

การแก้ปัญหาการบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตต่ำกว่าข้อกำหนด

How to Solve the Problem about Compacted Asphalt Concrete Low Specifications

นิรชร นกแก้ว¹ และ ดำรงค์ ปาละกุล²

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110¹

ส่วนออกแบบและตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์ สำนักวิศวกรรมและตรวจสอบ ถนนศรีอยุธยา เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร
กรุงเทพฯ 10400²

E-mail: nirachorn.n@en.rmutt.ac.th¹, damm_ong@hotmail.com²

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาระยะเวลาและช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมของการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยรถบดสันสะท้อนในสนาม เพื่อแก้ปัญหาการบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตต่ำกว่าข้อกำหนด ใช้อุณหภูมิการบดทับในสนามเท่ากับ 120, 130, 140, 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลาบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตที่ต่างกันเท่ากับ 3, 3.5, 4 และ 4.5 นาที ใช้หินปูน 1 แหล่ง ออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ เกณฑ์ชั้น Binder Course ขนาด 19.0 มิลลิเมตร อัตราส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับ 40 : 22 : 18 : 20 โดยมวลของวัสดุรวม ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60-70 เท่ากับร้อยละ 5 โดยมวลของวัสดุรวม และออกแบบให้มีค่าช่องว่างอากาศใกล้เคียงหรือเท่ากับร้อยละ 4 ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ผลการศึกษาพบว่า ผู้ปฏิบัติงานควรใช้เวลาในการเข้าบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตเมื่อเวลา 3 นาที ไปแล้วทันที ระยะเวลาการเข้าบดทับต้องไม่เกิน 4.5 นาที หลังจากปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต และช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมเท่ากับ 140-180 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าร้อยละการ

บดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามด้วยรถบดสันสะท้อนอยู่ในเกณฑ์ของข้อกำหนดตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

คำสำคัญ: แอสฟัลต์คอนกรีต, วิธีมาร์แชลล์, ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต, การบดทับ

Abstract

This article aims to study the optimum of time and temperature of asphalt concrete compaction by vibration roller. The problem about compacted asphalt concrete low specifications was considered. The compaction temperatures were 120, 130, 140, 150, 160, 170 and 180°C. During the asphalt concrete compaction at difference times were 3, 3.5, 4 and 4.5 minutes. The experimental design detailed in this study using one limestone aggregate source, a nominal size of 19.0 mm (Binder Course), mix proportion asphalt concrete 40 : 22 : 18 : 20 by mass of aggregate, grade 60-70 asphalt content (5% by mass of

aggregate) and air void 4% by mass of mix were prepared. The study indicated that operators should start asphalt concrete compaction after 3 minutes. Period of asphalt concrete compaction must not exceed 4.5 minutes after mix asphalt concrete paving and the optimum temperature in the range between 140 to 180°C. The percentage of asphalt concrete compaction by vibration roller was in accordance with the requirements of the Department of Highways.

Keywords: asphalt concrete, Marshall test, asphalt concrete mix design, compaction

1. บทนำ

การดำเนินการก่อสร้างปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจะต้องทำการบดทับในขณะที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตร้อนอยู่ โดยมีอุณหภูมิระหว่าง 120-150 องศาเซลเซียส (248-302 องศาฟาเรนไฮต์) [1] เมื่อบดทับแล้วจะต้องได้ชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นในสนามไม่น้อยกว่า ร้อยละ 98 [2] ของค่าความแน่นเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างจากห้องทดลองที่ใช้เปรียบเทียบประจำวันของวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 604/2517 [3] ในทางปฏิบัติจริงพบว่า ผลการบดทับในสนามหลังจากได้สัมผัสตัวอย่างแล้วมีค่าความหนาแน่น ต่ำกว่าร้อยละ 98 (ประมาณร้อยละ 96 ถึง 97) และในบางครั้งการดำเนินการก่อสร้างปูผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น มักพบอุปสรรคอยู่เสมอ เช่น ฝนตก ระยะเวลาบรทุกไกล อากาศเย็น เครื่องจักรในสนามเสียไม่สามารถทำการบดทับได้ทันที จึงเป็นสาเหตุให้ส่วนผสมแอสฟัลต์

คอนกรีตมีอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส เมื่อบดทับที่อุณหภูมิต่ำกว่าข้อกำหนดจะทำให้สมบัติแอสฟัลต์คอนกรีตเปลี่ยนแปลงไป เช่น ความหนาแน่น ความเรียบสม่ำเสมอ การเชื่อมยึดติดกันระหว่างชั้นผิวทางและชั้นพื้นทางไม่ยึดติดกัน ทำให้เกิดการเคลื่อนตัว (Slip) ของชั้นทาง เป็นต้น L.-Sh. Huang และคณะ [4] ได้ศึกษาผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีการบดทับเป็นแบบคงที่ สั่นสะเทือน และกึ่งสั่นสะเทือนด้วยการบดทับจำนวนหลาย ๆ เทียว จากผลกระทบของจำนวนครั้งในการบดทับด้วยการนวด ถนนเมื่อเปิดการจราจรการพัฒนาความแข็งแรงและเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตนี้ควรจะมีการบดทับโดยการสั่นประมาณ 3-4 รอบตามด้วยนวดแบบคงที่ จึงได้ถนนที่มีประสิทธิภาพ

ดังนั้นการศึกษาระยะเวลาและช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมของการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยรถบดสั่นสะเทือนในสนามโดยวิธีการบดทับชั้นดิน (Initial of Breakdown Rolling) [1] จะเป็นการแก้ปัญหาการบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตต่ำกว่าข้อกำหนดซึ่งมีผลต่อการปฏิบัติงานของช่างควบคุมงานจะสามารถใช้ดุลยพินิจได้อย่างถูกต้อง ทั้งยังสามารถลดต้นทุนในการผลิต เช่น ค่าวัสดุ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งสามารถแก้ปัญหาการกำจัดของเสียและช่วยประหยัดพลังงานโดยรวมของประเทศ นอกจากนี้ยังสามารถยืดระยะเวลาในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อีกด้วย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุมวลรวมใช้หินปูน (Limestone) จากโรงโม่หิน 1 แหล่งคือ โรงโม่หิน บริษัท สันตาเฟีย จำกัด ตั้งอยู่ที่ 7/1 ม.10 ต.นายม อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ ของโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 สายพิษณุโลก-หล่มสักดี ตอน 2B

แอสฟัลต์ซีเมนต์ใช้เกรด 60-70 ตามมาตรฐานวิธีการทดลอง [2]

2.2 การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

เก็บตัวอย่างวัสดุมวลรวมหินปูนจากยูนิตร้อน (Hot Bin) ที่ได้จากการทำงานของโรงงานผสมทั้ง 4 ยูนิต (4 Bins)

หาสมบัติของวัสดุมวลรวมจากยูนิตร้อน ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ค่าความดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ค่ามวลผสมเทียบเป็นทราย (Sand Equivalent) ค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index) ค่าดัชนีความยาว (Elongation Index) ค่าการสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion ค่าความคงทน (Soundness) โดยใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟตจำนวน 5 รอบ [2]

หาขนาดคละของวัสดุมวลรวม ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ ทล.-ท.204/2516 [2, 3] และให้มวลรวมผสมมีขนาดคละของวัสดุมวลรวมอยู่ในเกณฑ์กำหนดขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับชั้น Binder Course ขนาด 19.0 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ ทล.-ม. 408/2532 [1] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดคละของวัสดุมวลรวมที่มีผลต่อสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีต

ขนาดที่ใช้เรียก มิลลิเมตร	19.0
(นิ้ว)	(3/4)
สำหรับชั้นทาง	Binder Course
ความหนา มิลลิเมตร	40 - 80
ขนาดตะแกรง	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล
1"	100
3/4"	90 - 100
1/2"	-
3/8"	56 - 80
#4	35 - 65
#8	23 - 49
#16	-
#30	-
#50	5 - 19
#100	-
#200	2 - 8

ทดสอบสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Test) ตามมาตรฐานการทดลองที่ ทล.-ท. 604/2517 [2, 3] และใช้เกณฑ์กำหนดสำหรับชั้น Binder Course ขนาด 19.0 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ ทล.-ม. 408/2532 [1] ดังตารางที่ 2

การเตรียมก้อนตัวอย่างตามวิธีมาร์แชลล์ เพื่อหาขนาดคละที่เหมาะสม ดังตารางที่ 4 เพื่อให้ได้ช่องว่างอากาศเท่ากับร้อยละ 4 โดยใช้ปริมาณแอสฟัลต์เท่ากับร้อยละ 5 โดยมวลของวัสดุมวลรวมและเตรียมตัวอย่างของอัตราส่วนผสมอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีต

ชั้นทาง		
รายการ		Binder Course
Blows		75
Stability min.	N	8006
	lb	(1800)
Flow 0.25 mm (0.01 in.)		8 - 16
Percent Air Voids		3 - 6
Percent Voids in Mineral Aggregate (VMA) min.		13
Stability/Flow min.		
	N/0.25 mm	712
	(lb/0.01 in.)	(160)
Percent Strength Index (min.)		75

2.3 การบดทับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามและเตรียมตัวอย่าง

การบดทับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยรถบดสันสะเทือนตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532 [1] ในขณะที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตร้อนอยู่ ชนิดของรถบดเป็นรถบดสันสะเทือนซึ่งเป็นการบดทับขั้นต้น (Initial of Breakdown Rolling) แปลงทดลองกว้างประมาณ 3.20 และ 3.50 เมตร ระยะทาง 35 ถึง 50 เมตร การบดทับที่อุณหภูมิใด ๆ ในที่นี้ จะกำหนดช่วงอุณหภูมิการบดทับในสนามเท่ากับ 120, 130, 140, 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส โดยทำแปลงทดลองจำนวน 3 แปลงของแต่ละอุณหภูมิการทดลอง ช่วงเวลาของการเข้าบดทับแปลงทดลองในสนามจำนวน 4 จุดที่อุณหภูมิใด ๆ เท่ากับ 3, 3.5, 4 และ 4.5 นาที ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 4 เก็บข้อมูลของก้อน

ตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตโดยการเจาะก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตของทุกแปลงทดลองทั้ง 4 จุด ของทุก ๆ ระยะเวลาที่ทำการเข้าบดทับ ตำแหน่งที่เจาะก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตห่างจากไหล่ทาง 1.00, 2.00 และ 5.00 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของช่องจราจร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 การบดทับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามด้วยรถบดล้อเหล็กสันสะเทือน



รูปที่ 2 การเจาะก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตในแปลงทดลอง

2.4 การทดลองความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนาม

ทดลองความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามตามมาตรฐานที่ ทล.-ท. 604/2517 [2, 3] ที่ตำแหน่งและอุณหภูมิดังกล่าวเปรียบเทียบกับสูตรส่วนผสมเฉพาะงานของโครงการก่อสร้าง กรมทางหลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) สูง 63.5 มิลลิเมตร (2 1/2 นิ้ว) เพื่อทดลองหาความหนาแน่นของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่อุณหภูมิ 120, 130, 140, 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส ที่ช่วงเวลาของการบดทับในสนามที่อุณหภูมิใด ๆ เท่ากับ 3, 3.5, 4 และ 4.5 นาที ต่อแปลงทดลองของ แต่ละอุณหภูมิจำนวน 3 แปลง ๆ ละ 4 จุด ๆ ละ 1 ก้อน จำนวนก้อนตัวอย่างทั้งหมด 84 ก้อน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามใช้สำหรับการทดลองความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนาม

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ผลการทดลองสมบัติของวัสดุผสมรวมจากยั้งหินร้อน อยู่ในเกณฑ์กำหนดของกรมทางหลวง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติของวัสดุผสมรวมจากยั้งหินร้อน

Description	Total
Bulk Specific Gravity	2.678
Apparent Specific Gravity	2.715
Effective Specific Gravity	2.697
Water Absorption (%)	-
Flakiness Index (%)	26
Elongation Index (%)	20
Asphalt Absorption (%)	0.27
Los Angeles Abrasion (%)	21.3
Soundness (% Wt. Loss), - Aggregate 3/4"	1.2
- Fine Aggregate	3.3
Sand Equivalent (%), - Fine Aggregate	63
- Hot Bin 1	78

ผลการออกแบบอัตราส่วนผสมของวัสดุผสมรวม ดังตารางที่ 4 และผลการทดลองสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ในห้องปฏิบัติการ ดังตารางที่ 5 ซึ่งผลจากการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตของโครงการฯ ทางหลวงหมายเลข 12 สายพิษณุโลก-หล่มสัก ตอน 2B ดังกล่าวมีค่าอยู่ในเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ ทล.-ม. 408/2532 [1]

วิเคราะห์ผลการทดลองสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ในห้องปฏิบัติการพบว่า อัตราส่วนผสมวัสดุผสมรวมของยั้งหินร้อน 1 : 2 : 3 : 4 เท่ากับ 40 : 22 : 18 : 20 โดยมีผลของวัสดุผสมรวม ดังตารางที่ 4 เมื่อใช้ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 5 (เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้ร้อยละ ± 0.3) และออกแบบให้มีค่าช่องว่างอากาศใกล้เคียง

หรือเท่ากับร้อยละ 4 ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ผลการทดลองจะได้ค่าความหนาแน่น (Density) ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม (Voids in Mineral Aggregate) ช่องว่างอากาศ (Air Voids) ช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (Voids Filled with Bitumen) เสถียรภาพ (Stability) และค่าการไหล (Flow) จากการออกแบบสูตรส่วนผสมเฉพาะงานในห้องปฏิบัติการเป็นไปตามข้อกำหนด ดังตารางที่ 5

วิเคราะห์ความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามของการบดทับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตชั้น Binder Course ด้วยรถบดสันสะเทือนตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532 [1] ในขณะที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตมีอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์กำหนด ดังตารางที่ 6 และรูปที่ 5 พบว่า เมื่ออุณหภูมิการบดทับในสนามเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส ที่เวลาบดทับใด ๆ เท่ากับ 3, 3.5, 4 และ 4.5 นาที ค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการบดทับที่ระยะเวลาผ่านไปเกิน 3 นาที อุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต จะค่อย ๆ ลดลง ทำให้แอสฟัลต์ซีเมนต์ค่อย ๆ กลับคืนสู่สถานะกึ่งของแข็ง มีผลต่อสมบัติการยึดประสานลดลง การยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์จะลดลงด้วย และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิการบดทับในสนามเท่ากับ 130, 140, 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาบดทับใด ๆ เท่ากับ 3, 3.5, 4 และ 4.5 นาที ค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมินั้น ๆ มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านไป ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับค่าความหนาแน่น

แอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

วิเคราะห์ร้อยละการบดทับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามด้วยรถบดสันสะเทือน ซึ่งค่าความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการคิดเป็นร้อยละ 100 จากการออกแบบสูตรส่วนผสมเฉพาะงานในห้องปฏิบัติการมีค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับ 2.402 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในห้องปฏิบัติการที่ยอมให้อยู่ในช่วง 2.389 ถึง 2.412 กรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อใช้ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 5 และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ร้อยละ 0.3 ซึ่งปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้ จะอยู่ในช่วงร้อยละ 4.7 ถึง 5.3 จากสมบัติควบคุมความหนาแน่นของการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามต้อง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 ของความหนาแน่นเฉลี่ยประจำวันของการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ที่ทดลองจากห้องปฏิบัติการ ดังนั้นค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามร้อยละ 98 จะมีค่าเท่ากับ 2.354 กรัมต่อมิลลิลิตร จากตารางที่ 6 และรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่า

ที่เวลาบดทับเท่ากับ 3 นาที การบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามมีค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตตั้งแต่ร้อยละ 98.0, 98.3, 98.6, 99.2 และ 99.5 เริ่มที่อุณหภูมิบดทับตั้งแต่ 140, 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส และค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนาม จะมีค่าเท่ากับ 2.354, 2.361, 2.369, 2.383 และ 2.389 กรัมต่อมิลลิลิตร

ที่เวลาบดทับเท่ากับ 3.5 นาที การบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามมีค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตตั้งแต่ร้อยละ 98.1, 98.5, 99.0 และ 99.3 เริ่มที่อุณหภูมิบดทับตั้งแต่ 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส และค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามจะมีค่าเท่ากับ 2.356, 2.366, 2.377, 2.383 และ 2.386 กรัมต่อมิลลิลิตร

ที่เวลาบดทับเท่ากับ 4 นาที การบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามมีค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตตั้งแต่ร้อยละ 98.4, 98.7, และ 99.1 เริ่มที่อุณหภูมิบดทับตั้งแต่ 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส และค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามจะมีค่าเท่ากับ 2.363, 2.370 และ 2.381 กรัมต่อมิลลิลิตร

และที่เวลาบดทับเท่ากับ 4.5 นาที การบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามมีค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตตั้งแต่ร้อยละ 98.2, 98.5, และ 99.1 เริ่มที่อุณหภูมิบดทับตั้งแต่ 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส และค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตใน

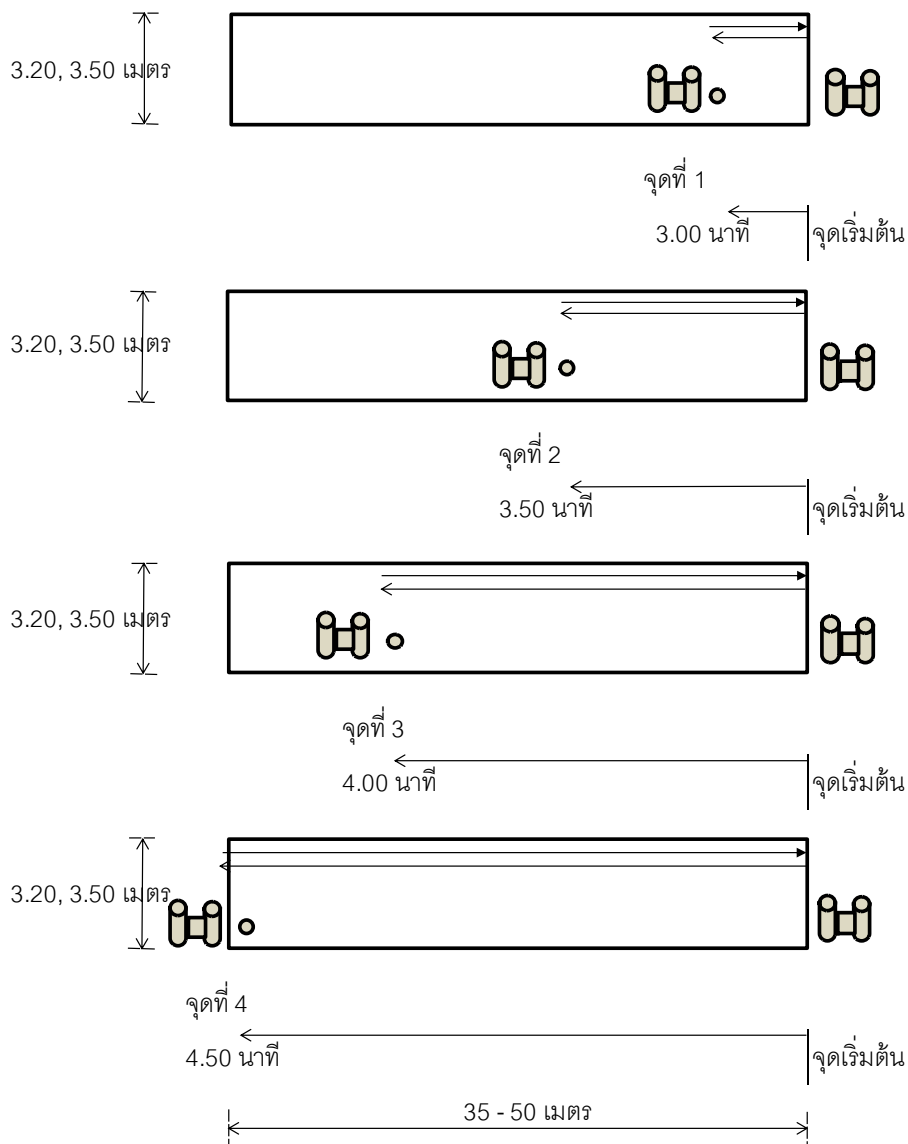
สนามจะมีค่าเท่ากับ 2.359, 2.365 และ 2.379 กรัมต่อมิลลิลิตร

ค่าร้อยละของการบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามและค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน เพราะแอสฟัลต์ซีเมนต์เมื่อได้รับความร้อน จะอยู่ในสถานะของเหลวมีสมบัติการยึดประสานที่ดี การยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์จะดีขึ้นเช่นเดียวกัน

การบดทับจะต้องกระทำทันทีหลังจากการปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจากรถปูผิวแล้วจะมีผลต่อค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนาม ยิ่งใช้เวลาในการเข้าบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตเร็วจะทำให้ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามมีค่าความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามดีขึ้น ควรเริ่มบดทับที่ระยะเวลา 3 นาที และไม่ควรเกิน 4.5 นาที อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 140 ถึง 180 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 6

ตารางที่ 4 ผลการออกแบบอัตราส่วนผสมของวัสดุรวม

Sieve Sizes	โครงการฯ ทางหลวงหมายเลข 12 สายพิษณุโลก - หล่มสัก ตอน 2B					
	% Passing					
	Hot Bin					
	Bin 1	Bin 2	Bin 3	Bin 4	Combined	Desired
1"				100	100	100
3/4"			100	79.3	95.9	90 - 100
1/2"			85.9	6.9	78.8	-
3/8"		100	34.5	0.5	68.3	56 - 80
#4	100	44.2	3.5		50.4	35 - 65
#8	78.8	6.6	0.2		33.0	23 - 49
#16	59.0	3.5			24.4	-
#30	42.6	1.0			17.3	-
#50	27.6				11.0	5 - 19
#100	15.6				6.2	-
#200	11.2				4.5	2 - 8
Mix Proportion	40	22	18	20		



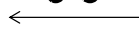
หมายเหตุ



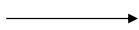
คือ รถบดสันสะเทือน ณ จุดเริ่มต้น



คือ รถบดสันสะเทือน เมื่อบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตแล้ว



คือ ทิศทางการเคลื่อนที่เข้าไปของรถบดสันสะเทือน



คือ ทิศทางการเคลื่อนที่ขากลับของรถบดสันสะเทือน

- โดยทิศทางการเคลื่อนที่เข้าไปและขากลับของรถบดสันสะเทือนเมื่อบดทับแล้ว

จะไม่บดทับซ้ำที่ตำแหน่งจุดที่ผ่านมา

- จุดที่ 1, 2, 3 และ 4 คือ การบอกตำแหน่งการเก็บข้อมูล (กม.) ของก้อนตัวอย่าง

แอสฟัลต์คอนกรีต โดยการเจาะก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตของทุกแปลงทดสอบจำนวน 4 จุด

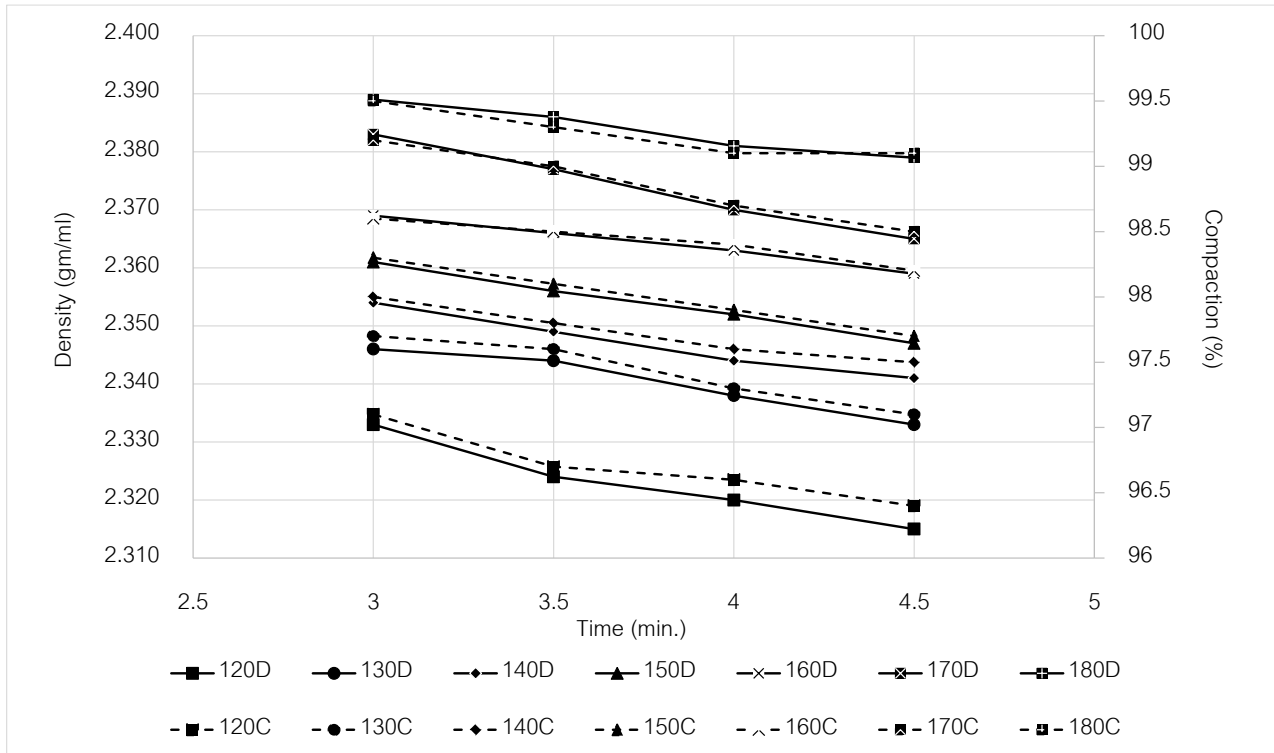
รูปที่ 4 การบดทับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่อุณหภูมิต่างกัน

ตารางที่ 5 ผลการทดลองสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ในห้องปฏิบัติการ

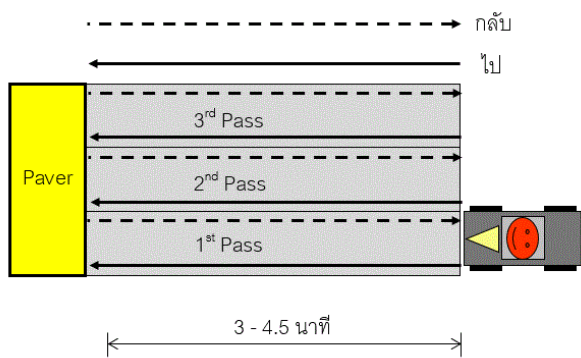
โครงการฯ ทางหลวงหมายเลข 12 สายพิษณุโลก - หล่มสัก ตอน 2B		
Description	Mixture	Tolerant Limit
Asphalt Cement (AC 60-70) (%by Mass of Aggregate)	5.0	±0.3%
Marshall Density (gm/ml)	2.402	2.389-2.412
Marshall Air Voids (%)	4.0	32-49
Voids in Mineral Aggregate (%)	14.6	13 Min
Voids Filled with Bitumen	72.6	67-78
Marshall Stability (lbs)	2190	2100 Min
Marshall Flow	12.0	11-13
Marshall Stability/Marshall Flow (lbs/0.01")	183	160 Min
Strength Index (%)	77.6	75 Min

ตารางที่ 6 ผลการทดลองความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่อุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน (ร้อยละของการบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่อุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน) เมื่อความหนาแน่นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 98 ของความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการ

ความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่อุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน (กรัมต่อมิลลิเมตร) (ร้อยละของการบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่อุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน) เมื่อความหนาแน่นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 98 ของความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการ							
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)						
	120	130	140	150	160	170	180
3	2.333(97.1)	2.346(97.7)	<u>2.354(98.0)</u>	<u>2.361(98.3)</u>	<u>2.369(98.6)</u>	<u>2.383(99.2)</u>	<u>2.389(99.5)</u>
3.5	2.324(96.7)	2.344(97.6)	2.349(97.8)	<u>2.356(98.1)</u>	<u>2.366(98.5)</u>	<u>2.377(99.0)</u>	<u>2.386(99.3)</u>
4	2.320(96.6)	2.338(97.3)	2.344(97.6)	2.352(97.9)	<u>2.363(98.4)</u>	<u>2.370(98.7)</u>	<u>2.381(99.1)</u>
4.5	2.315(96.4)	2.333(97.1)	2.341(97.5)	2.347(97.7)	<u>2.359(98.2)</u>	<u>2.365(98.5)</u>	<u>2.379(99.1)</u>



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและการบดทับของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน



รูปที่ 6 รถบดสั่นสะเทือนเข้าบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในสนาม หลังจากรถปูผิวผ่านไปแล้วเป็นระยะเวลา 3 - 4.5 นาที

4. สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบสูตรส่วนผสมเฉพาะงานในห้องปฏิบัติการเป็นไปตามข้อกำหนดของชั้นทาง Binder Course ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้เฉพาะกรณีวัสดุมวลรวมหินปูนจากโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 สายพิษณุโลก - หล่มสัก ตอน 2B เมื่อใช้ปริมาณ

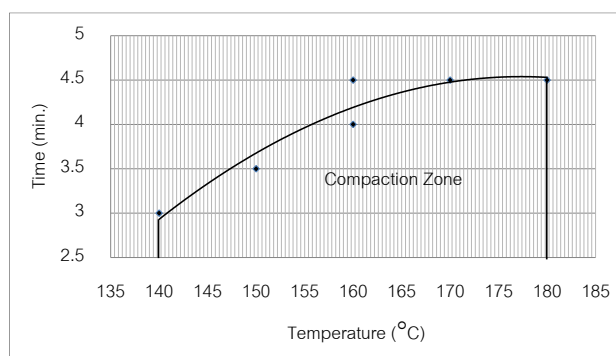
แอสฟัลต์ซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 5 และออกแบบให้มีค่าช่องว่างอากาศใกล้เคียงหรือเท่ากับ ร้อยละ 4 ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต บดทับแปลงทดลองตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532 ของกรมทางหลวง [1] เท่านั้น สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ผลการศึกษาความหนาแน่นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามและการบดทับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยรถบดสั่นสะเทือน ในขณะที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตร้อนอยู่ที่อุณหภูมิการบดทับในสนามเท่ากับ 120, 130, 140, 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลาบดทับต่างกันเท่ากับ 3, 3.5, 4 และ 4.5 นาที สรุปได้ว่า ปัญหาที่พบในปัจจุบัน หลังจากการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามแล้ว ค่าความหนาแน่นต่ำกว่าร้อยละ 98 เกิดจากระยะเวลาและอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ก่อนนำส่วนผสม

แอสฟัลต์คอนกรีตออกจากโรงงานผสมจะต้องมีอุณหภูมิระหว่าง 121-168 องศาเซลเซียส [1] ซึ่งผู้ปฏิบัติงานควรใช้เวลาในการเข้า บดทับแอสฟัลต์คอนกรีตเมื่อเวลา 3 นาทีไปแล้วทันที และระยะเวลาการเข้าบดทับต้องไม่เกิน 4.5 นาที หลังจากปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต และช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมเท่ากับ 140-180 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าร้อยละการบดทับ ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามด้วยรถบดสันสะเทือนอยู่ในเกณฑ์ของข้อกำหนดและการวิจัยนี้จะทำให้ได้แนวทางปฏิบัติงานที่ได้มาตรฐานของกรมทางหลวงด้วย

5. ข้อเสนอแนะ

ควรวัดอุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่อยู่ในรถบดทุกและในส่วนของเตารีดที่รีดส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตออกมาทำยกระยะของเครื่องปูผิว จะได้ทราบและวางแผนการเข้าบดทับของรถบดล้อเหล็กได้อย่างทันที



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาการบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนาม

ทั้งนี้เพื่อให้ช่างควบคุมงานสามารถใช้ดุลยพินิจได้อย่างถูกต้องและควบคุมงานแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ควร

ศึกษาถึงระยะเวลาการเข้าบดทับและอุณหภูมิ ดังรูปที่ 6 เพื่อจะได้ลดปัญหาความหนาแน่นในสนามต่ำกว่าข้อกำหนด

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งในการวิจัยเรื่องการแก้ปัญหาการบดทับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตต่ำกว่าข้อกำหนด ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559 ผ่านการพิจารณาโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักวิเคราะห์และพัฒนางานทาง กรมทางหลวง. มาตรฐานงานทาง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; หน้า 263-309, 2539.
- [2] นิรชกร นกแก้ว. การทดสอบวัสดุการทาง. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); หน้า 1-9, 468, 519-539, 2559.
- [3] สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง. มาตรฐานวิธีการทดลอง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์; หน้า 110-114, 365-375, 2543.
- [4] L.-Sh. Huang, D.-F. Lin, H.-L. Luo and P.-Ch. Lin., "Effect of field compaction mode on asphalt mixture concrete with basic oxygen furnace slag," Construction and Building Materials, 34:16-27,2012.