รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาคุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ

STUDY OF ASPHALT CONCRETE PROPERTIES AT DIFFERENT TEMPERATURES

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิรชร นกแก้ว

นายดำรงค์ ปาละกูล

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2557

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาคุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้รับการสนับสนุนทุนจากโครงการวิจัยโดยเงินงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งคณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณไว้เป็นอย่างสูง

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้คำปรึกษาการทดสอบ รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบบางส่วนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความเห็นข้อเสนอแนะทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ	การศึกษาคุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ
ชื่อนักวิจัยและสถาบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิรชร นกแก้ว และนายดำรงค์ ปาละกูล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง
E-mail Address	nirachorn.n@en.rmutt.ac.th หรือ nirachorn@gmail.com damm_ong@hotmail.com
ระยะเวลาโครงการ	1 ปี (1 ตุลาคม 2556 – กันยายน 2557)

การวิจัยเรื่องนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาคุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิต่างกัน และใช้เป็นแนวทางในการกำหนดการควบคุมงานบดทับผิวทางภาคสนาม โดยกำหนดอุณหภูมิการบดทับของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเดียวกันที่มีอุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ใช้วัสดุมวลรวมหินปูน (Limestone) จากโรงโม่หินจำนวน 1 แหล่ง ในประเทศไทย วิธีการที่ใช้ในการวิจัยคือ ออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Test) ตามมาตรฐานการทดสอบที่ ทล.-ท. 604/2517 และใช้เกณฑ์กำหนดสำหรับชั้น Wearing Course ขนาด 12.5 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532 อัตราส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้เท่ากับ 45 : 15 : 20 : 20 โดยมวลของมวลรวม ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60-70 ปริมาณแอสฟัลต์เท่ากับร้อยละ 5 โดยมวลของวัสดุมวลรวม โดยออกแบบให้มีค่าช่องว่างอากาศใกล้เคียงหรือเท่ากับร้อยละ 4 ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต วิเคราะห์คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้คือ ความหนาแน่น (Density) เสถียรภาพ (Stability) ค่าการไหล (Flow) ช่องว่างอากาศ (Air Voids) ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม (Voids in Mineral Aggregate) ช่องว่างที่

ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (Voids filled with Bitumen) และดัชนีความแข็งแรง (Strength Index) สรุปผลการวิจัย คือ ความหนาแน่น ช่องว่างอากาศ ช่องว่างในวัสดุมวลรวม ช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ เสถียรภาพ ค่าการไหล และดัชนีความแข็งแรง และข้อกำหนดการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามอุณหภูมิต้องไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส สามารถพิจารณาเลือกใช้อุณหภูมิที่พอยอมรับได้ในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามควรอยู่ในช่วงระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ในช่วง 2.381 ถึง 2.388 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าเสถียรภาพมีค่าในช่วง 1,790 ถึง 3,200 ปอนด์ ค่าการไหลมีค่าในช่วง 13.8 ถึง 13.2 ค่าช่องว่างอากาศมีค่าในช่วง ร้อยละ 4.5 ถึง 4.3 ค่าช่องว่างในวัสดุมวลรวมมีค่าในช่วงร้อยละ 15.1 ถึง 14.9 ค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์มีค่าในช่วงร้อยละ 70.1 ถึง 71.2 ค่าดัชนีความแข็งแรงมีค่าในช่วงร้อยละ 75.5 ถึง 76.6 คุณสมบัติดังกล่าวมีค่าอยู่ในเกณฑ์ของข้อกำหนดตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ดังนั้น อุณหภูมิในช่วงดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดช่วงอุณหภูมิแอสฟัลต์คอนกรีตที่เหมาะสม สำหรับกระบวนการดำเนินงานก่อสร้างผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาที่จะเกิดความเสียหายจากกรณีที่แอสฟัลต์คอนกรีตมีอุณหภูมิต่ำหรือสูงกว่าข้อกำหนดอันเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างควบคุมงาน และเป็นไปตามมาตรฐานและข้อกำหนดของกรมทางหลวง

คำสำคัญ คุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีต อุณหภูมิที่ต่าง ๆ
asphalt concrete properties, different temperatures

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ข
บทคัดย่อ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญรูป ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขต 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 คุณสมบัติของวัสดุมวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์ 3

2.2 การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต 6
2.3 วัสดุมวลรวมสำหรับใช้เป็นส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต 10
2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
บทที่ 3 วิธีการทดลอง 13
3.1 การออกแบบอัตราส่วนผสม (Mix Proportion) 13
3.2 การทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ 18
บทที่ 4 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง 20
4.1 ผลการทดลอง 20
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง 24
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 36
5.1 สรุป 36
5.2 ข้อเสนอแนะ 37
บรรณานุกรม 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก 39
- Job-Mix Formula for Hot-Mix Design สำหรับชั้น Wearing Course โครงการทางหลวงหมายเลข 4 สายชุมพร - ระนอง (ตอน 1) จ.ระนอง

ภาคผนวก ข 48
- ผลการทดสอบค่าดัชนีความแข็งแรง (Strength Index) ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิต่างกัน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสานที่ใช้ในงานผิวทางแอสฟัลต์	6

	คอนกรีต	
3.1	ผลการทดลองการหาขนาดคละของวัสดุมวลรวมโครงการทางหลวงหมายเลข 4 สายชุมพร - ระนอง (ตอน 1) จ.ระนอง	13
3.2	ขนาดคละของมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้	14
3.3	ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีตตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532	16
3.4	ผลการกำหนดอัตราส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตอุณหภูมิต่างกัน	17
4.1	ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ของวัสดุมวลรวม ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส	20
4.2	ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ของวัสดุมวลรวม ที่อุณหภูมิ 120 และ 140 องศาเซลเซียส	21
4.3	ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ของวัสดุมวลรวม ที่อุณหภูมิ 160 และ 180 องศาเซลเซียส	22
4.4	ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ของวัสดุมวลรวม ที่อุณหภูมิ 200 และ 220 องศาเซลเซียส	23
4.5	ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิต่างกัน	24

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	ข้อกำหนดขนาดคละของมวลรวม ชั้น Wearing Course ขนาด 1/2 นิ้ว ที่ใช้ในการศึกษา	15
3.2	ขนาดคละของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 1 โครงการทางหลวงหมายเลข 4 สายชุมพร - ระนอง (ตอน 1) จ.ระนอง	18
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต	25
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศกับที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต	26
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างในวัสดุมวลรวม (VMA) กับที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต	27
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (VFB) กับที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต	28
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพและที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต	29
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลและที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต	30
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความแข็งแรงและที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต	31
4.8	เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส	32
4.9	เปรียบเทียบค่าช่องว่างอากาศของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส	33
4.10	เปรียบเทียบค่าช่องว่างในวัสดุมวลรวมของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.11	เปรียบเทียบค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส	34
4.12	เปรียบเทียบค่าเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส	34
4.13	เปรียบเทียบค่าการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส	35
4.14	เปรียบเทียบค่าดัชนีความแข็งแรงของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส	35