# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **สารบัญ** | (8) |
| **รายการตาราง** | (10) |
| **รายการภาพประกอบ** | (15) |
| **สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ** | (26) |
| **บทที่** | |
| **1 บทนำ** | |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 4 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 5 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย | 5 |
| 1.5 ทบทวนเอกสาร | 6 |
| **2 วิธีดำเนินการวิจัย** | |
| 2.1 การเก็บตัวอย่าง | 20 |
| 2.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ | 24 |
| 2.3 การทดสอบ | 27 |
| 2.4 การวิเคราะห์ผลและสรุปผล | 29 |
| **3 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา** | |
| 3.1 ผลการทดสอบสมบัติดัชนี | 31 |
| 3.2 ผลการทดสอบแรงอัดแกนเดียว | 37 |
| 3.3 ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ | 85 |
| 3.4 ผลการตรวจโครงสร้างจุลภาค | 95 |
| 3.5 ผลการตรวจองค์ประกอบทางเคมี | 102 |
| 3.6 ผลการตรวจชนิดแร่ | 107 |
| 3.7 การวิเคราะห์เชิงสถิติด้วยสหสัมพันธ์ของตัวแปร กำลังอัดแกนเดียว ปริมาณปูนซีเมนต์ อายุบ่ม และปริมาณความชื้น ในรูปสหสัมพันธ์พหุคูณ | 116 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| **บทที่** | |
| **4 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ** | |
| 4.1 สรุปผลการศึกษา | 140 |
| 4.2 ข้อเสนอแนะ | 142 |
| **เอกสารอ้างอิง** | 143 |
| **ภาคผนวก** | |
| ก. ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ของดินซีเมนต์ที่ผสมปูนซีเมนต์ ปริมาณความชื้น และอายุบ่มต่างๆ | 146 |
| ข. การกระจายตัวของเม็ดดิน | 166 |
| ค. ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM | 171 |
| ง. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ | 192 |
| **ผลงานการตีพิมพ์เผยแพร่** | 241 |
| **ประวัติผู้เขียน** | 253 |

# รายการตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | ข้อกำหนดของการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์ (Ruenkrairergsa (1982)) | 12 |
| 1.2 | มาตรฐานสำหรับงานดินซีเมนต์ของกรมทางหลวง ประเทศไทย | 12 |
| 1.3 | ค่า UCS ของดินแกรนิต ซึ่งปรับปรุงคุณภาพโดยการผสมปูนซีเมนต์ (Ruenkrairergsa (1982)) | 13 |
| 2.1 | พื้นที่เก็บดินตัวอย่างจังหวัดสงขลา | 20 |
| 2.2 | พื้นที่เก็บดินตัวอย่างจังหวัดสตูล | 21 |
| 2.3 | จำนวนตัวอย่างและการทดสอบทั้งหมดตลอดโครงการ | 26 |
| 3.1 | สมบัติดัชนีของดินเดิมจังหวัดสงขลา | 31 |
| 3.2 | สมบัติดัชนีของดินเดิมจังหวัดสตูล | 34 |
| 3.3 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ LL ดินลพบุรีราเมศวร์ | 37 |
| 3.4 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ NWC ดินลพบุรีราเมศวร์ | 38 |
| 3.5 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ OMC ดินลพบุรีราเมศวร์ | 39 |
| 3.6 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ LL ดินติณสูลานนท์ | 43 |
| 3.7 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ NWC ดินติณสูลานนท์ | 44 |
| 3.8 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ OMC ดินติณสูลานนท์ | 45 |
| 3.9 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ LL ดินโรงไฟฟ้าสงขลา | 49 |
| 3.10 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ NWC ดินโรงไฟฟ้าสงขลา | 50 |
| 3.11 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ OMC ดินโรงไฟฟ้าสงขลา | 51 |
| 3.12 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ LL ดินระโนด | 55 |
| 3.13 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ NWC ดินระโนด | 56 |
| 3.14 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ OMC ดินระโนด | 57 |
| 3.15 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ LL ดินตำมะลัง | 61 |
| 3.16 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ NWC ดินตำมะลัง | 62 |
| 3.17 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ OMC ดินตำมะลัง | 63 |
| 3.18 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ LL ดินปากบารา | 67 |
| 3.19 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ NWC ดินปากบารา | 68 |
| 3.20 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ OMC ดินปากบารา | 69 |

## รายการตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.21 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ LL ดินคลองขุด | 73 |
| 3.22 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ NWC ดินคลองขุด | 74 |
| 3.23 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ OMC ดินคลองขุด | 75 |
| 3.24 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ LL ดินฉลุง | 79 |
| 3.25 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ NWC ดินฉลุง | 80 |
| 3.26 | ผลการทดสอบ UCS ของดินซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ OMC ดินฉลุง | 81 |
| 3.27 | ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดินผสมซีเมนต์ปริมาณต่างๆ โดยใช้ปริมาณน้ำที่จุด NWC อายุบ่ม 28 วัน ของดินจังหวัดสงขลา | 86 |
| 3.28 | ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดินผสมซีเมนต์ปริมาณต่างๆ โดยใช้ปริมาณน้ำที่จุด NWC อายุบ่ม 28 วัน ของดินจังหวัดสตูล | 87 |
| 3.29 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $q_u$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CH | 117 |
| 3.30 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $E_{50}$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CH | 118 |
| 3.31 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\varepsilon_f$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CH | 118 |
| 3.32 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\omega$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CH | 119 |
| 3.33 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\gamma_m$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CH | 120 |
| 3.34 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $E_{50}$ กับค่า ($S_u$) ของดินประเภท CH | 120 |
| 3.35 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $P_c$, $C_c$ และ $C_r$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CH | 121 |
| 3.36 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $q_u$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท MH | 121 |
| 3.37 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $E_{50}$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท MH | 122 |
| 3.38 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\varepsilon_f$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท MH | 123 |
| 3.39 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\omega$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท MH | 124 |
| 3.40 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\gamma_m$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท MH | 124 |
| 3.41 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $E_{50}$ กับค่า ($S_u$) ของดินประเภท MH | 125 |
| 3.42 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $P_c$, $C_c$ และ $C_r$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท MH | 126 |
| 3.43 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $q_u$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CL | 126 |
| 3.44 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $E_{50}$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CL | 127 |

## รายการตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.45 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\varepsilon_f$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CL | 128 |
| 3.46 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\omega$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CL | 128 |
| 3.47 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\gamma_m$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CL | 129 |
| 3.48 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $E_{50}$ กับค่า ($S_u$) ของดินประเภท CL | 130 |
| 3.49 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $P_c$, $C_c$ และ $C_r$ กับค่าต่างๆ ของดินประเภท CL | 131 |
| 3.50 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $q_u$ กับค่าต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) | 131 |
| 3.51 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $E_{50}$ กับค่าต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) | 132 |
| 3.52 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\varepsilon_f$ กับค่าต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) | 133 |
| 3.53 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\omega$ กับค่าต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) | 133 |
| 3.54 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $\gamma_m$ กับค่าต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) | 134 |
| 3.55 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $E_{50}$ กับค่า $S_u$ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) | 135 |
| 3.56 | สมการความสัมพันธ์ของค่า $P_c$, $C_c$ และ $C_r$ กับค่าต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) | 136 |
| 3.57 | สมการความสัมพันธ์ของผลจากการทดสอบแรงอัดแกนเดียวกับค่าต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) โดยพิจารณาค่า pH | 136 |
| 3.58 | หน่วยที่ใช้สำหรับตัวแปรต่างๆ ในตารางที่ 3.29 – ตารางที่ 3.57 | 139 |
| ง-1 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท CH อายุบ่ม 1 - 28 วัน | 193 |
| ง-2 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท CH อายุบ่ม 1 วัน | 196 |

## รายการตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ง-3 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท CH อายุบ่ม 7 วัน | 198 |
| ง-4 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท CH อายุบ่ม 14 วัน | 200 |
| ง-5 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท CH อายุบ่ม 28 วัน | 202 |
| ง-6 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท MH อายุบ่ม 1 - 28 วัน | 205 |
| ง-7 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท MH อายุบ่ม 1 วัน | 208 |
| ง-8 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท MH อายุบ่ม 7 วัน | 210 |
| ง-9 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท MH อายุบ่ม 14 วัน | 212 |
| ง-10 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท MH อายุบ่ม 28 วัน | 214 |
| ง-11 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท CL อายุบ่ม 1 - 28 วัน | 217 |
| ง-12 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท CL อายุบ่ม 1 วัน | 220 |
| ง-13 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท CL อายุบ่ม 7 วัน | 222 |
| ง-14 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท CL อายุบ่ม 14 วัน | 224 |
| ง-15 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของดินประเภท CL อายุบ่ม 28 วัน | 226 |

## รายการตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ง-16 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) อายุบ่ม 1 - 28 วัน | 229 |
| ง-17 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) อายุบ่ม 1 วัน | 232 |
| ง-18 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) อายุบ่ม 7 วัน | 234 |
| ง-19 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) อายุบ่ม 14 วัน | 236 |
| ง-20 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของข้อมูลรวมของดินทั้ง 3 ประเภท (CH, MH, CL) อายุบ่ม 28 วัน | 238 |

# รายการภาพประกอบ


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | การทรุดตัวของถนนบริเวณคอสะพาน เนื่องจากการก่อสร้างถนนบนชั้นดินอ่อน | 2 |
| 1.2 | การวิบัติของถนนแบบเสถียรภาพความลาด เนื่องจากการก่อสร้างถนนบนชั้นดินอ่อน | 3 |
| 1.3 | การวิบัติของถนนแบบร่องล้อ ถนนเกิดการทรุดตัวบริเวณที่แนวล้อรถวิ่งผ่านซ้ำๆกัน เนื่องจากการก่อสร้างถนนบนชั้นดินอ่อน | 3 |
| 1.4 | การวิบัติของถนนแบบความเค้นดึง ถนนเกิดการแยกตัวแนวกึ่งกลางถนนเกิดจากความเค้นดึงที่เกิดจากการทรุดตัวของถนน เนื่องจากการก่อสร้างถนนบนชั้นดินอ่อน | 4 |
| 1.5 | โครงสร้างการเกิดของดินซีเมนต์ (Mitchell และ Jack (1966)) | 9 |
| 1.6 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการบ่มกับค่า UCS (ศุภกิจ นนทนานันท์ และ กมล อมรฟ้า, 2545) | 17 |
| 1.7 | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปูนซีเมนต์กับค่า UCS (ศุภกิจ นนทนานันท์ และ กมล อมรฟ้า, 2545) | 17 |
| 2.1 | การเก็บดินตัวอย่างในถังพลาสติก | 21 |
| 2.2 | แผนที่แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างของดินในพื้นที่จังหวัดสงขลา | 22 |
| 2.3 | แผนที่แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างของดินในพื้นที่จังหวัดสตูล | 23 |
| 2.4 | เบ้า (Mold) สำหรับบดอัดตัวอย่าง | 24 |
| 2.5 | การห่อหุ้มตัวอย่างด้วยแผ่นพลาสติกป้องกันความชื้นไม่ให้ระเหยออก | 25 |
| 2.6 | การบ่มตัวอย่าง | 25 |
| 2.7 | แผนภูมิการไหลของการเก็บและตรวจสอบตัวอย่าง ทดสอบ วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล | 30 |
| 3.1 | ดินเดิม (ก) ดินลพบุรีราเมศวร์ มีสีน้ำตาลแกมเทา (ข) ดินติณสูลานนท์ มีสีเทาเข้ม | 33 |
| 3.2 | ดินเดิม (ก) ดินโรงไฟฟ้าสงขลา มีสีเทาอ่อน (ข) ดินระโนด มีสีเหลืองแกมเขียว | 33 |
| 3.3 | ดินเดิม (ก) ดินตำมะลัง มีสีเทาแกมน้ำตาล (ข) ดินปากบารา มีสีเหลืองแกมน้ำตาล | 35 |
| 3.4 | ดินเดิม (ก) ดินคลองขุด มีสีน้ำตาลแกมแดง (ข) ดินฉลุง มีสีเหลืองแกมน้ำตาล | 36 |
| 3.5 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินลพบุรีราเมศวร์ | 40 |
| 3.6 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่า $E_{50}$ ของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินลพบุรีราเมศวร์ | 40 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


**รูปที่** **หน้า**

3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าความเครียดวิบัติของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินลพบุรีราเมศวร์ 41

3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าปริมาณความชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินลพบุรีราเมศวร์ 41

3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าหน่วยน้ำหนักชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินลพบุรีราเมศวร์ 42

3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินติณสูลานนท์ 46

3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่า $E_{50}$ ของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินติณสูลานนท์ 46

3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าความเครียดวิบัติของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินติณสูลานนท์ 47

3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าปริมาณความชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินติณสูลานนท์ 47

3.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าหน่วยน้ำหนักชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินติณสูลานนท์ 48

3.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 52

3.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่า $E_{50}$ ของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 52

3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าความเครียดวิบัติของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 53

3.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าปริมาณความชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 53

3.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าหน่วยน้ำหนักชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 54

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.20 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินระโนด | 58 |
| 3.21 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่า $E_{50}$ ของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินระโนด | 58 |
| 3.22 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าความเครียดวิบัติของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินระโนด | 59 |
| 3.23 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าปริมาณความชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินระโนด | 59 |
| 3.24 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าหน่วยน้ำหนักชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินระโนด | 60 |
| 3.25 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินตำมะลัง | 64 |
| 3.26 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่า $E_{50}$ ของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินตำมะลัง | 64 |
| 3.27 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าความเครียดวิบัติของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินตำมะลัง | 65 |
| 3.28 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าปริมาณความชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินตำมะลัง | 65 |
| 3.29 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าหน่วยน้ำหนักชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินตำมะลัง | 66 |
| 3.30 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินปากบารา | 70 |
| 3.31 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่า $E_{50}$ ของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินปากบารา | 70 |
| 3.32 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าความเครียดวิบัติของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินปากบารา | 71 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.33 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าปริมาณความชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินปากบารา | 71 |
| 3.34 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าหน่วยน้ำหนักชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินปากบารา | 72 |
| 3.35 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินคลองขุด | 76 |
| 3.36 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่า $E_{50}$ ของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินคลองขุด | 76 |
| 3.37 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าความเครียดวิบัติของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินคลองขุด | 77 |
| 3.38 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าปริมาณความชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินคลองขุด | 77 |
| 3.39 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าหน่วยน้ำหนักชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินคลองขุด | 78 |
| 3.40 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินฉลุง | 82 |
| 3.41 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่า $E_{50}$ ของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินฉลุง | 82 |
| 3.42 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าความเครียดวิบัติของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินฉลุง | 83 |
| 3.43 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าปริมาณความชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินฉลุง | 83 |
| 3.44 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่าหน่วยน้ำหนักชื้นของดินซีเมนต์ที่ผสมปริมาณปูนซีเมนต์และความชื้นต่างๆ ดินฉลุง | 84 |
| 3.45 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันกับค่าอัตราส่วนโพรงของดินลพบุรีราเมศวร์ | 89 |
| 3.46 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันกับค่าอัตราส่วนโพรงของดินติณสูลานนท์ | 89 |
| 3.47 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันกับค่าอัตราส่วนโพรงของดินโรงไฟฟ้าสงขลา | 90 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.48 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันกับค่าอัตราส่วนโพรงของดินระโนด | 90 |
| 3.49 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันกับค่าอัตราส่วนโพรงของดินตำมะลัง | 91 |
| 3.50 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันกับค่าอัตราส่วนโพรงของดินปากบารา | 91 |
| 3.51 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันกับค่าอัตราส่วนโพรงของดินคลองขุด | 92 |
| 3.52 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันกับค่าอัตราส่วนโพรงของดินฉลุง | 92 |
| 3.53 | ภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินติณสูลานนท์ (ก) 0 %C, 0 D, NWC (ข) 20 %C, 1 D, NWC (ค) 20 %C, 7 D, NWC (ง) 20 %C, 14 D, NWC (จ) 20 %C, 28 D, NWC (ฉ) 20 %C, 28 D, LL (ช) 20 %C, 28 D, OMC | 95 |
| 3.54 | ภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินโรงไฟฟ้าสงขลา (ก) 0 %C, 0 D, NWC (ข) 20 %C, 1 D, NWC (ค) 20 %C, 7 D, NWC (ง) 20 %C, 14 D, NWC (จ) 20 %C, 28 D, NWC (ฉ) 20 %C, 28 D, LL (ช) 20 %C, 28 D, OMC | 96 |
| 3.55 | ภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินตำมะลัง (ก) 0 %C, 0 D, NWC (ข) 20 %C, 1 D, NWC (ค) 20 %C, 7 D, NWC (ง) 20 %C, 14 D, NWC (จ) 20 %C, 28 D, NWC (ฉ) 20 %C, 28 D, LL (ช) 20 %C, 28 D, OMC | 98 |
| 3.56 | ภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินฉลุง (ก) 0 %C, 0 D, NWC (ข) 20 %C, 1 D, NWC (ค) 20 %C, 7 D, NWC (ง) 20 %C, 14 D, NWC (จ) 20 %C, 28 D, NWC (ฉ) 20 %C, 28 D, LL (ช) 20 %C, 28 D, OMC | 99 |
| 3.57 | ผลการตรวจองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี XRF ดินติณสูลานนท์ | 103 |
| 3.58 | ผลการตรวจองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี XRF ดินโรงไฟฟ้าสงขลา | 104 |
| 3.59 | ผลการตรวจองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี XRF ดินตำมะลัง | 106 |
| 3.60 | ผลการตรวจองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี XRF ดินฉลุง | 107 |
| 3.61 | ผลการตรวจชนิดแร่ด้วยวิธี XRD ดินติณสูลานนท์ | 109 |
| 3.62 | ผลการตรวจชนิดแร่ด้วยวิธี XRD ดินโรงไฟฟ้าสงขลา | 110 |
| 3.63 | ผลการตรวจชนิดแร่ด้วยวิธี XRD ดินตำมะลัง | 112 |
| 3.64 | ผลการตรวจชนิดแร่ด้วยวิธี XRD ดินฉลุง | 114 |
| 3.65 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับปริมาณของแร่ควอตซ์ (Qt) | 115 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.66 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับค่ากำลังอัดแกนเดียวที่คำนวณจากสมการจากการทดสอบและจากสมการของ Mitchell (1976) | 138 |
| ก-1 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินลพบุรีราเมศวร์ (ก) 1D, LL (ข) 7D, LL | 148 |
| ก-2 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินลพบุรีราเมศวร์ (ก) 14D, LL (ข) 28D, LL | 148 |
| ก-3 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินลพบุรีราเมศวร์ (ก) 1D, NWC (ข) 7D, NWC | 148 |
| ก-4 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินลพบุรีราเมศวร์ (ก) 14D, NWC (ข) 28D, NWC | 149 |
| ก-5 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินลพบุรีราเมศวร์ (ก) 1D, OMC (ข) 7D, OMC | 149 |
| ก-6 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินลพบุรีราเมศวร์ (ก) 14D, OMC (ข) 28D, OMC | 149 |
| ก-7 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินติณสูลานนท์ (ก) 1D, LL (ข) 7D, LL | 150 |
| ก-8 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินติณสูลานนท์ (ก) 14D, LL (ข) 28D, LL | 150 |
| ก-9 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินติณสูลานนท์ (ก) 1D, NWC (ข) 7D, NWC | 150 |
| ก-10 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินติณสูลานนท์ (ก) 14D, NWC (ข) 28D, NWC | 151 |
| ก-11 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินติณสูลานนท์ (ก) 1D, OMC (ข) 7D, OMC | 151 |
| ก-12 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินติณสูลานนท์ (ก) 14D, OMC (ข) 28D, OMC | 151 |
| ก-13 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินโรงไฟฟ้าสงขลา (ก) 1D, LL (ข) 7D, LL | 152 |
| ก-14 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินโรงไฟฟ้าสงขลา (ก) 14D, LL (ข) 28D, LL | 152 |
| ก-15 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินโรงไฟฟ้าสงขลา (ก) 1D, NWC (ข) 7D, NWC | 152 |
| ก-16 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินโรงไฟฟ้าสงขลา (ก) 14D, NWC (ข) 28D, NWC | 153 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| ก-17 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินโรงไฟฟ้าสงขลา (ก) 1D, OMC (ข) 7D, OMC | 153 |
| ก-18 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินโรงไฟฟ้าสงขลา (ก) 14D, OMC (ข) 28D, OMC | 153 |
| ก-19 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินระโนด (ก) 1D, LL (ข) 7D, LL | 154 |
| ก-20 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินระโนด (ก) 14D, LL (ข) 28D, LL | 154 |
| ก-21 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินระโนด (ก) 1D, NWC (ข) 7D, NWC | 154 |
| ก-22 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินระโนด (ก) 14D, NWC (ข) 28D, NWC | 155 |
| ก-23 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินระโนด (ก) 1D, OMC (ข) 7D, OMC | 155 |
| ก-24 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินระโนด (ก) 14D, OMC (ข) 28D, OMC | 155 |
| ก-25 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินตำมะลัง (ก) 1D, LL (ข) 7D, LL | 156 |
| ก-26 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินตำมะลัง (ก) 14D, LL (ข) 28D, LL | 156 |
| ก-27 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินตำมะลัง (ก) 1D, NWC (ข) 7D, NWC | 156 |
| ก-28 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินตำมะลัง (ก) 14D, NWC (ข) 28D, NWC | 157 |
| ก-29 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินตำมะลัง (ก) 1D, OMC (ข) 7D, OMC | 157 |
| ก-30 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินตำมะลัง (ก) 14D, OMC (ข) 28D, OMC | 157 |
| ก-31 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินปากบารา (ก) 1D, LL (ข) 7D, LL | 158 |
| ก-32 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินปากบารา (ก) 14D, LL (ข) 28D, LL | 158 |
| ก-33 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินปากบารา (ก) 1D, NWC (ข) 7D, NWC | 158 |
| ก-34 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินปากบารา (ก) 14D, NWC (ข) 28D, NWC | 159 |
| ก-35 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินปากบารา (ก) 1D, OMC (ข) 7D, OMC | 159 |
| ก-36 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินปากบารา (ก) 14D, OMC (ข) 28D, OMC | 159 |
| ก-37 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินคลองขุด (ก) 1D, LL (ข) 7D, LL | 160 |
| ก-38 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินคลองขุด (ก) 14D, LL (ข) 28D, LL | 160 |
| ก-39 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินคลองขุด (ก) 1D, NWC (ข) 7D, NWC | 160 |
| ก-40 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินคลองขุด (ก) 14D, NWC (ข) 28D, NWC | 161 |
| ก-41 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินคลองขุด (ก) 1D, OMC (ข) 7D, OMC | 161 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ก-42 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินคลองขุด (ก) 14D, OMC (ข) 28D, OMC | 161 |
| ก-43 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินฉลุง (ก) 1D, LL (ข) 7D, LL | 162 |
| ก-44 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินฉลุง (ก) 14D, LL (ข) 28D, LL | 162 |
| ก-45 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินฉลุง (ก) 1D, NWC (ข) 7D, NWC | 162 |
| ก-46 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินฉลุง (ก) 14D, NWC (ข) 28D, NWC | 163 |
| ก-47 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินฉลุง (ก) 1D, OMC (ข) 7D, OMC | 163 |
| ก-48 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ดินฉลุง (ก) 14D, OMC (ข) 28D, OMC | 163 |
| ก-49 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress (ก) ดินเดิมลพบุรีราเมศวร์ (ข) ดินเดิมติณสูลานนท์ | 164 |
| ก-50 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress (ก) ดินเดิมโรงไฟฟ้าสงขลา (ข) ดินเดิมระโนด | 164 |
| ก-51 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress (ก) ดินเดิมตำมะลัง (ข) ดินเดิมปากบารา | 164 |
| ก-52 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress (ก) ดินเดิมคลองขุด (ข) ดินเดิมฉลุง | 165 |
| ก-53 | การหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ($E_{50}$) | 165 |
| ข-1 | การกระจายตัวของเม็ดดิน ดินลพบุรีราเมศวร์ จังหวัดสงขลา | 167 |
| ข-2 | การกระจายตัวของเม็ดดิน ดินติณสูลานนท์ จังหวัดสงขลา | 167 |
| ข-3 | การกระจายตัวของเม็ดดิน ดินโรงไฟฟ้าสงขลา จังหวัดสงขลา | 168 |
| ข-4 | การกระจายตัวของเม็ดดิน ดินระโนด จังหวัดสงขลา | 168 |
| ข-5 | การกระจายตัวของเม็ดดิน ดินตำมะลัง จังหวัดสตูล | 169 |
| ข-6 | การกระจายตัวของเม็ดดิน ดินปากบารา จังหวัดสตูล | 169 |
| ข-7 | การกระจายตัวของเม็ดดิน ดินคลองขุด จังหวัดสตูล | 170 |
| ข-8 | การกระจายตัวของเม็ดดิน ดินฉลุง จังหวัดสตูล | 170 |
| ค-1 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินเดิม ดินติณสูลานนท์ | 172 |
| ค-2 | ลายพิมพ์ XRD ดินติณสูลานนท์ 5 %C, 1 D, NWC | 172 |
| ค-3 | ลายพิมพ์ XRD ดินติณสูลานนท์ 10 %C, 1 D, NWC | 172 |
| ค-4 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินติณสูลานนท์ 20 %C, 1 D, NWC | 173 |
| ค-5 | ลายพิมพ์ XRD ดินติณสูลานนท์ 5 %C, 7 D, NWC | 173 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ค-6 | ลายพิมพ์ XRD ดินติณสูลานนท์ 10 %C, 7 D, NWC | 173 |
| ค-7 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินติณสูลานนท์ 20 %C, 7 D, NWC | 174 |
| ค-8 | ลายพิมพ์ XRD ดินติณสูลานนท์ 5 %C, 14 D, NWC | 174 |
| ค-9 | ลายพิมพ์ XRD ดินติณสูลานนท์ 10 %C, 14 D, NWC | 174 |
| ค-10 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินติณสูลานนท์ 20 %C, 14 D, NWC | 175 |
| ค-11 | ลายพิมพ์ XRD ดินติณสูลานนท์ 5 %C, 28 D, NWC | 175 |
| ค-12 | ลายพิมพ์ XRD ดินติณสูลานนท์ 10 %C, 28 D, NWC | 175 |
| ค-13 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินติณสูลานนท์ 20 %C, 28 D, NWC | 176 |
| ค-14 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินติณสูลานนท์ 20 %C, 28 D, LL | 176 |
| ค-15 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินติณสูลานนท์ 20 %C, 28 D, OMC | 176 |
| ค-16 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินเดิม ดินโรงไฟฟ้าสงขลา | 177 |
| ค-17 | ลายพิมพ์ XRD ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 5 %C, 1 D, NWC | 177 |
| ค-18 | ลายพิมพ์ XRD ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 10 %C, 1 D, NWC | 177 |
| ค-19 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 20 %C, 1 D, NWC | 178 |
| ค-20 | ลายพิมพ์ XRD ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 5 %C, 7 D, NWC | 178 |
| ค-21 | ลายพิมพ์ XRD ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 10 %C, 7 D, NWC | 178 |
| ค-22 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 20 %C, 7 D, NWC | 179 |
| ค-23 | ลายพิมพ์ XRD ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 5 %C, 14 D, NWC | 179 |
| ค-24 | ลายพิมพ์ XRD ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 10 %C, 14 D, NWC | 179 |
| ค-25 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 20 %C, 14 D, NWC | 180 |
| ค-26 | ลายพิมพ์ XRD ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 5 %C, 28 D, NWC | 180 |
| ค-27 | ลายพิมพ์ XRD ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 10 %C, 28 D, NWC | 180 |
| ค-28 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 20 %C, 28 D, NWC | 181 |
| ค-29 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 20 %C, 28 D, LL | 181 |
| ค-30 | ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินโรงไฟฟ้าสงขลา 20 %C, 28 D, OMC | 181 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| ค-31 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินเดิม ดินตำมะลัง | 182 |
| ค-32 ลายพิมพ์ XRD ดินตำมะลัง 5 %C, 1 D, NWC | 182 |
| ค-33 ลายพิมพ์ XRD ดินตำมะลัง 10 %C, 1 D, NWC | 182 |
| ค-34 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินตำมะลัง 20 %C, 1 D, NWC | 183 |
| ค-35 ลายพิมพ์ XRD ดินตำมะลัง 5 %C, 7 D, NWC | 183 |
| ค-36 ลายพิมพ์ XRD ดินตำมะลัง 10 %C, 7 D, NWC | 183 |
| ค-37 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินตำมะลัง 20 %C, 7 D, NWC | 184 |
| ค-38 ลายพิมพ์ XRD ดินตำมะลัง 5 %C, 14 D, NWC | 184 |
| ค-39 ลายพิมพ์ XRD ดินตำมะลัง 10 %C, 14 D, NWC | 184 |
| ค-40 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินตำมะลัง 20 %C, 14 D, NWC | 185 |
| ค-41 ลายพิมพ์ XRD ดินตำมะลัง 5 %C, 28 D, NWC | 185 |
| ค-42 ลายพิมพ์ XRD ดินตำมะลัง 10 %C, 28 D, NWC | 185 |
| ค-43 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินตำมะลัง 20 %C, 28 D, NWC | 186 |
| ค-44 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินตำมะลัง 20 %C, 28 D, LL | 186 |
| ค-45 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินตำมะลัง 20 %C, 28 D, OMC | 186 |
| ค-46 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินเดิม ดินฉลุง | 187 |
| ค-47 ลายพิมพ์ XRD ดินฉลุง 5 %C, 1 D, NWC | 187 |
| ค-48 ลายพิมพ์ XRD ดินฉลุง 10 %C, 1 D, NWC | 187 |
| ค-49 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินฉลุง 20 %C, 1 D, NWC | 188 |
| ค-50 ลายพิมพ์ XRD ดินฉลุง 5 %C, 7 D, NWC | 188 |
| ค-51 ลายพิมพ์ XRD ดินฉลุง 10 %C, 7 D, NWC | 188 |
| ค-52 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินฉลุง 20 %C, 7 D, NWC | 189 |
| ค-53 ลายพิมพ์ XRD ดินฉลุง 5 %C, 14 D, NWC | 189 |
| ค-54 ลายพิมพ์ XRD ดินฉลุง 10 %C, 14 D, NWC | 189 |
| ค-55 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินฉลุง 20 %C, 14 D, NWC | 190 |
| ค-56 ลายพิมพ์ XRD ดินฉลุง 5 %C, 28 D, NWC | 190 |
| ค-57 ลายพิมพ์ XRD ดินฉลุง 10 %C, 28 D, NWC | 190 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| ค-58 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินฉลุง 20 %C, 28 D, NWC | 191 |
| ค-59 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินฉลุง 20 %C, 28 D, LL | 191 |
| ค-60 ลายพิมพ์ XRD และภาพถ่ายจุลทรรศน์ SEM ดินฉลุง 20 %C, 28 D, OMC | 191 |

# สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

| | | |
|---|---|---|
| Alm | = | แอลมันดีน (Almandine ($Al_2Fe_3$ ($SiO_4$)$_3$)) |
| Ano | = | อะนอร์ไทต์ (Anorthite ($CaAlSi_2O_8$)) |
| C | = | ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement) |
| CAH | = | แคลเซียม อะลูมิเนต ไฮเดรต (Calcium Aluminate Hydrate) |
| $Ca(OH)_2$ | = | แคลเซียม ไฮดรอกไซด์ (Calcium Hydroxide (Ca ($OH)_2$)) |
| Cal | = | แคลไซต์ (Calcite (Ca ($CO_3$))) |
| $C_c$ | = | ดัชนีการอัดตัว (Compression Index) |
| $C_{c,0}$ | = | ดัชนีการอัดตัวของดินเดิม |
| $C_r$ | = | ดัชนีการอัดตัวซ้ำ (Recompression Index) |
| $C_{r,0}$ | = | ดัชนีการอัดตัวซ้ำของดินเดิม |
| CSH | = | แคลเซียม ซิลิเกต ไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate ($CaO!SiO_2!H_2O$, $Ca_6Si_3O_{12}!H_2O$, $Ca_{1.5}SiO_{3.5}!xH_2O$)) |
| $C_v$ | = | สัมประสิทธิ์การอัดตัว (Coefficient of Consolidation) |
| D | = | อายุบ่ม, วัน (Curing Time, Day) |
| Ett | = | แอตรินไจต์ (Ettringite ($Ca_6Al_2$ ($SO_4$)$_3$ ($OH)_{12}!26H_2O$)) |
| $E_{50}$ | = | ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ร้อยละ 50 ของกำลังอัดแกนเดียว (Modulus of Elasticity at 50% $q_u$) |
| $E_{50,0}$ | = | ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ร้อยละ 50 ของกำลังอัดแกนเดียวของดินเดิม, กก./ซม.$^2$ |
| Goe | = | เกอร์ไทต์ (Goethite (FeO (OH))) |
| $G_s$ | = | ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) |
| Hyd | = | ไฮโดรไบโอไทต์ (Hydrobiotite (K ($Mg,Fe)_9$ ($Si,Al)_8O_{20}$ ($OH)_4!4H_2O$)) |
| Ilt | = | อิลไลต์ (Illite ($KAl_2Si_3AlO_{10}$ ($OH)_2$)) |
| Ilt-mont | = | อิลไลต์-มอนต์มอริลโลไนต์ (Illite-montmorillonite (K-$Al_4$ ($Si,Al)_8O_{20}$ ($OH)_4!xH_2O$)) |
| Kao | = | เคโอลิไนต์ (Kaolinite ($Al_2Si_2O_5$ ($OH)_4$)) |
| Kao-mont | = | เคโอลิไนต์-มอนต์มอริลโลไนต์ (Kaolinite-montmorillonite ($Na_{0.3}Al_4Si_6O_{15}$ ($OH)_6!4H_2O$)) |
| k | = | สัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Coefficient of Permeability) |

## สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

| | | |
|---|---|---|
| LI | = | ดัชนีความเหลว (Liquidity Index) |
| LL | = | ค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit) |
| Mi | = | ไมกา (Mica (K-Mg-Fe-Al-Si-O-$H_2O$)) |
| Mic | = | ไมโครไคลน์ (Microcline (K ($AlSi_3O_8$))) |
| Mont | = | มอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite ($Na_x$ $(Al,Mg)_2Si_4O_{10}$ $(OH)_2$!z$H_2O$)) |
| Mus | = | มัสโคไวต์ (Muscovite ($H_2KAl_3$ $(SiO_4)_3$)) |
| NWC | = | ค่าความชื้นตามธรรมชาติ (Natural Water Content) |
| OMC | = | ค่าความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) |
| OPC | = | ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement) |
| Ort | = | ออร์โทเคลส (Orthoclase (K $(Al,Fe)Si_2O_8$)) |
| $P_c$ | = | ความดันดินเคยอัดตัวมาก่อน (Preconsolidation Pressure) |
| $P_{c,0}$ | = | ความดันดินเคยอัดตัวมาก่อนของดินเดิม, กก./ซม.$^2$ |
| PI | = | ดัชนีพลาสติก (Plasticity Index) |
| PL | = | ค่าพิกัดพลาสติก (Plastic Limit) |
| Port | = | พอร์ตแลนไดต์ (Portlandite (Ca $(OH)_2$)) |
| Qt | = | ควอตซ์ (Quartz ($SiO_2$)) |
| $q_u$ | = | แรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength) |
| $q_{u,0}$ | = | แรงอัดแกนเดียวของดินเดิม, กก./ซม.$^2$ |
| SEM | = | ภาพถ่ายจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) |
| $S_u$ | = | กำลังเฉือนแบบไม่คายน้ำ (Undrained Shear Strength) |
| $S_{u,0}$ | = | กำลังเฉือนแบบไม่คายน้ำของดินเดิม, กก./ซม.$^2$ |
| T | = | อายุบ่ม (Curing Time), วัน |
| UCS | = | กำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength) |
| Ulv | = | อัลโวเอสพิเนล (Ulvoespinel ($Fe_2TiO_4$)) |
| USCS | = | ระบบจำแนกดินเอกภาพ (Unified Soil Classification System) |
| W | = | ปริมาณน้ำ, ร้อยละ |
| W/C | = | อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (Water Cement Ratio) |

## สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

| | | |
|---|---|---|
| XRF | = | ตรวจองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีรังสีเอกซ์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-Ray Fluorescence) |
| XRD | = | ตรวจชนิดแร่ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffraction) |
| $\varepsilon_f$ | = | ความเครียดวิบัติ (Strain at Failure) |
| $\varepsilon_{f,0}$ | = | ความเครียดวิบัติของดินเดิม, ร้อยละ |
| $\gamma_m$ | = | น้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) |
| $\gamma_{m,0}$ | = | น้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตรของดินเดิม, ก./ซม.$^3$ |
| $\omega$ | = | ปริมาณความชื้น (Water Content) |
| $\omega_0$ | = | ปริมาณความชื้นในมวลดินก่อนผสมปูนซีเมนต์, ร้อยละ |
| 0 %C, 0D | = | ดินเดิมที่ยังไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ |
| 5 %C, 1D, NWC= | | ดินผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 อายุบ่ม 1 วัน ใช้ปริมาณน้ำตามธรรมชาติ |