ผลของขนาดคละมวลรวมต่อคุณสมบัติของผิวทางระบายน้ำ

นายวิทวัส อัศตรกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1524-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I22211494

EFFECT OF AGGREGATE GRADATION ON PROPERTIES OF POROUS ASPHALT PAVEMENT

Mr. WITTAWAT ASSATARAKUL

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2004

ISBN 974-53-1524-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของขนาดคละมวลรวมต่อคุณสมบัติของผิวทางระบายน้ำ
โดย	นายวิทวัส อัศตรกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ อนุกัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทวัส อัศตรกุล : ผลของขนาดคละมวลรวมต่อคุณสมบัติของผิวทางระบายน้ำ (EFFECT OF AGGREGATE GRADATION ON PROPERTIES OF POROUS ASPHALT PAVEMENT) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ, 104 หน้า. ISBN 974-53-1524-9.

ผิวทางระบายน้ำสามารถที่จะนำมาใช้ในประเทศไทยได้ ในเชิงการระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพจากผิวจราจร ในกรณีฝนตกหนัก เป็นการลดอันตรายเนื่องมาจากการลื่นไถล การกระเด็นของละอองน้ำ และแสงสะท้อนจากพื้นผิว

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาคุณสมบัติของผิวทางระบายน้ำ ผลของขนาดคละมวลรวมที่มีต่อคุณสมบัติของผิวทางระบายน้ำ รวมทั้งหาความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ 2) การหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำในการปูทับบนพื้นรองแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง

จากการศึกษาพบว่าขนาดคละมวลรวมที่มีปริมาณมวลรวมละเอียดอยู่มาก จะทำให้การรับแรงขัดสีเพิ่มขึ้น ค่าหน่วยน้ำหนักสูงขึ้น มีเสถียรภาพดีขึ้น การไหลดีขึ้น รวมถึงความต้านทานต่อการหลุดลอกที่เพิ่มขึ้น ในส่วนประสิทธิภาพการใช้งาน จะมีค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวร และความต้านทานการแตกร้าวเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการระบายน้ำจะมีค่าต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดคละที่มีมวลรวมละเอียดอยู่น้อย ขณะเดียวกัน ขนาดคละของมวลรวมที่ต่างกัน จะไม่มีผลต่อความต้านทานแรงเสียดทานของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

ในส่วนของความหนาของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ ที่เหมาะสมในการปูทับบนชั้นพื้นรองทางที่มีความหนาแน่นสูง จะต้องพิจารณาระหว่าง ความต้านทานการยุบตัวแบบถาวร และความสามารถในการระบายน้ำ ว่าคุณสมบัติในด้านใดมีความสำคัญมากน้อยกว่ากัน เนื่องมาจากความหนาที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการระบายน้ำดีขึ้น แต่ความต้านทานต่อการยุบตัวแบบถาวรจะมีค่าที่ต่ำลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต วิทวัส อัศตรกุล

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2547

4570538421 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: POROUS ASPHALT PAVEMENT / DENSE GRADE ASPHALT PAVEMENT / POROUS ASPHALT CONCRETE / DENSE GRADE ASPHALT CONCRETE

WITTAWAT ASSATARAKUL :EFFECT OF AGGREGATE GRADATION ON PROPERTIES OF POROUS ASPHALT PAVEMENT. THESIS ADVISOR : PROF. DIREK LAVANSIRI, Ph.D., 104 pp. ISBN 974-53-1524-9.

Porous asphalt pavement can be employed in Thailand in view of efficiency in draining water during heavy down pour, lessen the effect of aquaplaning and glaring.

The purposes of this research were to study the effects of aggregate gradation on the properties of porous asphalt pavement and to determine its suitability to be employed in Thailand. The test were divided in to two parts 1) To test the properties of porous asphalt concrete and 2) To determine the suitable thickness of porous asphalt concrete for laying over underlined dense grade asphalt concrete.

The testing results revealed that the gradation of the specimens with high percentage of fine aggregate were more resistance to abrasion, higher unit weight, more stable, higher flow and resistance to stripping. As for the performance, it exhibited great resistance to permanent deformation and cracking but, with less in permeability. Compared to open grade with less fine aggregate. However, the gradation have no effect on the skid resistance.

As for the thickness of porous asphalt pavement for laying over the underlined dense grade asphalt pavement, considerations must be made between which is the most important, the resistance to permanent deformation or the permeability. Because when the thickness was increased the permeability increased where as the resistance to permanent deformation decreased.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department	Civil Engineering	Student's signature Wittawat Assatarakul
Field of study	Civil Engineering	Advisor's signature D. Lavansiri
Academic year	2004	

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และคอยเอาใจใส่ดูแลช่วยเหลือ ตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ อนุกัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา ซึ่งเป็นประธานกรรมการ และ รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่ให้คำปรึกษา และข้อแนะนำต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลงด้วยดี

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณพรชัย ศิลารมย์ และคุณณรงค์ชัย นุ่มกรรณ์ ซึ่งเป็นรุ่นพี่สาขาวิศวกรรมขนส่ง ที่ให้ข้อแนะนำ ข้อชี้แนะในการทดสอบวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต ที่สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

ผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ สาขาวิศวกรรมขนส่ง ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในการทดสอบที่ต้องใช้กำลังคนและเป็นกำลังใจแก่ผู้เขียน

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนทั้งด้านการเงิน ความช่วยเหลือดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด และเป็นกำลังใจที่เข้มแข็งของผู้เขียนตลอดการศึกษา จนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลงได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา..... 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.6 วิธีดำเนินการศึกษา..... 3

บทที่ 2 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 20

บทที่ 3 วิธีการศึกษา..... 30

3.1 วิธีการดำเนินการศึกษา..... 30

3.2 การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสาน..... 36

3.3 การเตรียมและทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม..... 37

3.4 ขนาดคละของวัสดุมวลรวม..... 37

3.5 การเตรียมตัวอย่างวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต..... 41

3.6 การทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต..... 46

บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการศึกษา..... 53

4.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสาน..... 53

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม..... 54

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต..... 55

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	72
5.1 บทสรุป	82
5.2 ข้อเสนอแนะ	75
รายการอ้างอิง	77
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบวัสดุเชื่อมประสาน	80
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต	84
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	104

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ส่วนผสมของผิวทางระบายน้ำตาม The Belgian Specification.....	6
2.2	ส่วนผสมของมวลรวมในแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ.....	7
2.3	ขนาดคละของมวลรวมในแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ.....	7
2.4	คุณสมบัติของโพลิเมอร์ที่ใช้ในการศึกษา.....	8
2.5	คุณสมบัติเบื้องต้นของแอสฟัลต์ที่ปรับปรุงโดยการเติมโพลิเมอร์.....	8
2.6	คุณสมบัติที่ได้รับการปรับปรุงจากการใช้โพลิเมอร์.....	9
2.7	ข้อกำหนดของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา.....	12
2.8	ผลสรุปการประมาณราคาที่เพิ่มขึ้น และ ความประหยัด จากการใช้ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำแทนผิวทางที่มีความหนาแน่นสูง.....	19
2.9	เกณฑ์การทดสอบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชล.....	24
3.1	วิธีการการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสานตามมาตรฐาน มอก.851-2542 และมาตรฐาน ทล.-ก. 408/2536.....	36
3.2	การตรวจวัดคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมหยาบ.....	37
3.3	การตรวจวัดคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมละเอียด.....	37
3.4	ขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางที่มีความหนาแน่นสูงตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ทล.-ม. 408/2532.....	38
3.5	ขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางระบายน้ำตามข้อกำหนดของญี่ปุ่น.....	39
4.1	ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสาน.....	53
4.2	ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมของวัสดุมวลรวม.....	54
4.3	ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม.....	55
4.4	ค่า Splitting strength ratio จากการทดสอบการหลุดลอกด้วยวิธี Splitting test.....	64
4.5	ค่าแรงเสียดทานของก้อนตัวอย่างทั้งในสภาพแห้ง และสภาพเปียก.....	65
4.6	คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ใช้ขนาดคละมวลรวมที่ต่างกัน....	78

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
2.1	กราฟแสดงขนาดคละมวลรวมที่มีขนาดมวลรวมใหญ่สุด 10 มิลลิเมตร.....	13
2.2	กราฟแสดงขนาดคละมวลรวมที่มีขนาดมวลรวมใหญ่สุด 16 มิลลิเมตร.....	13
2.3	ความสามารถในการระบายน้ำ สำหรับผิวทางระบายน้ำ ที่ 0% ของความลาดชันตามยาว โดยมีความลาดชันตามขวางที่ต่างกัน และ จำกัดให้มีขอบการระบายน้ำด้านเดียว.....	15
2.4	ความสามารถในการระบายน้ำ สำหรับผิวทางระบายน้ำ ที่ 2% ของความลาดชันตามยาว โดยมีความลาดชันตามขวางที่ต่างกัน และ จำกัดให้มีขอบการระบายน้ำด้านเดียว.....	16
2.5	ความสามารถในการระบายน้ำ สำหรับผิวทางระบายน้ำ ที่ 4% ของความลาดชันตามยาว โดยมีความลาดชันตามขวางที่ต่างกัน และ จำกัดให้มีขอบการระบายน้ำด้านเดียว.....	16
2.6	ความสามารถในการระบายน้ำ สำหรับผิวทางระบายน้ำ ที่ 6% ของความลาดชันตามยาว โดยมีความลาดชันตามขวางที่ต่างกัน และ จำกัดให้มีขอบการระบายน้ำด้านเดียว.....	17
2.7	ความสามารถในการระบายน้ำ สำหรับผิวทางระบายน้ำ ที่ 8% ของความลาดชันตามยาว โดยมีความลาดชันตามขวางที่ต่างกัน และ จำกัดให้มีขอบการระบายน้ำด้านเดียว.....	17
2.8	ความสามารถในการระบายน้ำ สำหรับผิวทางระบายน้ำ ที่ 10% ของความลาดชันตามยาว โดยมีความลาดชันตามขวางที่ต่างกัน และ จำกัดให้มีขอบการระบายน้ำด้านเดียว.....	18
2.9	เครื่องมือทดสอบเสถียรภาพและการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชล.....	22
2.10	กราฟตัวอย่างข้อมูลของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีมาร์แชล.....	23
2.11	ลักษณะการทำงานในการบดอัดด้วยเครื่อง Superpave Gyratory Compactor (SGC).....	25
2.12	การป้อนน้ำหนักและลักษณะการแตกร้าวของก้อนตัวอย่างจากการทดสอบด้วย Indirect Tensile Test.....	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
2.13	ความสัมพันธ์ของจังหวะการให้ Load และ Deformation ที่เกิดขึ้นในการทดสอบ Indirect Tensile Test แบบ Repeated Load.....	29
3.1	แผนผังวิธีการทดสอบแอสฟัลต์ซีเมนต์.....	31
3.2	แผนผังวิธีการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ.....	33
3.3	แผนผังการเตรียมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงเพื่อใช้ในการหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ.....	34
3.4	แผนผังวิธีการทดสอบเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง.....	35
3.5	กราฟแสดงขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางที่มีความหนาแน่นสูงตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ทล.-ม. 408/2532.....	38
3.6	กราฟแสดงขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางระบายน้ำตามข้อกำหนดของญี่ปุ่น.....	39
3.7	แสดงขนาดคละมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางระบายน้ำที่ใช้ในการศึกษาตามข้อกำหนดของญี่ปุ่น.....	40
3.8	การทดสอบ Running Off.....	41
3.9	ลักษณะของก้อนตัวอย่างทดสอบ Cantabro.....	43
3.10	ลักษณะก้อนตัวอย่างตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นที่เหมาะสมของชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ปูทับบนชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง.....	46
3.11	ลักษณะการจัดวางก้อนตัวอย่างสำหรับการทดสอบ Dynamic creep test.....	47
3.12	การทดสอบการหลุดลอก (Stripping test) ด้วยวิธี Splitting test.....	48
3.13	Pendulum Skid Resistance Tester (BSI 1990).....	49
3.14	ตรวจสอบระยะของผิวสัมผัสของผิวทดสอบ.....	50
3.15	ลักษณะของเข็มชี้ของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงเสียดทาน.....	51
3.16	การทดสอบหาความสามารถในการระบายน้ำ.....	52
4.1	ค่าร้อยละการหลุดลอกของวัสดุเชื่อมประสานกับปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมอยู่ในแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ.....	56
4.2	ค่าร้อยละการสูญเสียของวัสดุมวลรวมเนื่องจากการขัดสีกับปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่ผสมอยู่ในแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ.....	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4.3	ผลการทดสอบ Marshall ของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ.....	58
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศและช่องว่างอากาศต่อเนื่องของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ.....	59
4.5	ผลการทดสอบ Marshall ของแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง.....	60
4.6	ผลการทดสอบ Dynamic creep ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส.....	61
4.7	ผลการทดสอบ Dynamic creep ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส.....	63
4.8	ความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่มีขนาดคละของมวลรวมแตกต่างกัน.....	66
4.9	ความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ 2 cm 4 cm และ 6 cm ปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง.....	67
4.10	ผลการทดสอบ Dynamic creep ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสของแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ 2 cm 4 cm และ 6 cm ปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง.....	68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย