

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
1.1 ความเค้น – ความเครียดของดินเหนียวผสมซีเมนต์ที่อัตราส่วนปริมาณความชื้นต่อปริมาณซีเมนต์ต่าง ๆ (Horpibulsuk et al., 2004b)	6
1.2 ชนิดของโครงสร้างดินเหนียว(Yong and Warkentin, 1966, 1975).....	10
1.3 โครงสร้างดินตะกอนที่เกิดจากผลกระทบของไฟฟ้าเคมี (Lambe, 1958).....	11
1.4 การกระจายของช่องว่างในเม็ดดิน (Nagaraj et al., 1990).....	11
1.5 การจัดเรียงตัวของดินเหนียวไร้พันธะเชื่อมประสาน (Nagaraj et al., 1990).....	12
1.6 โครงสร้างของดินเหนียว.....	12
1.7 ลักษณะการกระจายช่องว่างของดินซีเมนต์-เถ้าลอยที่อัตราส่วนการแทน..... ที่ต่างๆ ภายใต้อายุบ่ม 28 วัน (สุขสันต์ หอพิบูลสุขและคณะ, 2549)	15
1.8 ลักษณะการกระจายช่องว่างของดินซีเมนต์-เถ้าลอยที่อัตราส่วนการแทนที่ต่าง ๆ ภายใต้อายุบ่ม 90 วัน (สุขสันต์ หอพิบูลสุขและคณะ, 2549)	16
1.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอัตราส่วนซีเมนต์-เถ้าลอย..... (สุขสันต์ หอพิบูลสุขและคณะ, 2549)	16
2.1 การพัฒนากำลังอัดของสารประกอบหลักในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์.....	21
2.2 Scanning Electron Microscope (SEM) เถ้าลอย ขยาย 3000 เท่า.....	32
2.3 การประยุกต์ใช้พารามิเตอร์ Clay-water/cement ratio ในการศึกษาลักษณะ กำลังของดินซีเมนต์ (Horpuibulsuk et al, 2003)	34
2.4 ชุดเครื่องมือและองค์ประกอบการทำ DMM.....	38
2.5 หัวเจาะแบบ Dry Mixing.....	39
2.6 ระบบ Slurry Jet Grouting.....	39
3.1 วิธีการศึกษาพอสังเขป.....	47
3.2 เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคระบบเลเซอร์.....	53
3.3 กล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องกวาด.....	54
3.4 เครื่องวิเคราะห์ธาตุ CHNS-932.....	54
3.5 หลักการของการวัดขนาดช่องว่างในเม็ดดิน.....	56

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.6 เครื่อง Mercury intrusion porosimeter.....	56
3.7 แผนผังการทำงานของเครื่อง Thermalgravimetry.....	57
3.8 เครื่อง Simultaneous TGA analyzer.....	59
3.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน.....	61
4.1 การกระจายตัวของดินคาโอลิไนท์ ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ ฯ ดินเหนียวมอนท์-มอริโอไนท์และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1.....	65
4.2 แผนผังดัชนีพลาสติกและขีดจำกัดเหลวของดินเหนียวที่มีค่าอัตราส่วนการบวมตัวอิสระต่าง ๆ.....	66
4.3 ความสัมพันธ์ของขีดจำกัดเหลวและค่าอัตราส่วนการบวมตัวอิสระ.....	67
4.4 ความสัมพันธ์ของดัชนีพลาสติกและค่าอัตราส่วนการบวมตัวอิสระ.....	68
4.5 กำลังอัดที่อายุบ่ม 7 วันของดินคาโอลิไนท์ ดินเหนียวกรุงเทพ และดินเบนโทไนท์ผสมซีเมนต์.....	70
4.6 กำลังอัดที่อายุบ่ม 7 วันของดินคาโอลิไนท์ ดินเหนียวกรุงเทพ ฯ และดินเบนโทไนท์ผสมซีเมนต์ที่อัตราส่วนปริมาณความชื้นต่อซีเมนต์ต่าง ๆ.....	72
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีเหลวของดินที่มีค่าการบวมตัวอิสระต่าง ๆ กับกำลังอัดของดินซีเมนต์ที่ระยะบ่ม 7 วัน.....	74
4.8 ค่ากำลังอัดของดินคาโอลิไนท์ ดินเหนียวกรุงเทพ ฯ และดินเบนโทไนท์ผสมซีเมนต์กับค่าดัชนีเหลว ที่ $w_c/C = 3.5$ ที่อายุบ่ม 7 วัน.....	74
4.9 ค่ากำลังอัดของดินที่มีการบวมตัวอิสระต่าง ๆ ผสมซีเมนต์กับค่าดัชนีเหลวที่ $w_c/C = 3.5$ ที่อายุบ่ม 7 วัน.....	75
4.10 กำลังอัดของดินซีเมนต์กับอัตราส่วนปริมาณความชื้นในดินต่อซีเมนต์ของดินคาโอลิไนท์ ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ และดินเบนโทไนท์ที่อายุบ่ม 7 วัน.....	77
4.11 กำลังอัดของดินเหนียวผสมซีเมนต์กับ w_c/C ที่อายุบ่มต่าง ๆ.....	79
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดแกนเดียวและอายุบ่มของดินกรุงเทพ ดินคาโอลิไนท์ และดินเบนโทไนท์ผสมซีเมนต์.....	81

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังแกนเดียวและอายุบ่มของดินซีเมนต์และการ Normalization.....	84
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Normalization ของกำลังแกนเดียวและอายุบ่มของดิน บวมตัวต่ำและบวมตัวสูงผสมซีเมนต์.....	85
5.1 การกระจายตัวของดินคาโอไลน์ ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ ปูนซีเมนต์ปอร์ต แลนด์ประเภทที่ 1 และเถ้าชีวมวล.....	97
5.2 ความสัมพันธ์ความเค้น – ความเครียดของดินเหนียวกรุงเทพผสมซีเมนต์และ เถ้าชีวมวลที่อายุบ่ม 28 วัน.....	98
5.3 ความสัมพันธ์ความเค้น – ความเครียดของดินเหนียวกรุงเทพผสมซีเมนต์และ เถ้าชีวมวลที่อายุบ่ม 60 วัน.....	99
5.4 ความสัมพันธ์ความเค้น – ความเครียดของดินเหนียวคาโอไลน์ผสมปูนซีเมนต์ และเถ้าชีวมวลที่อายุบ่ม 28 วัน.....	100
5.5 ความสัมพันธ์ความเค้น – ความเครียดของดินเหนียวคาโอไลน์ผสมปูนซีเมนต์ และเถ้าชีวมวลที่อายุบ่ม 60 วัน.....	101
5.6 กำลังอัดของดินคาโอไลน์ผสมซีเมนต์และเถ้าชีวมวลที่อัตราส่วนการแทนที่ 10 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์.....	103
5.7 กำลังอัดของดินเหนียวกรุงเทพบริเวณอำเภอลำลูกกา – ัญบุรี ผสมซีเมนต์ และเถ้าชีวมวลที่อัตราส่วนการแทนที่ 10-40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์.....	106
5.8 กำลังอัดของดินเหนียวคาโอไลน์ผสมซีเมนต์และเถ้าชีวมวล 10 ถึง 40% โดย น้ำหนักปูนซีเมนต์ ที่อายุบ่มต่าง ๆ	109
5.9 พารามิเตอร์ A และ E กับสเกลล็อกการิทึมของเวลาของดินเหนียวคาโอไลน์ ผสมซีเมนต์และเถ้าชีวมวล 10 ถึง 40% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์.....	110
5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรประสิทธิภาพ k ของดินคาโอไลน์ผสมปูนซีเมนต์ และเถ้าชีวมวลกับเวลาร่วมกับการ Normalization.....	111

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.11 กำลังอัดของดินเหนียวกรุงเทพฯ ๔ ผสมซีเมนต์และเถ้าชีวมวล 10 ถึง 40% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ ที่อายุบ่มต่าง ๆ.....	115
5.12 พารามิเตอร์ A และ E กับสเกลล็อกการิทึมของเวลาของดินเหนียวคาโอไลไนท์ ผสมซีเมนต์และเถ้าชีวมวล 10 ถึง 40% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์.....	116
5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรประสิทธิภาพ k ของดินกรุงเทพฯ ๔ กับเวลาร่วมกับ Normalization.....	117
5.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Normalization ของตัวแปรประสิทธิภาพ k ของดินเหนียวรวมตัวต่ำผสมซีเมนต์และเถ้าชีวมวลกับเวลา.....	118
6.1 ลักษณะภาพตัดขวางของดินกรุงเทพฯ	130
6.2 บริเวณเก็บตัวอย่างทดสอบ.....	132
6.3 คุณสมบัติทางธรณีเทคนิคโครงการก่อสร้างทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 ตอนวงแหวนรอบนอกตะวันออก ตอน 3 ตอนอำเภอบางพลี – อำเภอธัญบุรี.....	134
6.4 Double mixing machine.....	137
6.5 ลักษณะการ Coring ในสนาม.....	140
6.6 ปริมาณความชื้นตลอดความลึกของเสาเข็มดินซีเมนต์ที่ Station ต่าง ๆ.....	141
6.7 กำลังอัดเสาเข็มดินซีเมนต์ในสนามที่บ่มในที่กับบ่มในห้องปฏิบัติการที่สถานีต่าง ๆ สำหรับระบบเปียกที่อายุบ่ม 28 วัน.....	142
6.8 กำลังอัดของเสาเข็มดินซีเมนต์ระบบเปียกที่ได้จากการผสมในสนามและบ่มในที่และบ่มในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับกำลังอัดเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่อายุบ่ม 28 วัน.....	146
6.9 กำลังอัดของเสาเข็มดินซีเมนต์ระบบเปียกที่ได้จากการผสมในสนามและบ่มในที่และบ่มในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับกำลังอัดที่ได้จากการทำนายที่อายุบ่ม 28 วัน.....	146
6.10 กำลังอัดของเสาเข็มดินซีเมนต์ระบบแห้งที่ได้จากการผสมในสนามและบ่มในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับกำลังอัดที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ...	152

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.11 เปรียบเทียบการทำนายกำลังอัดของดินซีเมนต์กับกำลังอัดที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการสำหรับโครงการก่อสร้างเสาะเข็มดินซีเมนต์บริเวณทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 ตอนวงแหวนตะวันออก.....	154
6.12 เปรียบเทียบการทำนายกำลังอัดของดินซีเมนต์กับกำลังอัดที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการสำหรับโครงการก่อสร้างเสาะเข็มดินซีเมนต์บริเวณเขตลำลูกกา สุขาภิบาล3 บางพลี ลาดกระบัง.....	159
6.13 สรุปขั้นตอนการทำงานการปรับปรุงดินด้วยวิธีผสมลึกโดยการทำเสาะเข็มดินซีเมนต์.....	161
6.14 ผลการตรวจสอบขั้นตอนการออกแบบเสาะเข็มดินซีเมนต์ในห้องปฏิบัติการและในสนามที่โครงการก่อสร้างบริเวณถนนสายกรุงเทพ – ชลบุรี ระบบเปียกและแห้งที่อายุบ่ม 14 และ 28 วัน.....	164
6.15 ผลการตรวจสอบขั้นตอนการออกแบบเสาะเข็มดินซีเมนต์ในห้องปฏิบัติการและในสนามที่โครงการก่อสร้างบริเวณบางพลี – ลาดกระบังในระบบเปียกที่อายุบ่ม 14 วัน.....	166
7.1 การกระจายตัวของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และเถ้าชีวมวล.....	169
7.2 ภาพถ่ายกำลังขยายของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และเถ้าชีวมวลที่กำลังขยายเท่ากับ 1500 เท่า.....	171
7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปูนซีเมนต์และกำลังอัดที่อายุบ่ม 28 วัน.....	174
7.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความเครียดของดินซีเมนต์ที่อายุบ่ม 28 วัน..	174
7.5 ภาพถ่ายขยายที่ 3000 เท่าของดินซีเมนต์ที่มีปริมาณปูนซีเมนต์ต่าง ๆ ที่ปริมาณความชื้นค่าหนึ่ง ที่อายุบ่ม 28 วัน.....	175
7.6 การกระจายขนาดโพรงของดินซีเมนต์ที่มีปริมาณปูนซีเมนต์ต่าง ๆ ที่ปริมาณความชื้นค่าหนึ่ง ที่อายุบ่ม 28 วัน.....	177

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
7.7 ภาพถ่ายขยายที่ 3000 เท่าของดินซีเมนต์ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ C:BioF=100:0 ที่ปริมาณความชื้นเท่ากับ 103.38 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุบ่ม 28 และ 60 วัน.....	179
7.8 ปริมาตรโพรงทั้งหมดของดินซีเมนต์ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ C:BioF=100:0 ที่ปริมาณความชื้นเท่ากับ 103.38 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุบ่ม 28 และ 60 วัน.....	179
7.9 อัตราการพัฒนากำลังอัดของดินซีเมนต์เถ้าชีวมวลต่อดินซีเมนต์ที่อายุบ่ม 28 และ 60 วัน.....	181
7.10 ภาพถ่ายขยายที่ 3000 เท่าของดินซีเมนต์เถ้าชีวมวลที่ปริมาณความชื้นค่าหนึ่ง ที่อายุบ่ม 28 วัน.....	183
7.11 ภาพถ่ายขยายที่ 3000 เท่าของดินซีเมนต์เถ้าชีวมวลที่ปริมาณความชื้นค่าหนึ่ง หนึ่งที่อายุบ่ม 60 วัน.....	184
7.12 การกระจายปริมาตรโพรงในแต่ละช่วงขนาดของดินซีเมนต์เถ้าลอยชีวมวลที่ อัตราส่วนการแทนที่ต่าง ๆ ที่อายุบ่ม 28 และ 60 วัน.....	186