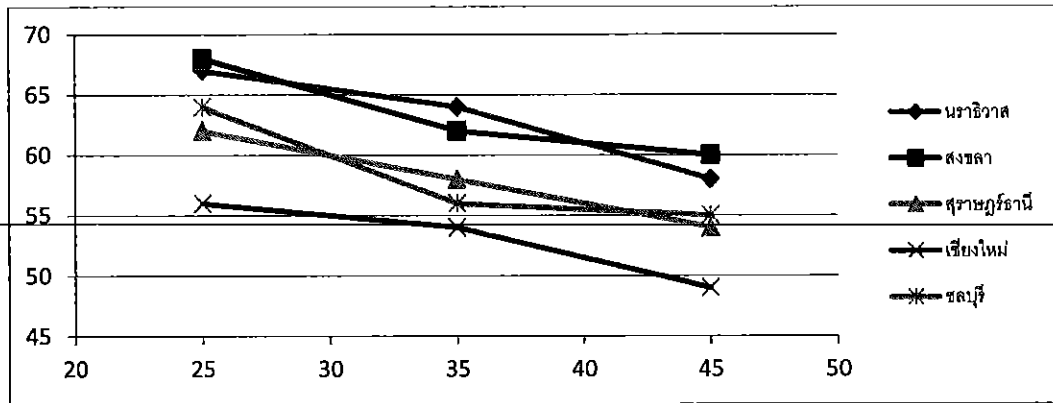
รูปที่ 4.2 ขนาดมวลรวมละเอียด (9.5) AC 9.5

ก่อนตัวอย่างมีค่าความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิที่ 25 และ 35 องศาเซลเซียส และลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แต่มีก่อนตัวอย่างจาก 2 แหล่งที่มาคือ เชียงใหม่และชลบุรี ที่ค่าความต้านทานการลื่นไถลลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.3 ขนาดมวลรวมละเอียด (9.5) AC 6.0

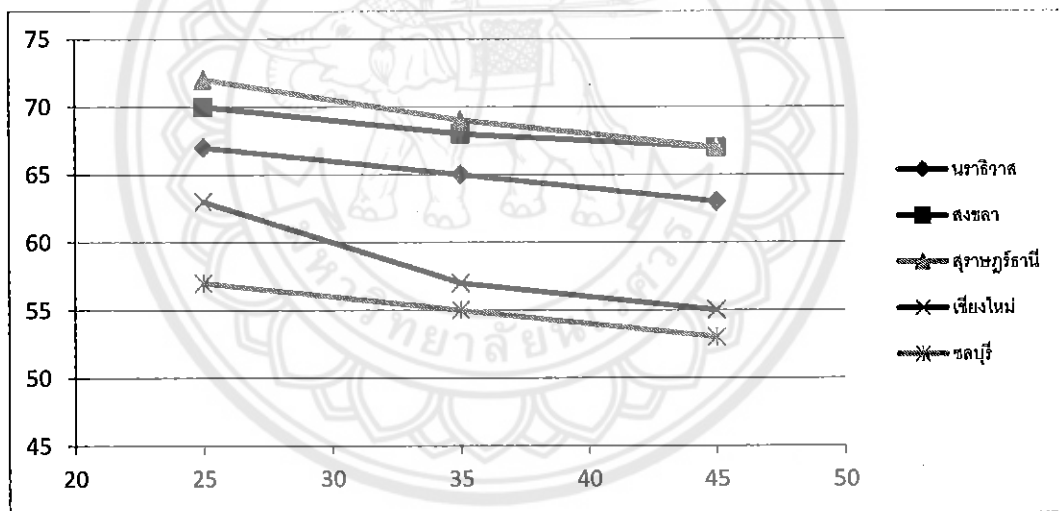
ก่อนตัวอย่างมีค่าความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิที่ 25 และ 35 องศาแต่มีก่อนตัวอย่างจากสงขลาเพียงแหล่งเดียวมีค่าความต้านทานการลื่นไถลลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.4 ขนาดมวลรวมหยาบ (12.5) AC 4.5

ค่าความต้านทานการลื่นไถลของทุกๆแหล่งที่มาที่มีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

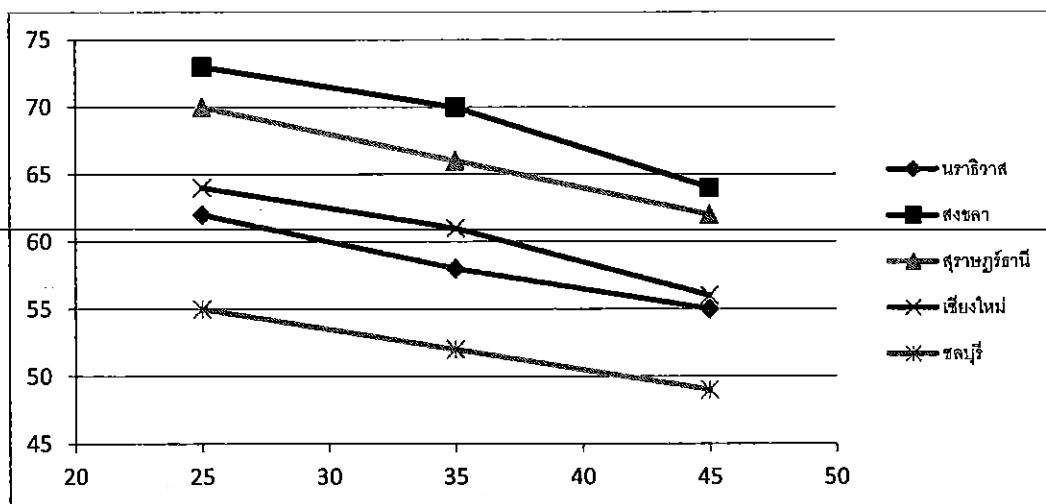
จาก 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.5 ขนาดมวลรวมหยาบ (12.5) AC 5.5

ค่าความต้านทานการลื่นไถลของทุกๆแหล่งที่มาที่มีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

จาก 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.6 ขนาดมวลรวมหยาบ (12.5) AC 6.0

ค่าความต้านทานการลื่น ไถลของทุกๆแหล่งที่มีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จาก 25 องศาเซลเซียส

#### 4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

การเปรียบเทียบระหว่างค่าความต้านทานการลื่น ไถลจากผลการทดสอบก่อนตัวอย่างกับค่ามาตรฐานในสภาพเปียกผิวทางลาดยาง เป็นการนำค่า SRV สูงสุดและต่ำสุดของก้อนตัวอย่างในแต่ละขนาดมวลรวม เปรอ์เซ็นยางและอุณหภูมิเปรียบเทียบกับค่า SRV มาตรฐาน (ค่า SRV มาตรฐาน = 45)

##### ขนาดมวลรวมละเอียด

AC: 4.5 อุณหภูมิ 25°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 40% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 22%  
 อุณหภูมิ 35°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 47% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 20%  
 อุณหภูมิ 45°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 29% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 13%

AC: 5.5 อุณหภูมิ 25°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 33% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 18%  
 อุณหภูมิ 35°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 42% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 18%  
 อุณหภูมิ 45°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 27% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 7%

AC: 6.0 อุณหภูมิ 25°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 47% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 16%

อุณหภูมิ 35°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 47% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 20%  
 อุณหภูมิ 45°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 24% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 11%

#### ขนาดมวลดรวมหยาบ

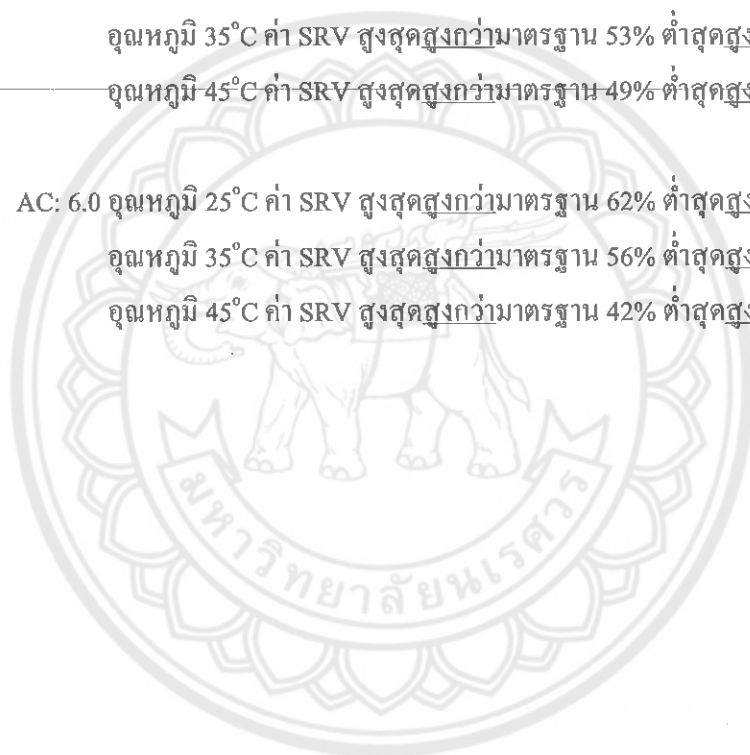
---

AC: 4.5 อุณหภูมิ 25°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 51% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 24%  
 อุณหภูมิ 35°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 42% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 20%  
 อุณหภูมิ 45°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 33% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 9%

AC: 5.5 อุณหภูมิ 25°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 60% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 27%  
 อุณหภูมิ 35°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 53% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 22%  
 อุณหภูมิ 45°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 49% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 18%

---

AC: 6.0 อุณหภูมิ 25°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 62% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 22%  
 อุณหภูมิ 35°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 56% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 16%  
 อุณหภูมิ 45°C ค่า SRV สูงสุดสูงกว่ามาตรฐาน 42% ต่ำสุดสูงกว่ามาตรฐาน 9%



## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษาหาค่าความต้านทานการลื่นไถล มวลรวมละเอียดมีประสิทธิภาพการต้านทานการลื่นไถลสูงสุดทั้ง AC 4.5 5.5 และ 6.0 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และมีค่าความต้านทานการลื่นไถลต่ำสุดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มวลรวมหยาบ AC 4.5 5.5 และ 6.0 มีประสิทธิภาพการต้านทานการลื่นไถลสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

##### 5.1.1 การเปรียบเทียบระหว่างค่าความต้านทานการลื่นไถลของแต่ละแหล่งที่มา

มวลรวมละเอียด 9.5 มิลลิเมตร

###### AC 4.5

- อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดชลบุรีสูงสุด จังหวัดนราธิวาสต่ำสุด
- อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จังหวัดสุราษฎร์ธานีสูงสุด จังหวัดชลบุรีต่ำสุด
- อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จังหวัดสุราษฎร์ธานีและสงขลาสูงสุด จังหวัดนราธิวาสต่ำสุด

###### AC 5.5

- ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสุราษฎร์ธานีสูงสุดทุกอุณหภูมิ และจังหวัดเชียงใหม่ต่ำที่สุดทุกอุณหภูมิ

###### AC 6.0

- อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จังหวัดนราธิวาสสูงสุด จังหวัด เชียงใหม่และชลบุรีต่ำสุด
- อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จังหวัดสงขลาและสุราษฎร์ธานีมีค่าสูงสุด จังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุด
- อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จังหวัดนราธิวาสและ เชียงใหม่สูงสุด และจังหวัดชลบุรีต่ำสุด

## มวบรวมหยาบ 12.5 มิลลิเมตร

### AC 4.5

- อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าความต้านทานการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสงขลาสูงสุด จังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุด
- อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จังหวัดนราธิวาสสูงสุด จังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุด
- อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จังหวัดสงขลาสูงสุด จังหวัดเชียงใหม่ต่ำสุด

### AC 5.5

- อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสุราษฎร์ธานีสูงสุด จังหวัดชลบุรีต่ำสุด
- อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จังหวัดสุราษฎร์ธานีสูงสุด จังหวัดชลบุรีต่ำสุด
- อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จังหวัดสงขลาและสุราษฎร์ธานีสูงสุด จังหวัดชลบุรีต่ำสุด

### AC 6.0

- อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสงขลาสูงสุด จังหวัดชลบุรีต่ำสุด
- อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จังหวัดสงขลามีค่าสูงสุด จังหวัดชลบุรีต่ำสุด
- อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จังหวัดสงขลาสูงสุด และจังหวัดชลบุรีต่ำที่สุด

## 5.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานการลื่นไถลของแต่ละอุณหภูมิ

### มวบรวมละเอียด

ก้อนตัวอย่างมวบรวมละเอียด (9.5) ของก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาส่วนใหญ่ จะมีค่าความต้านทานการลื่นไถลสูงสุดที่ 35 องศาเซลเซียส เนื่องจากยางมีความเหนียวที่เหมาะสมในการยึดเกาะเพื่อด้านทานการลื่นไถล และก้อนตัวอย่างจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสภาพตามวัตถุที่มาสัมผัสในอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสค่า SRV จึงลดต่ำลง

### มวบรวมหยาบ

ก้อนตัวอย่างมวบรวมหยาบ (12.5) จะมีค่าความต้านทานการลื่นไถลสูงที่สุดที่ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ยางเริ่มเปลี่ยนแปลงสภาพตามวัตถุที่มาสัมผัสตั้งแต่



อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และยางเปลี่ยนสภาพมากยิ่งขึ้นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ค่า SRV จึงมีค่าลดลงเรื่อยๆ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 35 องศาเซลเซียส ค่าความต้านทานการลื่นไถลของมวลรวมละเอียด 9.5 มิลลิเมตร จะเพิ่มสูงขึ้น แต่หลังจากอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นต้นไปค่าความต้านทานการลื่นไถลมีแนวโน้มลดลง ส่วนของมวลรวมหยาบ 12.5 มิลลิเมตร ค่าความต้านทานการลื่นไถลสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกค่าความต้านทานการลื่นไถลนั้นจะมีแนวโน้มลดต่ำลงไปเรื่อยๆ

สำหรับมวลรวมละเอียด 9.5 มิลลิเมตร ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสุราษฎร์ธานี AC 4.5 และ 6.0 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสและจากจังหวัดสงขลา AC 6.0 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีค่า SRV สูงสุด และก้อนตัวอย่างจากจังหวัดนราธิวาส AC 4.5 และสงขลา AC 5.5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่า SRV ต่ำสุด สำหรับมวลรวมหยาบ 12.5 มิลลิเมตร ก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดสงขลา AC 6.0 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีค่า SRV สูงสุด และก้อนตัวอย่างจากแหล่งที่มาจังหวัดเชียงใหม่ AC 4.5 และจังหวัดชลบุรี AC 6.0 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่า SRV ต่ำสุด

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรนำก้อนตัวอย่างที่ผ่านการออกโดยวิธี มาร์แชลล์ มาใช้ในการทดสอบ
- ควรทดสอบเปรียบเทียบให้มีอุณหภูมิที่หลากหลาย เช่น 25 35 45 50 60 องศาเซลเซียส
- ควรมีการเปรียบเทียบชนิดยางที่นำมาผสมกับมวลรวม

## เอกสารอ้างอิง

1. วราบุทธ ฉิมพาลี, สุรศักดิ์ หาญเจริญ และอดิศักดิ์ เสระสัย. (2547). การศึกษาค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางลาดยางและผิวทางคอนกรีต. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก
2. ประเสริฐ บุญรักษา และชาโน พงศ์ศรี. (2555). การทดสอบความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance) ของ พื้นผิวถนน โดย Portable Skid Resistance Tester. กรุงเทพมหานคร : ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง, สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ, กรมทางหลวง.





# ภาคผนวก

## ภาคผนวก

## สำนักตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม กรมทางหลวง

## Hot mix design data by The Marshall Method

## โครงการ โรงไม้หิน สุวดี ชลบุรี

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 43:27:16:14 ( By Weight ) Pen. Grade AC 60 - 70

Avg. Sp.Gr.Aggs. And Filler (Gag) = 2.690 Sp.Gr.Ac.( Gac ) = 1.02

Compaction, number of blows = 75 blows Bitumen Absorption (x) = 0.26 %

## ตารางที่ ผ1 ส่วนผสมจากโรงไม้หิน สุวดี ชลบุรี

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg. (a)	4.50			5.00			5.50		
% AC by Wgt. Of Mix (b)	4.31			4.76			5.21		
% Eff. AC by Wgt of Mix © : b-(x(100-b)/100)	4.06			4.51			4.96		
Spec Hgt. in.(d)	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
DENSITY									
Wt in air gm. (e)	1224.8	1226.9	1227.1	1239.5	1238.5	1235.5	1248.7	1245.4	1241.9
Wt sat surface dry gm. (f)	1226.1	1228.2	1228.3	1241.0	1239.9	1237.1	1250.1	1246.9	1243.1
Wt in water gm. (g)	716.6	717.4	718.3	730.3	729.8	727.2	739.4	736.9	733.3
Bulk Volume ml. (h) : f-g	509.5	510.8	510.0	510.7	510.1	509.9	510.7	510.0	509.8
Bulk Density gm./ml. (I) : e/h	2.404	2.402	2.406	2.427	2.428	2.423	2.445	2.442	2.436
Average Density	2.404			2.426			2.441		

<b>VOID ANALYSIS</b>									
Volume AC % Total (j) : $c \cdot I / G_{ac}$	9.6			10.7				11.9	
Volume Agg % Total (k) : $(100-b) / G_{ag}$	85.5			85.9				86.0	
VMA % (l) : $100-k$	14.5			14.1				14.0	
Air Voids % (m) : $l-j$	4.9			3.4				2.1	
VFB % (n) : $100 \cdot j / l$	66.1			76.0				84.9	
<b>STABILITY</b>									
Meas. Lbs	3610	3600	3560	3520	3520	3490	3480	3550	3380
Adjust Lbs	3610	3600	3560	3520	3520	3490	3480	3550	3380
Average Stability	3590			3510			3470		
<b>FLOWS</b>									
Meas. 1/100"	18	18	15	17	17	20	20	18	19
Average Flow	17			18			19		



Volume AC % c*I/Gac	Total (j)	13.0							
Volume Agg % : (100-b)I/Gag	Total (k)	85.9							
VMA %	(l) : 100-k	14.1							
Air Voids %	(m) : l-j	1.1							
VFB %	(n) : 100*j/l	92.5							
<b>STABILITY</b>									
Meas. Lbs		3500	3510	3320					
Adjust Lbs		3500	3510	3320					
Average Stability		3443							
<b>FLAWS</b>									
Meas. 1/100"		21	20	19					
Average Flow		20							

สำนักตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม กรมทางหลวง

Hot mix design data by The Marshall Method

โครงการ โรคงม่หิน เชียงใหม่ TD

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 45:27:15:13 ( By Weight ) Pen. Grade AC 60 - 70

Avg. Sp.Gr.Agg. And Filler (Gag) = 2.672 Sp.Gr.Ac.( Gac ) = 1.02

Compaction, number of blows = 75 blows Bitumen Absorption (x) = 0.26 %

ตารางที่ ผ3 ส่วนผสมจากโรคงม่หิน เชียงใหม่ TD

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg. (a)	4.50			5.00			5.50		
% AC by Wgt. Of Mix (b)	4.31			4.76			5.21		
% Eff. AC by Wgt of Mix © : b-(x(100- b)/100)	4.06			4.51			4.96		
Spec Hgt. in.(d)	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
DENSITY									
Wt in air gm.(e)	1242.3	1241.0	1239.3	1245.8	1242.4	1238.3	1246.9	1247.6	1242.0
Wt sat surface dry gm. (f)	1243.5	1242.2	1240.8	1247.3	1243.6	1239.4	1248.3	1249.2	1243.6
Wt in water gm. (g)	732.7	731.3	730.6	736.5	733.8	729.6	737.7	738.5	732.9
Bulk Volume ml. (h) : f-g	510.8	510.9	510.2	510.8	509.8	509.8	510.6	510.7	510.7
Bulk Density gm./ml. (I) : e/h	2.432	2.429	2.429	2.439	2.437	2.429	2.442	2.443	2.432
Average Density	2.430			2.435			2.439		



<b>VOID ANALYSIS</b>									
Volume AC % Total (j) : c*I/Gac		9.7			10.8			11.9	
Volume Agg-% Total (k) : (100-b)I/Gag		87.0			86.8			86.5	
VMA % (l) : 100-k		13.0			13.2			13.5	
Air Voids % (m) : l-j		3.3			2.4			1.6	
VFB % (n) : 100*j/l		74.5			81.5			88.0	
<b>STABILITY</b>									
Meas. Lbs	3230	3200	3180	3210	3210	3060	3060	3080	3040
Adjust Lbs	3230	3200	3180	3210	3210	3060	3060	3080	3040
Average Stability		3203			3160			3060	
<b>FLAWS</b>									
Meas. 1/100"	17	17	17	18	18	18	18	20	19
Average Flow		17			18			19	

สำนักตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม กรมทางหลวง

Hot mix design data by The Marshall Method

โครงการ โรคงโมหิน เชียงใหม่ TD

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 45:27:15:13 ( By Weight ) Pen. Grade AC 60 - 70

Avg. Sp.Gr.Agg. And Filler (Gag) = 2.672 Sp.Gr.Ac.( Gac ) = 1.02

Compaction, number of blows = 75 blows Bitumen Absorption (x) = 0.26 %

ตารางที่ ๗4 ส่วนผสมจากโรคงโมหิน เชียงใหม่ TD

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg. (a)	6.00								
% AC by Wgt. Of Mix (b)	5.66								
% Eff. AC by Wgt of Mix © : $b \cdot (x(100-b)/100)$	5.41								
Spec Hgt. in.(d)	2 1/2	2 1/2	2 1/2						
DENSITY									
Wt in air gm. (e)	1245.7	1244.2	1242.6						
Wt sat surface dr gm.(f)	1247.2	1245.7	1243.7						
Wt in water gm. (g)	737.5	736.2	733.2						
Bulk Volume ml.(h) : f-g	509.7	509.9	509.8						
Bulk Density gm./ml. (I) : e/h	2.444	2.440	2.437						
Average Density	2.440								
VOID ANALYSIS									
Volume AC % Total (j) : c*I/Gac	12.9								
Volume Agg % Total (k) : (100-b)/Gag	86.2								
VMA % (l) : 100-k	13.8								
Air Voids % (m) : l-j	0.9								
VFB % (n) : 100*j/l	93.6								
STABILITY									
Meas. Lbs	2940	2920	2810						

Adjust Lbs	2940	2920	2810						
Average Stability	2890								
FLAWS									
Meas. 1/100"	21	20	19						
Average Flow	20								



## สำนักตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม กรมทางหลวง

## Hot mix design data by The Marshall Method

## โครงการ โรงเรียนหินนราธิวาส

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 48:20:17:15 (By Weight) Pen. Grade AC 60 - 70

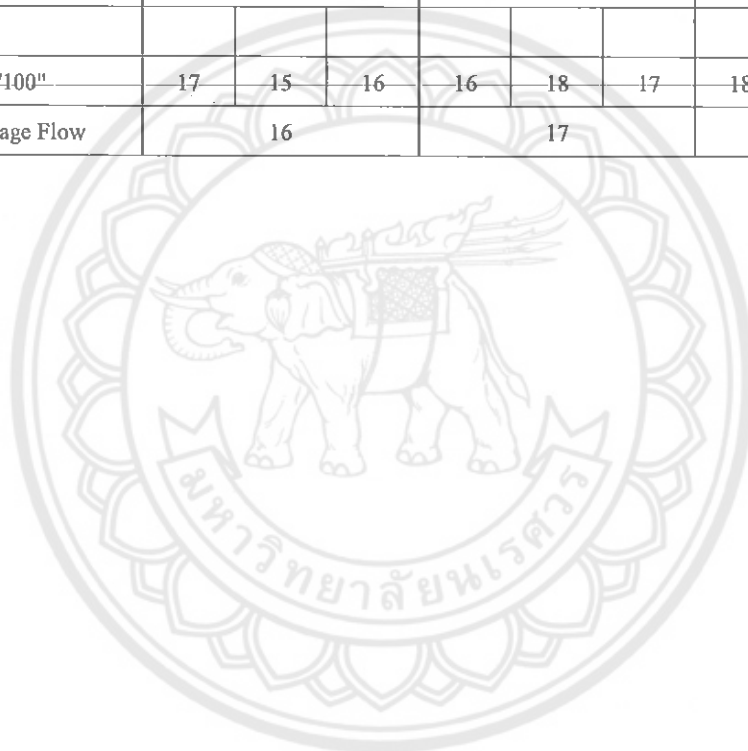
Avg. Sp.Gr.Aggs. And Filler (Gag) = 2.596 Sp.Gr.Ac.( Gac ) = 1.02

Compaction, number of blows = 75 blows Bitumen Absorption (x) = 0.26 %

ตารางที่ ผ5 ส่วนผสมจากโรงเรียนหินนราธิวาส

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg. (a)	4.50			5.00			5.50		
% AC by Wgt. Of Mix (b)	4.31			4.76			5.21		
% Eff. AC by Wgt of Mix $\text{c} = \frac{b \cdot (100 - x)}{100}$	4.06			4.51			4.96		
Spec Hgt. in.(d)	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
DENSITY									
Wt in air gm. (e)	1192.0	1191.1	1190.0	1201.4	1201.2	1199.9	1208.7	1207.6	1205.6
Wt sat surface dry gm. (f)	1193.4	1192.5	1191.5	1203.0	1202.8	1201.4	1210.0	1208.9	1206.9
Wt in water gm. (g)	683.8	682.6	682.1	693.7	693.6	692.1	699.8	698.7	696.5
Bulk Volume ml. (h) : f-g	509.6	509.9	509.4	509.3	509.2	509.3	510.2	510.2	510.4
Bulk Density gm./ml. (l) : e/h	2.339	2.336	2.336	2.359	2.359	2.356	2.369	2.367	2.362
Average Density	2.337			2.358			2.366		
VOID ANALYSIS									
Volume AC % Total (j) : c*I/Gac	9.3			10.4			11.5		
Volume Agg % Total	86.1			86.5			86.4		

(k) : (100-b)I/Gag									
VMA % (l) : 100-k	13.9			13.5			13.6		
Air Voids % (m) : l-j	4.6			3.1			2.1		
VFB % (n) : 100*j/l	67.1			77.3			84.6		
STABILITY									
Meas. Lbs	5020	5020	4810	4880	4870	4850	4850	4820	4670
Adjust Lbs	5020	5020	4810	4880	4870	4850	4850	4820	4670
Average Stability	4950			4867			4780		
FLOWS									
Meas. 1/100"	17	15	16	16	18	17	18	18	18
Average Flow	16			17			18		



สำนักตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม กรมทางหลวง

Hot mix design data by The Marshall Method

โครงการ โรงแม่หินนราธิวาส

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 48:20:17:15 ( By Weight ) Pen. Grade AC 60 - 70

Avg. Sp.Gr.Agg. And Filler (Gag) = 2.596

Sp.Gr.Ac.( Gac )

= 1.02

Compaction, number of blows = 75 blows

Bitumen Absorption (x)

= 0.26 %

ตารางที่ ๓๖ ส่วนผสมจากโรงแม่หินนราธิวาส

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg. (a)	6.00								
% AC by Wgt. Of Mix (b)	5.66								
% Eff. AC by Wgt of Mix © : $b \cdot (x(100-b)/100)$	5.41								
Spec Hgt. in.(d)	2 1/2	2 1/2	2 1/2						
DENSITY									
Wt in air gm. (e)	1209.4	1208.0	1205.3						
Wt sat surface dry gm. (f)	1210.5	1209.3	1206.5						
Wt in water gm. (g)	700.0	699.6	696.2						
Bulk Volume ml. (h) : f-g	510.5	509.9	509.8						
Bulk Density gm./ml. (I) : e/h	2.369	2.369	2.364						
Average Density	2.367								

<b>VOID ANALYSIS</b>							
Volume AC % Total (j) : c*I/Gac	12.6						
Volume Agg % Total (k) : (100-b)I/Gag	86.0						
VMA % (l) : 100-k	14.0						
Air Voids % (m) : l-j	1.4						
VFB % (n) : 100*j/l	89.9						
<b>STABILITY</b>							
Meas. Lbs	4780	4740	4690				
Adjust Lbs	4780	4740	4690				
Average Stability	4737						
<b>FLOWS</b>							
Meas. 1/100"	18	19	20				
Average Flow	19						

สำนักตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม กรมทางหลวง

Hot mix design data by The Marshall Method

โครงการ โรคงม่หินสงขลา

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 48:20:17:15 ( By Weight ) Pen. Grade AC 60 - 70

Avg. Sp.Gr.Agg. And Filler (Gag) = 2.587

Sp.Gr.Ac.( Gac )

= 1.02

Compaction, number of blows = 75 blows

Bitumen Absorption (x)

= 0.26 %

ตารางที่ ๗ ส่วนผสมจากโรคงม่หินสงขลา

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg. (a)	4.50			5.00			5.50		
% AC by Wgt. Of Mix (b)	4.31			4.76			5.21		
% Eff. AC by Wgt of Mix © : b-(x(100- b)/100)	4.06			4.51			4.96		
Spec Hgt. in.(d)	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
DENSITY									
Wt in air gm. (e)	1189. 2	1193. 5	1192. 2	1201. 2	1201. 1	1195. 8	1204. 0	1207. 3	1205. 9
Wt sat surface dry gm. (f)	1190. 3	1194. 8	1193. 8	1202. 8	1202. 5	1197. 4	1205. 5	1208. 8	1207. 1
Wt in water gm. (g)	681.0	683.9	683.0	692.1	692.5	687.7	696.4	698.3	697.2
Bulk Volume ml. (h) : f-g	509.3	510.9	510.8	510.7	510.0	509.7	509.1	510.5	509.9
Bulk Density gm./ml. (I) : e/h	2.335	2.336	2.334	2.352	2.355	2.346	2.365	2.365	2.365
Average Density	2.335			2.351			2.365		



VOID ANALYSIS									
Volume AC % Total (j) : c*I/Gac		9.3			10.4			11.5	
Volume Agg % Total (k) : (100-b)I/Gag		86.4			86.6			86.7	
VMA % (l) : 100-k		13.6			13.4			13.3	
Air Voids % (m) : 1- j		4.3			3.0			1.8	
VFB % (n) : 100*j/l		68.2			77.3			86.2	
STABILITY									
Meas. Lbs	4540	4600	4460	4520	4560	4430	4540	4510	4350
Adjust Lbs	4540	4600	4460	4520	4560	4430	4540	4510	4350
Average Stability	4533			4503			4467		
FLOWS									
Meas. 1/100"	13	15	14	16	15	14	15	14	19
Average Flow	14			15			16		

สำนักตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม กรมทางหลวง

Hot mix design data by The Marshall Method

โครงการ โรงแม่หินสงขลา

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 48:20:17:15 ( By Weight ) Pen. Grade AC 60 - 70

Avg. Sp.Gr.Agg. And Filler (Gag) = 2.587

Sp.Gr.Ac.( Gac )

= 1.02

Compaction, number of blows = 75 blows

Bitumen Absorption (x)

= 0.26 %

ตารางที่ ผ8 ส่วนผสมจากโรงแม่หินสงขลา

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg. (a)	6.00								
% AC by Wgt. Of Mix (b)	5.66								
% Eff. AC by Wgt of Mix © : $b \cdot (x(100 - b)/100)$	5.41								
Spec Hgt. in.(d)	2 1/2	2 1/2	2 1/2						
DENSITY									
Wt in air gm. (e)	1209.7	1211.3	1205.5						
Wt sat surface dry gm. (f)	1211.2	1212.5	1207.0						
Wt in water gm. (g)	701.2	701.6	697.7						
Bulk Volume ml. (h) : f-g	510.0	509.9	509.8						
Bulk Density gm./ml. (I) : e/h	2.372	2.376	2.365						
Average Density	2.371								

<b>VOID ANALYSIS</b>								
Volume AC % Total (j) : $c \cdot I / Gac$		12.6						
Volume Agg % Total (k) : $(100-b)I / Gag$		86.5						
VMA % (l) : $100-k$		13.5						
Air Voids % (m) : $l-j$		1.0						
VFB % (n) : $100 \cdot j / l$		92.8						
<b>STABILITY</b>								
Meas. Lbs	4430	4470	4290					
Adjust Lbs	4430	4470	4290					
Average Stability	4397							
<b>FLOWS</b>								
Meas. 1/100"	17	17	17					
Average Flow	17							

สำนักตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม กรมทางหลวง

Hot mix design data by The Marshall Method

โครงการ โรงไม้หินสุราษฎร์ธานี

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 45:22:18:15 ( By Weight ) Pen. Grade AC 60 - 70

Avg. Sp.Gr.Aggr. And Filler (Gag) = 2.760 Sp.Gr.Ac.( Gac ) = 1.02

Compaction, number of blows = 75 blows Bitumen Absorption (x) = 0.26 %

ตารางที่ ๗ ส่วนผสมจากโรงไม้หินสุราษฎร์ธานี

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg. (a)	4.50			5.00			5.50		
% AC by Wgt. Of Mix (b)	4.31			4.76			5.21		
% Eff. AC by Wgt of Mix © : $b - (x(100 - b)/100)$	4.06			4.51			4.96		
Spec Hgt. in.(d)	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
DENSITY									
Wt in air gm. (e)	1267.9	1269.9	1274.7	1282.7	1282.2	1277.8	1288.0	1290.3	1282.4
Wt sat surface dry gm. (f)	1269.5	1271.1	1275.8	1283.9	1283.4	1279.1	1289.1	1291.9	1283.6
Wt in water gm. (g)	760.5	761.1	764.9	774.1	773.8	770.0	778.4	780.9	774.5
Bulk Volume ml. (h) : f-g	509.0	510.0	510.9	509.8	509.6	509.1	510.7	511.0	509.1
Bulk Density gm./ml. (I) : e/h	2.491	2.490	2.495	2.516	2.516	2.510	2.522	2.525	2.519
Average Density	2.492			2.514			2.522		
VOID ANALYSIS									

Volume AC % Total (j) : $c \cdot I / Gac$	9.9			11.1			12.3		
Volume Agg % Total (k) : $(100-b)I/Gag$	86.4			86.8			86.6		
VMA % (l) : $100-k$	13.6			13.2			13.4		
Air Voids % (m) : $l-j$	3.7			2.1			1.1		
VFB % (n) : $100 \cdot j / l$	72.9			83.9			91.6		
STABILITY									
Meas. Lbs	3530	3550	3340	3430	3440	3320	3340	3380	3230
Adjust Lbs	3530	3550	3340	3430	3440	3320	3340	3380	3230
Average Stability	3473			3397			3317		
FLOWS									
Meas. 1/100"	14	15	13	15	16	14	16	15	17
Average Flow	14			15			16		

สำนักตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม กรมทางหลวง

Hot mix design data by The Marshall Method

โครงการ โรคงไม่หินสุราษฎร์ธานี

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 45:22:18:15 ( By Weight ) Pen. Grade AC 60 - 70

Avg. Sp.Gr.Ag. And Filler (Gag) = 2.760 Sp.Gr.Ac.( Gac ) = 1.02

Compaction, number of blows = 75 blows Bitumen Absorption (x) = 0.26 %

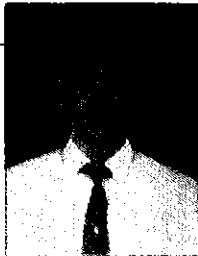
ตารางที่ 10 ส่วนผสมจากโรคงไม่หินสุราษฎร์ธานี

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg. (a)	6.00								
% AC by Wgt. Of Mix (b)	5.66								
% Eff. AC by Wgt of Mix © : $b \cdot (x(100-b)/100)$	5.41								
Spec Hgt. in.(d)	2 1/2	2 1/2	2 1/2						
DENSITY									
Wt in air gm. (e)	1287.2	1287.0	1285.7						
Wt sat surface dr gm. (f)	1288.8	1288.4	1287.0						
Wt in water gm. (g)	778.2	777.9	776.4						
Bulk Volume ml. (h) : f-g	510.6	509.9	509.8						
Bulk Density gm./ml.(l):e/h	2.521	2.524	2.522						
Average Density	2.522								
VOID ANALYSIS									
Volume AC % Total (j) : c*I/Gac	13.4								
Volume Agg % Total (k) : (100-b)I/Gag	86.2								
VMA % (l) : 100-k	13.8								
Air Voids % (m) : l-j	0.4								
VFB % (n) : 100*j/l	97.1								
STABILITY									
Meas. Lbs	3320	3250	3160						
Adjust Lbs	3320	3250	3160						

Average Stability	3243							
FLAWS								
Meas. 1/100"	17	18	16					
Average Flow	17							



## ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



นายรัชกฤษ เจริญภัทรวูฒิ

ภูมิลำเนา 500 ถ.มหาจักรพรรดิ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.  
พิษณุโลก 65000

## ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพุทธชินราชพิทยาศึกษา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: monpower055@hotmail.com



ชื่อ นายสันติ สุขะ  
ภูมิลำเนา 005 หมู่ 1 ต.ท่าขุนราม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร  
62000

## ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนวชิรปราการวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Suya\_0808@hotmail.com





ชื่อ นางสาวอรอุมา ขันทะพุด  
ภูมิลำเนา 6 ม.8 ต.น้ำพี้ อ.ทองแสนขัน จ.อุตรดิตถ์ 53230  
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุตรดิตถ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: gif\_tuelek@hotmail.com

