

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การหาอัตราส่วนผสมของมวลรวมผสมที่เหมาะสมเพื่อลดการเกิดร่องล้อ
DETERMINATION OF THE BEST MIX PROPORTION AGGREGATE
FOR REDUCED RUTTING RESISTANT ASPHALT CONCRETE

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิรชร นกแก้ว
นายดำรงค์ ปาละกุล

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2556
กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การหาอัตราส่วนผสมของมวลรวมผสมที่เหมาะสมเพื่อลดการเกิดร่องล้อ ได้รับการสนับสนุนทุนจากโครงการวิจัยโดยเงินงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งคณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณไว้เป็นอย่างสูง

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้คำปรึกษา การทดสอบ รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบบางส่วนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความเห็นข้อเสนอแนะทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ	การหาอัตราส่วนผสมของมวลรวมผสมที่เหมาะสมเพื่อลดการเกิดร่องล้อ
ชื่อนักวิจัยและสถาบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิรชร นกแก้ว และนายดำรงค์ ปาละกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสำนักวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง
E-mail Address	nirachorn@exchange.rmutt.ac.th หรือ nirachorn@gmail.com

damm_ong@hotmail.com

ระยะเวลาโครงการ 1 ปี (1 ตุลาคม 2555 – กันยายน 2556)

การศึกษานี้เป็นการหาอัตราส่วนผสมของมวลรวมผสมที่เหมาะสมเพื่อลดการเกิดร่องล้อ โดยมีค่าช่องว่างอากาศใกล้เคียงหรือเท่ากับร้อยละ 4 ที่มีผลต่อคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต และลดปัญหาการเกิดร่องล้อของผิวทางแอสฟัลต์ การกำหนดอัตราส่วนผสมให้ขนาดผลของวัสดุ มวลรวมอยู่ในขีดจำกัดที่กำหนด (Desired Limit) ตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532 ของ กรมทางหลวง ใช้เกณฑ์กำหนดสำหรับชั้น Wearing Course ขนาด 12.5 มิลลิเมตร และแอสฟัลต์ ซีเมนต์ เกรด 60-70 เป็นวัสดุประสาน วัสดุมวลรวมหินปูน 2 แหล่งคือ โครงการสะพานเลี่ยงเมือง สมุทรสงคราม (SK) จำนวน 7 อัตราส่วนผสมคือ SK-MP1, SK-MP2, SK-MP3, SK-MP4, SK-MP5, SK-MP6 และ SK-MP7 และโครงการแยกทางหลวงหมายเลข 35 - สมุทรสาคร (เอกชัย ตอน 1) (SS) จำนวน 7 อัตราส่วนผสมคือ SS-MP1, SS-MP2, SS-MP3, SS-MP4, SS-MP5, SS-MP6 และ SS-MP7 เปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้คือ ความหนาแน่น (Density) ช่องว่างอากาศ (Air Voids) เสถียรภาพ (Stability) และค่าการไหล (Flow) และการเกิดร่องล้อ (Rutting) จาก การศึกษาพบว่า การเกิดร่องล้อที่ทดสอบโดยใช้เครื่อง Pavement Rutting Tester ของแอสฟัลต์ คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง สรุปได้ว่า การเลือกขนาดผลของวัสดุ มวลรวมผสมที่เกิดร่องล้อน้อยคือ MP2 ถึง MP5 อยู่ในช่วงร้อยละ 4.54 ถึง 4.85 จึงสามารถกำหนด ขนาดผลที่เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มีค่าอยู่ในช่วง 49 ถึง 61 และเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรง เบอร์ 200 มีค่าอยู่ในช่วง 4.2 ถึง 6.0 ค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ในช่วง 2.402 ถึง 2.468 กรัมต่อ มิลลิกรัม ค่าช่องว่างอากาศช่องว่างอากาศมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 3.1 ถึง 4.0 ค่าเสถียรภาพมีค่าอยู่ ในช่วง 2,640 ถึง 3,280 ปอนด์ ค่าการไหลมีค่าอยู่ในช่วง 11 ถึง 17 ซึ่งคุณสมบัติของแอสฟัลต์ คอนกรีตที่ได้มีค่าอยู่ในข้อกำหนดตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

คำสำคัญ วัสดุมวลรวม มวลรวมผสม การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ร่องล้อ

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 คุณสมบัติของวัสดุมวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์	4
2.2 การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต	8
2.3 วัสดุมวลรวมสำหรับใช้เป็นส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต	12
2.4 การเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร (Permanent Deformation)	14
2.5 การทดสอบ French Rutting Tester	16
2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	20
3.1 การออกแบบอัตราส่วนผสม (Mix Proportion)	20
3.2 การทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์	28
3.3 การทดสอบร่องล้อของผิวทางแอสฟัลต์ (Pavement Rutting Tester)	28
บทที่ 4 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	45
4.1 ผลการทดลอง	45
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	53
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	71
5.1 สรุป	71
5.2 ข้อเสนอแนะ	72

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก ก	75
Job-Mix Formula for Hot-Mix Design สำหรับชั้น Wearing Course	
โครงการสะพานเลี้ยวเมืองสมุทรสงครามและโครงการแยกทางหลวง	
หมายเลข 35 – สมุทรสาคร (เอกชัย ตอน 1)	
ภาคผนวก ข	92
ผลการทดสอบร่องล้อผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยเครื่อง Pavement	
Rutting Tester ของโครงการสะพานเลี้ยวเมืองสมุทรสงครามและโครงการ	
แยกทางหลวงหมายเลข 35 – สมุทรสาคร (เอกชัย ตอน 1)	

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสานที่ใช้ในงานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต	7
3.1	ผลการทดลองการหาขนาดผลของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 1 โครงการสะพานเลี้ยวเมืองสมุทรสงคราม (SK) และโครงการแยกทางหลวง หมายเลข 35 – สมุทรสาคร (เอกชัย ตอน 1) (SS)	20
3.2	ขนาดผลของมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้	21
3.3	ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีตตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532	23
3.4	ผลการกำหนดขนาดผลของวัสดุมวลรวมจำนวน 7 อัตราส่วนผสม ของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 1 โครงการสะพานเลี้ยวเมืองสมุทรสงคราม (SK)	24
3.5	ผลการกำหนดขนาดผลของวัสดุมวลรวมจำนวน 7 อัตราส่วนผสม ของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 2 โครงการแยกทางหลวงหมายเลข 35 - สมุทรสาคร (เอกชัย ตอน 1) (SS)	26
4.1	ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ ของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 1 (SK)	45
4.2	ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ ของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 2 (SS)	47
4.3	ผลการทดสอบร่องล้อผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเครื่อง Pavement Rutting โครงการสะพานเลี้ยวเมืองสมุทรสงคราม (SK)	49

4.4	ผลการทดสอบร่องล้อผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเครื่อง Pavement Rutting โครงการแยกทางหลวงหมายเลข 35 – สมุทรสาคร (เอกชัย ตอน 1) (SS)	50
4.5	ผลการออกแบบอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 1	51
4.6	ผลการออกแบบอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 2	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.1	การเปรียบเทียบผลการออกแบบอัตราส่วนผสมทั้งสองขนาดคละของโครงการทางหลวงหมายเลข 4 สายชุมพร - ระนอง (ตอน 1) จ.ระนอง	73

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	สภาพผิวทางเป็นร่องล้อของหลวงหมายเลข 32 สายบางปะอิน-นครสวรรค์ กม.178+200 LT.	15
2.2	เครื่องทดสอบการเกิดร่องล้อ (French Rutting Tester, FRT)	16
2.3	เครื่อง Plate Compactor	16
2.4	Close - up ของยางและพื้น	17
3.1	Fuller Curve ชั้น Wearing Course	22
3.2	ขนาดคละของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 1 โครงการสะพานเลี้ยวเมือง สมุทรสงคราม (SK)	25
3.3	ขนาดคละของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 2 โครงการแยกทางหลวงหมายเลข 35 - สมุทรสาคร (เอกชัย ตอน 1) (SS)	27
3.4	วัสดุหินแยกแต่ละ Bin	28
3.5	ตู้อบให้ความร้อนหิน	29
3.6	เครื่องชั่งน้ำหนัก	29
3.7	เครื่องผสมแอสฟัลต์คอนกรีต	30
3.8	แม่พิมพ์ที่ใช้เตรียมตัวอย่างก่อนทดสอบ	30
3.9	เครื่อง Plate Compactor	31
3.10	เครื่อง Pavement Rutting Tester	31
3.11	วงล้อแบบไม่มีดอกยาง	32
3.12	เครื่องตรวจสอบอุณหภูมิ	32
3.13	ชุดควบคุมกำหนดจำนวนรอบ	33
3.14	ชุดปรับแรงดันไฮดรอลิก	33
3.15	จอแสดงอุณหภูมิในเครื่องทดลอง	34
3.16	แท่นวัดความหนา	34
3.17	เครื่องวัดความหนา	35
3.18	การติดตั้งแม่พิมพ์เปล่าพร้อมการวัดค่าความลึก	37
3.19	การผสมแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยเครื่องผสม	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.20	การนำแอสฟัลต์คอนกรีตใส่เครื่อง Plate Compactor	38
3.21	ก้อนตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมด้วยเครื่อง Plate Compactor	38
3.22	ตำแหน่งที่วางก้อนตัวอย่างทดสอบ	39
3.23	การเติมลมยางและปิดประตูเครื่อง	39
3.24	การปรับค่าแรงดันไฮดรอลิกเพื่อดันแผ่นรองก้อนตัวอย่าง	40
3.25	การตั้งค่าจำนวนรอบและปุ่มการทำงาน (Run)	40
3.26	เครื่องกำลังวิ่ง Cool Run	40
3.27	ตำแหน่งของจุดวัดค่าทั้งหมด 15 จุด	41
3.28	การวัดค่าความลึก	41
3.29	การเจาะก้อนตัวอย่างเพื่อติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและการหยอดยาง	42
3.30	การตั้งค่าและการเปิด Heater ให้ความร้อน	42
3.31	จำนวนรอบครั้งสุดท้ายที่ 7,000 รอบ	43
3.32	ลักษณะร่องล้อของก้อนตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบ 1,000, 2,000 และ 7,000 รอบ	43
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุรวมแหล่งที่ 1	54
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศและอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุรวมแหล่งที่ 1	55
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพและอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุรวมแหล่งที่ 1	56
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลและอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุรวมแหล่งที่ 1	57
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความของลึกร่องล้อและอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุรวมแหล่งที่ 1	58
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุรวมแหล่งที่ 2	59

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศและอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุรวมแหล่งที่ 2	60
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพและอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีต	61

	ทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 2	
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลและอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีต ทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 2	62
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกของร่องล้อและอัตราส่วนผสม ของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 อัตราส่วนผสมของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 2	63
4.11	เปรียบเทียบค่าความลึกของร่องล้อที่อัตราส่วนผสม MP2 ถึง MP4 ของวัสดุมวลรวมทั้ง 7 อัตราส่วนของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง	64
4.12	เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นที่อัตราส่วนผสม MP2 ถึง MP4 ของวัสดุมวลรวมทั้ง 7 อัตราส่วนของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง	65
4.13	เปรียบเทียบช่องว่างอากาศที่อัตราส่วนผสม MP2 ถึง MP4 ของวัสดุมวลรวม ทั้ง 7 อัตราส่วนของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง	65
4.14	เปรียบเทียบค่าเสถียรภาพที่อัตราส่วนผสม MP2 ถึง MP4 ของวัสดุมวลรวม ทั้ง 7 อัตราส่วนของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง	66
4.15	เปรียบเทียบค่าการไหลที่อัตราส่วนผสม MP2 ถึง MP4 ของวัสดุมวลรวม ทั้ง 7 อัตราส่วนของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง	66
4.16	เปรียบเทียบค่าความลึกที่อัตราส่วนผสม MP3 ถึง MP5 ของวัสดุมวลรวม ทั้ง 7 อัตราส่วนของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง	67
4.17	เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นที่อัตราส่วนผสม MP3 ถึง MP5 ของวัสดุมวลรวมทั้ง 7 อัตราส่วนของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง	68
4.18	เปรียบเทียบช่องว่างอากาศที่อัตราส่วนผสม MP3 ถึง MP5 ของวัสดุมวลรวม ทั้ง 7 อัตราส่วนของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง	68
4.19	เปรียบเทียบค่าเสถียรภาพที่อัตราส่วนผสม MP3 ถึง MP5 ของวัสดุมวลรวม ทั้ง 7 อัตราส่วนของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง	69

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.20	เปรียบเทียบค่าการไหลที่อัตราส่วนผสม MP3 ถึง MP5 ของวัสดุมวลรวม ทั้ง 7 อัตราส่วนของวัสดุมวลรวมทั้ง 2 แหล่ง	69