

การศึกษาความต้านทานต่อน้ำของส่วนผสมยางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย
กิลโซโนเรซิน



นาย ประเสริฐ ศรีงาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2537

ISBN 974-584-692-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IL159860

A STUDY ON WATER RESISTANCE OF BITUMINOUS MIXTURE
MODIFIED WITH GLISONITE RESIN



MR.PRASERT SRINGAM

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN.974-584-692-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาความต้านทานต่อน้ำของส่วนผสมยางที่ปรับปรุงคุณภาพ
ด้วยซิลิโคนเรซิน

โดย

นายประเสริฐ ศรีงาม

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ , ที่ปรึกษาร่วม นายพิภักดิ์ คูหิรัญ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



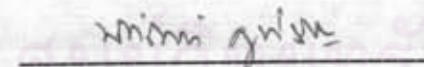
ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ อนุกัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา)



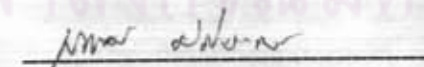
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)



กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(นายพิภักดิ์ คูหิรัญ)



กรรมการ

(ดร.สมพงษ์ สิริโสภณศิลป์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



พิมพ์ฉบับนี้ขึ้นโดยจัดทําโดยวิทยานิพนธ์งานในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ประเสริฐ ศรีงาม : การศึกษาความต้านทานต่อนํ้าของส่วนผสมยางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกลีโชนเรซิน
(A STUDY ON WATER RESISTANCE OF BITUMINOUS MIXTURE MODIFIED WITH GLISONITE RESIN)

อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : พิกัดน์ คูหิรัญ, 142 หน้า. ISBN 974-584-692-9

การวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาผลกระทบของนํ้าต่อคุณสมบัติกล ของส่วนผสมยางแอสฟัลท์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลท์ ซีเมนต์เกรด 60-70 ปรับปรุงคุณภาพด้วยสารผสมเพิ่มไฮโดรคาร์บอนที่มีชื่อว่า กลีโชนเรซิน ซึ่งออกแบบส่วนผสม แอสฟัลท์คอนกรีต โดยวิธีมาร์แชลล์ ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพในห้องทดลอง ได้แก่ ศึกษาค่าเสถียรภาพ และการไหล, กำลังรับแรงดึงและกำลังรับแรงอัด โดยศึกษาผลกระทบต่อนํ้าในสภาพความเป็นกรดและด่างที่อุณหภูมิต่าง ๆ

จากผลการวิจัยพบว่า สารผสมเพิ่มทำให้คุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์ เปลี่ยนแปลงโดยลดค่า Penetration และเพิ่มค่าความชันเหลว ทำให้แอสฟัลท์คอนกรีต มีค่าเสถียรภาพเพิ่มขึ้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่ปริมาณร้อยละ 8 ถึง 12 โดยนํ้าหนักแอสฟัลท์ซีเมนต์ ทำให้อัตราความแข็งแรง และค่าอัตราส่วนแรงดึงของ ตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีต ที่ผสมกลีโชนเรซินทดสอบในนํ้าที่มีสภาพปกติ สภาพกรด และสภาพด่าง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าสูงขึ้น และมากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

ดังนั้นแอสฟัลท์คอนกรีตที่ผสมกลีโชนเรซิน มีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านความต้านทานต่อนํ้า ทำให้แอสฟัลท์คอนกรีตที่ผสมกลีโชนเรซินมีคุณภาพทางด้านความแข็งแรง และความอ่อนไหวต่อนํ้าดีขึ้น

ศูนย์วิทยพัชยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2536

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม น.ก.น.น.น.

C.215160 : MAJOR CIVIL ENGINEER

KEY WORD : WATER RESISTANCE/ BITUMINOUS MIXTURE/ GLISONITE RESIN

PRASERT SRINGAM : A STUDY ON WATER RESISTANCE OF BITUMINOUS MIXTURE MODIFIED WITH GLISONITE RESIN. THESIS ADVISOR : PROF. DIREK LAWANSIRI, Ph.D, CO THESIS ADVISOR PIPHUN KUHIFUN, M.Eng, 142 pp. ISBN 974-584-692-9

The reaseach emphasises on the effect of water on mechanical properties of asphalt concrete with must be used by asphalt cement grade 60-70 and improved the quality of with by adding Glisonite Resin, a hydrocarbon additive, as designed by Marshall's Method. The testing of the mixture's physical properties, i.e., the stability, flow, tensile strength, and compressive strength was carried out in laboratory focussing on it's water resistance according to water of different temperatures and pH. conditions.

The result indicated that the additive had good effect on the properties of asphalt concrete. Namely, the penetration value was lower where as the viscosity values was higher which directly resulted in the increasing stability of the asphalt concrete by 30 percent at 8-12 percent quantity by weight of asphalt cement. Besides, the strength index, the tensile strength ratio of asphalt concrete, either in different pH conditions or temperature were higher and beyond the acceptable standard.

In Conclusion, the Glisonite Resin added to asphalt concrete can improve water resistance of asphalt concrete with regard to the characteristics of durability and moisture susceptibility.

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา

สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา..... 2536

ลายมือชื่อนิสิต..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ เพราะได้รับการสนับสนุน การให้ความรู้ และข้อเสนอแนะ จากอาจารย์และบุคคลที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับ

ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และเป็นกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ โดยให้คำปรึกษาและแนะนำพร้อมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์

คุณพิภนธ์ คูศิริบุญ กองวิเคราะห์วิจัย กรมทางหลวง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ร่วมและเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ อนุกัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการตรวจสอบ วิทยานิพนธ์

ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

เจ้าหน้าที่ หน่วยผิวทาง กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง ทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือ แนะนำ การใช้เครื่องมืออุปกรณ์ การทดลองในห้องปฏิบัติการของหน่วยผิวทาง กองวิเคราะห์ และวิจัย กรมทางหลวง

เจ้าหน้าที่ห้องทดลองภาควิชาวิศวกรรมโยธา ทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือแนะนำการใช้ เครื่องมืออุปกรณ์ การทดลองในห้องปฏิบัติการของภาควิชา

เจ้าหน้าที่ศูนย์เอกสาร กรมทางหลวง เอไอที จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความ สะดวกในการจัดพิมพ์เอกสารวิชาการ

ผู้บังคับบัญชาทุกระดับ ที่ได้สนับสนุนและอนุมัติให้ลาศึกษาต่อ

ระลึกถึงพระคุณ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน เป็นอย่างยิ่งที่ได้ช่วยเหลือ อบรมส่งเสริม ให้ได้รับการศึกษาที่ดี



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิจกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญรูป.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 คำนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 คุณสมบัติแอสฟัลท์คอนกรีตที่เหมาะสม	
2.1.1 เสถียรภาพ (Stability).....	3
2.1.2 ความคงทน (Durability).....	3
2.1.3 ความสามารถในการยืดหยุ่น (Flexibility).....	3
2.1.4 ความสามารถในการลื่นไถล (Skid Resistance).....	4
2.1.5 ความสามารถในการใช้งาน (Workability).....	4
2.1.6 ความสามารถต้านทานการไม่ซึมผ่าน (Impermeability).....	4
2.2 การยึดเกาะของส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต	
2.2.1 คุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Properties).....	5
2.2.2 คุณสมบัติของมวลรวม (Aggregate Properties).....	9
2.2.3 คุณสมบัติของน้ำ (Water Properties).....	11
2.3 กลวิธีการยึดเกาะ (Mechanical of Adhesion)	
2.3.1 ทฤษฎีทางกล (Mechanical Theory).....	12
2.3.2 ทฤษฎีการจัดเรียงตัวของโมเลกุล (Molecular Orientation).....	12
2.3.3 ทฤษฎีแรงปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Reaction Theory).....	12
2.3.4 ทฤษฎีพลังงานระหว่างผิวสัมผัส (Theory of Interfacial Energy).....	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 รูปแบบของความเสียหาย (Mode of Failure).....	13
2.5 กลไกการหลุดลอก (Mechanism of Stripping).....	14
2.5.1 การถูกแทนที่ (Displacement Concept).....	14
2.5.2 การชำรุดของแผ่นฟิล์ม (Film Rupture Theory).....	15
2.5.3 การเกิดออสโมซิส (Osmosis Process).....	15
2.5.4 ความดันโพรง (Pour Pressure).....	15
2.5.5 รูพรุนที่แผ่นฟิล์ม (Pinholes).....	15
2.5.6 การเกิดอิมัลชัน (Emulsion Formation).....	15
บทที่ 3 ทบทวนวิธีการทดสอบการหลุดลอกและสารปรับปรุงคุณภาพ	
3.1 วิธีการทดสอบความเสียหายเนื่องจาก.....	17
3.1.1 การทดสอบวัสดุมวลรวม.....	17
3.1.2 การทดสอบ Indicator Additive.....	18
3.1.3 การทดสอบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีตเกรดหยาบและอัดแน่น.....	18
3.2 สารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลท์คอนกรีต (Asphalt Modification).....	20
3.2.1 คุณสมบัติของแอสฟัลท์คอนกรีตที่เหมาะสม (Ideal Asphalt Cement Properties).....	20
3.2.2 สารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลท์ (Asphalt Modification).....	20
บทที่ 4 วัสดุที่ใช้และวิธีการทดสอบ	
4.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	27
4.1.1 วัสดุมวลรวม.....	27
4.1.2 แอสฟัลท์ซีเมนต์.....	27
4.1.3 สารผสมเพิ่มกิลโซโนเรซิน.....	27
4.2 วิธีการตรวจสอบวัสดุ	
4.2.1 มวลรวมหยาบ.....	28
4.2.2 มวลรวมละเอียด.....	29
4.2.3 แอสฟัลท์ซีเมนต์.....	29
4.3 การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต.....	29
4.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติกล (Mechanical Properties).....	30
4.5 สถานที่ทำการวิจัย.....	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล.	
5.1 ผลการทดลอง.....	34
5.1.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติมวลรวม และแอสฟัลท์ซีเมนต์.....	34
5.1.2 ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต โดยวิธี Marshall.....	55
5.1.3 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแอสฟัลท์คอนกรีต ปกติกับแอสฟัลท์คอนกรีตที่ปรับปรุงคุณภาพ.....	61
5.1.4 ผลการควบคุมปริมาณช่องว่างอากาศในแอสฟัลท์คอนกรีต.....	61
5.1.5 ผลการควบคุมปริมาณการอัดตัว ของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	68
5.1.6 ผลการทดสอบหาค่าเสถียรภาพ (Stability) ของแอสฟัลท์คอนกรีต ก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, 40 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส.....	68
5.1.7 ผลการทดลองหาค่าการไหล (Flow) ของแอสฟัลท์คอนกรีต ก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, 40 องศาเซลเซียส, 60 องศาเซลเซียส.....	70
5.1.8 ผลการทดลองหาค่าดัชนีความแข็งแรง (Strength Index) ของแอสฟัลท์คอนกรีตก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ.....	70
5.1.9 ผลการเปรียบเทียบค่าเสถียรภาพ (Stability) ในสภาพอัดตัวของ แอสฟัลท์คอนกรีต ที่มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	74
5.1.10 ผลการเปรียบเทียบการไหล (Flow) ในสภาพอัดตัวของ แอสฟัลท์คอนกรีตที่มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	74
5.1.11 ผลการเปรียบเทียบค่าเสถียรภาพ (Stability) ในสภาพ อัดตัวของแอสฟัลท์คอนกรีต ที่มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	76
5.1.12 ผลการเปรียบเทียบ การไหล (Flow) ในสภาพอัดตัว ของแอสฟัลท์คอนกรีตที่มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	76
5.1.13 ผลการเปรียบเทียบค่าเสถียรภาพ (Stability) ในสภาพอัดตัวของแอสฟัลท์คอนกรีต ที่มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	76

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.14 ผลการเปรียบเทียบค่าการไหล (Flow) ในสภาพอิมัตว์ ของแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	76
5.1.15 ผลการทดลองหาค่ากำลังดึง (Tensile Strength) ในสภาพแห้งของแอสฟัลต์คอนกรีต ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, 40 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส.....	80
5.1.16 ผลการทดลองหาค่ากำลังดึง (Tensile Strength) ในสภาพอิมัตว์ของแอสฟัลต์คอนกรีต ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, 40 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส.....	80
5.1.17 ผลการทดลองหาค่ากำลังดึง (Tensile Strength) ของแอสฟัลต์คอนกรีตสภาพอิมัตว์ที่มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	80
5.1.18 ผลการทดลองหาค่ากำลังดึง (Tensile Strength) ของแอสฟัลต์คอนกรีตสภาพอิมัตว์ที่มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	80
5.1.19 ผลการทดลองหาค่ากำลังดึง (Tensile Strength) ของแอสฟัลต์คอนกรีตสภาพอิมัตว์ ที่มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	84
5.1.20 ผลการทดลองหาค่ากำลังอัด (Compressive Strength) ของแอสฟัลต์คอนกรีตสภาพแห้ง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, 40 องศาเซลเซียสและ 60 องศาเซลเซียส.....	84
5.1.21 ผลการทดลองหาค่ากำลังอัด (Compressive Strength) ของแอสฟัลต์คอนกรีตสภาพอิมัตว์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, 40 องศาเซลเซียสและ 60 องศาเซลเซียส.....	87
5.1.22 ผลการทดลองหาค่ากำลังอัด (Compressive Strength) ของแอสฟัลต์คอนกรีตสภาพอิมัตว์ มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	87
5.1.23 ผลการทดลองหาค่ากำลังอัด (Compressive Strength) ของแอสฟัลต์คอนกรีตสภาพอิมัตว์ มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	87

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.24 ผลการทดลองหาค่ากำลังอัด (Compressive Strength) ของแอสฟัลต์คอนกรีตสภาพอิมตัว มีค่า pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	93
5.2 การวิเคราะห์ผล	
5.2.1 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นเหลือของแอสฟัลต์ซีเมนต์ กับสารผสมเพิ่ม.....	93
5.2.2 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของแอสฟัลต์ซีเมนต์ด้านอื่น ๆ กับปริมาณสารผสมเพิ่ม.....	93
5.2.3 ความสัมพันธ์ผลการทดลองคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต ตามวิธีมาร์แชลล์.....	94
5.2.4 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีต กับ ปริมาณสารผสมเพิ่ม.....	94
5.2.5 ความสัมพันธ์ของค่าเสถียรภาพกับอุณหภูมิ ของแอสฟัลต์คอนกรีตก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ.....	94
5.2.6 ความสัมพันธ์ของค่าการไหล กับอุณหภูมิ ของแอสฟัลต์คอนกรีตก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ.....	97
5.2.7 ความสัมพันธ์ค่ากำลังดึงกับอุณหภูมิ ของแอสฟัลต์คอนกรีต ก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ.....	97
5.2.8 ความสัมพันธ์ค่ากำลังอัดกับอุณหภูมิ ของแอสฟัลต์คอนกรีต ก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ.....	97
5.2.9 ความสัมพันธ์ค่าเสถียรภาพกับค่า pH ของแอสฟัลต์คอนกรีต ก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ.....	104
5.2.10 ความสัมพันธ์ค่ากำลังดึงกับค่า pH ของแอสฟัลต์คอนกรีต ก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ.....	104
5.2.11 ความสัมพันธ์ค่ากำลังอัด กับค่า pH ของแอสฟัลต์คอนกรีต ก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ.....	104
5.2.12 ความสัมพันธ์ของค่าครวชนีความแข็งแรงของแอสฟัลต์คอนกรีต กับปริมาณสารผสมเพิ่ม.....	114
5.2.13 ความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนแรงดึง ของแอสฟัลต์คอนกรีต กับปริมาณสารผสมเพิ่ม.....	114

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2.14 ความสัมพันธ์ของค่าเสถียรภาพ (Stability) กับค่าแรงดึง ทางอ้อม (Indirect Tensile Strength).....	114
5.2.15 ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความแข็งแรง (Strength Index) กับค่าอัตราส่วนแรงดึง (Tensile Strength Ratio).....	114
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองข้อเสนอนะ	
6.1 สรุปผลทดลอง.....	115
6.2 ข้อเสนอนะ.....	132
 เอกสารอ้างอิง.....	 124
 ภาคผนวก.....	 129
 ประวัติผู้แต่ง.....	 142

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแบ่งประเภทของมวลรวม ตามปริมาณ SiO_2	10
2.2 เปอร์เซนต์เฉลี่ยส่วนประกอบเนื้อแร่ ของมวลรวม.....	10
5.1 แสดงผลการเรียงขนาดคละมวลรวม Hot Bin 2.....	33
5.2 แสดงผลการเรียงขนาดคละมวลรวม Hot Bin 3.....	34
5.3 แสดงผลการเรียงขนาดคละมวลรวม Hot Bin 4.....	35
5.4 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของมวลรวมหยาบ.....	36
5.5 แสดงผลการทดสอบค่า Flakiness Index ของมวลรวม Hot Bin 2.....	37
5.6 แสดงผลการทดสอบค่า Flakiness Index ของมวลรวม Hot Bin 3.....	38
5.7 แสดงผลการทดสอบค่า Flakiness Index ของมวลรวม Hot Bin 4.....	39
5.8 แสดงผลการทดสอบค่า Elongation Index ของมวลรวม Hot Bin 2.....	40
5.9 แสดงผลการทดสอบค่า Elongation Index ของมวลรวม Hot Bin 3.....	41
5.10 แสดงผลการทดสอบค่า Elongation Index ของมวลรวม Hot Bin 4.....	42
5.11 แสดงผลหาค่าความดุ้งจำเพาะ ของมวลรวม Hot Bin 2 (ค้ำ #4).....	44
5.12 แสดงผลหาค่าความดุ้งจำเพาะ ของมวลรวม Hot Bin 2 (ผ่าน #4).....	45
5.13 แสดงผลหาค่าความดุ้งจำเพาะ ของมวลรวม Hot Bin 3.....	46
5.14 แสดงผลหาค่าความดุ้งจำเพาะ ของมวลรวม Hot Bin 4.....	47
5.15 แสดงผลการทดสอบความทนทานของมวลรวมหยาบ.....	48
5.16 แสดงผลการเรียงขนาดวัสดุ Hot Bin 1.....	49
5.17 แสดงผลการทดสอบความดุ้งจำเพาะ Hot Bin 1 (ผ่าน #200).....	50
5.18 แสดงผลการทดสอบความดุ้งจำเพาะ Hot Bin 1 (ค้ำ #200).....	51
5.19 แสดงผลการทดสอบความทนทานของมวลรวมละเอียด.....	52
5.20 แสดงผลการทดสอบหาค่า Sand Equivalent ของมวลรวมละเอียด.....	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
5.21 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์.....	56
5.22 แสดงผลคุณสมบัติของมวลรวมผสมตามมาตรฐานของกรมทางหลวง.....	57
5.23 แสดงผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีตปกติ.....	58
5.24 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลท์คอนกรีตที่ปรับปรุงคุณภาพ.....	62
5.25 แสดงผลการทดสอบหาความสัมพันธ์จำนวนครั้งที่ทับบดอัดใช้ช่องว่างอากาศ.....	63
5.26 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างที่บดอัดด้านละ 32 ครั้ง.....	65
5.27 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างที่บดอัดตาม ASTM D - 1074.....	67
5.28 แสดงผลการควบคุมระดับการอิมตัว ของแอสฟัลท์คอนกรีตกับเวลา.....	69
5.29 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเสถียรภาพและค่าการไหลสภาพแห้งของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	71
5.30 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเสถียรภาพและค่าการไหลสภาพอิมตัวของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	72
5.31 แสดงผลการทดสอบค่าดัชนี ความแข็งแรง (Strength Index) ของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	73
5.32 แสดงผลการทดสอบค่าเสถียรภาพและค่าการไหล สภาพอิมตัวเมื่อระดับ pH แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	75
5.33 แสดงผลการทดสอบค่าเสถียรภาพและค่าการไหล สภาพอิมตัวเมื่อระดับ pH แตกต่าง กันที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	77
5.34 แสดงผลการทดสอบค่าเสถียรภาพและค่าการไหล สภาพอิมตัวเมื่อระดับ pH แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	78
5.35 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบกำลังดึงในสภาพแห้งของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	79
5.36 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบกำลังดึงในสภาพอิมตัวของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	81
5.37 แสดงผลการทดสอบค่าอัตราส่วนแรงดึง (Tensile Strength Ratio) ของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
5.38 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังดึง สภาพอิมตัว เมื่อระดับ pH แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	83
5.39 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังดึง สภาพอิมตัว เมื่อระดับ pH แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	85
5.40 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังดึง สภาพอิมตัว เมื่อระดับ pH แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	86
5.41 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัด ในสภาพแห้งของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	88
5.42 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัด ในสภาพอิมตัวของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	89
5.43 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัด ในสภาพอิมตัว เมื่อระดับ pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	90
5.44 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัด ในสภาพอิมตัว เมื่อระดับ pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	91
5.45 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัด ในสภาพอิมตัว เมื่อระดับ pH แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	92

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	4
2.2	6
2.3	7
2.4	8
2.5	11
2.6	14
2.7	16
3.1	21
5.1	60
5.2	64
5.3	66
5.4	95
5.5	96
5.6	98
5.7	99
5.8	100
5.9	101
5.10	102
5.11	103

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
5.12 แสดงความสัมพันธ์ของค่าเสถียรภาพกับค่า pH สภาพอิ่มตัวของแอสฟัลท์คอนกรีต ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	105
5.13 แสดงความสัมพันธ์ของค่าเสถียรภาพกับค่า pH สภาพอิ่มตัวของแอสฟัลท์คอนกรีตที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	106
5.14 แสดงความสัมพันธ์ของค่าเสถียรภาพกับค่า pH สภาพอิ่มตัวของแอสฟัลท์คอนกรีตที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	107
5.15 แสดงความสัมพันธ์ค่ากำลังดึง กับ ค่า pH สภาพอิ่มตัว ของแอสฟัลท์คอนกรีตที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	108
5.16 แสดงความสัมพันธ์ค่ากำลังดึง กับ ค่า pH สภาพอิ่มตัว ของแอสฟัลท์คอนกรีตที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	109
5.17 แสดงความสัมพันธ์ค่ากำลังดึง กับ ค่า pH สภาพอิ่มตัว ของแอสฟัลท์คอนกรีตที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	110
5.18 แสดงความสัมพันธ์ค่ากำลังอัด กับ ค่า pH สภาพอิ่มตัว ของแอสฟัลท์คอนกรีตที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	111
5.19 แสดงความสัมพันธ์ค่ากำลังอัด กับ ค่า pH สภาพอิ่มตัว ของแอสฟัลท์คอนกรีตที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	112
5.20 แสดงความสัมพันธ์ค่ากำลังอัด กับ ค่า pH สภาพอิ่มตัว ของแอสฟัลท์คอนกรีตที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย