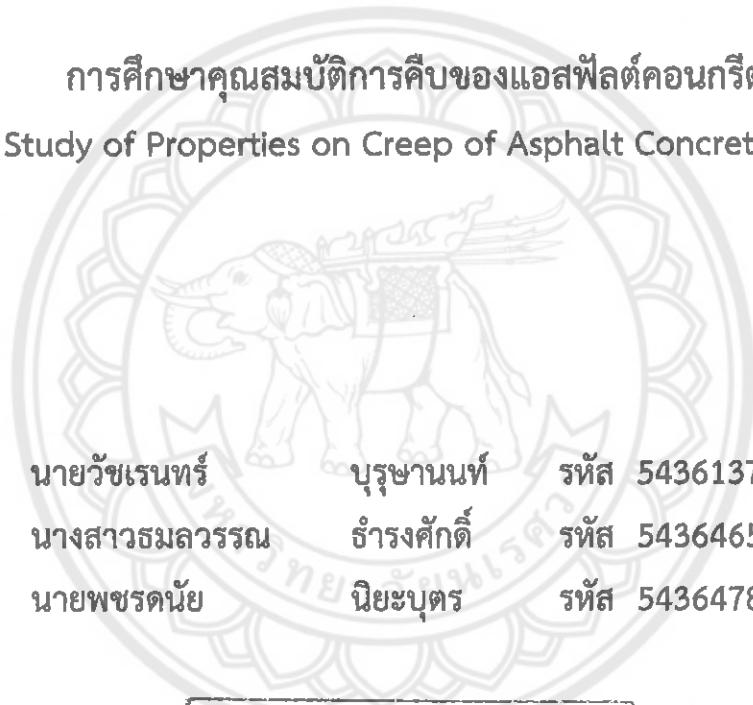


การศึกษาคุณสมบัติการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต

The Study of Properties on Creep of Asphalt Concrete Mixture



นายวชิเรนทร์	บุรุษานนท์	รหัส 54361374
นางสาวธมลวรรณ	รั่มรงค์ก็ดี	รหัส 54364658
นายพชรดนัย	นิยะบุตร	รหัส 54364788

CD-STL11

ให้ลงนามที่หน้าห้องเรียน	
วันที่รับ.....	๓๐.๗.๒๕๕๘
เลขประจำตัว.....	๑๖๙๐๙๔๙๘
นามสกุล.....	ผู้
จัดทำโดย.....	
๒๕๕๘ ๙	

บริญญา尼พนธ์²⁵⁵⁸
นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2557



ใบรับรองปริญญาบัตร

ชื่อหัวข้อโครงการ การศึกษาคุณสมบัติการคีบของแօสฟ์ล็อกนรีต

ผู้ดำเนินโครงการ นายวัชเรนทร์ บุรุษานนท์ รหัส 54361374

นางสาวเมมลวรรณ สำราญศักดิ์ รหัส 54364658

นายพชรดันัย นิยะบุตร รหัส 54364788

ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์บุญพล มีไซเย

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

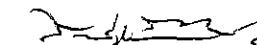
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

 ที่ปรึกษาโครงการ

(อาจารย์บุญพล มีไซเย)

 กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

 กรรมการ

(อาจารย์ภัคพงศ์ หอมเนียม)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การศึกษาคุณสมบัติการคีบของแօสฟ์ล็อกอนกรีท		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายวัชเรนทร์ บุรุษานนท์	รหัส 54361374	
	นางสาวอมควรรณ จั่งศักดิ์	รหัส 54364658	
	นายพชรดันย นิยะบุตร	รหัส 54364788	
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์บุญพล มีเชิญ		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2557		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติการคีบของแօสฟ์ล็อกอนกรีท เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการคีบของแօสฟ์ล็อกอนกรีท และเปรียบเทียบคุณสมบัติการคีบของแօสฟ์ล็อกอนกรีทของแต่ละชนิดผิวทาง ได้แก่ แօสฟ์ล็อกอนกรีทผสมร้อน AC 60/70 9.5, 12.5 มิลลิเมตร และแօสฟ์ล็อกอนกรีทผสมอุ่น 9.5, 12.5 มิลลิเมตร การศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติการคีบของแօสฟ์ล็อกอนกรีทแต่ละชนิดผิวทางจะทำให้ทราบถึงความสามารถในการต้านทานต่อการคีบของผิวทางแต่ละชนิด ผลการทดสอบที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรของแօสฟ์ล็อกอนกรีท เพื่อเป็นแนวทางในเลือกและนำไปปรับใช้กับบริเวณที่มีน้ำหนักบรรทุกเกินพิกัดที่กระทำชำราบ ความเสียหายที่ลดลงจะช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของผิวทาง จากผลการศึกษาพบว่า แօสฟ์ล็อกอนกรีทผสมร้อน AC 60/70 สามารถต้านทานการคีบได้มากกว่าแօสฟ์ล็อกอนกรีทผสมอุ่น โดยที่ระยะเวลาเท่ากัน อุณหภูมิและแรงกระทำมีผลต่อการทนทานต่อการคีบของแօสฟ์ล็อกอนกรีท

Project title	The Study of Properties on Creep of Asphalt Concrete Mixture		
Name	Mr. Watcharen Burusanon	ID. 54361374	
	Ms. Thamonwan Thumrongsak	ID. 54364658	
	Mr. Pocharadanai Niyabut	ID. 54364788	
Project advisor	Boonphol Meechaiyo		
Major	Civil Engineering		
Department	Civil Engineering		
Academic year	2014		

Abstract

This project is study of properties on creep of asphalt concrete to determine the factors that affect the creep of asphalt concrete. Compare the properties on creep of each type of asphalt concrete pavement including hot mix asphalt concrete AC 60/70 9.5, 12.5 mm, and warm mix asphalt concrete 9.5, 12.5 mm. Study and compare creep properties of asphalt concrete pavement types to indicate resist of creep on each pavement type. Test results will shows their ability to resist permanent deformation of asphalt concrete. To guide the selection and applied to the area where the load that overload and repeated. The damage reduction will increase lifespan of pavement. The results found that hot mix asphalt concrete AC 60/70 have creep resistance than warm mix asphalt concrete. In the same period, temperature and forces affecting the creep resistance of asphalt concrete.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์บุญพล มีชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาและแนวคิด ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาโครงการสำเร็จสมบูรณ์ได้ คณะผู้จัดทำขอทราบขอบเขตประคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี่

ขอขอบพระคุณ พศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชาริณ และอาจารย์ภัคพงศ์ ห้อมเนียม กรรมการสอบโครงการวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขตรวจสอบโครงการวิจัยจนทำให้การทำโครงการวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณ คุณชรัสกมล บัวชื่น ที่คอยสนับสนุนและให้คำปรึกษาในการทำโครงการ ทำให้โครงการวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาศิลปกรรมโดยฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อำนวยความสะดวกในด้านห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และทุนสนับสนุนบางส่วนในการทำโครงการวิจัย คุณค่าและประโยชน์อันเพียงมีจากการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้จัดทำขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

นายวัชเรนทร์	บุรุษานนท์
นางสาวอมลวรรณ	ธำรงศักดิ์
นายพชรดนัย	นิยะบุตร

พฤษภาคม 2558

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาในพิมพ์.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ฉ
 บทที่ 1 บทนำ.....	 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
1.4 ขอบเขตการทำงาน.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....	3
 บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	 4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
 บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ.....	 9
3.1 การเตรียมวัสดุมารวม.....	9
3.2 อุปกรณ์และการเตรียมอุปกรณ์.....	9
3.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ.....	10
3.4 ขั้นตอนการทดสอบ.....	12

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....	14
4.1 ผลการทดสอบการคีบของแอสเพล็ตคอนกรีต.....	14
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	24
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	24
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	24
เอกสารอ้างอิง.....	25
ภาคผนวก ก.....	26



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงแผนการดำเนินงาน.....	3
4.1 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 25 องศา.....	14
4.2 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 30 องศา.....	14
4.3 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 35 องศา.....	15
4.4 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 40 องศา.....	15
4.5 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 25 องศา.....	15
4.6 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 30 องศา.....	16
4.7 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 35 องศา.....	16
4.8 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 40 องศา.....	16
4.9 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 25 องศา.....	17
4.10 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 30 องศา.....	17
4.11 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 35 องศา.....	17
4.12 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 40 องศา.....	18
4.13 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 25 องศา.....	18
4.14 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 30 องศา.....	18
4.15 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 35 องศา.....	19
4.16 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 40 องศา.....	19
4.17 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High friction ที่อุณหภูมิ 25 องศา.....	19
4.18 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High friction ที่อุณหภูมิ 30 องศา.....	20
4.19 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High friction ที่อุณหภูมิ 35 องศา.....	20
4.20 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High friction ที่อุณหภูมิ 40 องศา.....	20
4.21 แสดงค่าเฉลี่ยการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ส่วนผสมต่างๆ.....	21
ก.1 ตารางสัดส่วนมวลรวมที่ใช้.....	26
ก.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5.....	27

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5.....	27
ก.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5.....	28
ก.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5.....	28
ก.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High Friction.....	29



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภาพแสดงการเกิดการคีบของวัสดุ.....	5
2.2 แผนภาพเปรียบเทียบการแตกหักระหว่างที่ความเค้นหรืออุณหภูมิสูง และที่ความเค้นหรืออุณหภูมิต่ำ.....	5
2.3 การทดสอบการคีบตัวของแอกซ์ฟล็อกอนกรีท.....	6
3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินโครงการ.....	13
4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบการคีบที่ Stress 100 kPa.....	22
4.2 กราฟแสดงผลการทดสอบการคีบที่ Stress 200 kPa.....	22
4.3 กราฟแสดงผลการทดสอบการคีบที่ Stress 300 kPa.....	23



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีนำไปสู่การคิดค้นพัฒนาทางการคุณภาพ การทดสอบคุณสมบัติของแอลฟ์ล์ตคอนกรีตซึ่งมีความสำคัญ คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของ แอลฟ์ล์ตคือ การคีบ (Creep) เป็นการทดสอบที่ทำการยุบตัวอย่างถาวรของวัสดุ ผลการทดสอบที่ได้ จะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรของวัสดุ ซึ่งในกรณีของ แอลฟ์ล์ตจะแสดงถึงความสามารถในการต้านทานการเกิดร่องล้อ (Rutting) การเกิดผิวทางแตกร้าว (Crock) และการทรุดตัวของถนน เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกเกินพิกัดที่กระทำเข้า เช่น บริเวณทางแยกที่มี สัญญาณไฟหรือช่องทางบังคับให้รถชะลอความเร็วหรือหยุด มักเกิดความเสียหายของผิวทางก่อนอายุ การใช้งานที่ออกแบบไว้ความแข็งแรงของแอลฟ์ล์ตคอนกรีตนั้นขึ้นตรงกับการออกแบบส่วนผสม ดังนั้นควรออกแบบส่วนผสมแอลฟ์ล์ตคอนกรีตให้มีความต้านทานต่อความเสียหาย เพื่อให้ได้ถนนที่มี ความแข็งแรง ทนทาน ไม่ชำรุดเสียหายโดยง่าย สามารถรองรับการจราจรปริมาณสูงในปัจจุบันและ ในอนาคตได้ดีและเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศประเทศไทยเรา เพราะการศึกษาส่วนมากนั้นทดลองที่ ต่างประเทศทำให้ปัจจัยหลายๆปัจจัยแตกต่างกันทำให้ไม่สามารถอ้างอิงได้ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของ โครงการนี้เพื่อทดสอบค่าการคีบ (Creep) วัสดุมวลรวมที่นำมาศึกษานั้นคือหินชนิด cold bin จาก โรงโม่หินศิลาพัฒนา จังหวัดสุโขทัย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติการคีบของแอลฟ์ล์ตคอนกรีต

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติการคีบของส่วนผสมแอลฟ์ล์ตคอนกรีตที่ส่วนผสมต่างๆ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทำให้ได้ทราบและเข้าใจคุณสมบัติการคีบของแอลฟ์ล์ตคอนกรีต

1.3.2 สามารถออกแบบส่วนผสมแอลฟ์ล์ตคอนกรีตได้

1.4 ขอบเขตการดำเนินงาน

- 1.4.1 มวลรวมที่ใช้ในการศึกษาใช้หินจากโรงโม่หินศิลาพัฒนา จ.สุโขทัย
- 1.4.2 ใช้การออกแบบส่วนผสมโดยวิธี Marshall
- 1.4.3 ชนิดของยางที่ใช้ในการศึกษาคือ แอสฟัลต์ซีเมนต์ เกรด 60/70
- 1.4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ The Nottingham Asphalt Tester (NAT) NU14

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.5.1 การศึกษาการออกแบบก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall และทดสอบคุณสมบัติที่จำเป็นของแอสฟัลต์คอนกรีต
- 1.5.2 การศึกษาคุณสมบัติการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต



1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงแผนการดำเนินงาน

กิจกรรม/เดือน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1.ทบทวน วรรณกรรมที่ เกี่ยวข้อง		[REDACTED]					
2.ออกแบบ ส่วนผสม		[REDACTED]					
3.ทำการผลิต ก้อนตัวอย่าง แอลฟ์			[REDACTED]				
4.ทดสอบ คุณสมบัติการคีบ				[REDACTED]	[REDACTED]		
5.เปรียบเทียบ ผลการออกแบบ ของส่วนผสม					[REDACTED]		
6.เขียนโครงงาน				[REDACTED]	[REDACTED]		

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การคีบของวัสดุ

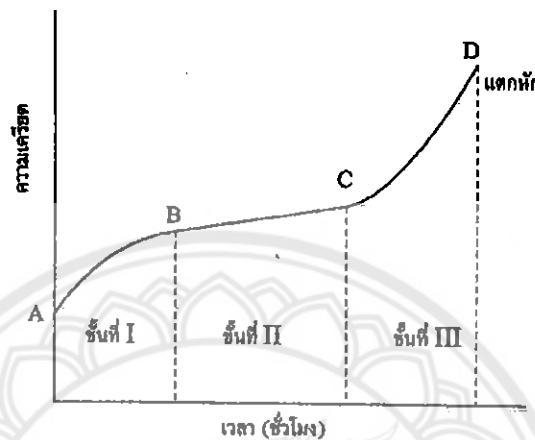
วัสดุส่วนใหญ่เมื่อยืดภายในได้แรงที่มากจะทำ แม้ว่าจะต่ำกว่าพิกัดยึดหยุ่น หากทิ้งไว้นานๆ ก็อาจเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรหรือแบบพลาสติกได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ด้วยประกายการณ์ เช่นนี้เราเรียกว่า ความคีบ ปริมาณของความคีบที่เกิดจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ปริมาณของความเค้น อุณหภูมิและเวลา หากเราให้สภาวะที่เหมาะสมและมีเวลาเพียงพอ

การทดสอบการคีบเป็นการออกแบบการทดสอบเพื่อวัดผลกระทบของการรับแรง ในระยะเวลาในช่วงปีกดึงจำกัดความยึดหยุ่น (elastic limit) ของวัสดุ การคีบเป็นการเสีย รูปแบบการ หรือแบบพลาสติกได้ซึ่งเกิดจากการรับแรงในระยะเวลาหนึ่ง ถึงแม้ว่าแรงที่กระทำนั้นขนาดน้อยกว่า จุดจำกัดยึดหยุ่นของวัสดุก็ตาม การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและสภาวะการใช้งานที่รุนแรง รวมทั้งตัวแปรอื่นๆ อาจเป็นตัวเร่งให้วัสดุเกิดการคีบได้ โดยการคีบเป็นการออกแบบที่ เกี่ยวข้องกับวิชาชีวกรรม และวิชาทางเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นการบริการทางเทคนิค ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากในงานที่เกี่ยวกับ โครงสร้าง เช่น สะพาน ตึกอาคาร และโครงสร้างที่อยู่ในกลุ่มที่มีการรับน้ำหนักคงที่ เป็นเวลานาน

สภาวะแวดล้อมมีบทบาทต่อการเสียรูปแบบการคีบของวัสดุ โดยเฉพาะอุณหภูมิซึ่ง เป็นเงื่อนไขหลักในการทดสอบการคีบ ภายใต้แรงกระทำเดียว กันที่อุณหภูมิสูงจะยิ่งเร่งทำ ให้วัสดุเกิด การคีบเร็วขึ้น ดังนั้นการทดสอบการคีบในสภาวะอุณหภูมิสูงจึงถูกนำมาใช้ เป็นแนวทางในการศึกษา ผลกระทบของการคีบที่อาจเกิดขึ้นในการใช้งานของวัสดุ

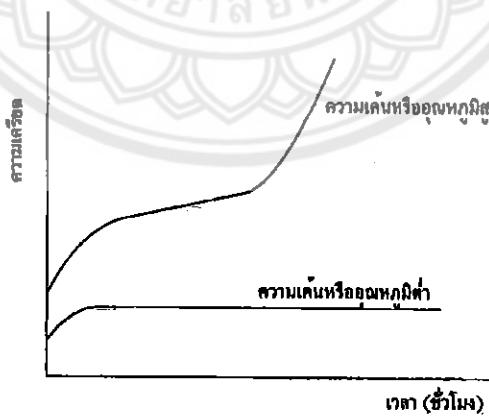
วัสดุจะมีพฤติกรรมคล้ายกับของเหลวที่มีความหนืดสูงที่อุณหภูมิสูง เมื่อรับแรง กระทำ แม้จะเป็นแรงที่ต่ำกว่าแรงปกติที่วัสดุสามารถรับได้ แต่วัสดุก็อาจเกิดการเสียรูปได้ถ้า มีการรับแรง เป็นระยะเวลาหนึ่ง โดยความเครียดจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอในลักษณะค่อยเป็น ค่อยไป กระบวนการเช่นนี้เรียกว่าการคีบ และวัสดุส่วนใหญ่ต้องเผชิญกับการเกิดการคีบ โดยมีปริมาณการคีบ ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในและองค์ประกอบของวัสดุ

ในระหว่างการทดสอบการคีบจะทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ได้แก่ แรงที่กระทำหรือแรงเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้น ความเครียดอาจจะเป็นแบบยืดหยุ่นหรือถาวรสั่นนี้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของวัสดุ อุณหภูมิ แรงที่กระทำ และระยะเวลาการทดสอบ



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงการเกิดการคีบของวัสดุ

การทดสอบการคีบประกอบด้วยสามขั้นตอน ขั้นแรกการคราจะเกิดขึ้นในอัตราที่ลดลงจากนั้นจะเป็นไปด้วยอัตราคงที่ในขั้นที่สองและเกิดขึ้นด้วยอัตราที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ในขั้นที่สามก่อนแตกหัก ดังรูป 2.1

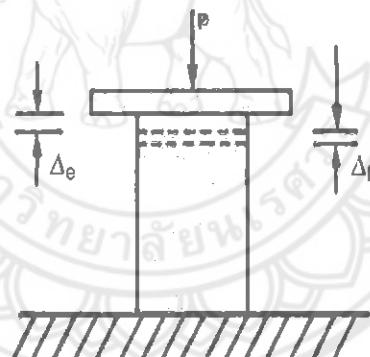


รูปที่ 2.2 แผนภาพเปรียบเทียบการแตกหักระหว่างที่ความเค้นหรืออุณหภูมิสูงและที่ความเค้นหรืออุณหภูมิต่ำ

การเกิดความคืบไม่จำเป็นจะต้องครบทั้ง 3 ขั้นตอน ถ้าเราให้แรงกระทำที่ทำให้เกิดความเค้นหรืออุณหภูมิสูงพอก็จะเกิดความคืบจนครบ 3 ขั้นตอน แต่ที่ความเค้นหรืออุณหภูมิต่าจะมีแค่ 2 ขั้นตอน นั่นคือจะไม่เกิดการแตกหักขึ้น ดังรูป 2.2 ซึ่งอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ใช้ ความเครียดจะเกิดขึ้นจากการเสียรูปแบบยืดหยุ่นของโครงสร้าง ส่วนที่อุณหภูมิสูงความเครียดจะเป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวของผลึกภายในเนื้อวัสดุ กลไกความเครียดจะปรับเปลี่ยนไปตามชนิดของวัสดุที่รับแรงเค้นรวมทั้งตัวแปรอื่นๆ ในระหว่างการทดสอบการคีบแรงเค้นจะลดลง และถ้าแรงเค้นลดลงในกลไกขึ้นที่สองจะมี ความเครียดถาวรเกิดขึ้นบางส่วน

2.1.2 การคีบทั่วของแอสฟัลต์คอนกรีต

การเปลี่ยนรูปของแอสฟัลต์คอนกรีตภายใต้น้ำหนักหรือแรงกดที่บรรทุกค้างไว้เป็นเวลานาน โดยมีข้อสันนิษฐานว่า การคีบทั่วของแอสฟัลต์คอนกรีตเกิดจาก การหดตัวและขยายตัวของยางและส่วนผสมมวลรวม



รูปที่ 2.3 การทดสอบการคีบทั่วของแอสฟัลต์คอนกรีต

พิจารณา ก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์รูปทรงกรวยบอกรับแรงกดแท่งแอสฟัลต์ติคอนกรีต จัดหดตัวทันที เมื่อปล่อยให้แรงกด P ค้างเป็นเวลานานจะพบว่าแท่งคอนกรีตจะหดตัวเพิ่มอีกเป็นระยะซึ่งเป็นผลเนื่องจากการคีบ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี 2010 Taisir S. Khedaywi และ Jameel M. Al - Mashagbeh [1] ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบกับมวลรวมเพื่อผลิตแอสฟัลต์คอนกรีต ซึ่งจะใช้ในการก่อสร้างผิวทางที่มีความยืดหยุ่นของทางหลวง สนามบิน และที่จอดรถ ส่วนผสมเหล่านี้จะต้องมีระดับที่ยอมรับได้ของค่า อัตราการไหล, ความคงตัว, ปริมาณช่องว่างของอากาศ และช่องว่างในมวลรวมของแร่ แต่น่าเสียดายที่การสังเกตภาคสนามซึ่งให้เห็นว่ามีปัญหาหลายอย่างที่เกิดขึ้นกับแอสฟัลต์คอนกรีตที่ถูกนำไปใช้ เช่น การเปลี่ยนรูปอย่างถาวร, fatigue cracking, bleeding, raveling และอื่นๆ ด้วยเหตุนี้เนื่องจากความหลากหลายของส่วนผสมในการสมย่างแอสฟัลต์ในการผลิตเพื่อให้มีคุณสมบัติใหม่ หรือที่เรียกว่าการปรับเปลี่ยนส่วนผสมบิชูมินส์แบบใหม่ ผลการทดลองพบว่าการปรับเปลี่ยนวัสดุประสานทำให้ลดการถูกเจาะของยาง ความเหนียว จุดวางไฟและความต้านทานต่อการหักเหเพิ่มสูงขึ้น และพบว่าความเครียดสะสมเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความถี่ในการโหลดเพิ่ม อุณหภูมิมีผลกระทบสำคัญต่อโมดูลส์ความยืดหยุ่น, การคีบและความแข็ง เมื่ออุณหภูมิลดลง ความยืดหยุ่นและโมดูลส์ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

ในปี 1987 Roberts และ Litton [2] ศึกษาผลกระทบของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ผสม พากเขาใช้กราดรอบแม่น้ำและมวลรวมหินปูนกับ Binder 2 ประเภท ยางแอสฟัลต์ - ยางและแอสฟัลต์ผสมแบบเก่า ในกรณีของ asphalt rubber binder ผสมร้อยละ 2 ของยางโดยน้ำหนักของสารยึดเกาะซีเมนต์ยางแอสฟัลต์ชนิด AC-10 ถูกนำมาใช้ สารยึดเกาะที่เหมาะสมที่สุดคือ ร้อยละ 5.5 โดยน้ำหนักของส่วนผสม วิธีมาร์แซลล์ถูกใช้ในการเตรียมและอัดตัวอย่าง ตัวอย่างอุณหภูมิของการบดอัด (275° F, 325° F, and 373° F) และสามารถรับน้ำหนักของจำพวกการบดอัดแต่ละด้าน (25, 50 และ 75 ครั้ง) ค่าที่ต้องผ่านการตรวจสอบในทุกตัวอย่าง ได้แก่ Marshall stability, Hveem stability, resilient modulus and air voids ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการบดอัดมีผลต่อ Marshall stability, Hveem stability และพบว่าทั้งสองค่ามีความไวต่ออุณหภูมิห้องและจำนวนของครั้งของการบดอัดตัวอย่างเท่าเทียมกัน พบว่าโมดูลส์ความยืดหยุ่นมีความไวต่ออุณหภูมิการบดอัดน้อยกว่า

ในปี 2013 Zhou Zhigang และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของอุณหภูมิและเวลาในการรับน้ำหนักของแอสฟัลต์ จึงได้ทำการศึกษาถนนแอสฟัลต์ลักษณะของ อีลาสติก-พลาสติก, การคีบของ แอสฟัลต์ชนิด AC-13 และ SMA-13 ส่องชนิดของถนนแอสฟัลต์ โดยมุ่งเน้นพฤติกรรมความเสียหายของการคีบ โดยการทดสอบอุณหภูมิที่ต่างกัน ศึกษาความผิดปกติของลักษณะการคีบ และกฎของการเปลี่ยนแปลง เพื่อสะท้อนถึงลักษณะความผิดปกติของการคีบ เนื่องจากการผสม แอสฟัลต์ วิเคราะห์ความผิดปกติของการคีบและการเสียหายอย่างถาวร ตามการทดสอบพื้นฐานของ วิศวกรรมการทาง โดยใช้ตัวอย่างทรงกระบอก รวมไปถึงควบคุมความหนาแน่นโดยวิธีทดสอบ มาร์แซลล์ จากจากการศึกษาพบว่า แอสฟัลต์ที่ความเค้นต่ำมีความลาดชันจากมากไปน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนผสมยางเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนรูปการเปลี่ยนรูป อุณหภูมิของการผสมยางมีผลกระทบมากต่อความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูป วัสดุเหล่านี้แสดงพฤติกรรมทางกลของ การเปลี่ยนรูปจะเห็นได้ชัดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และที่อุณหภูมิเท่ากัน ความเครียดจะมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปจะมีอัตราการเสียรูปที่ได้รับผลกระทบโดยตรงต่อน้ำหนักและอุณหภูมิการเพิ่มขึ้นของการเสียรูปชั้นงานที่ทดสอบจะเสียรูปอย่างถาวร

ในปี 2008 Bohdan Dotzycki และ Józef Judycki [4] ได้ศึกษาเกี่ยวกับความต้านทานของ ส่วนผสมยางและฟล์ต์ต่อการเปลี่ยนรูปแบบถาวร มักจะได้รับการประเมินในห้องปฏิบัติการโดยใช้ วิธีการทดสอบคีบเป็นอัดที่อุณหภูมิสูง เช่น 40° C หรือ 60° C ตัวอย่างรูปทรงกระบอกจะถูกโหลดอัดแนวตั้งที่สามารถเป็นได้ทั้งแบบคงที่ ส่วนใหญ่การทดสอบดังกล่าวมักจะจะดำเนินการใน ห้องปฏิบัติการในสภาวะแรงกระทำในแนวแกนเดียว โดยดังกล่าวค่อนข้างง่ายที่จะนำไปใช้ แต่มี ข้อเสียที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการโหลดจริงในโครงสร้างผิวทาง วัสดุแอสฟัลต์ในชั้นบนสุดของ โครงสร้างผิวทางอยู่ภายใต้ทั้งแรงกระทำในแนวตั้งที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและแรง กระทำในแนวอนตั้งที่เกิดจากปฏิกิริยาโดยรอบและโหลดภายนอก ความต้านทานของการบดอัดในแนวอน เป็นตัวจำกัดวัสดุ ความทนทานต่อการเคลื่อนไหวด้านข้างของมันและแรงเสียดทานภายในของมวล รวม ซึ่งจะช่วยเพิ่มความต้านทานของพื้นถนนต่อการเปลี่ยนรูป ผลกระทบของการบดอัดในแนวอน ที่จะรับน้ำหนักจะมีผลต่อการลดแรงกระแทกและการเสียดทานภายในของมวลรวม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดแรงกระแทกและการเสียดทานภายในของมวลรวมโดยการลดผลกระทบของความหนืดของพื้นถนนและการลดการเปลี่ยนรูปจะเห็นได้อย่างชัดเจน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนวิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้จะแบ่งเป็นการออกแบบส่วนผสมก้อนตัวอย่าง ด้วยวิธีมาร์แซลล์ โดยนำก้อนตัวอย่างแต่ละชนิดผิวทางที่เตรียมไว้มาทดสอบหาคุณสมบัติการซีบ ที่อุณหภูมิ 25, 30, 35 และ 40 องศาเซลเซียส ที่ระดับ Stress 100 kPa, 200 kPa และ 300 kPa

3.1 การเตรียมวัสดุมวลรวม

- 3.1.1 มวลรวมที่ใช้เป็นประเภทเย็น จากโรงโม่หินศิลาพัฒนา จังหวัดสุโขทัย
- 3.1.2 ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 สำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตผสมร้อน และใช้ Warm Mix Asphalt Cement สำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตผสมอุ่น
- 3.1.3 ทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แซลล์ (มาตรฐาน 607-2545)
- 3.1.4 ออกแบบอัตราส่วนผสมมวลรวมให้มีน้ำหนักรวมกันเท่ากับ 1200 กรัม

3.2 อุปกรณ์และการเตรียมอุปกรณ์

- 3.2.1 ถาดโลหะกันแบบ สำหรับใส่มวลความร้อน
- 3.2.2 ถาดโลหะกันกลม มีความจุประมาณ 4 ลิตร ใช้สำหรับผสมแอสฟัลต์กับมวลรวม
- 3.2.3 เตาอบและแผ่นร้อน (Hot plate) ใช้ในการให้ความร้อนแก่มวลรวม, แอสฟัลต์หรือ อุปกรณ์อื่นๆที่ต้องการ
- 3.2.4 ที่ตัก (Scoop) สำหรับตักมวลรวมใส่แบบ
- 3.2.5 ภาชนะบรรจุแอสฟัลต์ เพื่อนำไปอบ
- 3.2.6 เทอร์โมมิเตอร์ ที่มีก้านเป็นโลหะ วัดได้ตั้งแต่ 10 องศาเซลเซียส จนถึง 232 องศาเซลเซียส สำหรับหาอุณหภูมิของมวลรวม, แอสฟัลต์และส่วนผสม
- 3.2.7 เครื่องซั่งน้ำหนัก วัดได้ถึง 5 กก. มีความละเอียดถึง 1 กรัม เพื่อซั่งน้ำหนักของมวลรวม กับแอสฟัลต์ และเครื่องซั่งน้ำหนักที่วัดได้ถึง 2 กก. ละเอียด 0.1 กรัม
- 3.2.8 ช้อนผสมหรือเกรียงโลหะ
- 3.2.9 พายโลหะ (Spatula)
- 3.2.10 แท่นรองการกดอัด (Compaction Pedestal) ประกอบด้วยฐานไม้ขนาด 200x200x460 ม.ม. ซึ่งมีแผ่นเหล็กขนาด 305x305x25 ม.ม. อยู่ด้านบน

- 3.2.11 แบบหล่อสำหรับการบดอัด ประกอบด้วยแผ่นฐานรอง (Base plate) แบบหล่อ (Forming mold) และปลอกต่อ (Collar extension)
- 3.2.12 ค้อนบดอัด (Compaction Hammer)
- 3.2.13 ถุงมือสำหรับจับเครื่องมือที่ร้อน
- 3.2.14 ตินสอนสีหรือตินสอนเทียน สำหรับทำเครื่องหมายบนตัวอย่างทดสอบ

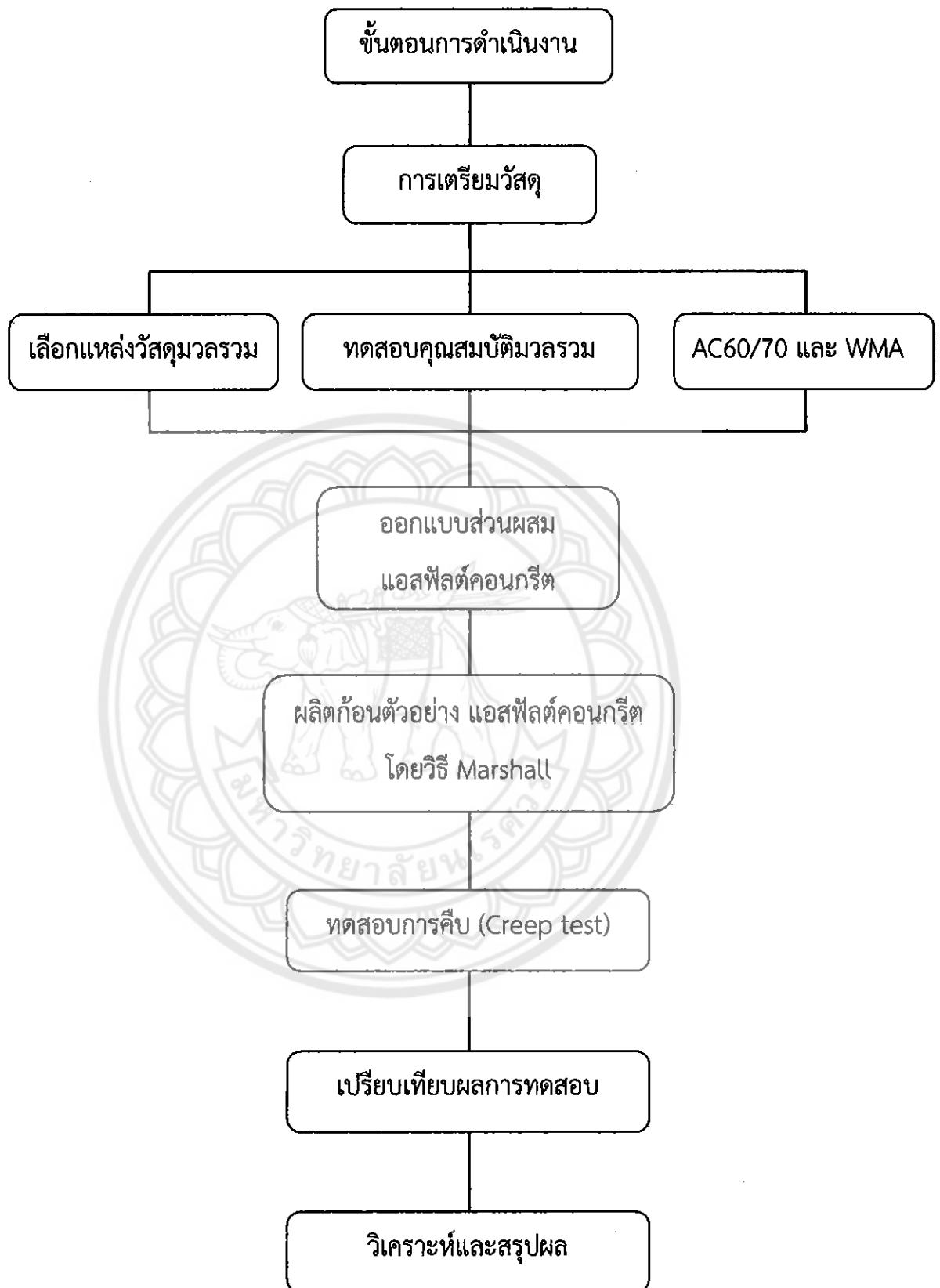
3.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ

- 3.3.1 จำนวนของตัวอย่างทดสอบในแต่ละชุด ต้องเตรียม 6 ตัวอย่าง
- 3.3.2 เตรียมมวลรวม ทำมวลรวมให้แห้งเพื่อให้มีน้ำหนักคงที่ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ถึง 110 องศาเซลเซียส แล้วแยกมวลรวมออกเป็นขนาดต่างๆ โดยร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ตามสัดส่วนขนาด (Size fraction) ที่ต้องการซึ่งสัดส่วนขนาดโดยทั่วไปจะเป็นดังนี้ 25.0 – 19.0 ม.ม. (1-3/4 นิ้ว) 19.0 – 9.5 ม.ม. (3/4 – 3/8 นิ้ว) 9.5 – 4.75 ม.ม. (3/8 – No.4) 4.75 – 2.36 ม.ม. (No.4 – No.8) ลอดผ่าน 2.36 ม.ม. (No.8)
- 3.3.3 อุณหภูมิของการผสมและการบดอัด การผสมจะใช้อุณหภูมิที่ แօสฟีลต์ได้รับความร้อนแล้วมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส
- 3.3.4 เตรียมแบบหล่อและค้อนบดอัด แบบหล่อตัวอย่างทดสอบและผิวของค้อนบดอัดจะต้องสะอาด นำไปทำให้ร้อนโดยวางบนแผ่นร้อน (Hot plate) จนมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 93 องศาเซลเซียสถึง 149 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ จะต้องใส่กระดาษชุบไข่ ที่ตัดได้ขนาด ลงไปที่ก้นของแบบหล่อ หรืออาจใช้กระดาษกรองแทนได้
- 3.3.5 การเตรียมส่วนผสม นำตัวอย่างทดสอบแต่ละอันไปใส่ภาชนะแยกต่างหาก แล้วนำไปซึ่งให้ได้สัดส่วนขนาดที่เหมาะสมของมวลรวมตามที่ต้องการ แล้วใส่ลงในภาชนะบรรจุ ความสูงกำหนดของตัวอย่างทดสอบเท่ากับ 63.5 ± 1.3 ม.ม. ซึ่ง ตามปกติจะใช้ มวลรวมหนักประมาณ 1.2 กก. โดยทั่วไปจะมีการเตรียมตัวอย่างทดสอบ ก่อนที่จะ เตรียมมวลรวมตอนผสม (Aggregate batch) หลังจากนั้นนำมวลรวมไปอบในเตาอบ หรือให้ความร้อนโดยใช้แผ่นร้อน (Hot plate) ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของการผสม ประมาณ 28 องศาเซลเซียส เพิ่มมวลรวมลงในภาชนะผสม แล้วคลุกเคล้าผสมแห้ง จากนั้นจัดมวลรวมส่วนผสมให้เป็นรูปปากปล่องภูเขาไฟ (ซึ่งอุณหภูมิที่จุดนี้ต้องไม่เกิน ขีดจำกัดของอุณหภูมิผสม) นำเอาแօสฟีลต์ซีเมนต์ร้อนที่ซึ่งน้ำหนักเตรียมพร้อมแล้ว เทใส่ลงในมวลรวมทรงรูปปากปล่องนั้น แล้วผสมแօสฟีลต์กับมวลรวมอย่าง รวดเร็ว จนกระแทกแօสฟีลต์กระเจยอย่างสม่ำเสมอ และทั่วถึง

- 3.3.6 เตรียมตัวอย่างเพื่อการบดอัด เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบหล่อที่วางกระดาษกรองไว้ภายในแบบไว้ก่อนแล้ว จากนั้นใช้พาย(rspatula) หรือเกรียงร้อน ขุดแซะส่วนผสมอย่างรวดเร็ว 15 ครั้ง รอบๆบริเวณของขอบแบบหล่อ และตรงกลางภายในอีก 10 ครั้ง จากนั้นเอาปลอกด้านบน ของแบบออกและแต่งผิวให้เรียบโดยมีลักษณะโค้งมนเล็กน้อย อุณหภูมิของส่วนผสมก่อนที่จะอัดนั้นควรจะอยู่ในขอบเขตของอุณหภูมิสำหรับการบดอัด (โดยจะกล่าวในเรื่องวิธีการ ทดสอบต่อไป) หากพบว่าอุณหภูมิของการผสมไม่ถูกในช่วงที่กำหนดแล้วจะต้องทิ้งตัวอย่างนั้นไป ทั้งนี้จะต้องไม่มีการให้ความร้อนแก่ส่วนผสมอีกครั้ง
- 3.3.7 การบดอัดตัวอย่าง สวมปลอกต่อ (Collar) เข้ากับแบบอย่างเดิม แล้วนำแบบที่ประกอบเสร็จ ไปวางบนแท่นรองการบดอัดในที่ยึดแบบ ทำการบดอัดด้วยจำนวนครั้งตามปริมาณ การจราจรที่ต้องการนำวัสดุไปใช้ ด้วยการปล่อยให้ค้อนบดอัดตกอย่างอิสระจากความสูง 457 ม.m. (18 นิ้ว) จับแกนของค้อนบดอัดให้ตั้งฉากกับฐานของแบบที่ประกอบไว้เท่าที่เป็นไปได้ในขณะที่ทำการบดอัด เมื่อเสร็จสิ้นการบดอัดตัวอย่างด้านหนึ่งให้เอาฐานรอง และปลอกต่อออก และประกอบแบบเข้าไปใหม่โดยให้กลับแบบเอาด้านล่างขึ้นมา แล้ว บดอัดด้วยจำนวนครั้งที่เท่ากัน ลงบนตัวอย่างอีกด้านที่กลับขึ้นมา หลังจากที่บดอัดเสร็จ เรียบร้อยให้นำแผ่นฐานรองออกและปล่อยทิ้งตัวอย่างทดสอบให้เย็นลงในอากาศจน กระหึ่มไม่มีการเปลี่ยนรูปร่าง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในขณะที่ เอา ส่วนผสมที่บดอัดแล้วออกจากแบบหล่อ เมื่อต้องการให้เย็นเร็วขึ้นก็สามารถใช้พัดลม ตั้งโต๊ะได้ หากต้องการลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำจะต้องใส่ตัวอย่างทดสอบในถุงพลาสติกก่อน เอาตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อโดยดันด้านด้วยแม่แรงหรือเครื่องมือกดชนิดอื่นๆ แล้วนำไปวางบนผิวที่เรียบและได้ระดับของกว่าจะพร้อมที่ทดสอบ

3.4 ขั้นตอนการทดสอบ

- 3.4.1 นำก้อนตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบมาทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนา เพื่อที่จะนำค่ามาป้อนลงในโปรแกรมที่ใช้สำหรับทดสอบ
- 3.4.2 นำก้อนตัวอย่างใส่เข้าไปในเครื่อง The Nottingham Asphalt Tester (NAT)
- 3.4.3 ทำการทดสอบการคีบด้วยเครื่อง The Nottingham Asphalt Tester (NAT)โดยใช้เงื่อนไขการทดสอบดังนี้
 - ทดสอบที่อุณหภูมิ 25, 30, 35 และ 40 องศาเซลเซียส
 - Conditioning Period 30 s
 - Conditioning Stress 10 kPa
 - Stress ที่ใช้ทดสอบ 100, 200 และ 300 kPa
 - Test Period 1800 Pulses
- 3.4.4 เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการบันทึกค่าการคีบที่ได้จากการทดสอบก้อนตัวอย่างไว้ในโปรแกรม จากนั้นผู้ทดสอบนำค่าดังกล่าวมาวิเคราะห์และสรุปผล



รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินโครงการ

บทที่ 4

ผลการทดสอบ และการวิเคราะห์

ในบทนี้ จะนำเสนอถึงผลของการทดสอบการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีตจากก้อนตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติทั่วไปของแต่ละส่วนผสมรวม 6 ตัวอย่างและเลือกมาทำการทดสอบการคีบ 3 ตัวอย่างที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันและผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยทำการทดสอบการคีบโดยใช้เครื่อง The Nottingham Asphalt Tester (NAT) ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 25, 30, 35 และ 40 องศาเซลเซียส และใช้ Stress 100, 200 และ 300 kPa ในการทดสอบ

ผลการทดสอบ Creep Test ชนิดแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5

ตารางที่ 4.1 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) ที่ 25 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่ 3	ก้อนตัวอย่างที่ 4	ก้อนตัวอย่างที่ 5	
100	0.032	0.071	0.020	0.041
200	0.13	0.11	0.16	0.133
300	0.129	0.11	0.135	0.124

ตารางที่ 4.2 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) ที่ 30 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่ 3	ก้อนตัวอย่างที่ 4	ก้อนตัวอย่างที่ 5	
100	0.098	0.064	0.089	0.083
200	0.163	0.132	0.145	0.147
300	0.143	0.137	0.155	0.145

ตารางที่ 4.3 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) ที่ 35 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่3	ก้อนตัวอย่างที่4	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.100	0.092	0.094	0.095
200	0.157	0.159	0.142	0.153
300	0.150	0.150	0.150	0.150

ตารางที่ 4.4 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) ที่ 40 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่3	ก้อนตัวอย่างที่4	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.010	0.0125	0.120	0.115
200	0.162	0.175	0.181	0.173
300	0.150	0.150	0.180	0.160

ผลการทดสอบ Creep Test ชนิดแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5

ตารางที่ 4.5 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 25 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่4	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.06	0.06	0.05	0.057
200	0.08	0.08	0.08	0.08
300	0.12	0.66	0.10	0.113

ตารางที่ 4.6 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 30 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่4	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.093	0.115	0.078	0.095
200	0.130	0.178	0.162	0.157
300	0.145	0.178	0.148	0.157

ตารางที่ 4.7 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 35 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่4	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.112	0.084	0.086	0.097
200	0.165	0.152	0.170	0.162
300	0.158	0.166	0.178	0.167

ตารางที่ 4.8 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 40 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่4	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.049	0.112	0.116	0.114
200	0.115	0.115	0.121	0.117
300	0.190	0.160	0.150	0.170

ผลการทดสอบ Creep Test ชนิดแอกซ์เพลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5

ตารางที่ 4.9 แสดงการคีบของแอกซ์เพลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 25 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่3	ก้อนตัวอย่างที่4	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.018	0.08	0.022	0.020
200	0.119	0.087	0.105	0.112
300	0.121	0.133	0.145	0.134

ตารางที่ 4.10 แสดงการคีบของแอกซ์เพลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 30 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่3	ก้อนตัวอย่างที่4	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.59	0.112	0.100	0.110
200	0.170	0.165	0.152	0.162
300	0.14	0.180	0.180	0.167

ตารางที่ 4.11 แสดงการคีบของแอกซ์เพลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 35 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่3	ก้อนตัวอย่างที่4	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.113	0.097	0.130	0.113
200	0.174	0.152	0.168	0.165
300	0.180	0.170	0.170	0.173

ตารางที่ 4.12 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 40 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่3	ก้อนตัวอย่างที่4	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.049	0.153	0.137	0.145
200	0.184	0.160	0.11	0.172
300	0.16	0.18	0.19	0.177

ผลการทดสอบ Creep Test ชนิดแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5

ตารางที่ 4.13 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 25 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่2	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.043	0.041	0.038	0.042
200	0.133	0.152	0.163	0.149
300	0.145	0.132	0.134	0.137

ตารางที่ 4.14 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 30 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่2	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.125	0.132	0.118	0.125
200	0.152	0.174	0.163	0.163
300	0.17	0.17	0.20	0.180

ตารางที่ 4.15 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 35 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่2	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.146	0.136	0.114	0.132
200	0.182	0.171	0.170	0.174
300	0.188	0.179	0.195	0.187

ตารางที่ 4.16 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 40 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่2	ก้อนตัวอย่างที่5	
100	0.146	0.154	0.156	0.152
200	0.170	0.190	0.180	0.180
300	0.23	0.29	0.20	0.240

ผลการทดสอบ Creep Test ชนิดแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High friction

ตารางที่ 4.17 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High friction ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 25 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่3	ก้อนตัวอย่างที่6	
100	0.12	0.06	0.71	0.047
200	0.51	0.18	0.10	0.132
300	0.40	0.24	0.23	0.155

ตารางที่ 4.18 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High friction ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 30 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่3	ก้อนตัวอย่างที่6	
100	0.055	0.25	0.32	0.117
200	0.15	0.17	0.18	0.167
300	0.17	0.166	0.17	0.169

ตารางที่ 4.19 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High friction ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 35 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่3	ก้อนตัวอย่างที่6	
100	0.15	0.14	0.049	0.113
200	0.15	0.13	0.12	0.173
300	0.17	0.16	0.15	0.160

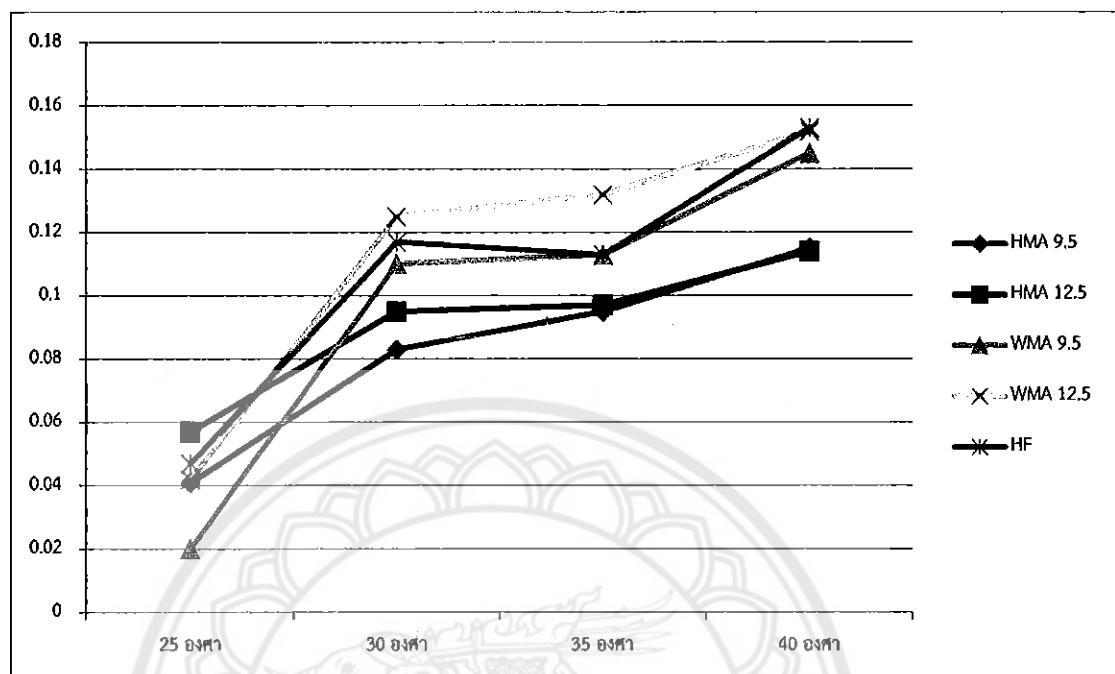
ตารางที่ 4.20 แสดงการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High friction ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

Stress (kPa)	ค่าความเครียด strain (%) 40 องศาเซลเซียส			เฉลี่ย
	ก้อนตัวอย่างที่1	ก้อนตัวอย่างที่3	ก้อนตัวอย่างที่6	
100	0.163	0.157	0.14	0.153
200	0.220	0.190	0.220	0.210
300	0.280	0.280	0.250	0.270

ตารางที่ 4.21 ผลทดสอบการศีบของอสพล็อกค์ชนิดที่ส่วนผสมต่างๆ

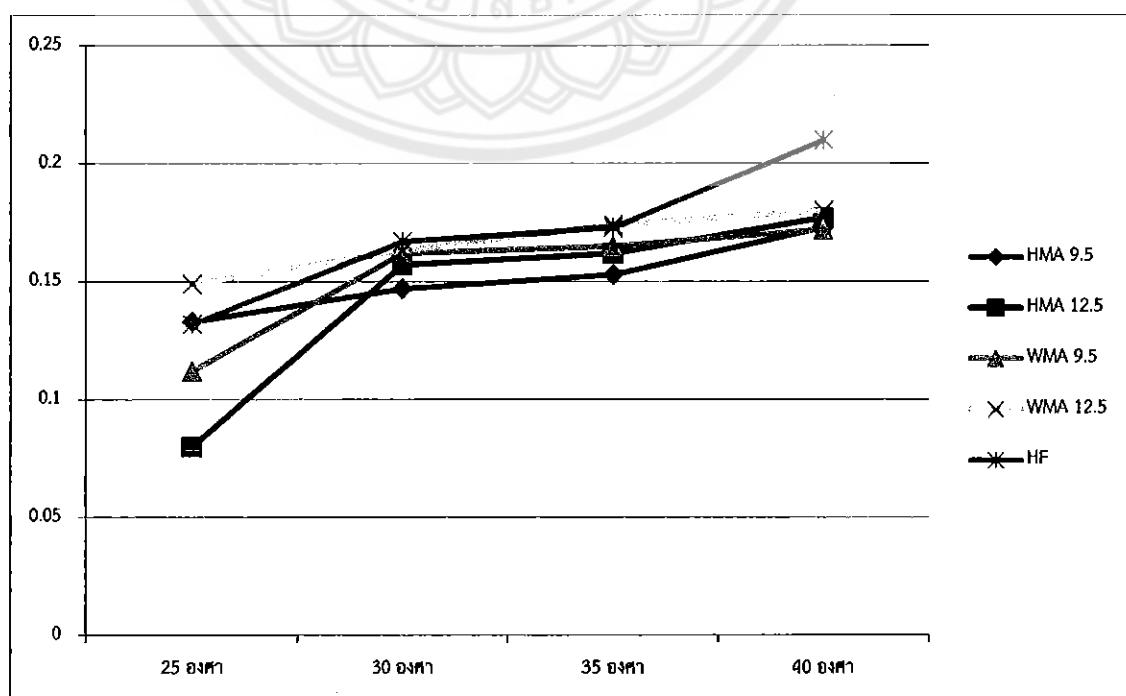
Stress (kPa)	อุณหภูมิ 25 องศา			อุณหภูมิ 30 องศา			อุณหภูมิ 35 องศา			อุณหภูมิ 40 องศา		
	100	200	300	100	200	300	100	200	300	100	200	300
AC 60/70 9.5	0.041	0.133	0.124	0.083	0.147	0.145	0.095	0.153	0.150	0.115	0.173	0.160
AC 60/70 12.5	0.057	0.08	0.113	0.095	0.157	0.157	0.097	0.162	0.167	0.114	0.177	0.170
WARM MIX 9.5	0.020	0.112	0.134	0.11	0.162	0.167	0.113	0.165	0.173	0.145	0.172	0.177
WARM MIX 12.5	0.042	0.149	0.137	0.125	0.163	0.180	0.132	0.174	0.187	0.152	0.180	0.240
High Fiction 5%	0.047	0.132	0.155	0.117	0.167	0.169	0.113	0.173	0.160	0.153	0.210	0.270

กราฟแสดงผลการทดสอบการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ Stress 100 kPa



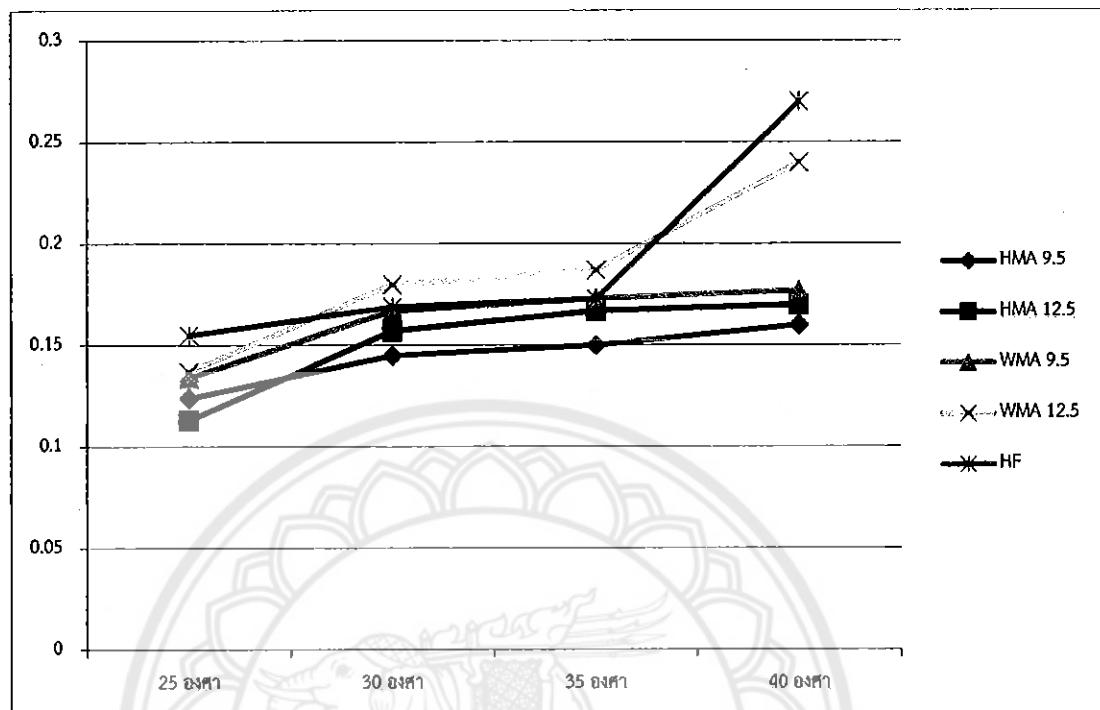
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบการคีบที่ Stress 100 kPa

กราฟแสดงผลการทดสอบการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ Stress 200 kPa



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการทดสอบการคีบที่ Stress 200 kPa

กราฟแสดงผลการทดสอบการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ Stress 300 kPa



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดสอบการคีบที่ Stress 300 kPa

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าแอสฟัลต์คอนกรีตผสมอุ่น (WMA 12.5) จะมีการคีบมากกว่า แอสฟัลต์คอนกรีตผสมร้อน (HMA 12.5) , แอสฟัลต์คอนกรีตผสมอุ่น (WMA 9.5) จะมีการคีบมากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตผสมร้อน (HMA 9.5) , แอสฟัลต์คอนกรีตผสมผสานร้อน (HMA 12.5) จะมีการคีบมากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตผสมร้อน (HMA9.5) และแอสฟัลต์คอนกรีตผสมอุ่น (WMA 12.5) จะมีการคีบมากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตผสมอุ่น (WMA 9.5)

ถ้าหากว่า AC จะต้องแก้ไขตามข้อบ่งชี้นี้ จึงจะได้รับคะแนน ๑๐
โดยที่ก็จะต้องพัฒนาตัวเก่าที่อยู่ในปัจจุบัน (HMA 12.5) ด้วยการลดความต่อเนื่อง
และการลดลงของค่าต่ำสุดอย่างชัดเจน (WMA 12.5) ๖๐= ๗๐๔๘๓๗
ผู้ใดมีความ HMA ๙.๕ ด้วยค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่า ๑๐๐ น้ำหนักต่อ
เมตร squared (พูมา ๙.๕) และห้ามใช้ภาระ ๕๖๐๔ พื้นที่ลดลง ๑๒๐๗ ต่ำ
และต่ำลงกว่า (พูมา ๑๒.๕) ดังตัวอย่างที่ ๕ แสดงตัวอย่างที่ ๕ แสดง

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

เมื่อติดต่อ เนื่องจาก บริษัท ผู้ผลิต (HMA 12.5) ๖๐ =
เมื่อติดต่อ บริษัท ผู้ผลิต (WMA 9.5) ๗๐๔๘๓๗ ทาง
คืนที่ ๑ ที่ติดต่อ ๖๐๔๘๓๗ ถนน ๖๕ ๑๑๙๔ จังหวัด (HMA ๑๒.๕)

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการศึกษาคุณสมบัติการคีบของแอสฟัลต์คอนกรีต มวลรวมที่ใช้ในการศึกษาใช้หินจาก

โรงโม่หินศิลาพัฒนา จ.สุโขทัย พบว่า ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเมื่อรับน้ำหนัก หรือแรงกด จะมี

แนวโน้มการคีบเพิ่มมากขึ้น ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตผสมอุ่น (WMA 9.5) จะมีการคีบมากกว่า
คอนกรีตผสมร้อน (HMA 9.5) และแอสฟัลต์คอนกรีตชนิดผสมอุ่น (WMA 12.5) จะมีการคีบมากกว่า

แอสฟัลต์คอนกรีตผสมร้อน (HMA 12.5) รวมแอสฟัลต์คอนกรีตผสมร้อน (HMA 9.5) จะต้านทาน

การคีบได้มากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตผสมอุ่น (WMA 9.5) และแอสฟัลต์คอนกรีตผสมร้อน

(HMA 12.5) จะต้านทานการคีบได้มากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตชนิดผสมอุ่น (WMA 12.5) ตามผลการ

ทดสอบจะเห็นว่า เมื่อมีแรงกระทำต่อแอสฟัลต์มากขึ้น ค่าการคีบก็จะเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน และเมื่อ

อุณหภูมิสูงการคีบจะเพิ่มมากขึ้น หลักอุณหภูมิต่ำการคีบจะน้อยลง ดังนั้นจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิมีผล

อย่างมากต่อการคีบ ซึ่งในประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อน ทำให้ผิวทางแอสฟัลต์เกิดการชำรุด

เสียหายได้มาก

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปัญหาที่พบ ๗๐๔๘๓๗ ๑๒๐๔๗ ๑๐๐ ๗๐๔๘๓๗
- ยกต่อกวนคุณอุณหภูมิของก้อนตัวอย่างให้ได้ตามต้องการ ๗๐๔๘๓๗
- เครื่องมือที่ใช้ทดสอบมีความคลาดเคลื่อน จึงต้องระมัดระวังในการใช้งาน ๗๐๔๘๓๗

5.2.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรออกแบบส่วนผสมให้มีความแข็งแรงต่ออุณหภูมิช่วงปานกลาง ๒๐๐ - ๒๕๐ ๗๐๔๘๓๗
- ควรมีการเพิ่มความหลากหลายของชนิดของยาง AC ๗๐๔๘๓๗ ๖๐๔๘๓๗
- ควรมีการเพิ่มเติมแหล่งที่มาของหิน หลักหิน ๗๐๔๘๓๗ ๗๐๔๘๓๗

เอกสารอ้างอิง

- [1] Taisir S. Khedaywi and Jameel M. Al - Mashagbeh (2010). Effect of rubber on dynamic creep of asphalt concrete mixtures. Philadelphia University
- [2] Roberts and Litton (1987). The effect of rubber on asphalt cement mixtures.
- [3] Zhou Zhigang, Feng Lin, Yuan Xiuxiang and Xiong Hua (2013). Study of the creep damage properties of asphalt mixture under static load. Changsha University of Science & Technology
- [4] Bohdan Dołycki and Józef Judycki (2008). Behaviour of asphalt concrete in cyclic and static compression creep test with and without lateral confinement.

Technical University of Gdańsk



ภาคผนวก ก

ก.1 การออกแบบส่วนผสม

มวลรวมที่ใช้เป็นประเภท Cold Bin จากโรงไม่ตินศิลาพัฒนา จังหวัดสุโขทัย การหาปริมาณ และสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสม (Optimum asphalt content) หรือหาส่วนขนาดคละของมวลรวม จะแบ่งชุด ตัวอย่างทดสอบออกแบบเป็นหกชุด โดยแต่ละชุดนั้นตัวอย่างที่ทดสอบจะมีปริมาณและสัดส่วนแตกต่าง กันจำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบมี 6 ตัวอย่างต่อปริมาณและสัดส่วนหนึ่งๆ

ตารางที่ ก.1 ตารางสัดส่วนของมวลรวมที่ใช้

Description Pavement Type	ปริมาณยาง (%)	Cold Bin 1			Cold Bin			total
		Passing #200	Retain #200	Total	Bin 2	Bin 3	Bin 4	
AC60/70 9.5	5.00	-	-	49	51	0	0	100
AC60/70 12.5	5.20	-	-	47	22	13	18	100
WMA 9.5	5.00	-	-	49	51	0	0	100
WMA 12.5	5.20	-	-	47	22	13	18	100
HF	5.00	-	-	35	25	30	10	100

ก.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทั่วไปของแอสฟัลต์คอนกรีต

ตารางที่ ก.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 9.5

AC 60/70 9.5						
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Mass in Air (e)	1246.50	1248.10	1245.00	1248.00	1247.40	1249.80
Mass Sat. Surface Dry (f)	1257.70	1253.10	1247.00	1249.90	1249.50	1259.90
Mass in Water (g)	712.70	715.10	716.00	724.20	724.70	711.60
Bulk Volume (h)=f-g	545.00	538.00	531.00	525.70	524.80	548.30
Bulk Density (i) = e/h	2.29	2.32	2.34	2.37	2.38	2.28
Volume AC	10.02	10.17	10.28	10.40	10.42	9.99
Volume Agg	81.55	82.72	83.60	84.65	84.75	81.28
VMA	18.45	17.28	16.40	15.35	15.25	18.72
Air Voids	8.42	7.11	6.12	4.95	4.83	8.73
VFB	54.34	58.84	62.66	67.77	68.32	53.35

ตารางที่ ก.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Hot Mix 12.5

AC 60/70 12.5						
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Mass in Air (e)	1248.60	1248.20	1248.90	1250.90	1251.60	1252.80
Mass Sat. Surface Dry (f)	1249.50	1248.60	1249.30	1251.60	1253.30	1253.60
Mass in Water (g)	734.50	738.30	736.40	733.60	737.50	738.40
Bulk Volume (h)=f-g	515.00	510.30	512.90	518.00	515.80	515.20
Bulk Density (i) = e/h	2.42	2.45	2.43	2.41	2.43	2.43
Volume AC	10.75	10.85	10.80	10.71	10.76	10.78
Volume Agg	86.09	86.86	86.47	85.75	86.17	86.35
VMA	13.91	13.14	13.53	14.25	13.83	13.65
Air Voids	3.15	2.29	2.73	3.54	3.07	2.87
VFB	77.32	82.55	79.79	75.17	77.79	79.00

ตารางที่ ก.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 9.5

AC WMA 9.5						
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Mass in Air (e)	1257.30	1251.10	1245.20	1246.10	1248.20	1252.00
Mass Sat. Surface Dry (f)	1258.60	1251.50	1245.50	1247.50	1249.60	1253.10
Mass in Water (g)	745.40	737.60	730.30	729.60	728.00	742.60
Bulk Volume (h)=f-g	513.20	513.90	515.20	517.90	521.60	510.5
Bulk Density (i) = e/h	2.45	2.43	2.42	2.41	2.39	2.45
Volume AC	10.74	10.67	10.59	10.54	10.49	10.75
Volume Agg	87.36	86.81	86.18	85.79	85.33	87.45
VMA	12.64	13.19	13.82	14.21	14.67	12.55
Air Voids	1.91	2.52	3.23	3.66	4.18	1.80
VFB	84.92	80.87	76.64	74.22	71.48	85.63

ตารางที่ ก.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 Warm Mix 12.5

AC WMA 12.5						
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Mass in Air (e)	1252.40	1250.70	1257.20	1260.00	1257.20	1251.00
Mass Sat. Surface Dry (f)	1254.40	1251.50	12580	1260.90	1258.30	1252.40
Mass in Water (g)	734.60	736.60	741.90	742.40	739.60	737.50
Bulk Volume (h)=f-g	519.80	514.90	516.10	518.50	518.70	514.90
Bulk Density (i) = e/h	2.41	2.43	2.44	2.43	2.42	2.43
Volume AC	10.68	10.77	10.80	10.78	10.75	10.77
Volume Agg	85.57	86.26	86.51	86.30	86.08	86.28
VMA	14.43	13.74	13.49	13.70	13.92	13.72
Air Voids	3.75	2.97	2.69	2.92	3.18	2.94
VFB	74.02	78.41	80.07	78.66	77.19	78.55

ตารางที่ ก.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 60/70 High Friction

	HF 5%					
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Mass in Air (e)	1246.70	1243.40	1247.00	1248.20	1247.90	1250.40
Mass Sat. Surface Dry (f)	1249.20	1244.80	1249.00	1249.70	1249.00	1251.70
Mass in Water (g)	739.90	741.10	740.30	744.50	744.90	743.00
Bulk Volume (h)=f-g	509.30	503.70	508.70	505.20	504.10	508.70
Bulk Density (i) = e/h	2.45	2.47	2.45	2.47	2.48	2.46
Volume AC	10.85	10.95	10.87	10.96	10.98	10.90
Volume Agg	86.94	87.67	87.06	87.74	87.91	87.29
VMA	13.07	12.33	12.94	12.26	12.09	12.71
Air Voids	2.21	1.39	2.07	1.30	1.11	1.81
VFB	83.07	88.76	83.98	89.39	90.83	85.78

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ นายวัชเรนทร์ บุรุษานนท์
ภูมิลำเนา 139/2 หมู่ 4 ตำบล คุ้งตะเภา อำเภอ เมือง
จังหวัด อุตรดิตถ์ 53000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุตรดิตถ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: watcharen@hotmail.com



ชื่อ นาย พชรดันัย นิยะบุตร
ภูมิลำเนา 45/70 หมู่ 8 ตำบล เสาริงทิน อำเภอ บางใหญ่
จังหวัด นนทบุรี 11140

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเทพศิรินทร์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Pochsharadanal_niyaboot@hotmail.com



ชื่อ นางสาว ณมลวรรณ รั่มวงศ์กิตติ
 ภูมิลำเนา 9/73 ตำบล หนองหลวง อ.เมือง
 จังหวัด ตาก 63000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหากพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิชารัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: ning-thamonwan@hotmail.com

