

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
คำอุทิศ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตการวิจัย	4
บทที่ 2 วรรณคดีวิจารณ์	
2.1 คอนกรีตแอสฟัลท์	6
2.1.1 เสถียรภาพ	7
2.1.2 ความคงทน	7
2.1.3 ความยืดหยุ่นตัว	9
2.1.4 ความต้านทานการล้า	9
2.1.5 ความต้านทานการสั่นไถล	9
2.1.6 ความซึมผ่านไม่ได้	10
2.1.7 ความสามารถทำงานได้	10
2.2 การออกแบบส่วนผสมโดยวิธีมาร์แชลล์	11
2.2.1 ขนาดและการจัดขนาดกละ	12
2.2.2 ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมผสมผสาน	13

2.2.3	เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบโดยวิธีมาร์แชลล์	15
2.2.4	อุณหภูมิในการผสมและการบดอัด	18
2.2.5	การทดสอบหาคุณสมบัติ	18
2.2.6	การหาปริมาณแอสฟัลท์ที่เหมาะสมสูงสุดในส่วนผสม	18
2.3	โมดูลัสความแข็งแรงของคอนกรีตแอสฟัลท์	19
2.4	กำลังดึงและโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตแอสฟัลท์	20
2.4.1	การทดสอบแรงดึงทางตรง	22
2.4.2	การทดสอบแรงคด	22
2.4.3	การทดสอบแรงดึงทางอ้อม	23
2.5	ความต้านทานการหลุดลอกของคอนกรีตแอสฟัลท์	27
2.6	ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง	28
2.6.1	อิทธิพลของแอสฟัลท์กับเสถียรภาพ	28
2.6.2	อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อความหนืด	33
2.6.3	อิทธิพลของวัสดุมวลรวมต่อเสถียรภาพของคอนกรีตแอสฟัลท์	36
2.6.4	อิทธิพลของฝุ่นละอองต่อเสถียรภาพของคอนกรีตแอสฟัลท์	37
2.6.5	อิทธิพลของการบดอัดต่อเสถียรภาพ	37
2.6.6	อิทธิพลของอุณหภูมิในผิวทางคอนกรีตแอสฟัลท์	38
2.6.7	อิทธิพลของการเรียงขนาดวัสดุมวลรวมต่อเสถียรภาพ	39
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ		
3.1	วัสดุ	41
3.1.1	วัสดุมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด	41
3.1.2	วัสดุแอสฟัลท์ซีเมนต์	41
3.2.3	วัสดุปูนซีเมนต์ประเภทหนึ่ง	41
3.2.4	สารผสมเพิ่ม(ปูนขาว)	41
3.2	วิธีการทดสอบ	41
3.2.1	วัสดุมวลรวมหยาบ	41
3.2.2	วัสดุมวลรวมละเอียด	42

3.2.3 การวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ของวัสดุมวลรวม	43
3.2.4 การทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60-70	43
3.3 สถานที่ทำการทดสอบ	
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	44
4.1 ผลการทดสอบวัสดุมวลรวมหยาบและละเอียด	44
4.1.1 ผลการทดสอบกำหนดเม็ดละเอียดโดยการร่อนผ่านตะแกรง	44
4.1.2 ผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ	44
4.1.3 ผลการทดสอบหาค่าความสึกหรอ	50
4.1.4 ผลการทดสอบหาค่าความทนทาน	51
4.1.5 ผลการทดสอบหาค่าดัชนีความแบน	51
4.1.6 ผลการทดสอบหาค่าดัชนีความยาว	51
4.1.7 ผลการทดสอบหาค่าทรายผสมลูย์	51
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุมวลรวม	54
4.2.1 ผลการจัดเรียงขนาดของมวลรวมละเอียด	54
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60-70	57
4.3.1 ผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ	57
4.3.2 ผลการทดสอบค่าการทะลุวง	58
4.3.3 ผลการทดสอบค่าความหนืดแบบคีนเมติก	58
4.3.4 ผลการทดสอบหาจุดวาบไฟ	60
4.3.5 ผลการทดสอบการละลาย	60
4.3.6 ผลการทดสอบหาค่าการยืดตัว	61
4.4 ผลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตแอสฟัลท์โดยวิธีมาร์แชลล์	62
4.4.1 กราฟแสดงค่าความหนาแน่น	62
4.4.2 กราฟแสดงค่าเสถียรภาพ	62
4.4.3 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศ	65
4.4.4 การวิเคราะห์เตรียมตัวอย่างคอนกรีตแอสฟัลท์แบบมาร์แชลล์	67

	(ต่อ)	๗
		หน้า
บทที่ 5	สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	75
5.1	สรุปผลการวิจัย	75
5.1.1	ผลการออกแบบคอนกรีตแอสฟัลท์ธรรมดา	75
5.1.2	ปริมาณปูนขาวที่เหมาะสม	75
5.1.3	ผลการออกแบบคอนกรีตแอสฟัลท์ผสมปูนขาว	76
5.1.4	ค่าเสถียรภาพของคอนกรีตแอสฟัลท์ปรับปรุงด้วยปูนขาว	76
5.1.5	ช่องว่างอากาศของคอนกรีตแอสฟัลท์ธรรมดา	76
5.1.6	ความหนาแน่นของคอนกรีตแอสฟัลท์ปรับปรุงด้วยปูนขาว	76
5.1.7	VMA. ของคอนกรีตแอสฟัลท์ธรรมดา	76
5.1.8	ผลการออกแบบคอนกรีตแอสฟัลท์ผสมปูนซีเมนต์	76
5.1.9	ค่าเสถียรภาพของคอนกรีตแอสฟัลท์ปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์	77
5.1.10	ช่องว่างอากาศของคอนกรีตแอสฟัลท์ธรรมดา	77
5.1.11	ความหนาแน่นของคอนกรีตแอสฟัลท์ปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์	77
5.1.12	VMA. ของคอนกรีตแอสฟัลท์ธรรมดา	77
5.2	ข้อเสนอแนะ	77
บรรณานุกรม		79
ภาคผนวก ก		
ภาคผนวก ก	วิธีการผสมผสานขนาดคละของผลรวม	80
ภาคผนวก ข		
ภาคผนวก ข	วิธีการทดสอบแอสฟัลท์คอนกรีตผสมร้อน โดยวิธีมาร์แชลล์	87
ภาคผนวก ค		
ภาคผนวก ค	คุณสมบัติวัสดุและขบวนการผลิต	99
ประวัติผู้เขียน		

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงขนาดของวัสดุของมวลรวมและปริมาณของแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่ผสม	12
2.2 ขนาดผลของมวลรวมและปริมาณของแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่ใช้ (ทล.2532)	14
2.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบมาร์แชลล์	16
2.4 ค่าต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์ช่องว่างระหว่างมวลรวม	17
2.5 ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลท์ (ทล.2532)	21
2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพนิเตอร์ชันกับค่าความหนืดที่ 25 C	30
4.1 แสดงการแยกวัสดุมวลรวม Hot Bin 1 ด้วยตะแกรงร่อน	45
4.2 แสดงการแยกวัสดุมวลรวม Hot Bin 2 ด้วยตะแกรงร่อน	46
4.3 แสดงการแยกวัสดุมวลรวม Hot Bin 3 ด้วยตะแกรงร่อน	46
4.4 แสดงการแยกวัสดุมวลรวม Hot Bin 4 ด้วยตะแกรงร่อน	47
4.5 แสดงการแยกวัสดุปูนขาว ด้วยตะแกรงร่อน	47
4.6 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมหยาบ	48
4.7 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 1	48
4.8 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมละเอียดและหินปูน	49
4.9 การทดสอบหาค่าความลึกพร้อของวัสดุมวลรวม	50
4.10 การทดสอบหาค่าความทนทานของวัสดุมวลรวมละเอียดและหยาบ	52
4.11 การทดสอบหาค่าดัชนีความแบนของวัสดุมวลรวมหยาบ	53
4.12 การทดสอบหาค่าทรายสมบูรณ์	54
4.13 ผลขนาดของวัสดุมวลรวมที่นำมาใช้สำหรับส่วนผสมคอนกรีตแอสฟัลท์	55
4.14 ผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของแอสฟัลท์ซีเมนต์	57
4.15 แสดงผลการหาค่าการทะลวงของแอสฟัลท์ซีเมนต์	58
4.16 แสดงผลค่าความหนืดแบบคิเนเมติกของแอสฟัลท์ซีเมนต์	59
4.17 แสดงผลการทดสอบหาจุดความไวของแอสฟัลท์ซีเมนต์	60
4.18 แสดงผลการละลายของแอสฟัลท์ซีเมนต์และแอสฟัลท์ซีเมนต์ปรับปรุง	61
4.19 แสดงผลค่าการยึดตัวของแอสฟัลท์ซีเมนต์	62

4.20 แสดงผลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตแอสฟัลต์โดยวิธีมาร์แชลล์	63
4.21 แสดงผลการ เปรียบเทียบแอสฟัลต์ที่เหมาะสมสูงสุดกับคุณสมบัติ คอนกรีตแอสฟัลต์	66
4.22 แสดงผลการ เปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตแอสฟัลต์ผสมปูนขาว และซีเมนต์ ที่ปริมาณต่าง ๆ	67
4.23 แสดงผลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตแอสฟัลต์ผสมปูนขาว โดยวิธีมาร์แชลล์	70
4.24 แสดงผลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตแอสฟัลต์ผสมปูนซีเมนต์ โดยวิธีมาร์แชลล์	72
ผ-1 วิธีการผสมผสานขนาดผลของมวลรวมโดยวิธีทดลองทำ	81
ผ-2 ขนาดและมวลรวมหลังจากแบ่งกลุ่ม	82
ผ-3 อัตราส่วนเทียบเสถียรภาพ	95
ผ-4 แสดงค่าช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวมที่ต้องการ	102
ผ-5 แสดงส่วนประกอบของแอสฟัลต์	103
ผ-6 ข้อเสนอแนะ ข้อกำหนดของคุณสมบัติคอนกรีตแอสฟัลต์	104
ผ-7 สารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	120
ผ-8 ปริมาณร้อยละของสารประกอบในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทต่างๆ	121
ผ-9 การหาความถี่วงจําเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (1)	123
ผ-10 การวิเคราะห์ปูนดิบ	129
ผ-11 รายละเอียดกำหนดสำหรับปูนดิบ	130
ผ-12 สรุปลำดับขั้นตอนการ Mixes Design	131

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่	หน้า
2.1 การทดสอบแรงดึงดัดทางอ้อม	23
2.2 การกระจายแรงเค้นบนแกน x	26
2.3 การกระจายแรงเค้นบนแกน y	26
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับเพนิเตอร์ที่ 25 C แบบมาตรฐาน	29
2.5 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและเพนิเตอร์กับอุณหภูมิผสม	32
2.6 การเปรียบเทียบค่าความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆ ของแอสฟัลต์ที่มีความหนืดสูงและความหนืดต่ำ	33
2.7 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิที่บดอัดต่อปริมาณช่องว่างอากาศในคอนกรีตแอสฟัลต์	34
2.8 อิทธิพลของความหนืดที่มีต่อการบดอัด และความหนาแน่นของคอนกรีตแอสฟัลต์	35
2.9 แสดงอิทธิพลของความหนืดแอสฟัลต์ที่มีต่อเสถียรภาพของคอนกรีตแอสฟัลต์	35
2.10 แสดงอุณหภูมิของโครงสร้างของถนน ในชั้นลึกต่างๆ	39
4.1 แสดงการเรียงขนาดของวัสดุรวมที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตแอสฟัลต์	56
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ผลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตแอสฟัลต์แบบมาร์แชลล์	65
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ผลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตแอสฟัลต์ปรับปรุงคุณภาพโดยผสมปูนขาว	71
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ผลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตแอสฟัลต์ปรับปรุงคุณภาพโดยผสมปูนซีเมนต์	74
ผ-1 วิธีสำหรับการประมาณค่าการรวมของมวลรวมสามชนิด	84
ผ-2 เครื่องบดตัวอย่างวิธีมาร์แชลล์ แบบใช้เครื่อง	89
ผ-3 เครื่องกดตัวอย่างด้วยวิธีมาร์แชลล์ วงแหวนวัดแรงและท่อนกด	89

ผ-4 แสดงช่องว่างอากาศ ปริมาณแอสฟัลท์ที่ยึดเกาะ และดูคริมในส่วนผสม	101
ผ-5 แสดงช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม (VMA) ในตัวอย่างบดอัด	101
ผ-6 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่าง ระหว่างมวลรวมที่มีน้อยที่สุด กับขนาดโคสดูของวัสดุมวลรวม	104
ผ-7 แสดงส่วนประกอบทางฟิสิกส์ของแอสฟัลท์	110
ผ-8 แผนภูมิสายงานกลั่นปิโตร เลียมสำหรับแอสฟัลท์ซีเมนต์	111
ผ-9 วัตถุดิบของปูนซีเมนต์	117
ผ-10 กราฟเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ผลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต แอสฟัลท์ปรับปรุงคุณภาพโดยผสมปูนขาว กับคอนกรีตแอสฟัลท์ปรับปรุง คุณภาพโดยผสมปูนซีเมนต์	132