

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ทางเลือกและแนวทางการแก้ปัญหา	4
1.3 วัตถุประสงค์	5
บทที่ 2 ทฤษฎี สมมุติฐาน และ กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	
2.1 ดินลูกรัง	6
2.2 น้ำยางพาราแบบข้น	17
2.3 ประวัติความเป็นมาของถนนซีเมนต์	25
2.4 ประเภทของดินซีเมนต์	26
2.5 กลไกของการปรับปรุงคุณสมบัติของดินซีเมนต์	27
2.6 โครงสร้างของดินซีเมนต์	29
2.7 ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อกำลังของดินซีเมนต์	29
2.8 ชนิดของดิน	30
2.9 กำลังของดินซีเมนต์	34
2.10 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	35
2.11 ประเภทของปูนซีเมนต์	36
2.12 สารประกอบหลักของปูนซีเมนต์	37
2.13 สารประกอบรองของปูนซีเมนต์	37
2.14 การก่อตัวและการแข็งตัว	38
2.15 ปฏิกริยาไฮเดรชันของซีเมนต์	38
2.16 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกริยาไฮเดรชันได้แก่	39
2.17 น้ำยางข้นพรีวัลคาไนซ์	39
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	
3.1 การวิจัยระดับห้องปฏิบัติการ	43
3.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบในห้องปฏิบัติการ	44

<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย</b>	
4.1 ทดสอบหาพิกัดเหลว และ พิกัดพลาสติกของดิน	47
4.2 ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน	51
4.3 ทดสอบหาการกระจายตัวของเม็ดดิน	52
4.4 ทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน	54
4.5 ทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด	57
4.6 การทดสอบหาแรงอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา	60
4.7 การทดสอบหาแรงดัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา	63
4.8 การทดสอบหาแรงยึดเกาะของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา	67
4.9 การทดสอบค่าการซึมน้ำของดินซีเมนต์	71
<b>สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผลการศึกษา	74
5.2 ข้อเสนอแนะ	75
<b>5 เอกสารอ้างอิง</b>	77
<b>ภาคผนวก</b>	82

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 รูปการบดอัดดินลูกรังก่อนการเทคอนกรีต	1
1.2 รูปการปูถนนเมื่อใช้ดินลูกรังปรับหน้าดินหรือบดอัดแล้ว	2
1.3 การก่อผนังโดยการเว้นว่างเพื่อให้ผนังไม่รับแรงจากการโก่งตัวของคานแล้วเกินรอยร้าว	4
1.4 รูปน้ำยาพาราจากธรรมชาติ	5
2.1 แผนที่โลกแสดงการกระจายตัวของดินลูกรัง	6
2.2 แบ่งชั้นดินลูกรัง	9
2.3 บริเวณที่พบดินลูกรังในไทย	12
2.4 การผลิตน้ำยาขี้และน้ำยาแห้ง	18
2.5 แสดงการแปรรูปน้ำยาพารา ชนิดต่างๆ ภายในประเทศและต่างประเทศ	19
2.6 แสดงกระบวนการการผลิตน้ำยาพาราขี้	22
2.7 ส่วนประกอบของน้ำยาพารา	23
2.8 อุปสงค์ อุปทานและราคาน้ำยาขี้ของประเทศไทย	25
2.9 โครงสร้างของดินซีเมนต์	29
2.10 ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีพลาสติกกับเวลา	31
2.11 ค่าพิกัดอัตราเบร็กของดินไอโอวา หลังเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน 1 ชั่วโมง	32
2.12 อิทธิพลของแร้ดินเหนียวที่มีต่อกำลังอัดแกนเดี่ยวของดินซีเมนต์ ปริมาณซีเมนต์ 8%	33
2.13 อิทธิพลของแร้ดินเหนียวที่มีต่อกำลังอัดแกนเดี่ยวของดินซีเมนต์ ปริมาณซีเมนต์ 12%	33
2.14 อิทธิพลของแร้ดินเหนียวที่มีต่อกำลังอัดแกนเดี่ยวของดินซีเมนต์ ปริมาณซีเมนต์ 16%	34
3.1 แผนผังการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ	46
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินและจำนวนการเคาะและค่าLiquid limit ของดินผสมน้ำยาพารา	49
4.2 ภาพขณะทดสอบหาพิกัดเหลว	50
4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักขวดและน้ำกับ อุณหภูมิ $c^{\circ}$	52
4.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การผ่านตะแกรงกับเบอร์ตะแกรง	53
4.5 ภาพแสดงปริมาตรโมลที่ใช้ในการบดอัด	54
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า dry density กับ %water content	55

4.7	แสดงความแตกต่างระหว่างสีของโม่ดินที่บดอัดด้วยน้ำ และน้ำยางพารา	55
4.8	ภาพขณะทำการทดลอง การบดอัดดินสูงกว่ามาตรฐาน	56
4.9	เครื่องมือทดสอบแรงอัดแบบแกนเดียว	57
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัด และระยะเวลาการยุบตัว	58
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นกับระยะเวลาการบ่ม	59
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดกับระยะเวลาการบ่ม	60
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่ม โดยสัดส่วน 1 : 6 : 0.7	60
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่ม โดยสัดส่วน 1.5 : 5.5 : 0.7	61
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่ม โดยสัดส่วน 2 : 5 : 0.7	61
4.16	แสดงการเปรียบเทียบแรงอัดของดินซีเมนต์ทั้ง 3 สัดส่วน	63
4.17	เครื่องมือทดสอบแรงอัดแบบแกนเดียว	63
4.18	ภาพการทดสอบแรงอัด	64
4.19	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดและระยะเวลาการบ่ม สัดส่วน 1 : 6 : 0.7	64
4.20	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดกับระยะเวลาการบ่ม สัดส่วน 1.5 : 5.5 : 0.7	65
4.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดกับระยะเวลาการบ่ม สัดส่วน 2 : 5 : 0.7	65
4.22	แสดงการเปรียบเทียบแรงอัดทั้ง 3 สัดส่วน	66
4.23	ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดึง กับ ระยะเวลาการบ่ม สัดส่วน 1 : 6 : 0.7	67
4.24	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเกาะกับระยะเวลาการบ่ม สัดส่วน 1.5 : 5.5 : 0.7	68
4.25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเกาะกับระยะเวลาการบ่ม สัดส่วน 2 : 5 : 0.7	68
4.26	แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดึงหรือแรงยึดเกาะของทั้ง 3 สัดส่วน	69
4.27	เครื่องมือทดสอบแรงยึดเกาะหรือแรงดึง	70
4.28	แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์สัดส่วน 1 : 6 : 0.7	71
4.29	แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์สัดส่วน 1.5 : 5.5 : 0.7	72
4.30	แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราสัดส่วน 2 : 6 : 0.7	72
4.31	แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของทั้ง 3 สัดส่วน	73
4.32	ภาพขณะทดสอบการดูดซึมน้ำ	73
5.1	แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดและแรงดึงระหว่างน้ำยางพาราชั้นกับน้ำพารา พรีวัลคาไนซ์	75

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณซิลิกาและเซสควออกไซด์ของดินลูกรังในประเทศไทยข้อมูลจาก	1
2.2 คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินลูกรังในประเทศไทย	15
2.3 การแยกตัวขององค์ประกอบของน้ำยางสด เมื่อถูกปั่น	21
2.4 ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำยางชั้นไทย	24
2.5 ปริมาณซีเมนต์โดยประมาณในการผสม สำหรับวัสดุต่างๆ	35
2.6 แนวทางการเลือกวัสดุผสมเพิ่ม กับวัสดุแต่ละชนิด	36
2.7 สูตรผสมเคมีของน้ำยางชั้นพรีวัลคาไนซ์ในระบบก้ำมะถัน	41
2.8 สูตรผสมเคมีของน้ำยางชั้นพรีวัลคาไนซ์ในระบบเพอร์ออกไซด์	41
3.1 อัตราส่วนผสมของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา	45
4.1 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้จากการคำนวณ	51
4.2 แสดงน้ำหนักดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละเบอร์	52
4.3 แสดง Water content และ Dry density	54