สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	1
สารบัญตาราง	2
สารบัญภาพ	4
คำนำ	8
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานวิจัย	9
1.2 วัตถุประสงค์	9
1.3 ขอบเขตการวิจัย	9
1.4 ระยะเวลาการวิจัย	10
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพดินโดยวิธีเคมี	
2.1 คุณสมบัติของวัสดุผสมเพิ่ม	11
2.1.1 ปูนขาว	11
2.1.2 ปูนซีเมนต์	11
บทที่ 3 อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการวิจัย	13
3.2 วิธีนำเนินการวิจัย	13
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติดินเบื้องต้น	27
4.2 ผลการทดลองดินหลังการผสมปูนซีเมนต์	28
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	33
ภาคผนวก ก.	35
ภาคผนวก ข.	40
เอกสารอ้างอิง	128
ประวัติผู้เขียน	129

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางสัญลักษณ์ 28

ตารางที่ 0 ตารางแสดง Stress & Strain Curve ของ Soil Sample 44

ตารางที่ 1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain ที่ $w_i = w_{pl}$ ที่ 3 วัน 45

ตารางที่ 2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain ที่ $w_i = w_{pl}$ ที่ 3 วัน 46

ตารางที่ 3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain ที่ $w_i = w_{pl}$ ที่ 7 วัน 47

ตารางที่ 4 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่างStress & Strain ที่ $w_i = w_{pl}$ ที่ 7 วัน 48

ตารางที่ 5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain ที่ $w_i = w_{pl}$ ที่ 14 วัน 49

ตารางที่ 6 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{pl}$ ที่ 14 วัน 50

ตารางที่ 7 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{pl}$ ที่ 28 วัน 51

ตารางที่ 8 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{pl}$ ที่ 28 วัน 52

ตารางที่ 9 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{ll}$ ที่ 3 วัน 53

ตารางที่ 10 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{ll}$ ที่ 3 วัน 54

ตารางที่ 11 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{ll}$ ที่ 7 วัน 55

ตารางที่ 12 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{ll}$ ที่ 7 วัน 56

ตารางที่ 13 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{ll}$ ที่ 14 วัน 57

ตารางที่ 14 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{ll}$ ที่ 14 วัน 58

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 15 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{II}$ ที่ 28 วัน 59

ตารางที่ 16 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain Curve ที่ $w_i = w_{II}$ ที่ 28 วัน 60

ตารางที่ 17 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ Stress & Strain ระหว่าง PL กับ LL ที่ 3 วัน 61

ตารางที่ 18 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ Stress & Strain ระหว่าง PL กับ LL ที่ 7 วัน 62

ตารางที่ 19 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ Stress & Strain ระหว่าง PL กับ LL ที่ 14 วัน 63

ตารางที่ 20 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ Stress & Strain ระหว่าง PL กับ LL ที่ 28 วัน 64

ตารางที่ 21 ตารางแสดงผลการพัฒนาของ Strength ของ PL 65

ตารางที่ 22 ตารางแสดงผลการพัฒนาของ Strength ของ LL 66

ตารางที่ 23 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบการพัฒนาของ Strength ของ PL กับ LL 67

ตารางที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ปริมาณความชื้นกับระยะการปม MIX 1 68

ตารางที่ 25 แสดงความสัมพันธ์ปริมาณความชื้นกับระยะการปม MIX 2 69

ตารางที่ 26 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ Stress & Strain ที่ PL เมื่อผสมปูน 3 % 70

ตารางที่ 27 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ Stress & Strain ที่ PL เมื่อผสมปูน 6 % 71

ตารางที่ 28 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ Stress & Strain ที่ PL เมื่อผสมปูน 9 % 72

ตารางที่ 29 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ Stress & Strain ที่ LL เมื่อผสมปูน 3 % 73

ตารางที่ 30 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ Stress & Strain ที่ LL เมื่อผสมปูน 6 % 74

ตารางที่ 31 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ Stress & Strain ที่ LL เมื่อผสมปูน 9 % 75

ตารางที่ 32 ตารางแสดงค่า Elasticity Test 3 Days 76

ตารางที่ 33 ตารางแสดงค่า Elasticity Test 7 Days 76

ตารางที่ 34 ตารางแสดงค่า Elasticity Test 14 Days 77

ตารางที่ 35 ตารางแสดงค่า Elasticity Test 28 Days 77

ตารางที่ 36 ตารางแสดงค่า ความสัมพันธ์ PI & LL หลัง test Unconfined ที่ 28 วัน 78

ตารางที่ 37 ความสัมพันธ์ของ Water content กับ ระยะเวลาการปม ที่ $w_i = w_{pl}$ 78

ตารางที่ 38 ความสัมพันธ์ของ Water content กับ ระยะเวลาการปม ที่ $w_i = w_{ll}$ 78

ตารางที่ 37 ตารางแสดงการเปรียบเทียบกับ PI & % cement 79

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แสดงแหล่งที่มาของดิน 15

รูปที่ 2 แสดงการหาค่าความชื้นของดิน 16

รูปที่ 3 แสดงการหาค่า Liquid Limit 16

รูปที่ 4 ภาพอุปกรณ์การทดลอง Hydrometer 17

รูปที่ 5 แสดงการทดลอง Hydrometer 17

รูปที่ 6 แสดงการเตรียมดิน 18

รูปที่ 7 แสดงการผสมดินใน MIXER 20

รูปที่ 8 แสดงการบดอัดดิน เข้าโมล 20

รูปที่ 9 แสดงผลหลังการบดอัด 21

รูปที่ 10 แสดงการบ่มตัวอย่าง 21

รูปที่ 11 แสดงการทดสอบ Unconfined Compression 23

รูปที่ 12 แสดงการบันทึกผลการทดลอง 23

รูปที่ 13 แสดงลักษณะการพิบัติ ของตัวอย่างดิน 24

รูปที่ 14 แสดงการจัดเก็บข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ 24

รูปที่ 15 แผนภาพแสดงการทำงาน 25

รูปที่ 16 แสดงความสำเร็จเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ 26

รูปที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain ของดินที่ไม่ได้ผสมซีเมนต์ 44

รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test after 3 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 3 % 80

รูปที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test after 3 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 6 % 81

รูปที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test after 3 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 9 % 82

รูปที่ 21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{pl}$ test 3 after days 83

รูปที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test 7 after days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 3 % 84

รูปที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test 7 after days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 6 % 85

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test 7 after days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 9 % 86

รูปที่ 25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{pl}$ test after 7 days 87

รูปที่ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test after 14 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 3 % 88

รูปที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test after 14 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 6 % 89

รูปที่ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test after 14 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 9 % 90

รูปที่ 29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{pl}$ test after 14 days 91

รูปที่ 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test after 28 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 3 % 92

รูปที่ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test after 28 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 6 % 93

รูปที่ 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{pl}$ test after 28 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 9 % 94

รูปที่ 33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{pl}$ test after 28 days 95

รูปที่ 34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ll}$ test after 3 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 3 % 96

รูปที่ 35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ll}$ test after 3 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 6 % 97

รูปที่ 36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ll}$ test after 3 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 9 % 98

รูปที่ 37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ll}$ test after 3 days 99

รูปที่ 38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ll}$ test after 7 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 3 % 100

รูปที่ 39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ll}$ test after 7 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 6 % 101

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ii}$ test after 7 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 9 % 102

รูปที่ 41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ii}$ test after 7 days 103

รูปที่ 42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ii}$ test after 14 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 3 % 104

รูปที่ 43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ii}$ test after 14 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 6 % 105

รูปที่ 44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ii}$ test after 14 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 9 % 106

รูปที่ 45 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ii}$ test after 14 days 107

รูปที่ 46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ii}$ test after 28 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 3 % 108

รูปที่ 47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ii}$ test after 28 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 6 % 109

รูปที่ 48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress & Strain at $w_i=w_{ii}$ test after 28 days เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 9 % 110

รูปที่ 49 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ii}$ test after 28 days 111

รูปที่ 50 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ii}$ กับ $w_i=w_{pl}$ test after 3 days 112

รูปที่ 51 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ii}$ กับ $w_i=w_{pl}$ test after 7 days 113

รูปที่ 52 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ii}$ กับ $w_i=w_{pl}$ test after 14 days 114

รูปที่ 53 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ii}$ กับ $w_i=w_{pl}$ test after 28 days 115

สารบัญรูป ต่อ

หน้า

รูปที่ 54 กราฟแสดการพัฒนา Strength เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงของ $w_i=w_{pl}$ 116

รูปที่ 55 กราฟแสดการพัฒนา Strength เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงของ $w_i=w_{ll}$ 117

รูปที่ 56 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Strength ของ $w_i=w_{ll}$ กับ $w_i=w_{pl}$ 118

รูปที่ 57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ % water conetent & curing time 119

รูปที่ 58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ % water conetent & curing time 120

รูปที่ 59 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{pl}$ เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 3 % 121

รูปที่ 60 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{pl}$ เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 6 % 122

รูปที่ 61 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{pl}$ เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 9 % 123

รูปที่ 62 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ll}$ เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 3 % 124

รูปที่ 63 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ll}$ เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 6 % 125

รูปที่ 64 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Stress & Strain $w_i=w_{ll}$ เมื่อผสมปูนซีเมนต์ 9 % 126

รูปที่ 65 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง PI & % Cement 127

คำนำ

การปรับปรุงคุณภาพดิน โดยการผสมปูนซีเมนต์

ในการก่อสร้างสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นถนน หรือ อาคาร จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ดินเป็นจำนวนมาก ดังนั้น ก่อนที่จะนำดินไปใช้ได้ก็จะต้องทราบคุณสมบัติของดินก่อน แต่เมื่อทราบคุณสมบัติของดินไม่ดีพอต่อความต้องการและขณะเดียวกันดินก็มีอยู่จำนวนจำกัด

ในการก่อสร้างอาคารหรือถนน จำเป็นต้องใช้ดินเหล่านั้น จึงส่งผลให้จะเกิดผลเสียในภายหลัง

ดังนั้นการนำวัสดุ ดินมาใช้ในการก่อสร้าง จะต้องตรวจสอบคุณสมบัติหาค่าทางวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ และก็ควรหลีกเลี่ยงดินที่มีสมบัติไม่เพียงพอ แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้ดินนั้น ก็จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น ในการปรับปรุงทำได้หลายวิธี เช่น Soil-Lime Stabilization, Soil-Cement Stabilization , Soil-Bituminous Stabilization

แต่สำหรับการทดสอบครั้งนี้ใช้ปูนซีเมนต์ เพื่อปรับปรุงคุณภาพ

การปรับปรุงคุณภาพของดินกับปูนซีเมนต์จะเกิดปฏิกิริยา เป็นของ 2 ขั้นดังนี้

ขั้นแรก $\text{Cement} + H_2O \longrightarrow CSH + Ca(OH)_2$

ขั้นสอง $Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{++} + 2(OH)$

$Ca^{++} + 2(OH) + SiO_2$ ---------- CSH

$Ca^{++} + 2(OH) + Ai_2O_3$ ---------- CAH

ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพของดินโดยใช้ปูนซีเมนต์ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

- ระยะเวลาการบ่ม
- % ของความชื้น (PL,LL)
- ปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผสม (คิดเป็น %)