

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ค
คำอุทิศ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 หลักการและเหตุผล	3
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการทดสอบ	6
บทที่ 2 บรรณคดีวิจารณ์	7
2.1 คำนำ	7
2.2 การใช้ RCC ในต่างประเทศ	8
2.3 การใช้ RCC ในประเทศไทย	23
2.3.1 ลำดับขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างเขื่อนคอนกรีต บดอัด ที่โครงการก่อสร้างเขื่อนปากมูล	23
2.3.2 การควบคุมตรวจสอบสภาพคอนกรีตบดอัด	33
2.4 วัสดุ	36
2.4.1 หิน	36
2.4.2 ความชื้นเหลว	37
2.4.3 วัสดุเชื่อมประสาน	38
2.4.4 มวลรวม	41
2.4.5 สารผสมเพิ่ม	43

2.5	กำลังของ RCC	44
2.5.1	กำลังรับแรงอัดของ RCC	44
2.5.2	กำลังรับแรงดึงของ RCC	44
2.5.3	กำลังรับแรงเฉือนของ RCC	52
2.6	ข้อดี และ ข้อเสียของ RCC	52
2.6.1	ข้อดี	52
2.6.2	ข้อเสีย	53
2.7	ซีเมนต์กลบ	54
2.7.1	บทนำ	54
2.7.2	คุณสมบัติของกลบเผา	54
2.8	คุณสมบัติของซีเมนต์ลอย	57
2.8.1	บทนำ	57
2.8.2	ปฏิกิริยาปฏิกิริยาของซีเมนต์ลอย	58
2.8.3	สิ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติของซีเมนต์ลอย	58
2.8.4	คุณสมบัติพื้นฐานของซีเมนต์ลอยลิกันต์	59
2.9	กำลังของมอร์ตาร์และคอนกรีตผสมซีเมนต์กลบ และ ซีเมนต์ลอย	61
2.9.1	กำลังรับแรงอัดของเพสต์และมอร์ตาร์	61
2.9.2	กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	63
2.9.3	กำลังรับแรงดึง	64
บทที่ 3	การทดสอบ	65
3.1	แผนการทดสอบ	65
3.2	วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	66
3.2.1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	66
3.2.2	ซีเมนต์กลบ	66
3.2.3	ซีเมนต์ลอย	66
3.2.4	หิน	66
3.2.5	ทราย	67

3.2.6	น้ำ	67
3.3	การออกแบบบึงภาคส่วนผสม	67
3.4	การผสมคอนกรีต	67
3.5	การทดสอบการบดอัด	68
3.6	การบรรจุเข้าแบบและการบ่ม	63
3.7	การทดสอบกำลังรับแรงอัด	69
บทที่ 4	ผลการทดสอบ และการอภิปราย	78
4.1	คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	78
4.1.1	ความถี่ของเสาเข็มของเสาเข็มประสาธน์	78
4.1.2	ความถี่ของเสาเข็ม การดูซึม และขนาดคละของมวลรวม	78
4.1.3	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาของซีเมนต์	79
4.2	ผลการทดสอบการบดอัด	79
4.3	ผลของปริมาณซีเมนต์และซีเมนต์ล้อยที่มีต่อกำลังรับแรงอัด	90
4.4	ผลของปริมาณน้ำที่มีต่อกำลังรับแรงอัดและการบดอัด	98
บทที่ 5	สรุปผลการทดสอบ	102
5.1	สรุปผลการทดสอบ	102
5.2	ข้อเสนอแนะ	104
บรรณานุกรม		105
ภาคผนวก		112
ประวัติผู้เขียน		127

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ผลการทดสอบการปรับเปลี่ยนส่วนผสมในห้องปฏิบัติการ สนาม เพื่อใช้งาน RCC เชื่อนปากมูล	25
ตารางที่ 2.2	ตารางแสดงค่า Loaded Vebe Time	27
ตารางที่ 2.3	องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยแม่เมาะที่ส่งไปเชื่อน ปากมูล	28
ตารางที่ 2.4	ลักษณะการปฏิบัติต่อรอยต่อเชื่อมแนวนอนในงานคอนกรีต บดอัด	32
ตารางที่ 2.5	ปริมาณสูงสุดของวัสดุละเอียดกว่าแรงเบอร์ 200 ที่ยอมให้ เจือปนอยู่ในส่วนผสมของ RCC ตามมาตรฐาน ASTM C30	42
ตารางที่ 2.6	เปรียบเทียบระหว่างกำลังของตัวอย่าง RCC ที่หล่อในห้อง ปฏิบัติการ กับแท่งตัวอย่างที่เจาะจากโครงสร้างจริง	45
ตารางที่ 2.7	ปริมาณส่วนผสมและกำลังรับแรงเฉือนของ RCC ที่ใช้ส่วน ผสมต่าง ๆ	46
ตารางที่ 2.8	กำลังและคุณสมบัติความยืดหยุ่นของ RCC ที่ใช้ส่วนผสม ต่าง ๆ	48
ตารางที่ 2.9	เปรียบเทียบระหว่างส่วนผสมของ RCC และคอนกรีตของ เขื่อนเรเวลสโตก (Revelstoke Dam) โดยใช้มวลรวม ชนิดเดียวกัน	50
ตารางที่ 2.10	ส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ ซีเมนต์แกลบขาว และ ซีเมนต์แกลบดำ	56
ตารางที่ 2.11	คุณสมบัติทางเคมีของซีเมนต์ลอยในรูปร้อยละของออกไซด์	62
ตารางที่ 3.1	ส่วนประกอบทางเคมีซีเมนต์ลอย	67
ตารางที่ 4.1	ผลการทดสอบการบดอัด RCC โดยการนำเสนอในรูปแบบ ความสัมพันธ์ของความหนาแน่น กับปริมาณน้ำ	85

ตารางที่ 4.2	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของ RCC (ค่าเฉลี่ย)	92
ตารางผนวก ก.	ความถี่จำเพาะของปูนซีเมนต์	113
ตารางผนวก ข.	ความถี่จำเพาะของซีเมนต์ลอย	113
ตารางผนวก ค.	ความถี่จำเพาะของซีเมนต์กลับ	113
ตารางผนวก ง.	ความถี่จำเพาะ และการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบ	114
ตารางผนวก จ.	ความถี่จำเพาะ และการดูดซึมน้ำของมวลรวม ละเอียด	115
ตารางผนวก ฉ.	ขนาดดตะของมวลรวมหยาบ	116
ตารางผนวก ช.	ขนาดดตะของมวลรวมละเอียด	117
ตารางผนวก ซ.	การคำนวณปริมาณส่วนผสมของ RCC ตามวิธีของ ACI 207.5R-89	118
ตารางผนวก ฌ.	ปริมาณส่วนผสมของ Roller Compacted Concrete	124
ตารางผนวก ฎ.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของ Roller Compacted Concrete	125

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 การขนส่ง RCC มาเทที่บริเวณก่อสร้าง โดยใช้รถบรรทุกเทเท้าย	10
ภาพที่ 2.2 การเกลี่ย RCC โดยใช้รถคันดินตะขาบ	11
ภาพที่ 2.3 การบดอัด RCC โดยใช้รถค้อนล้อเหล็กชนิดสันสะเทือน	12
ภาพที่ 2.4 แสดงบริเวณรอบเขื่อนท่าเบลา พื้นที่ภายในเส้นทิวไว้เป็นบริเวณที่ถูกน้ำเซาะจนทำให้อุโมงค์หมายเลข 2 เกิดการพังทลาย	13
ภาพที่ 2.5 รูปตัดของอุโมงค์หมายเลข 2 ที่ได้รับการซ่อมแซมแล้ว แสดงให้เห็นฐานรากของอุโมงค์ที่ทำจาก RCC	14
ภาพที่ 2.6 บริเวณข้าง ๆ ทางน้ำสัน ซึ่งก่อสร้างจาก RCC และไม่มี การป้องกันผิวหน้าด้วยวัสดุใด ๆ	16
ภาพที่ 2.7 เขื่อนวิลโลว ครีก ซึ่งเป็นเขื่อน RCC ตัวแรกของโลก	17
ภาพที่ 2.8 เขื่อนวิลโลว ครีก ขณะอยู่ระหว่างการก่อสร้าง	18
ภาพที่ 2.9 รูปตัดของเขื่อนอัปเปอร์ สติลส์วอเตอร์	20
ภาพที่ 2.10 ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างเขื่อนชิมากิยาวา ที่ประเทศญี่ปุ่น	21
ภาพที่ 2.11 ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างเขื่อนทามากาวา ที่ประเทศญี่ปุ่น	22
ภาพที่ 2.12 การทดลองการบดอัดคอนกรีตครั้งแรกในห้องปฏิบัติการที่โครงการปากมูล (24 มี.ค. 2536)	24
ภาพที่ 2.13 การทดลองบดอัดคอนกรีตด้วยเครื่องจักรก่อสร้างครั้งแรกในประเทศไทย (วันที่ 6 พฤษภาคม 2536)	26
ภาพที่ 2.14 ผังและภาคตัดขวางของตัวเขื่อนปากมูลในส่วนที่ปิดช่องผ่นน้ำ ซึ่งก่อสร้างด้วยวิธีคอนกรีตบดอัด	30
ภาพที่ 2.15 ขณะเริ่มงานคอนกรีตบดอัดที่ Wing Wall ริมตลิ่งบนฝั่งซ้ายของเขื่อนปากมูลใช้รถ Bull Dozer 1 ตันเกลี่ยปรับระดับชั้นคอนกรีตแห้งให้ได้ความหนาต่อการบดอัดประมาณ 35 ซม.	31

ภาพที่ 2.16	ใช้รถบดส้อเหล็กแบบมีความสั่นสะเทือนหนักประมาณ 10 คัน บดอัดคอนกรีตจนใกล้จะประชิดผนังกันแบบของ Wing Wall ในส่วนติดกับส้าน้ำมูล	31
ภาพที่ 2.17	ตัวเชื่อมคอนกรีตส่วนที่เรียก Wing Wall ยาว 190 ม. สูง 10 เมตร ก่อสร้างด้วย RCC ในเวลา 1 เดือน ด้วยเครื่อง จักรบดอัดหลักเพียง 1 ชุด	34
ภาพที่ 2.18	ใช้อุปกรณ์สั่นสะเทือนช่วยยกค้ำแผ่นเหล็กขนาด 120x20x0.1 ซม. ลงไปถึงระดับความลึกประมาณ 30 ซม. ซึ่งเป็นส่วน ล่างของชั้นคอนกรีตที่บดอัดเสร็จใหม่	34
ภาพที่ 2.19	กราฟสำหรับหาปริมาณส่วนผสมของ RCC	39
ภาพที่ 2.20	กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณปูนซีเมนต์และกำลังรับแรง อัดของ RCC ที่อายุต่าง ๆ เมื่อมวลรวมที่ใช้มีคุณภาพสูง	51
ภาพที่ 2.21	กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณปูนซีเมนต์และกำลังรับแรง อัดของ RCC ที่อายุต่าง ๆ เมื่อมวลรวมที่ใช้มีคุณภาพต่ำ	51
ภาพที่ 3.1	ขนาดมาตรฐานเลขาเตอร์ลีเอรี	70
ภาพที่ 3.2	เครื่องบดซีเมนต์แบบกลบ	71
ภาพที่ 3.3	ขนาดคละของมวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียด	72
ภาพที่ 3.4	เครื่องผสมมอร์ต้า	73
ภาพที่ 3.5	อุปกรณ์ในการบดอัด	74
ภาพที่ 3.6	แบบหล่อรูปทรงกระบอกที่พร้อมจะทำการบดอัด	75
ภาพที่ 3.7	ขณะทำการหล่อครอบหัวลูกปูน	76
ภาพที่ 3.8	หลังจากการหล่อครอบหัวลูกปูน	77
ภาพที่ 3.9	เครื่อง Compression Machine	78
ภาพที่ 4.1	ขนาดคละของมวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียด	80
ภาพที่ 4.2ก.	ผลการทดสอบการบดอัด RCC โดยนำเสนอในรูปความสัมพันธ์ ของความหนาแน่นแห้งกับปริมาณน้ำที่ได้จากการอบแห้ง	87
ภาพที่ 4.2ข.	ผลการทดสอบการบดอัด RCC โดยนำเสนอในรูปความสัมพันธ์ ของความหนาแน่นเปียกกับปริมาณน้ำที่ใช้ผสม	88

ภาพที่ 4.2ค. ผลการทดสอบการบดอัด RCC โดยน้ำเสนอในรูปแบบความสัมพันธ์ ของความหนาแน่นแห้งกับปริมาณน้ำที่ใช้ผสม	89
ภาพที่ 4.3ก. ตัวอย่างการวิบัติของ RCC	93
ภาพที่ 4.3ข. ตัวอย่างการวิบัติของ RCC	93
ภาพที่ 4.4ก. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของ RCC โดยใช้ปริมาณน้ำ เท่ากับ 4 % ของมวลรวมแห้ง	94
ภาพที่ 4.4ข. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของ RCC โดยใช้ปริมาณน้ำ เท่ากับ 5 % ของมวลรวมแห้ง	95
ภาพที่ 4.4ค. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของ RCC โดยใช้ปริมาณน้ำ เท่ากับ 6 % ของมวลรวมแห้ง	96
ภาพที่ 4.4ง. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของ RCC โดยใช้ปริมาณน้ำ เท่ากับ 7 % ของมวลรวมแห้ง	97
ภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของ RCC โดยใช้ปริมาณน้ำ เท่ากับ 4 % , 5 % , 6 % , 7 % ของมวลรวมแห้ง	100