

คุณสมบัติของผิวทางประเภทสโตนแมสติกแอสฟัลต์ที่ใช้ตะแกรงจากการผลิตเหล็กกล้าเป็นวัสดุผสมรวม

นายนิรันดร์ ศรีสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ISBN 974-14-2060-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROPERTIES OF STONEMASTIC ASPHALT USING STEELMAKING SLAG AGGREGATE

Mr. Nirun Srisuk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

ISBN 974-14-2060-9

Copyright of Chulalongkorn University

490179

นิรันดร์ ศรีสุข : คุณสมบัติของผิวทางประเภทสโตนแมสติกแอสฟัลต์ที่ใช้ตะกรันจากการผลิตเหล็กกล้าเป็นวัสดุมวลรวม (PROPERTIES OF STONEMASTIC ASPHALT USING STEELMAKING SLAG AGGREGATE) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ดิเรก ลาวัญศิริ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : นายทวีสิทธิ์ อยู่ประเสริฐ , 132 หน้า. ISBN 974-14-2060-9.

ปัจจุบันถนนที่ใช้งานส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นถนนประเภทแอสฟัลต์คอนกรีต ซึ่งต้องรองรับการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของปริมาณจราจรและน้ำหนักบรรทุกที่มักสูงเกินกว่าข้อกำหนดในการออกแบบ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผิวทางเกิดความเสียหายในรูปแบบต่างๆ

ในงานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของผิวทางสโตนแมสติกแอสฟัลต์ และเปรียบเทียบคุณสมบัติของผิวทางสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้หินแกรนิตกับตะกรันเหล็กเป็นวัสดุมวลรวมและโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์เป็นวัสดุเชื่อมประสาน โดยใช้ขนาดคละจำนวน 3 แบบ และได้ทำการทดสอบที่บดอัดด้วยวิธีมาร์แชล และบดอัดด้วยเครื่องมือไจราโตรี (Gyratory Compactor)

ผลการศึกษาพบว่าสโตนแมสติกแอสฟัลต์ที่ใช้วัสดุมวลรวมตะกรันเตาหลอมจะมีค่าความหนาแน่น ค่าเสถียรภาพ ค่าต้านทานต่อแรงดึง และค่าความต้านทานแรงเสียดทานที่สูงกว่า ส่วนช่องว่างอากาศระหว่างมวลรวม ช่องว่างที่บรรจุด้วยแอสฟัลต์ ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าสโตนแมสติกแอสฟัลต์ที่ใช้วัสดุตะกรันเตาหลอมและหินแกรนิตยังมีความต้านทานการหลุดลอกได้ดี

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2549

ลายมือชื่อนิสิต..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 

4670355021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD :STONE MASTIC ASPHALT / POLYMER MODIFIED ASPHALT/ INDIRECT TENSILE STRENGTH / RESILIENT MODULUS / PERMANENT DEFORMATION

NIRUN SRISUK : PROPERTIES OF STONEMASTIC ASPHALT USING STEELMAKING SLAG AGGREGATE. THESIS ADVISOR : PROF. DIREK LAVANSIRI, Ph.D., THESIS COADVISOR : Mr. TAWEESIT YOOPRASERT, 132 pp. ISBN 974-14-2060-9.

The majority of roads in Thailand are asphalt concrete pavements. They are subjected to continuous increase in traffic volume and over loaded which traffic exceeded their designed capacity. These damage the road surface which is followed by some other adverse effects.

The object of this study is to investigate the properties of stone mastic asphalt using steel furnace slag aggregate as an alternative to granite and polymer modified asphalt as a binder. Three gradations of aggregate are employed in the study where Marshals and Gyratory Compaction methods are used in compaction of the specimen.

The result reveals that the stone mastic asphalt using steel furnace slag aggregate has higher density, higher stability, higher indirect tensile strength and skid resistance value. But there are no difference in VMA and VFB. Furthermore stone mastic asphalt using steel furnace slag aggregate and granite exhibits good stripping resistance.

Department Civil Engineering
Field of Study Civil Engineering
Academic year 2006

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

Co-advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อ.ทวิสิทธิ์ อยู่ประเสริฐ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และคอยเอาใจใส่ดูแลช่วยเหลือ ตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ อนุกัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา ซึ่งเป็นประธานกรรมการ และ ดร.ธันวิน สวัสดิ์สานต์ ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่ให้คำปรึกษา และข้อแนะนำต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสุวัฒน์ บุณนาค เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวัสดุ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย และเจ้าหน้าที่สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง ที่ให้ความรู้ คำปรึกษารวมทั้งข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ บริษัท ไทยสเลอริซึล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านข้อมูล และวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

ผู้เขียนขอขอบคุณ เอกพล อัครภาณิชย์กร ซึ่งเป็นรุ่นพี่สาขาวิศวกรรมขนส่ง ที่ให้ข้อแนะนำ ข้อชี้แนะในการทดสอบวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต

ผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ สาขาวิศวกรรมขนส่งและจราจร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือ ในการทดสอบและเป็นกำลังใจแก่ผู้เขียน

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ชายและพี่สาวที่ได้ให้การสนับสนุน ทั้งด้านการเงิน ความช่วยเหลือดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด และเป็นกำลังใจที่เข้มแข็งของผู้เขียนตลอดการศึกษา จนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลงได้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 วิธีการในการศึกษา.....	47
3.1 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	48
3.2 การเตรียมและทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม.....	50
3.3 ขนาดคละของวัสดุมวลรวม.....	50
3.4 การเตรียมตัวอย่างวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต.....	51
3.5 การทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต.....	53
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการศึกษา.....	60
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม.....	60
4.2 ผลการออกแบบส่วนผสมในแมสติกแอสฟัลต์ โดยวิธีมาร์แชล.....	62
4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของสโตนแมสติกแอสฟัลต์.....	67
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	73
5.1 บทสรุป.....	73
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	74
รายการอ้างอิง.....	75

	หน้า
ภาคผนวก.....	78
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบคุณสมบัติของสโตนแมสติกแอสฟัลต์.....	79
ภาคผนวก ข ภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	128
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	132

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ขนาดคละของมวลรวมผิวทางสโตนแมสติกแอสฟัลต์.....	8
2.2	ส่วนผสมของมวลรวมที่บดอัดด้วย Gyrotory Compactor.....	8
2.3	ส่วนผสมของมวลรวมที่บดอัดด้วยวิธีมาร์แชล.....	9
2.4	คุณสมบัติของผิวทางสโตนแมสติกแอสฟัลต์.....	9
2.5	ขนาดคละของมวลรวมจากโครงการ NCHRP Project 9-8.....	10
2.6	เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมของผิวทางที่ใช้ในการทดสอบ.....	11
2.7	ส่วนผสมของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ตาม Australian Draft Grading Specification.....	12
2.8	แสดงค่าคุณสมบัติความปลอดภัยจากการลื่นไถล.....	17
2.9	แสดงค่าความสึกหรอของวัสดุมวลรวม.....	17
2.10	ค่า Polish Stone Value ณ บริเวณจุดต่างๆ.....	19
2.11	ค่า BPN ที่แนะนำสำหรับในประเทศไทย.....	20
2.12	ขนาดคละของวัสดุผสมแทรก.....	33
3.1	คุณสมบัติของวัสดุโพลีเมอร์โมดิฟายส์แอสฟัลต์.....	49
3.2	การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมหยาบ.....	50
3.3	การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมละเอียด.....	50
3.4	แสดงขนาดคละของวัสดุมวลรวมที่ใช้ในการทดลอง.....	51
4.1	ผลทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัวของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ที่ใช้วัสดุมวลรวมหินปูนและตะกรันเตาหลอม.....	69
4.2	ผลทดสอบการหลุดลอก	72

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของสโตนแมสติกแอสฟัลต์กับผิวทางประเภทต่างๆ.....	4
2.2 แสดงขนาดคละของวัสดุมวลรวมตามข้อกำหนดของ Swiss standard.....	14
2.3 แสดงการเกิดการยุบตัวถาวรของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต.....	35
2.4 แสดงการแตกร้าวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต.....	36
2.5 แสดงการผิวทางแตกร้าวเนื่องจากความล้าของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต.....	37
2.6 เครื่องมือทดสอบเสถียรภาพและการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชล.....	40
2.7 กราฟตัวอย่างข้อมูลของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีมาร์แชล.....	41
2.8 เครื่อง Gyrotory Compactor.....	42
2.9 ลักษณะการทำงานในการบดอัดด้วยเครื่อง Superpave Gyrotory Compactor (SGC).....	43
2.10 เครื่องบดอัด Gyrotory Compactor ของสำนักวิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง.....	43
2.11 การป้อนน้ำหนักและลักษณะการแตกร้าวของก้อนตัวอย่างจากการทดสอบด้วย Indirect Tensile Test.....	45
3.1 เครื่อง British Pendulum Tester ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย.....	55
3.2 เครื่อง British Pendulum Tester.....	56
3.3 ลักษณะของเข็มชี้ของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงเสียดทาน.....	57
4.1 แผนภูมิการเรียงขนาดคละของ SMA NCHRP Project ขนาด 3/8 (9.5mm).....	61
4.2 แผนภูมิการเรียงขนาดคละของ SMA NCHRP Project ขนาด 1/2 (12.5 mm).....	61
4.3 แผนภูมิการเรียงขนาดคละของ SMA ที่ทำการออกแบบขนาดคละใหม่ ขนาด 1/2 “.....	62
4.4 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า Density ของ SMA ที่ใช้วัสดุมวลรวมหินแกรนิตและตะกรันเตาหลอม เมื่อใช้ขนาดคละทั้ง 3 ชนิด.....	64

ภาพประกอบ	หน้า
4.5 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า VMA ของ SMA ที่ใช้วัสดุผสมรวมหินแกรนิตและตะกรันเตาหลอม เมื่อใช้ขนาดคละทั้ง 3 ชนิด.....	65
4.6 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า VFB ของ SMA ที่ใช้วัสดุผสมรวมหินแกรนิตและตะกรันเตาหลอม เมื่อใช้ขนาดคละทั้ง 3 ชนิด.....	65
4.7 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า Stability ของ SMA ที่ใช้วัสดุผสมรวมหินแกรนิตและตะกรันเตาหลอม เมื่อใช้ขนาดคละทั้ง 3 ชนิด.....	66
4.8 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า Flow ของ SMA ที่ใช้วัสดุผสมรวมหินแกรนิตและตะกรันเตาหลอม เมื่อใช้ขนาดคละทั้ง 3 ชนิด.....	66
4.9 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า Indirect Tensile Strength ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ที่ใช้วัสดุผสมรวมหินแกรนิตและตะกรันเตาหลอม.....	68
4.10 กราฟเปรียบเทียบค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ที่ใช้วัสดุผสมรวมหินแกรนิตและตะกรันเตาหลอม.....	69
4.11 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนรูปถาวร (Permanent Deformation) ที่ใช้วัสดุผสมรวมหินแกรนิตและตะกรันเตาหลอม.....	70
4.12 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าการยุบตัวสะสม.....	71
4.13 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงเสียดทาน (Skid Resistance).....	72