



การตรวจสอบคุณภาพงานโครงสร้างชั้นทาง ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์



สำนักวิเคราะหฺ์และตรวจสอบ
กรมทางหลวง

คำนำ

ตามนโยบายการจัดการความรู้กรมทางหลวง ประจำปีงบประมาณ 2559 ในข้อที่ 3 กำหนดให้ทุกหน่วยงานมีการจัดการความรู้ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเผยแพร่และจัดเก็บในคลังความรู้ได้ คณะทำงานการจัดการความรู้ในองค์กรกรมทางหลวง ด้านที่ 6 วิเคราะห์และวิจัยงานทาง จึงได้จัดทำองค์ความรู้ที่ใช้ในการปฏิบัติงานด้านวิเคราะห์และตรวจสอบ

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบเป็นหนึ่งในคณะทำงานการจัดการความรู้ในองค์กรกรมทางหลวง ด้านที่ 6 วิเคราะห์และวิจัยงานทาง มีหน้าที่หลักในการศึกษาและจัดทำข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุงานทาง วิธีการทดสอบวัสดุ เสนอแนะปรับปรุงคุณภาพวัสดุที่ใช้ในงานทาง จากภารกิจข้างต้นจะเห็นว่า สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบเป็นหน่วยงานหนึ่งในกรมทางหลวงที่ทำงานด้านวิชาการควบคู่กับการปฏิบัติ ดังนั้น การนำความรู้ทางทฤษฎี การทดลองในห้องปฏิบัติการ และการปฏิบัติงานในภาคสนาม มาผนวกรวมกันให้เป็นแนวทางการปฏิบัติหรือข้อกำหนดต่างๆ จึงเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญด้านหนึ่งขององค์กรที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องได้รับการถ่ายทอด และเรียนรู้ผ่านกระบวนการจัดการความรู้ที่ดีและมีประสิทธิภาพ

เอกสารเรื่อง การตรวจสอบคุณภาพงานโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการจัดทำคลังข้อมูลงานทางของสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการจัดการความรู้ซึ่งเป็นการระดมความคิดเห็น ความรู้ เทคนิคและประสบการณ์ต่างๆ จากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งหวังให้เป็นสื่อกลางถ่ายทอดสู่บุคลากร ผู้ปฏิบัติงานให้สามารถใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบคุณภาพของงานที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มคุณภาพผลงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน ข้อกำหนด และเป็นไปในรูปแบบเดียวกัน

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารเรื่อง การตรวจสอบคุณภาพงานโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ นี้ จะเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดความรู้อย่างต่อเนื่องสู่เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานบุคลากรในหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องและผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กรและประเทศต่อไป

คณะทำงานโครงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ชุมชนนักปฏิบัติ

เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพงานโครงสร้างชั้นทาง
ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

สิงหาคม 2559

สารบัญ

บทที่ 1	8
การปรับปรุงคุณภาพวัสดุโครงสร้างชั้นทางด้วยปูนซีเมนต์	8
บทที่ 2	12
เครื่องจักรเครื่องมือที่ใช้ในงานชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์	12
1. โรงผสมแบบติดตั้งอยู่กับที่ (Central Mixing Plant)	12
1.1 โรงผสมแบบชุด (Batch Mixing Plant)	13
1.2 โรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixing Plant)	15
2. เครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ (Travelling Mixing Machine)	18
2.1 เครื่องจักรชุดตัดผสมทำงานร่วมกับรถแบบโรยปูนซีเมนต์ (Spread Type)	23
2.2 เครื่องจักรชุดตัดผสมทำงานร่วมกับรถผสมน้ำปูนซีเมนต์ (Slurry Mixer)	25
บทที่ 3	31
การสอบเทียบเครื่องจักรเครื่องมือที่ใช้ในงานชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์	31
1. การสอบเทียบโรงผสมแบบติดตั้งอยู่กับที่ (Central Mixing Plant Calibration)	31
1.1 การสอบเทียบโรงผสมแบบชุด (Batch Mixing Plant Calibration)	31
1.2 การสอบเทียบโรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixing Plant Calibration)	42
2. การสอบเทียบเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ (Travelling Mixing Machine Calibration)	60
2.1 การสอบเทียบเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ด้วยวิธีโรยปูนซีเมนต์ (Spread Type)	60
2.2 การสอบเทียบเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ด้วยวิธีผสมน้ำปูนซีเมนต์ (Slurry Mixer)	67
บทที่ 4	78
การตรวจสอบคุณภาพวัสดุผสมปูนซีเมนต์ระหว่างการก่อสร้าง	78
1. การตรวจสอบในแปลงทดลอง	78
2. การตรวจสอบคุณภาพวัสดุผสมปูนซีเมนต์ในสนาม	81
3. การตรวจสอบคุณภาพการบดทับวัสดุผสมปูนซีเมนต์ในสนาม	84
บทที่ 5	87
ข้อควรระวังในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์	87
เอกสารอ้างอิง	104

สารบัญผนวก

ภาคผนวก ก	94
ภาพผนวกที่ ก 1 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยวัสดุรวม	95
ภาพผนวกที่ ก 2 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยปูนซีเมนต์	96
ภาพผนวกที่ ก 3 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยน้ำ	97
ภาพผนวกที่ ก 4 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยปูนซีเมนต์สำหรับเครื่องจักรชุดตัดผสม ด้วยวิธีโรยปูนซีเมนต์ (Spread Type)	98
ภาพผนวกที่ ก 5 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยปูนซีเมนต์สำหรับเครื่องจักรชุดตัดผสม ด้วยวิธีผสมน้ำปูนซีเมนต์ (Slurry Mixer)	99
ภาพผนวกที่ ก 6 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยน้ำสำหรับเครื่องจักรชุดตัดผสม แบบที่ 1	100
ภาพผนวกที่ ก 7 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยน้ำสำหรับเครื่องจักรชุดตัดผสม แบบที่ 2	101
ภาพผนวกที่ ก 8 แบบฟอร์ม Field Density Test โดยวิธี Sand Replacement Method (ว. 6-03)	102
ภาพผนวกที่ ก 9 ตารางบันทึกข้อมูล Unconfined Compressive Strength	103

สารบัญรูป

รูปที่ 1 โรงผสมแบบชุด (Batch Mixing Plant)	13
รูปที่ 2 ยูนิต หรือ Hopper รับวัสดุรวม	13
รูปที่ 3 สายพานลำเลียงวัสดุและห้องผสมวัสดุรวม	13
รูปที่ 4 เครื่องชั่งน้ำหนักวัสดุรวม พร้อมสายพานลำเลียง และตู้ควบคุมน้ำหนักของส่วนผสม	14
รูปที่ 5 ถังเก็บปูนซีเมนต์และถังเก็บน้ำ	14
รูปที่ 6 ห้องผสมวัสดุรวม	15
รูปที่ 7 โรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixing Plant)	15
รูปที่ 8 ยูนิตหรือ Hopper รับวัสดุรวม สามารถปรับช่องเปิดวัสดุให้มีอัตราการไหลตามที่ต้องการได้	16
รูปที่ 9 ถังเก็บปูนซีเมนต์พร้อมท่อลำเลียงปูนซีเมนต์ที่มีสกรูด้านใน สามารถปรับรอบการหมุนได้	16
รูปที่ 10 ถังเก็บน้ำที่มีขนาดความจุเพียงพอต่อการใช้งานในแต่ละวัน	16
รูปที่ 11 สายพานลำเลียงวัสดุ จะนำวัสดุรวมและปูนซีเมนต์ เข้าสู่ห้องผสม	17
รูปที่ 12 ห้องผสม เป็นห้องที่วัสดุทุกอย่างมาผสมกันก่อนที่จะนำวัสดุผสมปูนซีเมนต์ไปใช้งาน ภายในห้องผสม จะประกอบไปด้วยใบกวนและหัวจ่ายน้ำ กวนเพื่อให้วัสดุผสมคลุกเคล้ากัน	17
รูปที่ 13 ห้องควบคุมหรือตู้ควบคุม ใช้สำหรับควบคุมการเปิดปิดส่วนต่างๆของโรงผสม	17
รูปที่ 14 ลักษณะการทำงานขณะทำงานของเครื่องจักร	19
รูปที่ 15 ชุดเครื่องจักรประกอบการทำงานกับเครื่องผสมเคลื่อนที่	19
รูปที่ 16 ตัวอย่างเครื่องจักรชุดตัดผสมแบบเคลื่อนที่ (Wirtgen Thailand)	19
รูปที่ 17 เครื่องจักรชุดตัดผสม Wirtgen รุ่น Cold Recycler 2200 CR	20
รูปที่ 18 เครื่องจักรสำหรับผสมน้ำปูนซีเมนต์ (Slurry Mixer) รุ่น WM 1000	20
รูปที่ 19 เครื่องจักรสำหรับโรยปูนซีเมนต์ (Binding agent spreader MC Series)	21
รูปที่ 20 เครื่องจักรสำหรับ Recycling CAT รุ่น RM500 ทำงานในลักษณะการปรับปรุงคุณภาพด้วย ปูนซีเมนต์	21
รูปที่ 21 เครื่องจักรสำหรับ Recycling CMI รุ่น PR-800-7	21
รูปที่ 22 เครื่องจักรสำหรับ Recycling Bomag รุ่น RS446D	22
รูปที่ 23 เครื่องจักรสำหรับ Recycling Sakai รุ่น PM550, PM550-s	22
รูปที่ 24 เครื่องจักรสำหรับ Recycling Roadtec รุ่น SX-6	22
รูปที่ 25 ชุดเครื่องจักรประกอบด้วย รถบรรทุกน้ำใช้ลากจูง รถปูนซีเมนต์และเครื่องจักรชุดตัดผสม	23
รูปที่ 26 แผงควบคุมรถโรยปูนซีเมนต์	23
รูปที่ 27 ความกว้างแผงโรยปูนซีเมนต์	24
รูปที่ 28 การทำงานของรถโรยปูนซีเมนต์ลงบนผิวทางก่อนทำการชุดตัดผสม	24
รูปที่ 29 การทำงานของชุดรถชุดตัดผสมและรถน้ำขณะทำงานตามหลังรถโรยปูนซีเมนต์	24

รูปที่ 30 การสุ่มตรวจสอบปริมาณปูนซีเมนต์โดยใช้ถาดรอง	25
รูปที่ 31 การตรวจสอบปริมาณปูนซีเมนต์โดยใช้ผ้าใบ	25
รูปที่ 32 ชุดเครื่องจักรประกอบด้วย รถบรรทุกน้ำใช้ลากจูง รถปูนซีเมนต์ และเครื่องจักรขุดตัดผสม	25
รูปที่ 33 รถสำหรับผสมน้ำปูนซีเมนต์ (Slurry Mixer)	26
รูปที่ 34 การเก็บตัวอย่างน้ำปูนซีเมนต์จากห้องผสม	26
รูปที่ 35 ลักษณะของน้ำปูนซีเมนต์ที่ได้จากการผสม	26
รูปที่ 36 การตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จากระบบควบคุมการทำงาน (Micro Processor Control)	27
รูปที่ 37 ระบบจ่ายน้ำ และปูนซีเมนต์มายังห้องผสม	27
รูปที่ 38 ห้องผสมน้ำปูนซีเมนต์	28
รูปที่ 39 เครื่องส่ง และสายส่งน้ำปูนซีเมนต์ ไปยังเครื่องจักรขุดตัดผสม	28
รูปที่ 40 การขุดตัดผสมวัสดุชั้นทาง	29
รูปที่ 41 การลำเลียงวัสดุที่ถูกปรับปรุงคุณภาพ	29
รูปที่ 42 กระบวนการก่อสร้างชั้นทาง	30
รูปที่ 43 การตั้งค่าจอแสดงผลเครื่องชั่งน้ำหนัก	31
รูปที่ 44 การใส่ตัมน้ำหนักมาตรฐาน	32
รูปที่ 45 การลดตัมน้ำหนักมาตรฐาน	32
รูปที่ 46 การตรวจสอบจอแสดงผลค่าน้ำหนักเริ่มต้นของเครื่องชั่งปูนซีเมนต์	35
รูปที่ 47 การใส่ตัมน้ำหนักมาตรฐาน	35
รูปที่ 48 การลดตัมน้ำหนักมาตรฐาน	36
รูปที่ 49 การตรวจสอบหน้าจอและความพร้อมของโพลเดอร์	39
รูปที่ 50 การวางตัมน้ำหนักมาตรฐานเพื่อสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำ	39
รูปที่ 51 บันทึกกระยะความสูงของการเปิดปากยุง	42
รูปที่ 52 การหาค่าความชื้นของวัสดุที่อยู่ในยุง	42
รูปที่ 53 รถบรรทุกสำหรับรองรับวัสดุ	43
รูปที่ 54 เปิดระบบสายพานลำเลียงและห้องผสม	43
รูปที่ 55 การนำรถบรรทุกที่ใส่วัสดุไปชั่งน้ำหนัก	43
รูปที่ 56 ตั้งค่าความเร็วรอบสกรู	47
รูปที่ 57 เปิดระบบลำเลียงปูนซีเมนต์	47
รูปที่ 58 นำภาชนะหรือกระสอบที่ใส่ปูนซีเมนต์ไปชั่งน้ำหนัก	47
รูปที่ 59 ปรับตั้งระดับวาล์วน้ำ	51
รูปที่ 60 ชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่าและนำมารองรับน้ำ	51
รูปที่ 61 จับเวลาขณะปล่อยน้ำ	51
รูปที่ 62 นำภาชนะที่รองรับน้ำไปชั่งหาน้ำหนัก	52

รูปที่ 63 ตัวอย่างหน้าจอแสดงรายละเอียดการทำงานของชุดเครื่องจักร	60
รูปที่ 64 ตัวอย่างอุปกรณ์รองรับปูนซีเมนต์	61
รูปที่ 65 ตัวอย่างการหาปริมาณปูนซีเมนต์	61
รูปที่ 66 แสดงแผนควบคุมการตั้งค่าปริมาณน้ำ	64
รูปที่ 67 ภาพสำหรับรองรับน้ำ	64
รูปที่ 68 การชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่า และการหาปริมาตรของภาชนะรองรับน้ำ	64
รูปที่ 69 การหาอัตราการไหลของน้ำ	65
รูปที่ 70 การเริ่มต้นเตรียมกระบวนการสอบเทียบ	67
รูปที่ 71 กำหนดพื้นที่ในการสอบเทียบ	67
รูปที่ 72 การจำลองการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร	68
รูปที่ 73 การตรวจสอบระบบควบคุมการทำงาน	68
รูปที่ 74 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	68
รูปที่ 75 แสดงการทำงานของเครื่องจักรระหว่างการสอบเทียบ	69
รูปที่ 76 ชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์	69
รูปที่ 77 การเตรียมภาชนะสำหรับรองรับน้ำ	72
รูปที่ 78 การตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่หน้าจอควบคุม	73
รูปที่ 79 การกำหนดจุดเริ่มต้นเพื่อเตรียมการสอบเทียบ	73
รูปที่ 80 การจับเวลาเพื่อหาอัตราการไหลของน้ำ	73
รูปที่ 81 การวัดระยะทางของเครื่องจักร หลังจากการสอบเทียบ	74
รูปที่ 82 การตรวจสอบความกว้าง ความลึก หลังจากการสอบเทียบ	74
รูปที่ 83 การชั่งน้ำหนักน้ำ	74
รูปที่ 84 การก่อสร้างแปลงทดลองพร้อมทั้งเก็บตัวอย่างและทดสอบความแน่น	78
รูปที่ 85 การเตรียมแท่งตัวอย่างในสนาม	80
รูปที่ 86 การตรวจสอบความแน่นการบดทับ (Field Density Test)	81
รูปที่ 87 การเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบในสนาม	81
รูปที่ 88 การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Unconfined Compressive Strength)	82
รูปที่ 89 ตัวอย่างข้อมูล Unconfined Compressive Strength	83
รูปที่ 90 การเก็บตัวอย่างวัสดุมวลรวมมาทำเป็น Control Test	85
รูปที่ 91 การตรวจสอบความแน่นการบดทับ (Field Density Test)	85
รูปที่ 92 ตัวอย่างข้อมูล Field Density Test	86
รูปที่ 93 วัสดุโตเกินขนาดที่อยู่ในชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้ว	87
รูปที่ 94 การคัดแยกและกำจัดวัสดุโตเกินขนาด	87
รูปที่ 95 การผสมคลุกเคล้าวัสดุผสมปูนซีเมนต์ไม่สม่ำเสมอควรตรวจสอบอุปกรณ์และห้องผสม	88

รูปที่ 96 การผสมคลุกเคล้าวัสดุผสมปูนซีเมนต์สม่ำเสมอ	88
รูปที่ 97 การแยกตัว (Segregation) ของวัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียด	88
รูปที่ 98 การพ่นน้ำลงบนผิวหน้าของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้ว	89
รูปที่ 99 ผิวหน้าของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่เรียบเป็นมัน	89
รูปที่ 100 การเสริมวัสดุผสมปูนซีเมนต์เป็นชั้นบางๆ ทำให้เกิดการหลุดร่อน	90
รูปที่ 101 การบดทับชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์	90
รูปที่ 102 การตัดแต่งรอยต่อตามขวางโดยการใช้ใบมีดของรถเกลี่ยผสมกดลงไปบนชั้นทางแปลงที่ติดกัน	91
รูปที่ 103 การใช้น้ำผสมปูนซีเมนต์ราดบริเวณรอยต่อ	91
รูปที่ 104 การจัดรอยต่อตามยาวตรงกับแนวล้อรถทำให้เกิดความเสียหายกับชั้นผิวทาง	92
รูปที่ 105 การขุดตัดเหลื่อมทับรอยต่อเข้าไปในชั้นทางที่ปรับปรุงแล้ว	92
รูปที่ 106 การบ่มชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์และรอยแตกเนื่องจากการหดตัว	93
รูปที่ 107 การเกิดรอยแตกสะท้อนบนชั้นผิวทางเนื่องจากการหดตัวของชั้นพื้นทาง ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์	93

บทที่ 1

การปรับปรุงคุณภาพวัสดุโครงสร้างชั้นทางด้วยปูนซีเมนต์

ในปัจจุบันกรมทางหลวงได้นำวิธีการปรับปรุงคุณภาพโครงสร้างชั้นทางด้วยปูนซีเมนต์มาใช้อย่างแพร่หลายทั้งในงานก่อสร้างและบำรุงทาง เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทาง และชั้นรองพื้นทางในบางพื้นที่ อีกทั้งยังสามารถนำวัสดุโครงสร้างชั้นทางเดิมมาใช้งานได้ และยังเป็นการเพิ่มความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรและน้ำหนักบรรทุกทุกของชั้นพื้นทางและรองพื้นทางได้มากขึ้น ลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น ทำให้ถนนของกรมทางหลวงมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าเดิม

มาตรฐานและข้อกำหนดของกรมทางหลวง ที่เกี่ยวกับการใช้ปูนซีเมนต์เป็นสารผสมเพิ่มเติมได้แก่

- ทล.-ม.203/2556 “มาตรฐานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ (Cement Modified Crushed Rock Base)”
- ทล.-ม.204/2556 “มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Base)”
- ทล.-ม.206/2532 “มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Subbase)”
- ทล.-ม.213/2543 “มาตรฐานการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling)”

การก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์นั้น จะต้องปฏิบัติงานและควบคุมงานอย่างใกล้ชิดทุกขั้นตอนซึ่งจะทำให้ได้ชั้นทางที่มีความแข็งแรงและทนทาน

ขั้นตอนการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์

1. ศึกษารายละเอียด รูปแบบ ข้อกำหนด สัญญา และรายการประกอบแบบ

ก่อนที่จะเริ่มงานก่อสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ ควรที่จะทำความเข้าใจรูปแบบข้อกำหนด และสัญญาก่อนสร้างนั้นๆที่กำหนดไว้มาใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติต่อไป ซึ่งข้อมูลสำคัญที่ต้องศึกษาและพิจารณาประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- มาตรฐานและข้อกำหนดวิธีการก่อสร้าง
- แบบรูปตัดโครงสร้างทาง
- ความหนาของชั้นทางที่ทำการก่อสร้าง
- ชนิดของวัสดุผสมเพิ่มหรือสารผสมเพิ่ม
- เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการปฏิบัติงาน
- ขั้นตอนการทำงานตลอดจนวิธีการผสมปรับปรุง

หากพบว่าข้อมูลต่างๆ มีความขัดแย้งกันควรนำข้อมูลที่ตรวจพบพร้อมกับข้อคิดเห็นเสนอต่อวิศวกรผู้ออกแบบเพื่อกำหนดแนวทางในการดำเนินการต่อไป

2. การเก็บตัวอย่างเพื่อการออกแบบ

การเก็บตัวอย่างสำหรับนำมาใช้ในการออกแบบนั้นจะต้องปฏิบัติด้วยความระมัดระวังอย่างสูงทุกขั้นตอน เพื่อให้ผลทดสอบที่ได้เป็นตัวแทนคุณลักษณะที่แท้จริงของวัสดุนั้น โดยแบ่งเป็น 2 รูปแบบได้แก่

- ตัวอย่างวัสดุใหม่สำหรับการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางและชั้นพื้นทางที่เป็นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ทำการเก็บจากแหล่งที่ผู้รับจ้างจะนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับก่อสร้าง โดยการเก็บตัวอย่างต้องปฏิบัติตามขบวนการที่งานก่อสร้างนั้นๆ กำหนดซึ่งต้องพิจารณาในเรื่องการเลือกจุดเก็บตัวอย่างจำนวนตัวอย่างที่จะเก็บ และวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบคุณภาพ
- ตัวอย่างจากโครงสร้างชั้นทางเดิมสำหรับก่อสร้างด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling) ให้ทำการขุดเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุโครงสร้างชั้นทางทุก 1 กิโลเมตร โดยแยกเก็บในแต่ละชั้นทางเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติ จากนั้นทำการจัดกลุ่มแบ่งช่วงย่อยวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมือนกันและความหนาเท่ากันเพื่อใช้ในการออกแบบต่อไป

3. การออกแบบส่วนผสมวัสดุผสมปูนซีเมนต์

เป็นการหาอัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุมวลรวม ปูนซีเมนต์ และน้ำ เพื่อให้คุณสมบัติของส่วนผสมเป็นไปตามข้อกำหนด เช่น กำลังรับแรงอัด (Unconfined Compressive Strength , UCS.) เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของวัสดุผสมปูนซีเมนต์ คือปริมาณปูนซีเมนต์ ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกำลังรับแรงอัด ชนิดของวัสดุ และความแน่นของการบดอัด

การออกแบบส่วนผสมวัสดุผสมปูนซีเมนต์แบ่งเป็นขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

- การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น
- การเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการออกแบบ
- การทดลองผสม
- การวิเคราะห์ผลทดลอง

4. การตรวจสอบเครื่องจักรและเครื่องมือ

ในการก่อสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์นั้นชุดเครื่องจักรและเครื่องมือที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง ผู้รับจ้างจะต้องจัดให้เหมาะสมกับลักษณะงาน วิธีการก่อสร้าง ทั้งชนิด ขนาด จำนวน และมีขีดความสามารถเพียงพอที่จะดำเนินการก่อสร้างให้งานแล้วเสร็จโดยถูกต้องตามแบบและข้อกำหนด

ก่อนดำเนินการก่อสร้างจำเป็นต้องศึกษาลักษณะของเครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง และดำเนินการสอบเทียบเครื่องจักรและเครื่องมือ โดยการสอบเทียบเป็นการหาอัตราการใช้หรือกำลังการผลิตวัสดุแต่ละส่วนก่อนที่จะมาผสมกันเป็นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ ที่มีอัตราส่วนผสมตามที่ได้ออกแบบไว้ในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังเป็นการตรวจสอบสภาพและประสิทธิภาพของเครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้งานให้เรียบร้อยพร้อมใช้งาน

5. การก่อสร้าง

การก่อสร้างจะต้องมีการวางแผนและการจัดการที่ดี ต้องคำนึงถึงสภาพลมฟ้าอากาศที่เหมาะสม เช่นไม่มีฝนตก อุณหภูมิอากาศซึ่งจะมีผลกระทบต่อการผสมวัสดุ การบดทับ และการบ่มต้องเอื้ออำนวยต่อการก่อสร้าง

ก่อนดำเนินการก่อสร้างจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพของวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่ผสมจากเครื่องจักร เครื่องมือที่ได้ทำการสอบเทียบเรียบร้อยแล้ว โดยทำการก่อสร้างแปลงทดลองด้วยวิธีการก่อสร้างตามที่กรมทางหลวงกำหนดหรือได้ตกลงกันไว้เรียบร้อยแล้วเหมือนการก่อสร้างจริงทุกขั้นตอน ซึ่งแปลงทดลองควรมีความยาวประมาณ 200 – 500 เมตร หากเป็นงานที่หมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่แปลงทดลองควรมีความยาวไม่น้อยกว่า 100 เมตรและมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1 ช่องจราจร

ในกรณีที่ผู้รับจ้างเปลี่ยนแปลงวิธีการ กระบวนการก่อสร้าง และ/หรือชนิดวัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้เปลี่ยนแปลงไป หรือผู้รับจ้างไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างให้ถูกต้องตามรูปแบบและข้อกำหนดได้โดยสม่ำเสมอด้วยเหตุใดๆ ก็ตาม ให้ผู้รับจ้างดำเนินการก่อสร้างแปลงทดลองใหม่จนกว่าจะปรากฏผลเป็นที่ถูกต้องและนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบ

6. การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

เมื่อได้ดำเนินการก่อสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์แล้วเสร็จในแต่ละวันและได้ทำการตรวจสอบความเรียบร้อยของชั้นทางที่ปรับปรุงแล้ว เช่นความกว้าง ระดับและความลาดเอียงว่าเป็นไปตามรูปแบบ ลักษณะผิวชั้นทางที่ปรับปรุงแล้วมีการบดทับอย่างสม่ำเสมอไม่ปรากฏความเสียหายใดๆ ให้ดำเนินการตรวจสอบความแน่นของการบดทับและทดสอบกำลังรับแรงอัดต่อไป

จากขั้นตอนการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ดังกล่าวข้างต้น เราสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

ส่วนที่ 1 การออกแบบส่วนผสมของวัสดุผสมปูนซีเมนต์ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การศึกษารายละเอียดและรูปแบบจนถึงการออกแบบส่วนผสมวัสดุผสมปูนซีเมนต์

ส่วนที่ 2 การควบคุมคุณภาพการก่อสร้างชั้นทางที่ใช้วัสดุผสมปูนซีเมนต์ในสนามซึ่งเริ่มตั้งแต่การตรวจสอบเครื่องจักรและเครื่องมือจนถึงการควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การควบคุมคุณภาพการก่อสร้างชั้นทางมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปตามแบบและข้อกำหนดโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

- การตรวจสอบเครื่องจักรที่ใช้ในการผสมวัสดุผสมปูนซีเมนต์ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้ในการผสมแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ โรงผสมแบบติดตั้งกับที่ (Central Mixing Plant) และเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ (Travelling Mixing Machine)
- การตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาใช้ผสมปูนซีเมนต์ให้เป็นไปตามมาตรฐานและข้อกำหนด
- การตรวจสอบความแน่นของการบดทับในสนาม
- การทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง

ดังนั้นกลุ่มงานตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ จึงได้รวบรวมองค์ความรู้และจัดทำคู่มือ “การตรวจสอบคุณภาพงานโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์” นี้ขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบคุณภาพของงานที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ให้มีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพที่เหมาะสมและเป็นไปในรูปแบบเดียวกันทั้งหน่วยงาน

บทที่ 2

เครื่องจักรเครื่องมือที่ใช้ในงานชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์

การก่อสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์จะมีวิธีการก่อสร้างอยู่ 2 แบบ คือ

การก่อสร้างแบบผสมในโรงผสม (In - Plant) เป็นการนำวัสดุมาผสมกันในโรงผสมแล้วนำไปก่อสร้างที่หน้างาน ซึ่งเครื่องมือหลักที่ใช้งานคือ โรงผสมแบบติดตั้งอยู่กับที่ (Central Mixing Plant)

การก่อสร้างแบบผสมในที่ (In - Place) เป็นการนำวัสดุมาผสมกันในพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งเครื่องมือหลักที่ใช้งานคือเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ (Travelling Mixing Machine)

การสอบเทียบเครื่องจักรเครื่องมือวัสดุผสมปูนซีเมนต์จึงเป็นการสอบเทียบเครื่องมือหลักที่ใช้ผสมวัสดุก่อสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ทั้งสองแบบคือ การสอบเทียบโรงผสมแบบติดตั้งอยู่กับที่และการสอบเทียบเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่

1. โรงผสมแบบติดตั้งอยู่กับที่ (Central Mixing Plant)

ลักษณะทั่วไปของโรงผสมแบบติดตั้งอยู่กับที่ วัสดุต่างๆ ของส่วนผสมจะจัดอัตราส่วนเป็นน้ำหนักทั้งหมดโดยวัสดุรวม ปูนซีเมนต์ และน้ำ จะผสมรวมกันในโรงผสม การชั่งวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการผสมจะต้องดำเนินการตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ปริมาณของวัสดุที่ใส่เข้าไปในเครื่องผสมจะต้องไม่มากเกินไปจนทำให้วัสดุต่างๆ ผสมไม่เข้ากัน และถ้าหากพบว่าวัสดุต่างๆ ผสมไม่เข้ากัน จะต้องลดอัตราการใส่วัสดุเข้าไปในเครื่องผสมลงตามสัดส่วนของวัสดุแต่ละอย่าง

โรงผสมมีอยู่ 2 แบบคือ

- โรงผสมแบบชุด (Batch Mixing Plant)
- โรงผสมแบบต่อเนื่อง (Continuous Mixing Plant)

ผู้รับจ้างอาจจะเลือกใช้โรงผสมแบบชุด (Batch Mixing Plant) หรือโรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixing Plant) ก็ได้ โดยเครื่องจักรที่ใช้งานจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

โรงผสมแบบชุดหรือโรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง ต้องมีเครื่องป้อนวัสดุ และมาตรวัดปริมาณวัสดุที่ผ่านเข้าไปในเครื่องผสมตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้จากการออกแบบ โรงผสมอาจดัดแปลงมาจากโรงผสมคอนกรีตหรือโรงผสมแอสฟัลต์ก็ได้ แต่จะต้องอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้อย่างเหมาะสมและได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อนนำมาใช้งาน

1.1 โรงผสมแบบชุด (Batch Mixing Plant)



รูปที่ 1 โรงผสมแบบชุด (Batch Mixing Plant)

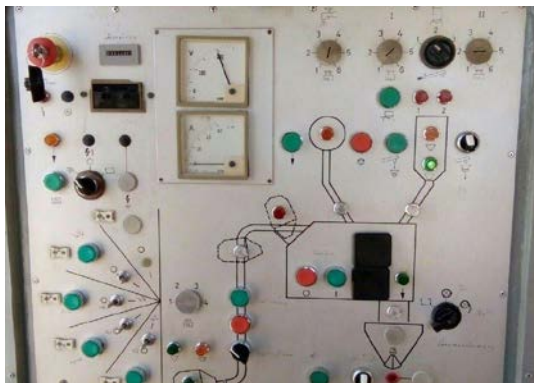
องค์ประกอบของโรงผสมแบบชุด



รูปที่ 2 ยุ้ง หรือ Hopper รับวัสดุรวม



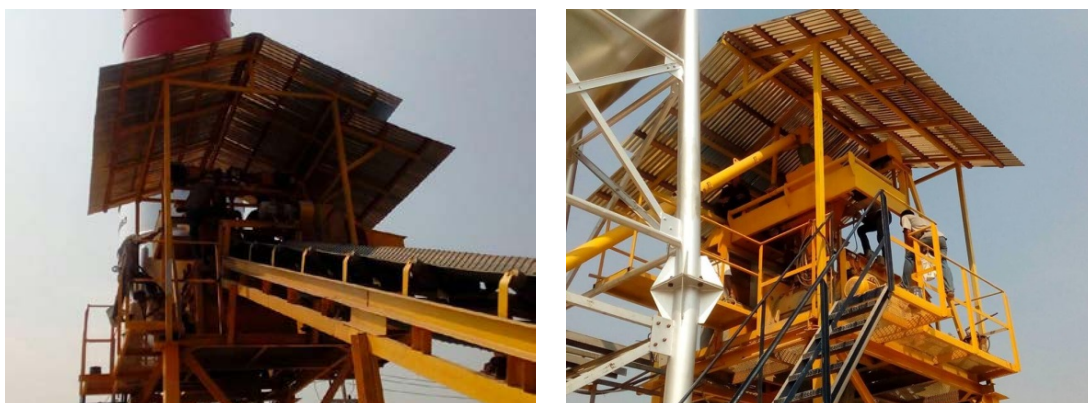
รูปที่ 3 สายพานลำเลียงวัสดุและห้องผสมวัสดุรวม



รูปที่ 4 เครื่องชั่งน้ำหนักวัสดุรวม พร้อมสายพานลำเลียง และตู้ควบคุมน้ำหนักของส่วนผสม



รูปที่ 5 ถังเก็บปูนซีเมนต์และถังเก็บน้ำ



รูปที่ 6 ห้องผสมวัสดุมวลรวม

หลักการทำงานของโรงผสมแบบชุด

โรงผสมแบบชุด (Batch Mixer) จะเป็นการผสมวัสดุเป็นครั้งๆ ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้วัสดุตามที่ต้องการ คล้ายกับการผสมคอนกรีต ซึ่งจะเริ่มจากการปล่อยวัสดุมวลรวม ปูนซีเมนต์ และน้ำ จากถังลงเครื่องชั่งเพื่อชั่งน้ำหนักให้ได้อัตราส่วนตามที่ออกแบบไว้ (ปริมาณน้ำหนักรที่ชั่งขึ้นอยู่กับขนาดของห้องผสมที่สามารถผลิตได้ในแต่ละครั้งและต้องสัมพันธ์กับอัตราส่วนที่ได้ออกแบบไว้ ส่วนปริมาณน้ำที่ใช้จะต้องหักค่าความชื้นของวัสดุก่อน) จากนั้นจึงลำเลียงวัสดุและซีเมนต์เข้าห้องผสมเพื่อคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วปล่อยน้ำเข้าไปในห้องผสมเพื่อคลุกเคล้า จากนั้นปล่อยวัสดุออกจากห้องผสมใส่รถบรรทุกเพื่อนำไปก่อสร้าง

โรงผสมแบบชุดจะต้องมีเครื่องจับเวลาของการผสม ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน เครื่องจับเวลาจะต้องสามารถอ่านเวลาละเอียดถึง 2 วินาที นอกจากนี้โรงผสมจะต้องติดตั้งเครื่องนับจำนวนชุดที่ผสมแล้วเสร็จติดอยู่กับโมเตอร์

เวลาของการผสมให้เริ่มนับเมื่อวัสดุทุกอย่างถูกใส่ในห้องผสม จนถึงเวลาเมื่อวัสดุผสมปูนซีเมนต์ถูกปล่อยออกจากห้องผสม การผสมจะต้องดำเนินต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งวัสดุมีลักษณะคลุกเคล้าเข้ากันอย่างดี โดยสังเกตจากสีและลักษณะของส่วนผสมที่ควรจะมีลักษณะที่กลมกลืนกันดี โดยปกติเวลาของการผสมไม่ควรจะน้อยกว่า 30 วินาที

1.2 โรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixing Plant)



รูปที่ 7 โรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixing Plant)

องค์ประกอบของโรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง



รูปที่ 8 ยุ้งหรือ Hopper รับวัสดุมวลรวม สามารถปรับช่องเปิดวัสดุให้มีอัตราการไหลตามที่ต้องการได้



รูปที่ 9 ถังเก็บปูนซีเมนต์พร้อมท่อลำเลียงปูนซีเมนต์ที่มีสกรูด้านใน สามารถปรับรอบการหมุนได้



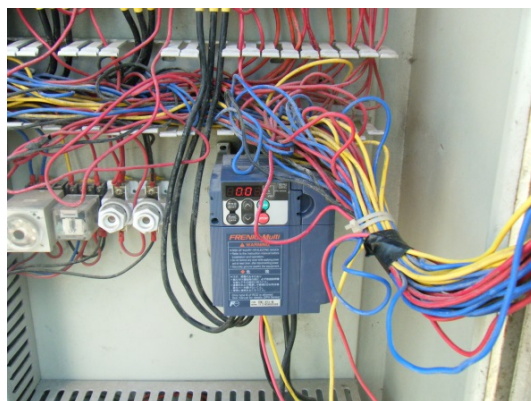
รูปที่ 10 ถังเก็บน้ำที่มีขนาดความจุเพียงพอต่อการใช้งานในแต่ละวัน



รูปที่ 11 สายพานลำเลียงวัสดุ จะนำวัสดุมวลรวมและปูนซีเมนต์ เข้าสู่ห้องผสม



รูปที่ 12 ห้องผสม เป็นห้องที่วัสดุทุกอย่างมาผสมกันก่อนที่จะนำวัสดุผสมปูนซีเมนต์ไปใช้งาน ภายในห้องผสม จะประกอบไปด้วยใบกวนและหัวจ่ายน้ำ กวนเพื่อให้วัสดุผสมคลุกเคล้ากัน



รูปที่ 13 ห้องควบคุมหรือตู้ควบคุม ใช้สำหรับควบคุมการเปิดปิดส่วนต่างๆของโรงผสม

หลักการทำงานของโรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง

โรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง จะจัดสัดส่วนของวัสดุมวลรวมและปูนซีเมนต์ โดยส่งจากยังผ่านสายพานลำเลียงหรือเครื่องป้อนอื่นใดผ่านเข้าไปยังโรงผสมอย่างต่อเนื่อง ปริมาณของวัสดุมวลรวม ปูนซีเมนต์ และน้ำจะถูกควบคุมโดยเครื่องควบคุมอัตโนมัติ

ระบบการป้อนวัสดุรวมเข้าสู่โรงผสมอาจจะเป็นระบบทางกลหรือทางไฟฟ้าก็ได้ แต่ควรเป็นระบบเดียวกันกับระบบการป้อนปูนซีเมนต์

ข้อควรระวังของโรงผสมแบบต่อเนื่อง

- ห้องผสมควรมีความยาวเพียงพอที่จะผสมคลุกเคล้าวัสดุรวม ปูนซีเมนต์และน้ำ ให้เข้ากันได้เป็นอย่างดี
- การปล่อยวัสดุเข้าไปในห้องผสม ควรพิจารณาให้สอดคล้องกับความสามารถในการรองรับวัสดุของห้องผสม
- หมั่นตรวจสอบ รูปร่าง ลักษณะ ความสึกหรอของใบกวนในห้องผสมอยู่เป็นประจำ
- ระบบจ่ายน้ำในห้องผสมจะต้องฉีดพ่นน้ำได้สม่ำเสมอและกระจายทั่วถึงวัสดุตลอดการผสม
- ตำแหน่งของระบบจ่ายน้ำในห้องผสมควรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้วัสดุรวมและปูนซีเมนต์ได้ผสมคลุกเคล้าเข้ากันก่อนผสมกับน้ำ

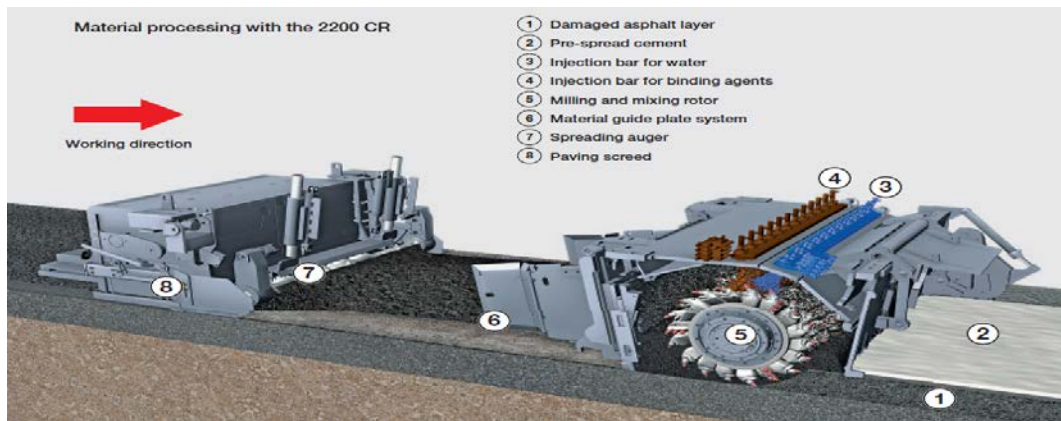
2. เครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ (Travelling Mixing Machine)

เครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ จะเป็นแบบที่มีใบมีดผสมแบบแกนหมุน (Mechanical Rotor) ซึ่งผสมได้ตลอดความลึก สำหรับผสมวัสดุต่างๆเข้าด้วยกัน และต้องมีเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จ่ายปูนซีเมนต์และ/หรือน้ำ ที่สามารถควบคุมอัตราการจ่ายได้อย่างสม่ำเสมอตามปริมาณที่กำหนด

หลังจากที่ทำการศึกษารายละเอียดต่างๆ ของรูปแบบลักษณะในการก่อสร้างแล้ว เครื่องจักรที่จะนำมาทำการก่อสร้างจะเป็นสิ่งสำคัญที่ตามมา กล่าวคือ เครื่องจักรที่จะนำมาใช้นั้นมีความเหมาะสมกับลักษณะการทำงาน, มีประสิทธิภาพในการทำงานครบถ้วนสมบูรณ์และเหมาะสมกับพื้นที่ในการทำงานหรือไม่ ซึ่งลักษณะการทำงานในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีลักษณะการทำงานโดยวิธีหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ที่ไม่มีการอาศัยความร้อนในการดำเนินการ (Cold In - Place Recycling, CIR) พร้อมกับเครื่องปาดหน้า (Paver) มีความสามารถในการผสมทั้งหินมวลรวม, โฟมแอสฟัลต์ และปูนซีเมนต์ผสมน้ำ และมีความสามารถในการใช้เป็นเครื่องจักรสำหรับชุดไสและชุดตัดผสม

เครื่องจักรสำหรับชุดตัดผสม

เครื่องจักรสำหรับชุดตัดผสมจะต้องมีลักษณะที่มีการเคลื่อนที่ มีใบมีดผสม คลุกเคล้าได้ดีตลอดความลึก สำหรับผสมวัสดุรวม วัสดุผสมเพิ่มและน้ำ ให้เข้ากันได้อย่างดี ดังรูปที่ 14 มีเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จ่ายวัสดุหรือสารผสมเพิ่มร่วมด้วยทั้งในตัวเองและเป็นแบบชุดเครื่องจักรอื่นประกอบ ดังรูปที่ 15 และรูปที่ 16 ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงแล้ว



รูปที่ 14 ลักษณะการทำงานขณะทำงานของเครื่องจักร



รูปที่ 15 ชุดเครื่องจักรประกอบการทำงานกับเครื่องผสมเคลื่อนที่



รูปที่ 16 ตัวอย่างเครื่องจักรชุดตัดผสมแบบเคลื่อนที่ (Wirtgen Thailand)

เครื่องจักรสำหรับชุดตัดผสม ที่ใช้ในการทำงานในประเทศไทย

เครื่องจักรที่ใช้กับงานทางในประเทศไทย มีหลากหลายยี่ห้อ เนื่องจากปริมาณงานที่ดำเนินการก่อสร้างสร้างและบูรณะโดยใช้เครื่องจักรชุดตัดผสมวัสดุเดิมและปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ เริ่มมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยปัจจุบันงานทางในประเทศไทยต้องมีการซ่อมแซม บูรณะและก่อสร้างมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณจราจรและการเติบโตทางอุตสาหกรรม อีกทั้งการดำเนินการด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่ลดค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ปริมาณการดำเนินงานมีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้มีเครื่องจักรหลากหลายรูปแบบเข้าสู่กระบวนการทำงาน ตัวอย่างเช่น

Wirtgen



รูปที่ 17 เครื่องจักรชุดตัดผสม Wirtgen รุ่น Cold Recycler 2200 CR



รูปที่ 18 เครื่องจักรสำหรับผสมน้ำปูนซีเมนต์ (Slurry Mixer) รุ่น WM 1000



รูปที่ 19 เครื่องจักรสำหรับโรยปูนซีเมนต์ (Binding agent spreader MC Series)

Caterpillar



รูปที่ 20 เครื่องจักรสำหรับ Recycling CAT รุ่น RM500 ทำงานในลักษณะการปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์

CMI



รูปที่ 21 เครื่องจักรสำหรับ Recycling CMI รุ่น PR-800-7

Bomag



รูปที่ 22 เครื่องจักรสำหรับ Recycling Bomag รุ่น RS446D

Sakai



รูปที่ 23 เครื่องจักรสำหรับ Recycling Sakai รุ่น PM550, PM550-s

Roadtec



รูปที่ 24 เครื่องจักรสำหรับ Recycling Roadtec รุ่น SX-6

2.1 เครื่องจักรชุดติดตั้งผสมทำงานร่วมกับรถแบบโรยปูนซีเมนต์ (Spread Type)

จะมีลักษณะการทำงานแบบโรยปูนซีเมนต์ลงบนพื้นผิวที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพ โดยปริมาณของปูนซีเมนต์นั้นจะสามารถปรับได้ตามที่ออกแบบไว้ ทั้งนี้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วของรถโรยปูนซีเมนต์ ซึ่งลักษณะการทำงานจะมี 2 แบบหลักๆ คือ การทำงานแบบร่วมกันทำงานและแยกกันทำงานระหว่างเครื่องจักรชุดติดตั้งผสมและรถโรยปูนซีเมนต์

1) การทำงานแบบร่วมกันระหว่างเครื่องจักรชุดติดตั้งผสมและรถโรยปูนซีเมนต์ ลักษณะการทำงานของเครื่องจักรจะมีการเคลื่อนที่เป็นขบวนต่อเนื่อง ดังรูปที่ 25, รูปที่ 26 และรูปที่ 27



รูปที่ 25 ชุดเครื่องจักรประกอบด้วย รถบรรทุกน้ำใช้ลากจูง รถปูนซีเมนต์และเครื่องจักรชุดติดตั้งผสม



รูปที่ 26 แผงควบคุมรถโรยปูนซีเมนต์



รูปที่ 27 ความกว้างแผงโรยปูนซีเมนต์

2) การทำงานแบบแยกกันระหว่างเครื่องจักรชุดตัดผสมและรถโรยปูนซีเมนต์ ลักษณะการทำงานมีความยืดหยุ่น รวดเร็ว แต่ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ได้จะไม่สัมพันธ์กันกับการทำงาน ทำให้ต้องมีการควบคุมรถโรยปูนซีเมนต์ขณะทำงานแยกกัน ซึ่งอาจมีความยุ่งยากซับซ้อน ดังรูปที่ 28, รูปที่ 29 และรูปที่ 30



รูปที่ 28 การทำงานของรถโรยปูนซีเมนต์ลงบนผิวทางก่อนทำการชุดตัดผสม



รูปที่ 29 การทำงานของชุดรถชุดตัดผสมและรถน้ำขณะทำงานตามหลังรถโรยปูนซีเมนต์



รูปที่ 30 การสุ่มตรวจสอบปริมาณปูนซีเมนต์โดยใช้ถาดรอง



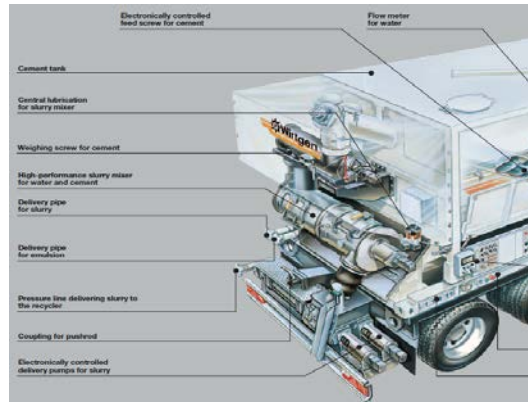
รูปที่ 31 การตรวจสอบปริมาณปูนซีเมนต์โดยใช้ผ้าใบ

2.2 เครื่องจักรชุดตัดผสมทำงานร่วมกับรถผสมน้ำปูนซีเมนต์ (Slurry Mixer)

มีลักษณะการทำงานแบบเดินตามกันเป็นขบวนโดยมีรถน้ำ, รถผสมน้ำปูนซีเมนต์และรถชุดตัดผสมมีลักษณะดังรูปที่ 32



รูปที่ 32 ชุดเครื่องจักรประกอบด้วย รถบรรทุกน้ำใช้ลากจูง รถปูนซีเมนต์ และเครื่องจักรชุดตัดผสม



รูปที่ 33 รถสำหรับผสมน้ำปูนซีเมนต์ (Slurry Mixer)



รูปที่ 34 การเก็บตัวอย่างน้ำปูนซีเมนต์จากห้องผสม



รูปที่ 35 ลักษณะของน้ำปูนซีเมนต์ที่ได้จากการผสม

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรชุดตัดผสมร่วมกับเครื่องจักรผสมน้ำปูนซีเมนต์ (Slurry Mixer)

ตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความกว้าง และความลึกในการชุดตัดผสม ปริมาณปูนซีเมนต์ และน้ำ จากการออกแบบอัตราส่วนผสม (Mix Design) รวมไปถึงหน่วยน้ำหนักของวัสดุ เป็นต้น ที่หน้าจอร์บบควบคุมการทำงาน (Micro Processor Control) ดังรูปที่ 36



รูปที่ 36 การตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จอร์บบควบคุมการทำงาน (Micro Processor Control)

เครื่องจักรผสมน้ำปูนซีเมนต์ Slurry Mixer เริ่มทำงาน โดยทำการปล่อยปูนซีเมนต์ และน้ำเข้าห้องผสม ดังรูปที่ 37



รูปที่ 37 ระบบจ่ายน้ำ และปูนซีเมนต์มายังห้องผสม

เครื่องจักรดำเนินการผสมปูนซีเมนต์ และน้ำ ในห้องผสมจนได้น้ำปูนซีเมนต์ (Cement Slurry) ที่เพียงพอสำหรับการส่งไปยังเครื่องจักรชุดตัดผสมดังรูปที่ 38



รูปที่ 38 ห้องผสมน้ำปูนซีเมนต์

เครื่องส่งน้ำปูนซีเมนต์ (Electronically Controlled Delivery Pumps for Slurry) ส่งน้ำปูนซีเมนต์ไปยังเครื่องจักรชุดตัดผสมโดยมีอัตราการไหลของน้ำปูนซีเมนต์แปรผันไปตามความเร็วของเครื่องจักรชุดตัดผสม ดังรูปที่ 39



รูปที่ 39 เครื่องส่ง และสายส่งน้ำปูนซีเมนต์ ไปยังเครื่องจักรชุดตัดผสม

เครื่องจักรชุดตัดผสม ทำการชุดตัดผสมวัสดุกับน้ำปูนซีเมนต์ที่ฉีดมาจากสายส่งน้ำปูนซีเมนต์ของเครื่องผสมน้ำปูนซีเมนต์ ดังรูปที่ 40



รูปที่ 40 การชุดตัดผสมวัสดุชั้นทาง

วัสดุที่ถูกปรับปรุงคุณภาพถูกลำเลียงไปยังพื้นที่ทำการก่อสร้างต่อไป ดังรูปที่ 41 และรูปที่ 42



รูปที่ 41 การลำเลียงวัสดุที่ถูกปรับปรุงคุณภาพ



รูปที่ 42 กระบวนการก่อสร้างชั้นทาง

บทที่ 3

การสอบเทียบเครื่องจักรเครื่องมือที่ใช้ในงานชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์

1. การสอบเทียบโรงผสมแบบติดตั้งอยู่กับที่ (Central Mixing Plant Calibration)

1.1 การสอบเทียบโรงผสมแบบชุด (Batch Mixing Plant Calibration)

การสอบเทียบโรงผสม (Calibrate Plant) จะแบ่งเป็น 3 ส่วน ตามแต่ชนิดของวัสดุผสม คือ

- การสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักของยั้ววัสดุมวลรวม
- การสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักของปูนซีเมนต์
- การสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักของน้ำ

ก่อนทำการสอบเทียบเครื่องชั่ง จะต้องให้เจ้าหน้าที่ของบริษัทผู้ติดตั้งเครื่องชั่งน้ำหนัก ได้ตรวจสอบและตั้งค่าต่างๆ ของเครื่องชั่งให้อยู่ในเกณฑ์ที่พร้อมจะทำการสอบเทียบ

การสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักของยั้ววัสดุมวลรวม

1. ตรวจสอบจอแสดงผลเครื่องชั่งของยั้ววัสดุมวลรวมว่ามีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ ถ้าไม่ได้ให้ตั้งค่าใหม่



รูปที่ 43 การตั้งค่าจอแสดงผลเครื่องชั่งน้ำหนัก

2. ใส่ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 20 กิโลกรัมบนเครื่องซึ่งวัสดุมวลรวม จนถึงค่าน้ำหนักสูงสุดของห้องผสม ที่จะผสมได้ พร้อมจดบันทึกค่า



รูปที่ 44 การใส่ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

3. ลดตุ้มน้ำหนักมาตรฐานทีละชุดเพื่อตรวจสอบเครื่องซึ่งน้ำหนักกรณีที่มีน้ำหนักลดลง (Rebound) ออกจนหมด พร้อมจดบันทึกค่า



รูปที่ 45 การลดตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

4. ทำซ้ำ ตามข้อ 2 และข้อ 3 อีกครั้ง พร้อมจดบันทึกค่าและคำนวณเพื่อหาค่าความผิดพลาดของเครื่องจักร

โครงการ : ทางหลวงหมายเลข 3138 สาย อ.บ้านบึง - อ.บ้านค่าย ตอน 4

CALIBRATE เครื่องชั่ง : Aggregate

PLANT CONCRETE : บริษัท วนิชชัยก่อสร้าง (1979) จำกัด

สถานที่ตั้งโรงงาน : เลขที่ 14/1 หมู่ 1 ต.หนองบัว อ.บ้านค่าย จ.

ระยอง

DATE : 9 ธันวาคม 2558

No.	Standard Load (กก.)	Add Load (กก.)	Release Load (กก.)	Add Load (กก.)	Release Load (กก.)	Average (กก.)	Error of Reading %
	x	y ^{1st}	y ^{2nd}	y ^{3rd}	y ^{4th}	y	
	0	0	0	0	0	0	-
1	100	100	100	100	100	100.0	0.00
2	200	200	200	200	200	200.0	0.00
3	300	300	300	300	300	300.0	0.00
4	400	400	400	400	395	398.8	-0.31
5	500	500	495	500	500	498.8	-0.25
6	600	600	600	600	600	600.0	0.00
7	700	700	700	700	700	700.0	0.00
8	800	800	800	800	795	798.8	-0.16
9	900	900	895	900	900	898.8	-0.14
10	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000.0	0.00
11	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100.0	0.00
12	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200.0	0.00
13	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300.0	0.00
14	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400.0	0.00
15	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500.0	0.00
Average							-0.06

หมายเหตุ : กำหนดเกณฑ์การยอมรับของเครื่องชั่ง ค่า Error = ± 0.50 % of Reading

: อัตราการผลิต 0.50 ม³/ครั้ง

โครงการ : ทางหลวงหมายเลข 3138 สาย อ.บ้านบึง - อ.บ้านค่าย ตอน 4

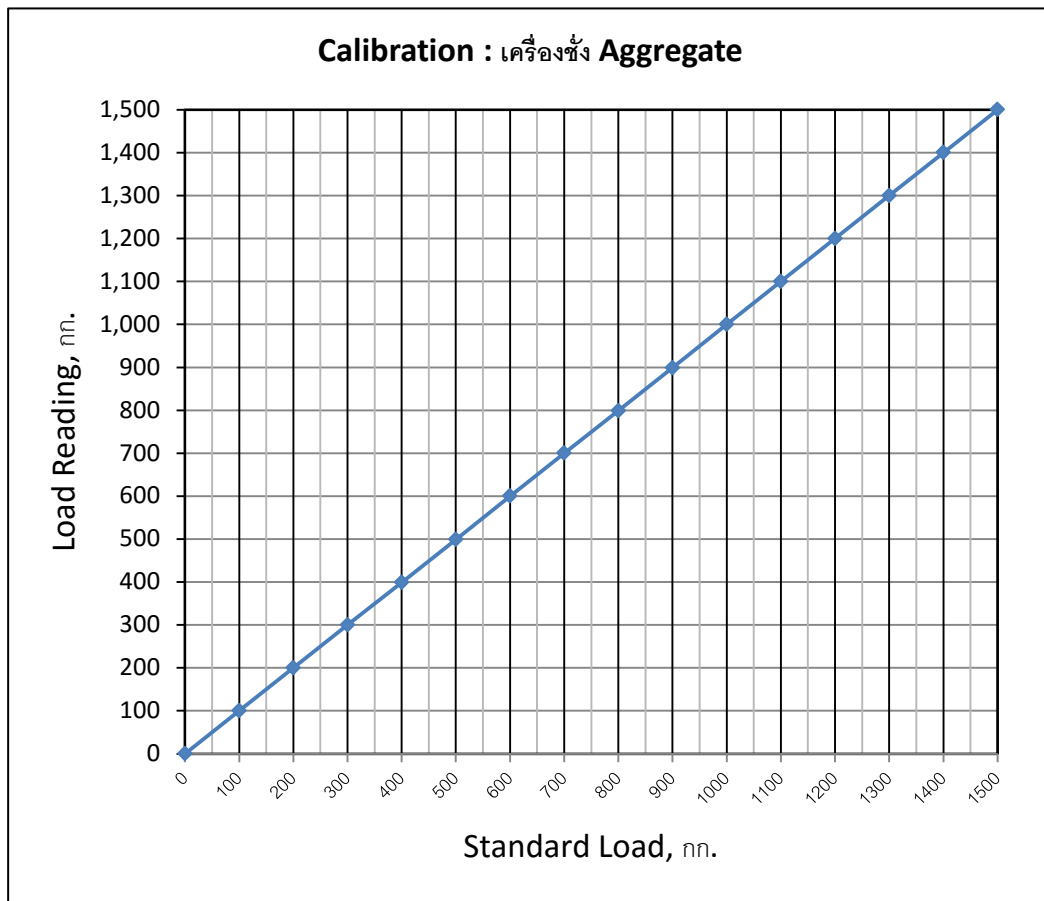
CALIBRATE เครื่องชั่ง : Aggregate

PLANT CONCRETE : บริษัท วณิชชัยก่อสร้าง (1979) จำกัด

สถานที่ตั้งโรงงาน : เลขที่ 14/1 หมู่ 1 ต.หนองบัว อ.บ้านค่าย จ.

ระยอง

DATE : 9 ธันวาคม 2558



การสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักของปูนซีเมนต์

1. ตรวจสอบหน้าจอแสดงผลเครื่องชั่งของปูนซีเมนต์ว่ามีค่า เท่ากับ 0 หรือไม่ ถ้าไม่ได้ให้ตั้งค่าใหม่



รูปที่ 46 การตรวจสอบจอแสดงผลค่าน้ำหนักเริ่มต้นของเครื่องชั่งปูนซีเมนต์

2. ใส่ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 20 กิโลกรัม จนถึงค่าน้ำหนักสูงสุดของปูนซีเมนต์ ที่จะใช้ผสมกับวัสดุมวลรวม พร้อมจดบันทึกค่า



รูปที่ 47 การใส่ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

3. ลดตัมน้ำหนักมาตรฐานทีละชุด เพื่อตรวจสอบเครื่องชั่งน้ำหนักกรณีที่มีน้ำหนักลดลง (Rebound) จนหมด พร้อมจดบันทึกค่า



รูปที่ 48 การลดตัมน้ำหนักมาตรฐาน

4. ทำซ้ำ ตามข้อ 2 และข้อ 3 อีกครั้ง พร้อมจดบันทึกค่าและคำนวณเพื่อหาค่าความผิดพลาดของเครื่องจักร

โครงการ : ทางหลวงหมายเลข 3138 สาย อ.บ้านบึง - อ.บ้านค่าย ตอน 4

CALIBRATE เครื่องชั่ง : Cement

PLANT CONCRETE : บริษัท วนิชชัยก่อสร้าง (1979) จำกัด

สถานที่ตั้งโรงงาน : เลขที่ 14/1 หมู่ 1 ต.หนองบัว อ.บ้านค่าย จ.ระยอง

DATE : 9 ธันวาคม 2558

No.	Standard Load (กก.)	Add Load (กก.)	Release Load (กก.)	Add Load (กก.)	Release Load (กก.)	Average (กก.)	Error of Reading
	x	y ^{1st}	y ^{2nd}	y ^{3rd}	y ^{4th}	y	%
	0	0	0	0	0	0	-
1	20	20	20	20	20	20	0.00
2	40	40	40	40	40	40	0.00
3	60	60	60	60	60	60	0.00
4	80	80	80	80	80	80	0.00
5	100	100	100	100	100	100	0.00
6	120	120	120	120	120	120	0.00
7	140	140	140	140	140	140	0.00
8	160	160	160	160	160	160	0.00
9	180	180	180	180	180	180	0.00
10	200	200	200	200	200	200	0.00
Average							0.00

หมายเหตุ : กำหนดเกณฑ์การยอมรับของเครื่องชั่ง ค่า Error = ± 0.50 % of Reading

: อัตรา กำลังการผลิต 0.50 ม³/ครั้ง

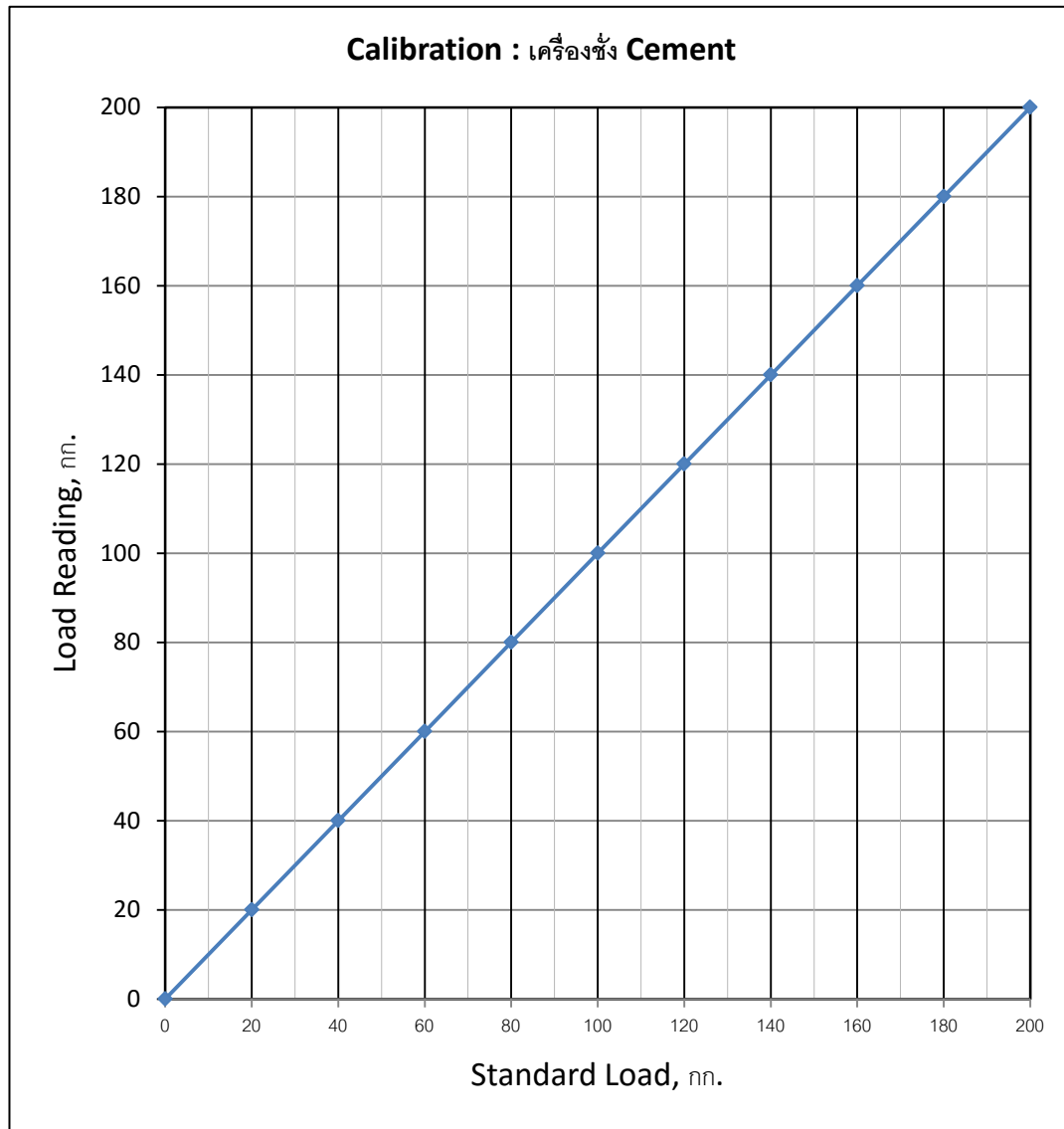
โครงการ : ทางหลวงหมายเลข 3138 สาย อ.บ้านบึง - อ.บ้านค่าย ตอน 4

CALIBRATE เครื่องชั่ง : Cement

PLANT CONCRETE : บริษัท วนิชชัยก่อสร้าง (1979) จำกัด

สถานที่ตั้งโรงงาน : เลขที่ 14/1 หมู่ 1 ต.หนองบัว อ.บ้านค่าย จ.ระยอง

DATE : 9 ธันวาคม 2558



การสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักของน้ำ

1. ตรวจสอบหน้าจอแสดงผลเครื่องชั่งน้ำว่ามีค่า เท่ากับ 0 หรือไม่ ถ้าไม่ได้ให้ตั้งค่าใหม่ พร้อมตรวจสอบโหลดเซลล์และภาชนะตวงน้ำว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่



รูปที่ 49 การตรวจสอบหน้าจอและความพร้อมของโหลดเซลล์

2. ใส่ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 20 กิโลกรัม ทีละลูกพร้อมทั้งอ่านค่าบนหน้าจอแสดงผลหลังจากการใส่ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานทุกครั้ง จนกระทั่งถึงค่าน้ำหนักสูงสุดของน้ำที่จะใช้ผสมกับวัสดุมวลรวมและปูนซีเมนต์ตามรายการคำนวณการออกแบบ พร้อมจดบันทึกค่า



รูปที่ 50 การวางตุ้มน้ำหนักมาตรฐานเพื่อสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำ

3. ลดตุ้มน้ำหนักมาตรฐานทีละลูก หลังจากที่ได้วางน้ำหนักมาตรฐานจนถึงค่าน้ำหนักสูงสุดที่สุ่ดตามข้อ 2 แล้ว เพื่อตรวจสอบเครื่องชั่งน้ำหนักกรณีที่มีน้ำหนักลดลง (Rebound) จนหมด พร้อมจดบันทึกค่า

4. ทำซ้ำ ตามข้อ 2 และข้อ 3 อีกครั้ง พร้อมจดบันทึกค่าและคำนวณเพื่อหาค่าความผิดพลาดของเครื่องจักร

โครงการ : ทางหลวงหมายเลข 3138 สาย อ.บ้านบึง - อ.บ้านค่าย ตอน 4

CALIBRATE เครื่องชั่ง : น้ำ

PLANT CONCRETE : บริษัท วนิชชัยก่อสร้าง (1979) จำกัด

สถานที่ตั้งโรงงาน : เลขที่ 14/1 หมู่ 1 ต.หนองบัว อ.บ้านค่าย จ.ระยอง

DATE : 9 ธันวาคม 2558

No.	Standard Load (กก.)	Add Load (กก.)	Release Load (กก.)	Add Load (กก.)	Release Load (กก.)	Average (กก.)	Error of Reading %
	x	y ^{1st}	y ^{2nd}	y ^{3rd}	y ^{4th}	y	
	0	0	0	0	0	0	-
1	20	20	20	20	20	20.0	0.00
2	40	40	40	40	40	40.0	0.00
3	60	60	60	60	60	60.0	0.00
4	80	80	80	80	80	80.0	0.00
5	100	100	100	100	100	100.0	0.00
6	120	120	120	120	120	120.0	0.00
Average							0.000

หมายเหตุ : กำหนดเกณฑ์การยอมรับของเครื่องชั่ง ค่า Error = ± 0.50 % of Reading

: อัตรา กำลังการผลิต 0.50 ม³/ครั้ง

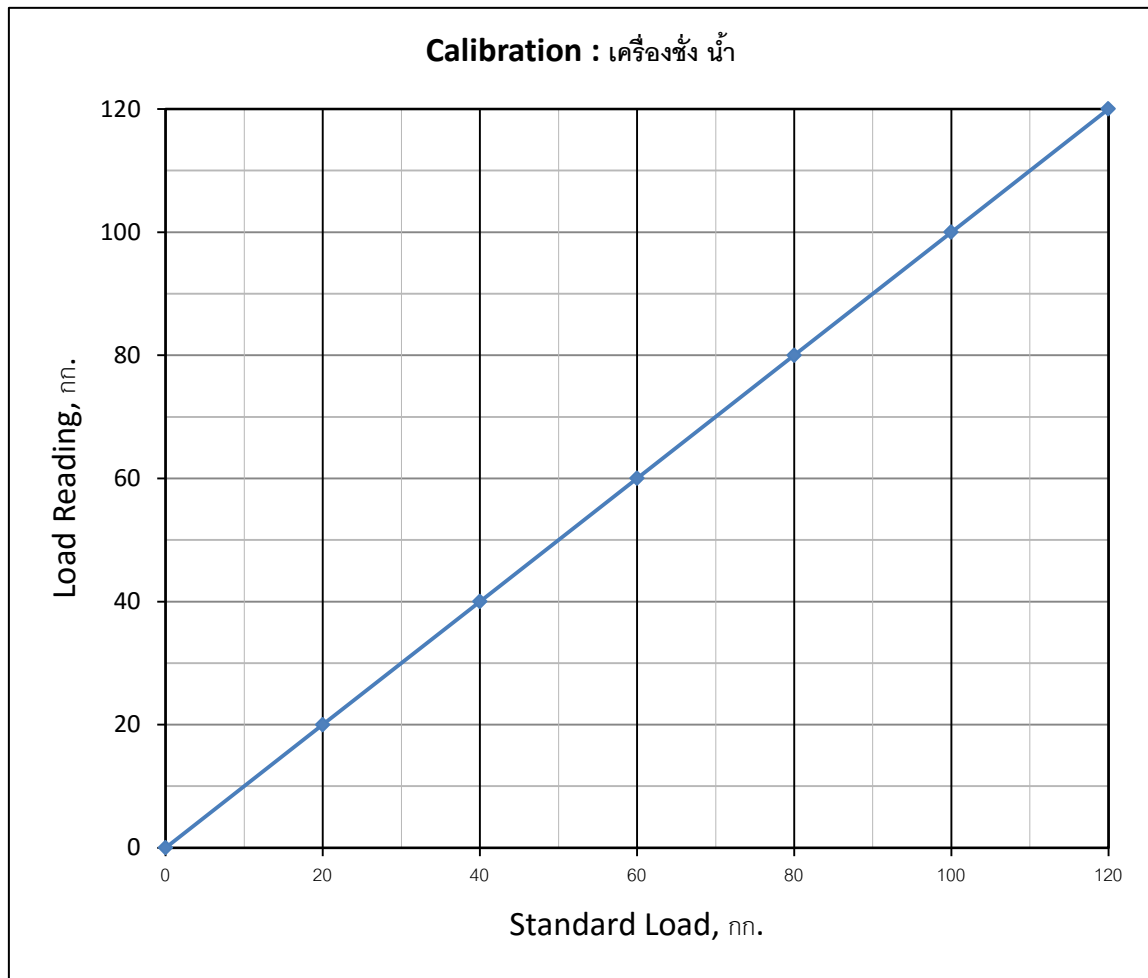
โครงการ : ทางหลวงหมายเลข 3138 สาย อ.บ้านบึง - อ.บ้านค่าย ตอน 4

CALIBRATE เครื่องชั่ง : น้ำ

PLANT CONCRETE : บริษัท วนิชชัยก่อสร้าง (1979) จำกัด

สถานที่ตั้งโรงงาน : เลขที่ 14/1 หมู่ 1 ต.หนองบัว อ.บ้านค่าย จ.ระยอง

DATE : 9 ธันวาคม 2558



เมื่อสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักของวัสดุแต่ละส่วนผสมจนถูกต้องแล้ว ซึ่งเกณฑ์การยอมรับของเครื่องชั่งจะต้องมีค่าความผิดพลาดไม่มากกว่า $\pm 0.50 \%$ ของน้ำหนักที่ชั่ง จึงจะถือว่าเครื่องชั่งอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ จากนั้นจึงเริ่มทำการผสมวัสดุรวมผสมปูนซีเมนต์ ตามอัตราส่วนที่ได้ออกแบบไว้

1.2 การสอบเทียบโรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixing Plant Calibration)

การสอบเทียบโรงผสม (Calibrate Plant) จะแบ่งเป็น 3 ส่วน ตามแต่ละชนิดของวัสดุผสม คือ

- การสอบเทียบอัตราการไหลของวัสดุรวมรวม
- การสอบเทียบอัตราการไหลของปูนซีเมนต์
- การสอบเทียบอัตราการไหลของน้ำ

เมื่อหาอัตราการไหลของวัสดุแต่ละส่วนผสมได้แล้ว จะนำอัตราการไหลของส่วนผสมทั้งสามชนิด มาหาความสัมพันธ์ ให้ได้อัตราส่วนผสมตามที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นจึงไปตั้งค่าโรงผสมให้ได้อัตราการไหลตามที่ต้องการไว้เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

การสอบเทียบอัตราการไหลของวัสดุรวมรวม

1. เปิดปากยั้งที่ใส่วัสดุรวมรวมไว้ จดบันทึกกระยะความสูงของการเปิดปากยั้ง



รูปที่ 51 บันทึกกระยะความสูงของการเปิดปากยั้ง

2. หาค่าความชื้นของวัสดุที่อยู่ในยั้ง



รูปที่ 52 การหาค่าความชื้นของวัสดุที่อยู่ในยั้ง

3. เตรียมรถบรรทุกไว้อย่างน้อย 1 คัน พร้อมกับชั่งน้ำหนักบรรทุกทุกเปล่า



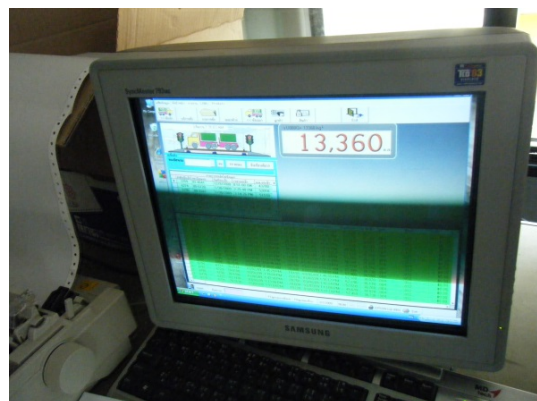
รูปที่ 53 รถบรรทุกสำหรับรองรับวัสดุ

4. เปิดระบบสายพานลำเลียงและห้องผสม พร้อมกับจับเวลาการเปิดระบบ โดยใช้เวลาตามความเหมาะสม แต่น้ำหนักวัสดุที่ผ่านสายพานลำเลียงและห้องผสมควรมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 8 ตัน เพื่อให้การทำงานของระบบคงที่และลดความผิดพลาดของโรงผสม



รูปที่ 54 เปิดระบบสายพานลำเลียงและห้องผสม

5. เมื่อเวลาครบกำหนด ให้ปิดระบบสายพานลำเลียง แล้วนำรถบรรทุกที่ใส่วัสดุไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณวัสดุ



รูปที่ 55 การนำรถบรรทุกที่ใส่วัสดุไปชั่งน้ำหนัก

6. ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง ที่ระยะความสูงของการเปิดปากยังเดิม
7. คำนวณหาอัตราการไหลและอัตราการไหลเฉลี่ยของวัสดุมวลรวม (หน่วย : ตัน/ชั่วโมง)
8. ปรับระยะความสูงของการเปิดปากยัง ที่ระยะต่างๆ อีก อย่างน้อย 3 ค่า แล้วทำการทดลองซ้ำจากข้อ 2 – 7
9. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเฉลี่ยของวัสดุมวลรวม และระยะความสูงของการเปิดปากยัง

CRUSHED ROCK CALIBRATION						
PLANT CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE						
KM. 8+150 LT. 500 M. ROUTE NO. 3414						
วันที่ 24 มีนาคม 2557				เจ้าหน้าที่ วรายุทธ, เอกสิทธิ์		
ครั้งที่	นน.รถ (ตัน)	เวลา (วินาที)	นน.รถ + นน. หินคลุก (ตัน)	นน.หิน คลุก (ตัน)	อัตราการไหล (ตัน/ชม.)	หมายเหตุ ช่องเปิด AVERAGE
1	11.480	300	24.150	12.670	152.040	กว้าง = 7 ซม. wet dry 152.400 148.460 ตัน/ชม.
2	11.480	300	24.160	12.680	152.160	
3	11.480	300	24.230	12.750	153.000	
4	11.480	300	24.180	12.700	152.400	
1	11.480	180	22.420	10.940	218.800	กว้าง = 13 ซม. wet dry 218.350 212.705 ตัน/ชม.
2	11.480	180	22.400	10.920	218.400	
3	11.480	180	22.380	10.900	218.000	
4	11.480	180	22.390	10.910	218.200	
1	11.480	120	21.240	9.760	292.800	กว้าง = 19 ซม. wet dry 292.050 284.499 ตัน/ชม.
2	11.480	120	21.200	9.720	291.600	
3	11.480	120	21.200	9.720	291.600	
4	11.480	120	21.220	9.740	292.200	
1	11.480	90	20.600	9.120	364.800	กว้าง = 25 ซม. wet dry 362.400 353.030 ตัน/ชม.
2	11.480	90	20.510	9.030	361.200	
3	11.480	90	20.550	9.070	362.800	
4	11.480	90	20.500	9.020	360.800	
Can No.			26	15	4	AVERAGE Water Content = 2.7 %
Mass Can + Wet soil (gm.)			364.4	371.6	382.6	
Mass Can + Dry soil (gm.)			355.6	362.8	374.2	
Mass Water (gm.)			8.8	8.8	8.4	
Mass Can (gm.)			34.4	35.5	42.7	
Mass dry soil (gm.)			321.2	327.3	331.5	
Water content (%)			2.7	2.7	2.5	

CRUSHED ROCK CALIBRATION

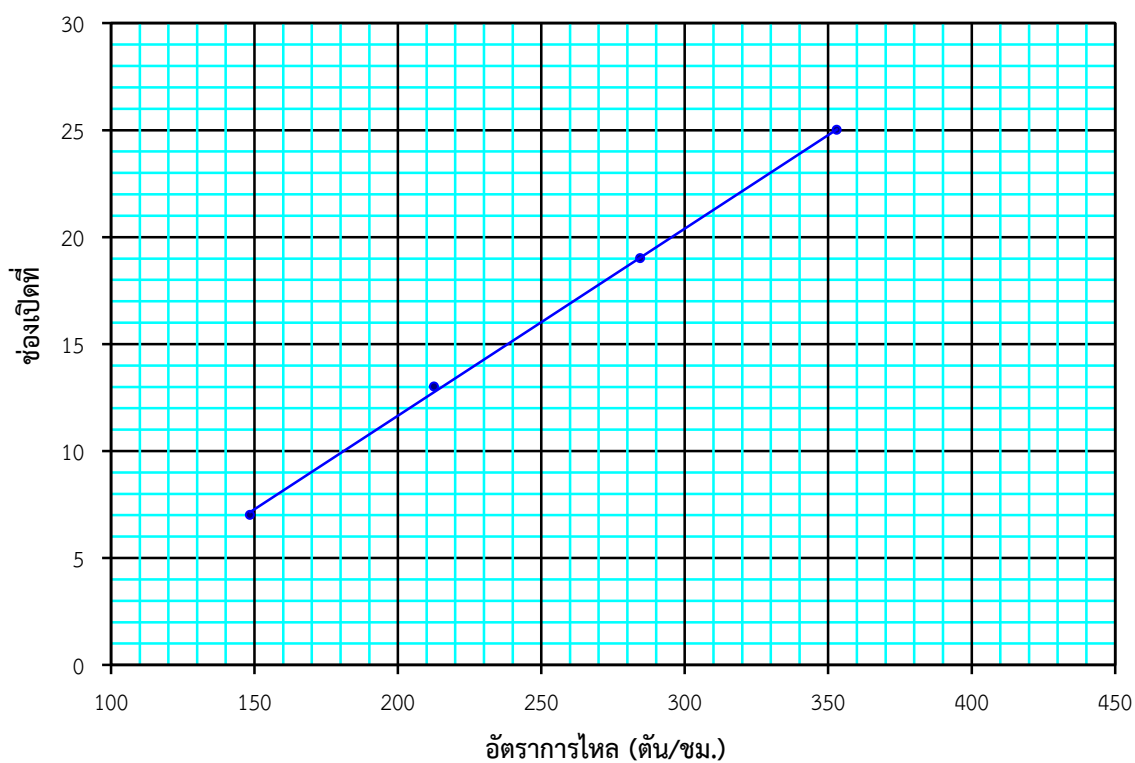
PLANT CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE

KM. 8+150 LT. 500 M. ROUTE NO. 3414

วันที่ 24 มีนาคม 2557

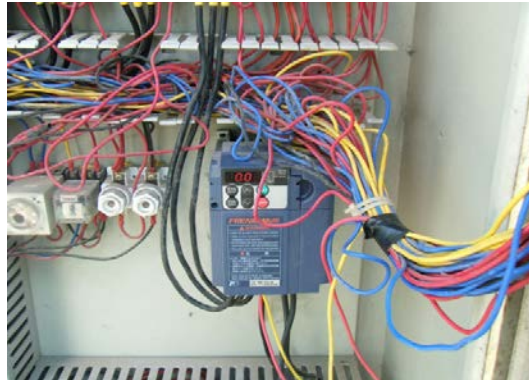
เจ้าหน้าที่ วรายุทธ, เอกสิทธิ์

ช่องเปิด (ชม.)	อัตราการไหล (ตัน/ชม.)
7	148.460
13	212.705
19	284.499
25	353.030



การสอบเทียบอัตราการไหลของปูนซีเมนต์

1. ตั้งความเร็วรอบของสกรูในท่อลำเลียงปูนซีเมนต์



รูปที่ 56 ตั้งค่าความเร็วรอบสกรู

2. เปิดระบบให้สกรูลำเลียงปูนซีเมนต์ทำงาน เพื่อป้องกันความผิดพลาดของการสอบเทียบ ควรปล่อยปูนซีเมนต์ทิ้งไปก่อนเนื่องจากการหมุนของสกรูในช่วงแรกยังไม่ใช่รอบการหมุนที่ตั้งค่าไว้ เมื่อการหมุนของสกรูถึงรอบที่กำหนดให้นำภาชนะหรือกระสอบมารองไว้ที่ปลายท่อลำเลียงปูนซีเมนต์พร้อมกับจับเวลา โดยใช้เวลอย่างน้อย 10 วินาที หรือตามความเหมาะสม



รูปที่ 57 เปิดระบบลำเลียงปูนซีเมนต์

3. เมื่อเวลาครบตามที่กำหนดให้นำภาชนะหรือกระสอบที่ใส่ปูนซีเมนต์ไปชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 58 นำภาชนะหรือกระสอบที่ใส่ปูนซีเมนต์ไปชั่งน้ำหนัก

4. ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง ที่ค่าความเร็วรอบเดิม
5. คำนวณค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของปูนซีเมนต์ (หน่วย : ตัน/ ชม.)
6. เปลี่ยนความเร็วรอบใหม่แล้วทำซ้ำตามขั้นตอน 1-5 โดยให้ความเร็วรอบของสกรูแตกต่างกันอีกอย่างน้อย 3 ค่า
7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของสกรูและอัตราการไหลเฉลี่ย

CEMENT CALIBRATION

PLANT CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE

KM. 8+150 LT. 500 M. ROUTE NO. 3414

วันที่ 24 มีนาคม 2557

เจ้าหน้าที่ วรายุธ, เอกสิทธิ์

ครั้งที่	นน.ถัง (กก.)	เวลา (วินาที)	นน.ถัง + นน. ซีเมนต์ (กก.)	นน. ซีเมนต์ (กก.)	อัตราการไหล (ตัน/ชม.)	หมายเหตุ ความเร็วรอบ/นาที AVERAGE
1	0.0	20	10.20	10.20	1.836	30
2	0.0	20	10.40	10.40	1.872	1.845
3	0.0	20	10.00	10.00	1.800	ตัน/ชม.
4	0.0	20	10.40	10.40	1.872	
1	0.0	20	14.60	14.60	2.628	40
2	0.0	20	14.20	14.20	2.556	2.570
3	0.0	20	14.40	14.40	2.592	ตัน/ชม.
4	0.0	20	13.90	13.90	2.502	
1	0.0	20	19.00	19.00	3.420	50
2	0.0	20	18.50	18.50	3.330	3.371
3	0.0	20	18.60	18.60	3.348	ตัน/ชม.
4	0.0	20	18.80	18.80	3.384	
1	0.0	20	24.20	24.20	4.356	60
2	0.0	20	23.60	23.60	4.248	4.298
3	0.0	20	23.80	23.80	4.284	ตัน/ชม.
4	0.0	20	23.90	23.90	4.302	

CEMENT CALIBRATION

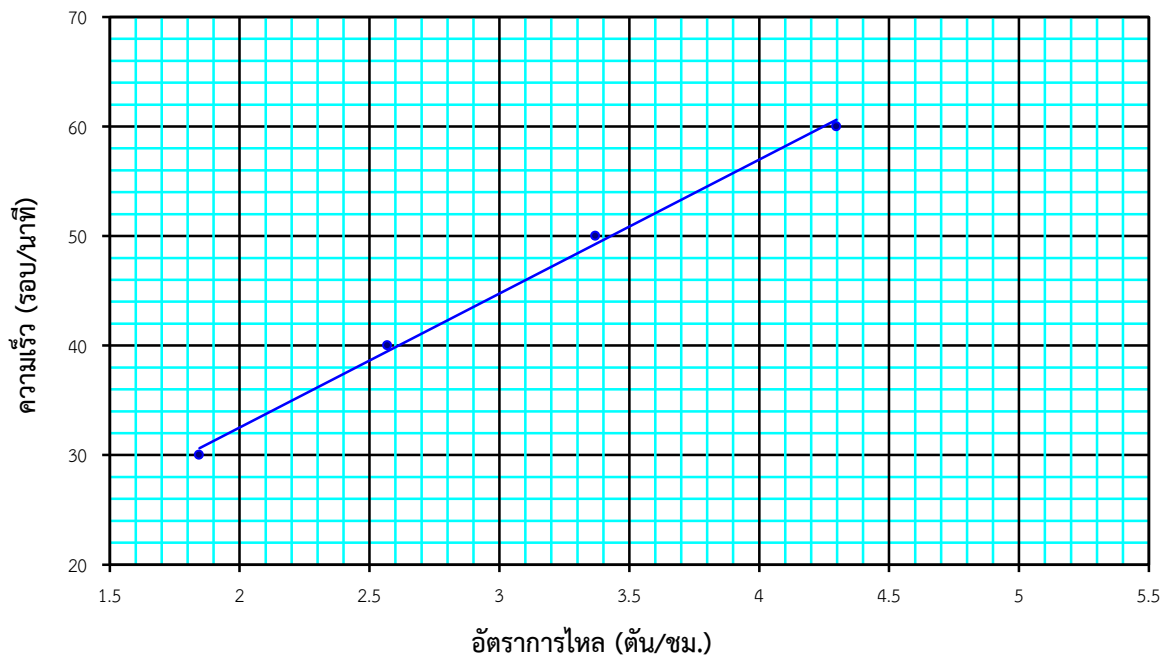
PLANT CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE

KM. 8+150 LT. 500 M. ROUTE NO. 3414

วันที่ 24 มีนาคม 2557

เจ้าหน้าที่ วรายุทธ, เอกสิทธิ์

ความเร็ว (รอบ/นาที)	อัตราการไหล (ตัน/ชม.)
30	1.845
40	2.570
50	3.371
60	4.298



การสอบเทียบอัตราการไหลของน้ำ

1. ปรับตั้งระดับวาล์วน้ำ โดยอาจจะใช้เป็นหมายเลข 1, 2, 3 หรือใช้เป็นองศาแทนก็ได้ตามความเหมาะสม



รูปที่ 59 ปรับตั้งระดับวาล์วน้ำ

2. ชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่าและนำภาชนะมารองไว้ที่ปลายท่อน้ำ



รูปที่ 60 ชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่าและนำมารองรับน้ำ

3. เปิดวาล์วน้ำ พร้อมกับจับเวลาการเปิด โดยใช้เวลาตามความเหมาะสม



รูปที่ 61 จับเวลาขณะปล่อยน้ำ

4. เมื่อเวลาครบตามที่กำหนดให้ปิดวาล์วน้ำ แล้วนำภาชนะรองรับน้ำไปชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 62 นำภาชนะที่รองรับน้ำไปชั่งหาน้ำหนัก

5. ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง ที่ระดับวาล์วน้ำค่าเดิม
6. คำนวณหาค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำ (หน่วย : ตัน/ ชม.)
7. เปลี่ยนระดับวาล์วน้ำใหม่แล้วทำซ้ำตามขั้นตอน 1-6 โดยให้มีค่าระดับของวาล์วน้ำแตกต่างกันอีกอย่างน้อย 3 ค่า
8. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลเฉลี่ยและระดับวาล์วน้ำ

WATER CALIBRATION
PLANT CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE
KM. 8+150 LT. 500 M. ROUTE NO. 3414

วันที่ 24 มีนาคม 2557

เจ้าหน้าที่ วรายุทธ, เอกสิทธิ์

ครั้งที่	นน.ถัง (กก.)	เวลา (วินาที)	นน.ถัง + นน.น้ำ (กก.)	นน.น้ำ (กก.)	อัตราการไหล (ตัน/ชม.)	หมายเหตุ ช่องเปิดวาล์ว AVERAGE
1	13.2	10	29.2	16.0	5.760	1
2	13.2	10	28.6	15.4	5.544	5.652
3	13.2	10	28.8	15.6	5.616	ตัน/ชม.
4	13.2	10	29.0	15.8	5.688	
1	13.2	10	33.9	20.7	7.452	2
2	13.2	10	33.8	20.6	7.416	7.515
3	13.2	10	34.4	21.2	7.632	ตัน/ชม.
4	13.2	10	34.2	21.0	7.560	
1	13.2	10	40.1	26.9	9.684	3
2	13.2	10	40.4	27.2	9.792	9.810
3	13.2	10	40.8	27.6	9.936	ตัน/ชม.
4	13.2	10	40.5	27.3	9.828	
1	13.2	5	29.7	16.5	11.880	4
2	13.2	5	29.5	16.3	11.736	11.772
3	13.2	5	29.6	16.4	11.808	ตัน/ชม.
4	13.2	5	29.4	16.2	11.664	

WATER CALIBRATION

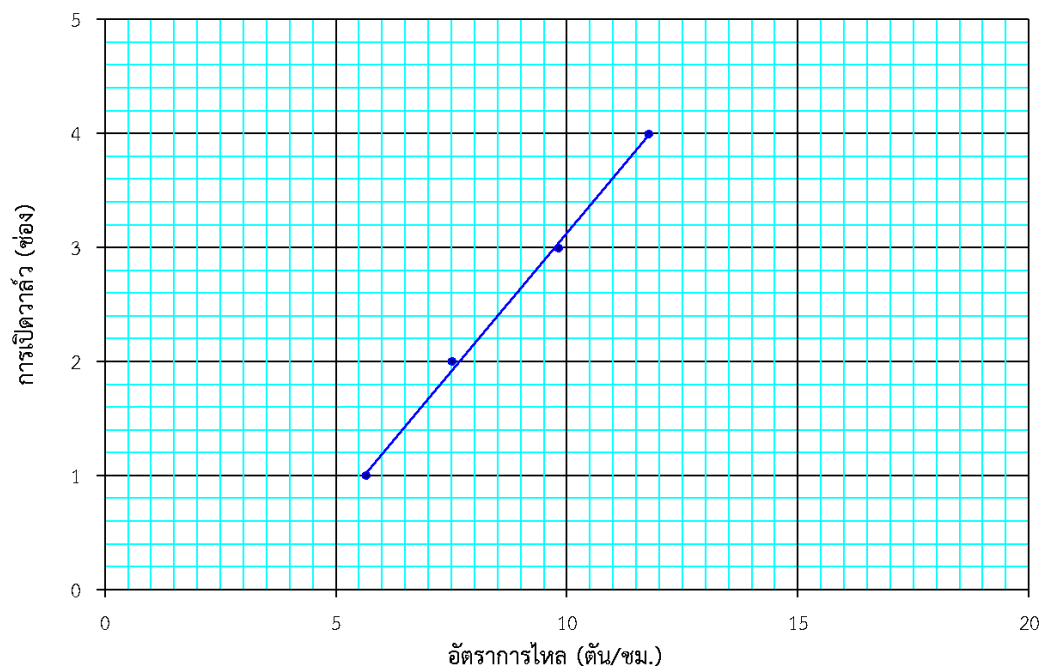
PLANT CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE

KM. 8+150 LT. 500 M. ROUTE NO. 3414

วันที่ 24 มีนาคม 2557

เจ้าหน้าที่ วรยุทธ, เอกสิทธิ์

เปิดวาล์ว (ช่อง)	อัตราการไหล (ตัน/ชม.)
1	5.652
2	7.515
3	9.810
4	11.772



การตั้งค่าโรงผสม

หลังจากที่ได้ทำการสอบเทียบหาอัตราการไหลของส่วนผสมแต่ละชนิดเรียบร้อยแล้ว ให้ตั้งค่าอัตราการไหลของส่วนผสมต่างๆ ให้มีความสัมพันธ์กันโดยเป็นไปตามอัตราส่วนที่ได้ออกแบบไว้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. เลือกกระยะความสูงของปากยุงที่มีความเหมาะสม ซึ่งหาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเฉลี่ยของวัสดุมวลรวมกับกระยะความสูงของการเปิดปากยุง
2. นำอัตราการไหลของวัสดุมวลรวมที่เลือกไว้คำนวณหาอัตราการไหลของปูนซีเมนต์ตามปริมาณปูนซีเมนต์ที่ออกแบบไว้
3. เมื่อได้อัตราการไหลของปูนซีเมนต์ตามข้อ 2.ให้นำไปเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของปูนซีเมนต์และความเร็วรอบของสกรู เพื่อหาความเร็วรอบของสกรูที่ใช้งาน
4. ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม จะใช้ปริมาณน้ำที่ O.M.C. แต่วัสดุมวลรวมมีค่าความชื้น ปริมาณน้ำที่นำไปคำนวณหาการปรับระดับมวลน้ำจึงเป็นปริมาณน้ำที่ O.M.C. ลบความชื้นของวัสดุมวลรวม
5. อัตราการไหลของน้ำจะคำนวณจาก ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมตามข้อ 4. เทียบเป็นสัดส่วนกับผลรวมของอัตราการไหลเฉลี่ยของวัสดุมวลรวมทั้งหมดจากข้อ 1. กับอัตราการไหลของปูนซีเมนต์จากข้อ 2.
6. นำอัตราการไหลของน้ำ ไปเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำและระดับมวลน้ำ เพื่อหาระดับมวลน้ำที่ใช้งาน
7. ตั้งค่ากระยะความสูงของปากยุง ค่าความเร็วรอบของสกรูปล่อยปูนซีเมนต์และระดับมวลน้ำตามที่คำนวณได้ แต่การปรับระดับมวลน้ำจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดขึ้นอยู่กับค่าความชื้นของวัสดุมวลรวม

โครงการฯ ก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3414 สาย พุทธรณทลสาย 5
(รวมสะพานข้ามทางหลวงหมายเลข 338)

PLANT CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE

SUMMARY

PLANT : บ.กรุงธนเอนยีเนียร์ จำกัด KM. 8+150 LT. 500 m. ROUTE NO.
3414

DATE : 24 มีนาคม 2557

TEST BY : วรายุทธ, เอกสิทธิ์

การออกแบบส่วนผสมในท้องปฏิบัติการ

- | | | |
|-----------------|------|---|
| - ปริมาณ CEMENT | 1.85 | % |
| - O.M.C. | 6.3 | % |

อัตราการทำงานของ PLANT จากกราฟ

- | | | | |
|------------------------------|---------|---------|--------------|
| - อัตราการไหลของหินคลุก | | | |
| เปิดช่องเปิด | เท่ากับ | 13 | ชม. |
| อัตราการไหลหินคลุก | เท่ากับ | 212.705 | ตัน/ชม. |
| - อัตราการไหลของ Cement | | | |
| ใช้ Cement 1.85 % | เท่ากับ | 3.935 | ตัน/ชม. |
| จากกราฟใช้ความเร็วรอบ
ที่ | | 56 | รอบ/
นาที |
| - อัตราการไหลของน้ำ | | | |
| Moisture ของหินคลุก | เท่ากับ | 2.7 | % |
| เติมน้ำ | เท่ากับ | 3.6 | % |
| ใช้น้ำ | เท่ากับ | 7.799 | ตัน/ชม. |
| จากกราฟเปิดวาล์วที่ | เท่ากับ | 2.0 | ช่อง |

CRUSHED ROCK CALIBRATION

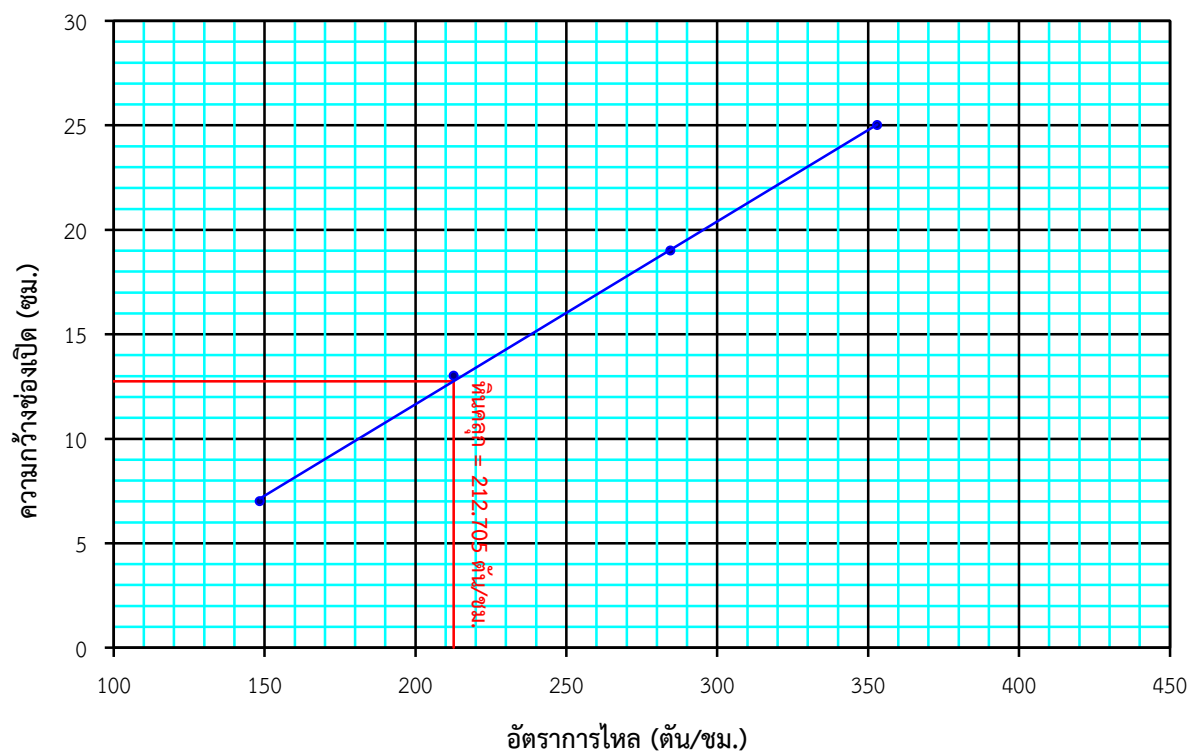
PLANT CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE

KM. 8+150 LT. 500 M. ROUTE NO. 3414

วันที่ 24 มีนาคม 2557

เจ้าหน้าที่ วรายุทธ, เอกสิทธิ์

ความกว้าง ช่องเปิด (ซม.)	อัตราการไหล (ตัน/ชม.)
7	148.460
13	212.705
19	284.499
25	353.030



CEMENT CALIBRATION

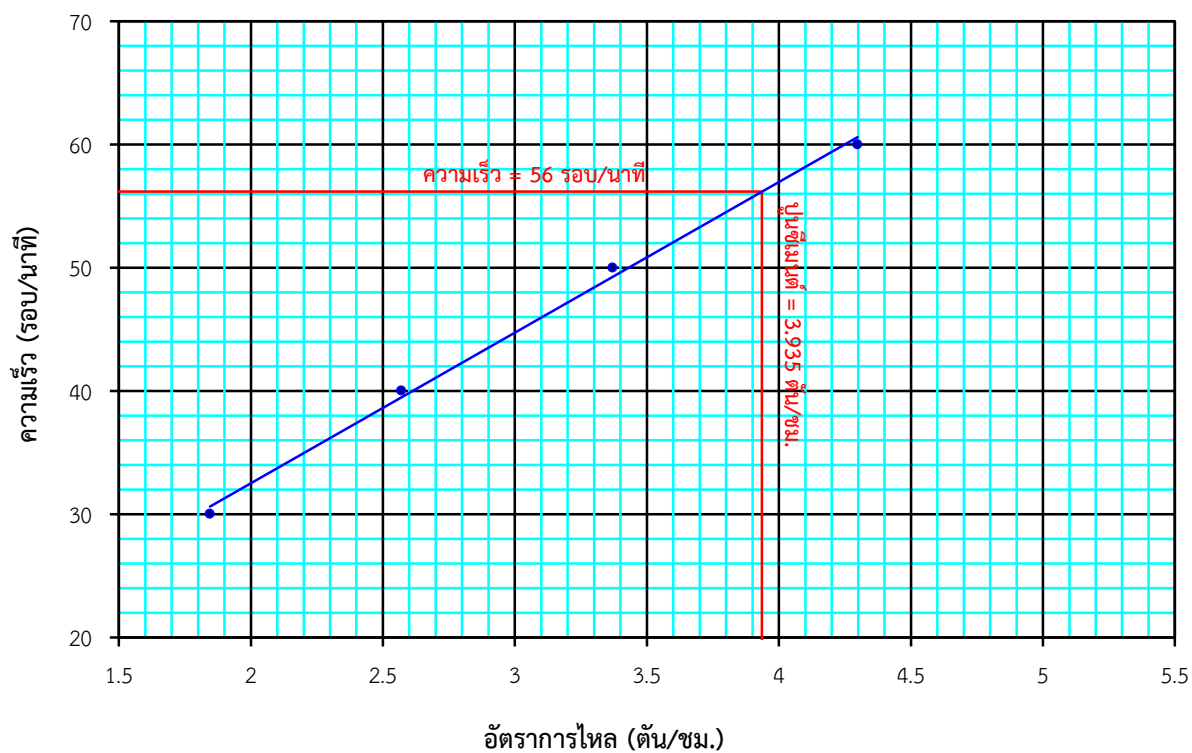
PLANT CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE

KM. 8+150 LT. 500 M. ROUTE NO. 3414

วันที่ 24 มีนาคม 2557

เจ้าหน้าที่ วรายุทธ, เอกสิทธิ์

ความเร็ว (รอบ/นาที)	อัตราการไหล (ตัน/ชม.)
30	1.845
40	2.570
50	3.371
60	4.298



WATER CALIBRATION

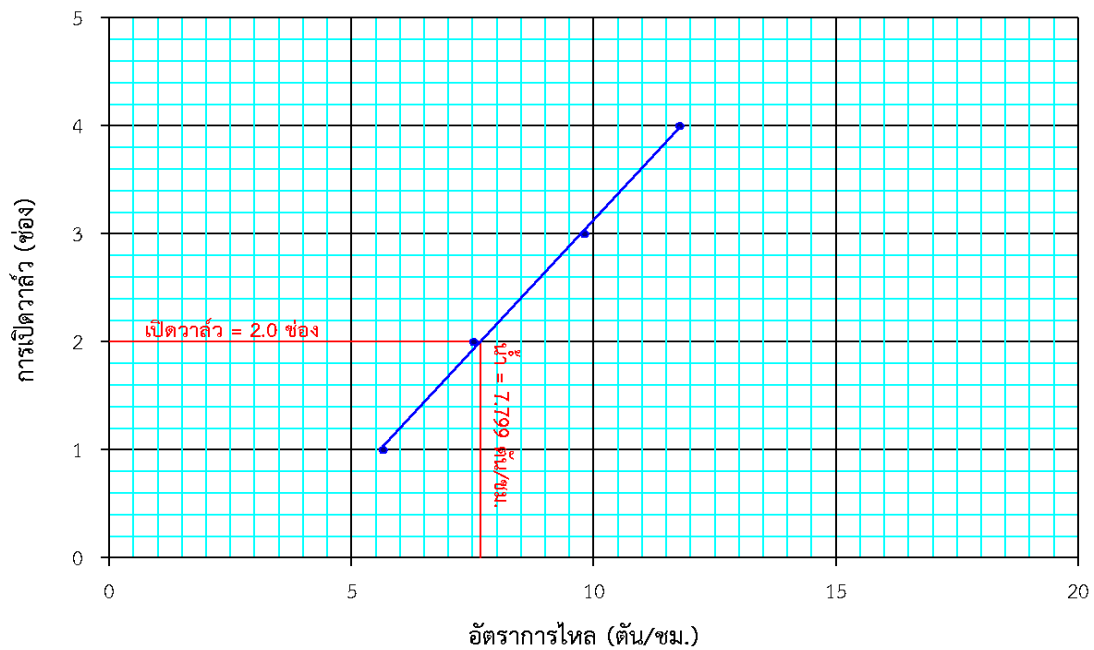
PLANT CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE

KM. 8+150 LT. 500 M. ROUTE NO. 3414

วันที่ 24 มีนาคม 2557

เจ้าหน้าที่ วรายุทธ, เอกสิทธิ์

เปิดวาล์ว (ช่อง)	อัตราการไหล (ตัน/ชม.)
1	5.652
2	7.785
3	9.990
4	11.772



2. การสอบเทียบเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ (Travelling Mixing Machine Calibration)

ภายหลังจากขั้นตอนการศึกษารูปแบบ รายละเอียดต่างๆ การสำรวจความหนาและการออกแบบส่วนผสมในการทำงานแล้ว ก่อนการดำเนินการก่อสร้างหรือการทำการทดลองจะต้องทำการตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องจักร เพื่อประเมินความสามารถในการทำงาน ให้เป็นไปตามส่วนผสมที่ได้ออกแบบไว้ รวมถึงมิติต่างๆ ในการทำงานเช่น ความลึก ความกว้างในการขุดตัดผสม, ความเร็วในการทำงาน, ความสม่ำเสมอในการผสมของส่วนผสมต่างๆ และขนาดคละของวัสดุผสมเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้เพียงใด เป็นต้น ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้จำเป็นต้องดำเนินการอย่างละเอียดและรอบคอบ เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น

การสอบเทียบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

- การสอบเทียบอัตราการปล่อยปูนซีเมนต์
- การสอบเทียบอัตราการปล่อยน้ำ

2.1 การสอบเทียบเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ด้วยวิธีโรยปูนซีเมนต์ (Spread Type)

ขั้นตอนการสอบเทียบอัตราการปล่อยปูนซีเมนต์

1. เจ้าหน้าที่จะต้องทำการศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องจักร วิธีการทำงานของผู้รับจ้างและตรวจสอบรายละเอียดการแสดงผลหน้าจอของรถโรยปูนซีเมนต์ เพื่อวางแผนในการสอบเทียบเนื่องจากรายละเอียดในเครื่องจักรและวิธีการทำงานอาจไม่เหมือนกัน รายละเอียดหลักที่ต้องเข้าใจและตรวจสอบได้แก่ อัตราการโรยปูนต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร หน้ากว้างในการโรยปูนซีเมนต์และอัตราเร็วในการเดินรถ ดังรูปที่ 63



รูปที่ 63 ตัวอย่างหน้าจอแสดงรายละเอียดการทำงานของชุดเครื่องจักร

2. เตรียมอุปกรณ์สำหรับการรองรับปูนซีเมนต์และเครื่องชั่งน้ำหนัก ตัวอย่างเช่น ถาดสี่เหลี่ยมขนาด 50 x 50 เซนติเมตร ผ้าใบและเครื่องชั่งน้ำหนักที่หาน้ำหนักโดยวิธีการแขวนแบบดิจิตอล ดังรูปที่ 64



รูปที่ 64 ตัวอย่างอุปกรณ์รองรับปูนซีเมนต์

3. สอดอุปกรณ์สำหรับรองรับปูนซีเมนต์เข้าไปใต้โรยปูนซีเมนต์ขณะวิ่งอย่างระมัดระวังและนำไปชั่งน้ำหนัก ดังรูปที่ 65



รูปที่ 65 ตัวอย่างการหาปริมาณปูนซีเมนต์

4. ทำซ้ำอีกอย่างน้อย 3 ครั้ง และนำผลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปูนซีเมนต์ที่ได้จากหน้าจอกับปริมาณปูนซีเมนต์ที่โรยได้จริง เพื่อตรวจสอบอัตราการโรยปูนซีเมนต์ว่าตรงกับหน้าจอแสดงผลหรือไม่

ตัวอย่างข้อมูลในการสอบเทียบ

การหาปริมาณปูนที่ต้องการ

น้ำหนักปูนซีเมนต์ต่อความยาว 1 ม.

สูตร น้ำหนักปูน (กก.) =

ความกว้าง(ม.) X ความยาว(ม.) X ความลึก(ม.) X ความหนาแน่น(ตัน/ม.³) X ร้อยละของปูนที่ต้องการ X 1000

- ความกว้างการขุดกัก 2.50 ม. (ปูน 3.5%)

$$2.50 \times 1 \times 0.20 \times 2.277 \times 0.035 \times 1000 = 39.8 \text{ กก.}$$

- ความกว้างการขุดกัก 2.20 เมตร (ปูน 3.5%)

$$2.20 \times 1 \times 0.20 \times 2.277 \times 0.035 \times 1000 = 35.1 \text{ กก.}$$

อัตราการปล่อยปูนซีเมนต์ที่ต้องการ

- คิดปริมาณปูนที่ 3.5 %

- ความลึกการขุดกัก 20 ซม.

- ลาดพื้นที่หน้าตัด $0.50 \times 0.50 \text{ ม.}^2 = 0.25 \text{ ม.}^2$

- ลาดรองปูนซีเมนต์มีน้ำหนัก = 4.76 กก.

- น้ำหนักปูนซีเมนต์ที่ต้องการ

$$0.50 \times 0.50 \times 0.20 \times 2.277 \times 0.035 \times 1000 = 3.98 \text{ กก. ต่อ } 0.25 \text{ ม.}^2$$

- กรณีร่วจริง 2 รอบ

รอบที่	น้ำหนัก ปูนซีเมนต์ (กก./ม. ²)	น้ำหนัก ปูนซีเมนต์ใน ลาด (กก.)	น้ำหนัก รวมลาด (กก.)
1	10	2.50	7.26
2	7	1.75	6.51
รวม	17	4.25	13.77

- น้ำหนักปูนที่พื้นที่ $0.25 \text{ ม.}^2 = 3.98 \text{ กก.}$

1 $\text{ม.}^2 = 15.94 \text{ กก.} < 17 \text{ กก./ม.}^2$ “ใช้ได้”

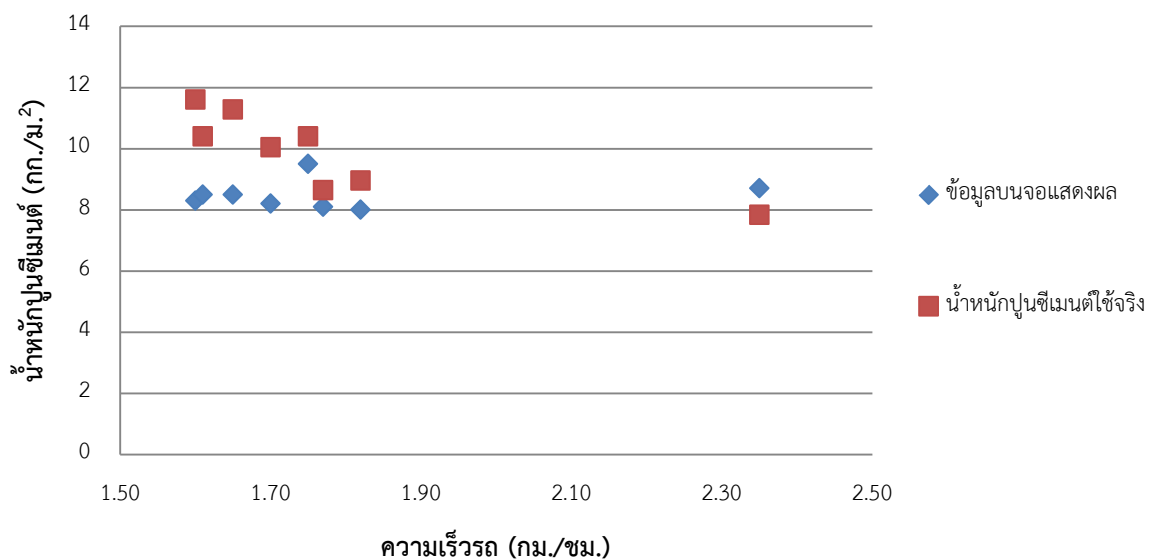
การสอบเทียบเพื่อหาอัตราการใช้ปูนซีเมนต์

ครั้งที่	เที่ยวที่	ข้อมูลบนจอแสดงผล		น้ำหนักปูนซีเมนต์ซึ่งจริง					ผลต่างน้ำหนักซึ่งได้จริงและจอแสดงผล (กก.)
		ความเร็วรถ (กม./ชม.)	น้ำหนักปูนซีเมนต์ (กก./ม ²)	น้ำหนักปูนซีเมนต์ + ถาด (กก.)	น้ำหนักถาด (กก.)	น้ำหนักปูนซีเมนต์ในถาด (กก.)	น้ำหนักปูนซีเมนต์ (กก./ม ²)	น้ำหนักรวม (กก./ม ²)	
1	1	1.60	8.3	7.64	4.74	2.90	11.60	22.88	3.30
	2	1.65	8.5	7.56	4.74	2.82	11.28		2.78
2	1	1.75	9.5	7.34	4.74	2.60	10.40	18.24	0.90
	2	2.35	8.7	6.70	4.74	1.96	7.84		-0.86
3	1	1.61	8.5	7.34	4.74	2.60	10.40	19.36	1.90
	2	1.82	8.0	6.98	4.74	2.24	8.96		0.96
4	1	1.70	8.2	7.25	4.74	2.51	10.04	18.68	1.84
	2	1.77	8.1	6.90	4.74	2.16	8.64		0.54
อัตราเร็วของรถ Recycling							เฉลี่ย	19.79	

ใช้เวลา 14.25 วินาที ระยะทาง 1 ม.

ใช้เวลา 60 วินาที ระยะทาง 4.2 ม.

เปรียบเทียบปริมาณปูนซีเมนต์จากจอแสดงผลและปริมาณปูนซีเมนต์ที่ซึ่งได้จริง



ขั้นตอนการสอบเทียบอัตราการไหลของน้ำ

1. ตรวจสอบหน้าจอและวิธีการตั้งค่าปริมาณน้ำ เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำที่ต้องการ



รูปที่ 66 แสดงแผงควบคุมการตั้งค่าปริมาณน้ำ

2. เตรียมภาชนะสำหรับรองรับน้ำที่จะทำการตรวจวัดอัตราการไหล ทั้งนี้ควรมีความจุเพียงพอ เพื่อรองรับปริมาณน้ำที่อัตราต่างๆ ได้ตามที่กำหนด



รูปที่ 67 ภาชนะสำหรับรองรับน้ำ

3. ชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่าและนำมารองไว้ที่ปลายท่อน้ำ หรือวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังและกำหนดความสูงของปริมาณน้ำ เพื่อนำไปหาปริมาตรน้ำขณะจับเวลา



รูปที่ 68 การชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่า และการหาปริมาตรของภาชนะรองรับน้ำ

4. หาปริมาณน้ำพร้อมจับเวลา เพื่อมาคำนวณอัตราการไหลของน้ำ



รูปที่ 69 การหาอัตราการไหลของน้ำ

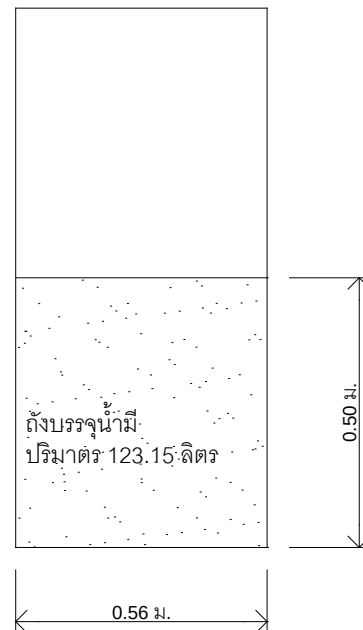
5. ทำซ้ำอีกอย่างน้อย 3 ครั้ง ที่อัตราการเดินของเครื่องจักรที่ต่างกัน และนำผลที่ได้ไปคำนวณ และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยน้ำและอัตราเร็วในการเดินของเครื่องจักร

ตัวอย่างข้อมูลในการสอบเทียบ

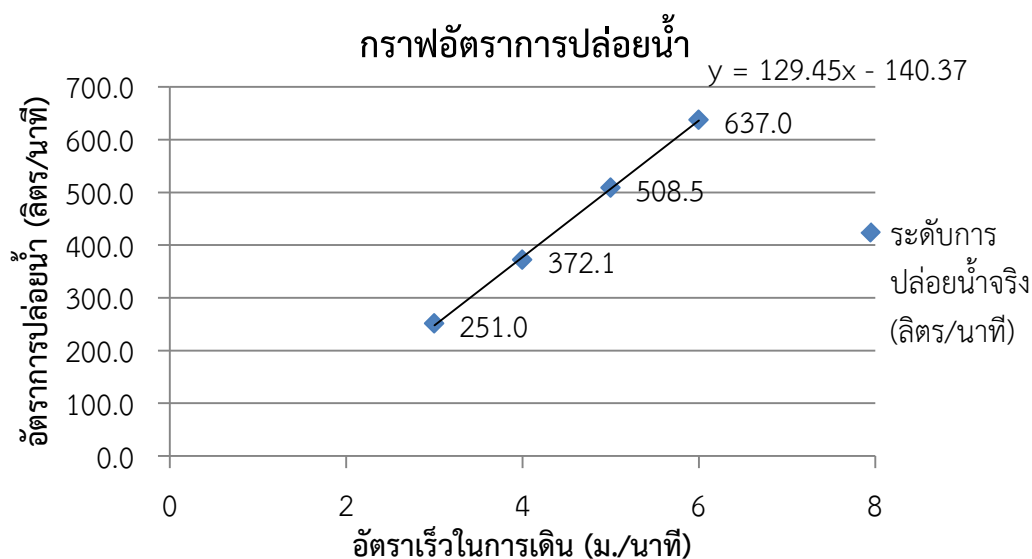
การสอบเทียบเพื่อหาอัตราการปล่อยน้ำ

คำนวณหาปริมาตรของถังและปริมาตรน้ำที่ต้องการ

ความสูงของระดับน้ำ	0.50	ม.
เส้นผ่านศูนย์กลางถัง	0.56	ม.
ปริมาตรน้ำ	0.12	ม. ³
O.M.C.	5.50	%
ความกว้างการขุดกัก	2.50	ม.
ความลึก	0.20	ม.
ความหนาแน่น	2.277	กก./มล.
น้ำที่ต้องการต่อ 1 ม.	62.62	ลิตร
อัตราการเดิน (ม./นาท.)	3	=> 187.85 ลิตร
อัตราการเดิน (ม./นาท.)	4	=> 250.47 ลิตร
อัตราการเดิน (ม./นาท.)	5	=> 313.09 ลิตร
อัตราการเดิน (ม./นาท.)	6	=> 375.71 ลิตร



ครั้งที่	ปริมาตรน้ำ (ลิตร)	เวลา (วินาที)	ระดับการปล่อยน้ำ จริง (ลิตร/นาท.)	ระดับการปล่อยน้ำ ที่ต้องการ (ลิตร/นาท.)	ร้อยละ ของ ผลต่าง	อัตราเร็วใน การเดิน (ม./นาท.)
1	123.15	39.20	188.5	187.85	0.34	3
2	123.15	29.24	252.7	250.47	0.88	4
3	123.15	23.38	316.0	313.09	0.93	5
4	123.15	19.56	377.8	375.71	0.54	6



จากตัวอย่างการสอบเทียบดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความต้องการอัตราการปล่อยปูนซีเมนต์ 15.94 กก./ม^2 ได้ปริมาณปูนซีเมนต์จากการสอบเทียบขณะใช้งานเฉลี่ย 19.79 กก./ม^2
2. อัตราการปล่อยน้ำที่ความเร็ว 3, 4, 5 และ 6 ม./นาที่ คือ 188.5, 252.7, 316.0 และ 377.8 ลิตร/นาที่ ตามลำดับ

2.2 การสอบเทียบเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ด้วยวิธีผสมน้ำปูนซีเมนต์ (Slurry Mixer)

ขั้นตอนการสอบเทียบอัตราการปล่อยปูนซีเมนต์

1. เตรียมพื้นที่สอบเทียบ และติดตั้งรางลำเลียงผงปูนซีเมนต์



รูปที่ 70 การเริ่มต้นเตรียมกระบวนการสอบเทียบ

2. กำหนดพื้นที่ในการสอบเทียบเพื่อหาปริมาณปูนซีเมนต์



รูปที่ 71 กำหนดพื้นที่ในการสอบเทียบ

3. ติดตั้งล้อวัดระยะเพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรหรือสอบเทียบโดยการเคลื่อนที่จริง



รูปที่ 72 การจำลองการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร

4. ตรวจสอบระบบควบคุมการทำงานให้พร้อมใช้งาน



รูปที่ 73 การตรวจสอบระบบควบคุมการทำงาน

5. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการออกแบบที่หน้าจาระบบควบคุมการทำงาน เช่น เปอร์เซนต์ปูนซีเมนต์ ความหนาแน่นแห้งสูงสุดของวัสดุ ความกว้าง และความลึก เป็นต้น



รูปที่ 74 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

6. เปิดระบบควบคุมการทำงานโดยอัตโนมัติเพื่อจำลองสถานการณ์เครื่องจักรขณะปฏิบัติงาน พร้อมวัดระยะไปตามความยาวที่กำหนด และจับเวลาเพื่อหาความเร็วของเครื่องจักร (ม./นาท)



รูปที่ 75 แสดงการทำงานของเครื่องจักรระหว่างการสอบเทียบ

7. ชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์ที่ได้จากการสอบเทียบในแต่ละครั้ง และตรวจสอบความสม่ำเสมอของอัตราการลำเลียงปูนซีเมนต์ จดบันทึกค่าน้ำหนักปูนซีเมนต์เพื่อนำไปคำนวณผลการสอบเทียบ



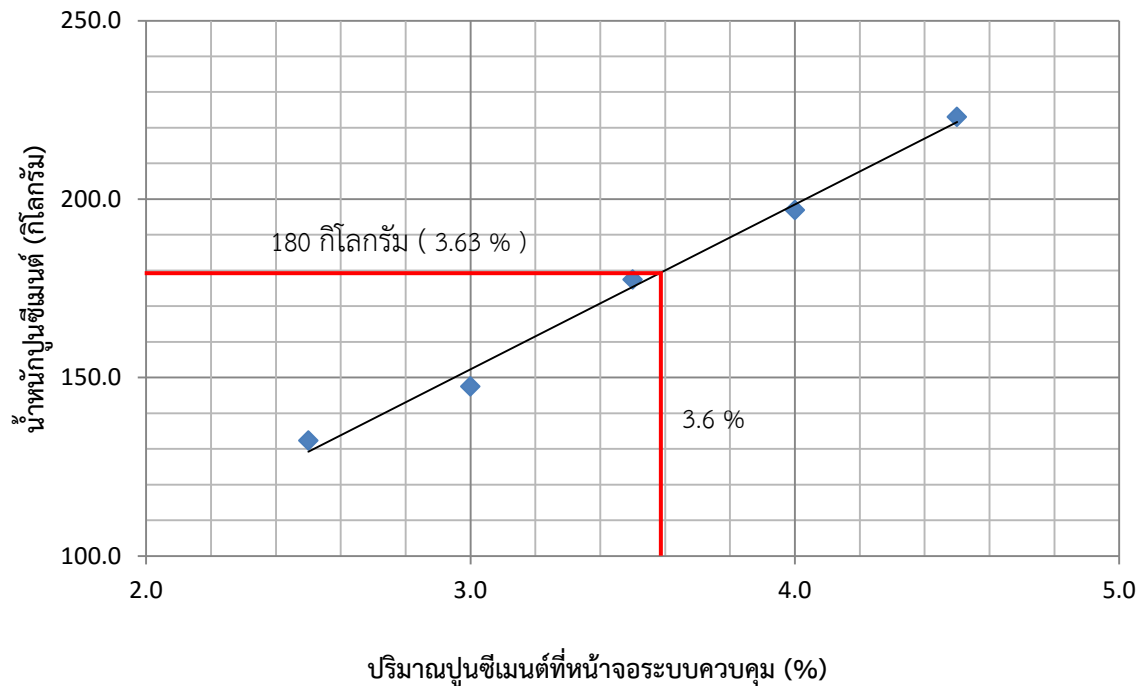
รูปที่ 76 ชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์

8. ดำเนินการตามข้อ 5 - 7 จำนวน 3 ครั้ง โดยกำหนดร้อยละปริมาณปูนซีเมนต์ให้ครอบคลุมกับปริมาณปูนซีเมนต์ที่ได้ออกแบบไว้

ตัวอย่างข้อมูลในการสอบเทียบ

ร้อยละ ของ ปูนซีเมนต์ บนจอบ ระบบ ควบคุม (%)	ครั้งที่	พื้นที่ สอบ เทียบ (ม. ²)	ความ ลึก (ม.)	ปริมาตร (ม. ³)	หน่วย น้ำหนักแห้ง ของวัสดุ (กก./ม. ³)	น้ำหนัก วัสดุ (กก.)	น้ำหนัก ปูนซีเมนต์ สอบ เทียบ (กก.)	เฉลี่ย น้ำหนัก ปูนซีเมนต์ สอบเทียบ (กก.)	ร้อยละ ปูนซีเมนต์ สอบเทียบ (%)
2.5	1	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	135.9	132.3	2.7
	2	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	127.2		
	3	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	133.8		
3.0	1	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	147.5	147.5	3.0
	2	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	140.7		
	3	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	154.2		
3.5	1	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	182.3	177.5	3.6
	2	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	170.2		
	3	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	179.9		
4.0	1	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	197.4	196.9	4.0
	2	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	200.6		
	3	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	192.7		
4.5	1	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	222.4	223.0	4.5
	2	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	229.4		
	3	7.50	0.30	2.250	2,200	4,950	217.1		

ตารางแสดงผลการสอบเทียบอัตราการลำเลียงปูนซีเมนต์



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละปูนซีเมนต์หน้าจอร์บบควบคุมกับน้ำหนักร้อยละปูนซีเมนต์ที่ได้จากการ
สอบเทียบ

จากการออกแบบส่วนผสมในห้องทดลอง

หน่วยน้ำหนักแห้งของวัสดุ	= 2,200 กก./ม ³
ปริมาณน้ำที่ OMC.	= 5.5 %
ปริมาณปูนซีเมนต์	= 3.6 %

กำหนดให้

ความกว้างในการสอบเทียบ	= 2.50 ม.
ความยาวในการสอบเทียบ	= 3.00 ม.
ความลึกในการชุบไส	= 0.30 ม.
คำนวณพื้นที่ในการสอบเทียบ	= 2.50 × 3.00
	= 7.50 ม ²
คำนวณปริมาตรของวัสดุ	= 7.50 × 0.30
	= 2.250 ม ³
คำนวณน้ำหนักของวัสดุ	= 2.250 × 2,200
	= 4,950 กก.

การสอบเทียบเมื่อปริมาณปูนซีเมนต์ที่หน้าจอร์บบควบคุมเท่ากับ 2.5 สามารถคำนวณหาร้อยละปูนซีเมนต์จากการสอบเทียบ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละปูนซีเมนต์จากการสอบเทียบ} &= \frac{\text{น้ำหนักปูนซีเมนต์จากการสอบเทียบ (กก.)}}{\text{น้ำหนักของวัสดุ (กก.)}} \times 100 \\ &= \frac{132.3}{4,950} \times 100 \\ &= 2.67 \end{aligned}$$

ผลการสอบเทียบหาอัตราการไหลลำเลียงปูนซีเมนต์ สรุปได้ว่า

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่หน้าจอร์บบควบคุม = 2.50 %

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ได้จริง = 2.67 %

จากการออกแบบอัตราส่วนผสมในท้องทดลองได้ค่าปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 3.60 % ในการทำงานให้กำหนดค่าปริมาณปูนซีเมนต์ที่หน้าจอร์บบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรเท่ากับ 3.60 % ดังนั้น จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละปูนซีเมนต์หน้าจอร์บบควบคุมกับน้ำหนักปูนซีเมนต์ที่ได้จากการสอบเทียบ จะได้ปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 180 กก. ซึ่งขั้นตอนการควบคุม และตรวจสอบ การทำงานของเครื่องจักร นายช่างควบคุมงานจะต้องควบคุมปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมไม่ให้ต่ำกว่า 180 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 3.63 เพื่อให้ได้ปริมาณปูนซีเมนต์เป็นไปตามการออกแบบอัตราส่วนผสม (Mix Design) นั้นเอง

ขั้นตอนการสอบเทียบอัตราการไหลของน้ำ

1. เตรียมภาชนะสำหรับรองรับน้ำที่จะทำการตรวจวัดอัตราการไหล ทั้งนี้ควรมีความจุเพียงพอเพื่อรองรับปริมาณน้ำที่อัตราต่างๆ ได้ตามที่กำหนด พร้อมชั่งน้ำหนัก จดบันทึกค่า



รูปที่ 77 การเตรียมภาชนะสำหรับรองรับน้ำ

2. ตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับการสอบเทียบ ที่หน้าจอระบบควบคุมการทำงาน



รูปที่ 78 การตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่หน้าจอควบคุม

3. เริ่มดำเนินการสอบเทียบ โดยเปิดระบบการทำงานของน้ำแบบอัตโนมัติ เพื่อให้เครื่องจักรชุดตัดผสมจำลองสถานการณ์การทำงานจริง เมื่อเครื่องจักรเดินด้วยความเร็วสม่ำเสมอ จึงกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของการสอบเทียบ



รูปที่ 79 การกำหนดจุดเริ่มต้นเพื่อเตรียมการสอบเทียบ

4. จับเวลาการสอบเทียบหาอัตราการไหลของน้ำภายในเวลาที่กำหนด



รูปที่ 80 การจับเวลาเพื่อหาอัตราการไหลของน้ำ

5. เมื่อครบเวลาที่กำหนด ปิดระบบการส่งน้ำ วัดระยะทางการเดินของเครื่องจักรและจดบันทึกค่า



รูปที่ 81 การวัดระยะทางของเครื่องจักร หลังจากการสอบเทียบ

6. ตรวจสอบความกว้าง และความลึกในการขุดตัดผสมและจดบันทึกค่า



รูปที่ 82 การตรวจสอบความกว้าง ความลึก หลังจากการสอบเทียบ

7. ชั่งน้ำหนักน้ำในถังที่ได้จากการสอบเทียบและจดบันทึกค่า



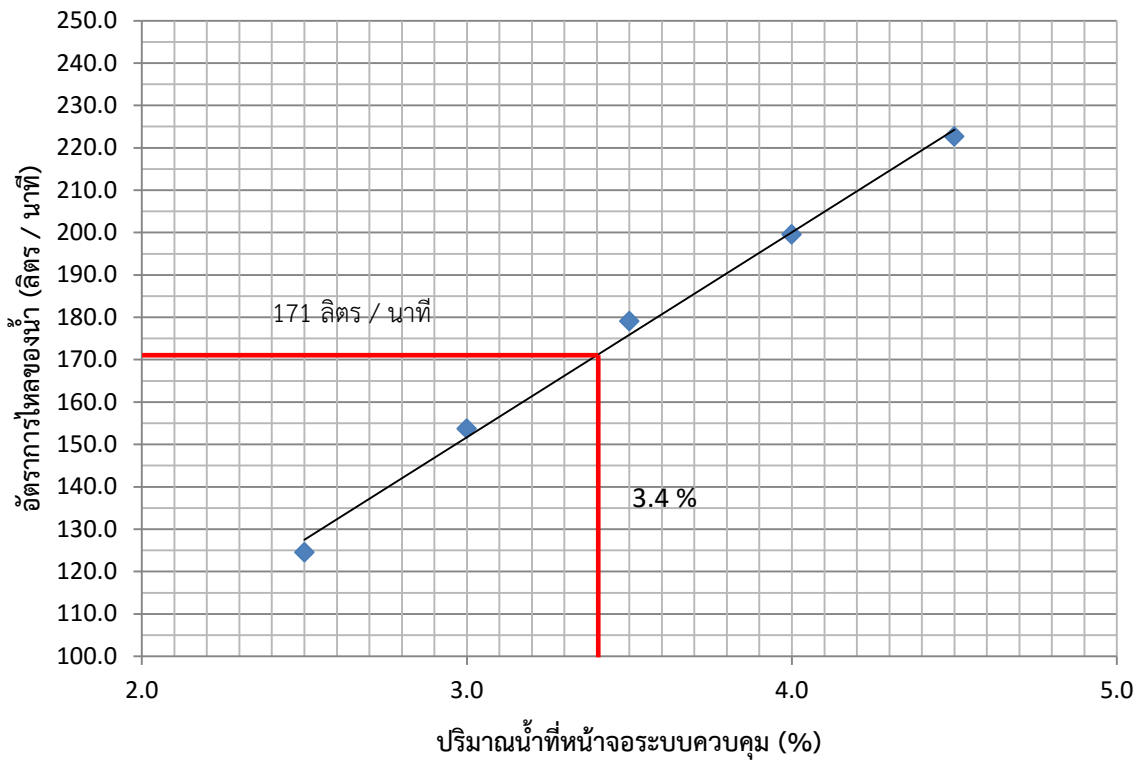
รูปที่ 83 การชั่งน้ำหนักน้ำ

8. ดำเนินการตามข้อ 1 - 7 จำนวน 3 ครั้ง โดยกำหนดร้อยละปริมาณน้ำให้ครอบคลุมกับปริมาณน้ำที่เหมาะสม

ตัวอย่างข้อมูลในการสอบเทียบ

ร้อยละปริมาณน้ำบนจอบควบคุม (%)	ครั้งที่	กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)	ลึก (ม.)	ปริมาตร (ม ³)	Dry Density (กก./ม ³)	น้ำหนักวัสดุ (กก.)	เฉลี่ยน้ำหนักวัสดุ (กก.)	อัตราการไหล (ล./นาท)	เฉลี่ยอัตราการไหล (ล./นาท)	ร้อยละของปริมาณน้ำ (%)
2.5	1	2.10	3.60	0.30	2.268	2,200	4,990		125.3		2.5
	2	2.10	3.67	0.30	2.312	2,200	5,087	5,027	123.7	124.5	
	3	2.10	3.61	0.30	2.274	2,200	5,003		124.5		
3.0	1	2.10	3.65	0.30	2.300	2,200	5,059		153.5		3.1
	2	2.10	3.60	0.30	2.268	2,200	4,990	5,022	155.2	153.7	
	3	2.10	3.62	0.30	2.281	2,200	5,017		152.4		
3.5	1	2.10	3.67	0.30	2.312	2,200	5,087		178.3		3.6
	2	2.10	3.58	0.30	2.255	2,200	4,962	5,031	177.5	179.1	
	3	2.10	3.64	0.30	2.293	2,200	5,045		181.4		
4.0	1	2.10	3.62	0.30	2.281	2,200	5,017		198.7		4.0
	2	2.10	3.62	0.30	2.281	2,200	5,017	5,031	200.2	199.5	
	3	2.10	3.65	0.30	2.300	2,200	5,059		199.7		
4.5	1	2.10	3.66	0.30	2.306	2,200	5,073		223.4		4.4
	2	2.10	3.59	0.30	2.262	2,200	4,976	5,013	220.8	222.6	
	3	2.10	3.60	0.30	2.268	2,200	4,990		223.7		

ตารางแสดงผลการสอบเทียบอัตราการไหลของน้ำ



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละปริมาณน้ำที่หน้าจอร์บบควบคุม กับอัตราการไหลของน้ำที่ได้จากการสอบเทียบ

การสอบเทียบจากการป้อนค่าปริมาณน้ำที่หน้าจอร์บบควบคุมเท่ากับ 3.50 % สามารถคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำได้ดังนี้

กำหนดให้

จับเวลาในการสอบเทียบ	= 1.00	นาที่
วัดระยะทางการเดินของเครื่องจักรได้	= 3.58	ม.
วัดความกว้างในการขุดตัดผสม	= 2.10	ม.
วัดความลึกในการขุดตัดผสม	= 0.30	ม.

ดังนั้น

ปริมาตรของวัสดุ	= $3.58 \times 2.10 \times 0.30$
	= 2.255 ม ³

จากการออกแบบส่วนผสมในท้องทดลอง

หน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดของวัสดุ	= 2,200 กก./ม ³
--------------------------------	----------------------------

ดังนั้น

น้ำหนักของวัสดุ	= $2.255 \times 2,200$
	= 4,962 กก.

จากการสอบเทียบ

$$\begin{aligned} \text{ชั่งน้ำหนักน้ำในถังได้} &= 177.5 \text{ กก.} \\ \text{คิดเป็นอัตราการไหลของน้ำได้} &= 177.5 \text{ ล./นาท} \\ \text{ร้อยละปริมาณน้ำจากการสอบเทียบ} &= \frac{\text{น้ำหนักน้ำจากการสอบเทียบ (กก.)}}{\text{น้ำหนักของวัสดุ (กก.)}} \times 100 \\ &= \frac{177.5}{4,962} \times 100 \\ &= 3.57 \end{aligned}$$

ผลการสอบเทียบหาอัตราการไหลของน้ำ สรุปได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำที่หน้าจอรระบบควบคุม} &= 3.50 \% \\ \text{ปริมาณน้ำที่ได้จริง} &= 3.57 \% \end{aligned}$$

จากการออกแบบอัตราส่วนผสมในห้องทดลองได้ค่าปริมาณน้ำ OMC. เท่ากับ 5.5 % ความชื้นเดิมของวัสดุเท่ากับ 2.1 % ดังนั้น ในการทำงานให้กำหนดค่าปริมาณน้ำในส่วนผสมมีค่าเท่ากับ $5.5 - 2.1 = 3.4 \%$ ที่หน้าจอรระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักร ดังนั้น จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละปริมาณน้ำที่หน้าจอรระบบควบคุม กับอัตราการไหลของน้ำที่ได้จากการสอบเทียบ จะได้อัตราการไหลของน้ำที่ 171 ล./นาท ซึ่งขั้นตอนการควบคุม และตรวจสอบ การทำงานของเครื่องจักร นายช่างควบคุมงานจะต้องควบคุมปริมาณน้ำในส่วนผสมไม่ให้ต่ำกว่า 171 กก./นาท หรือ 171 171 กก./นาท เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำเป็นไปตามการออกแบบอัตราส่วนผสม (Mix Design)

บทที่ 4

การตรวจสอบคุณภาพวัสดุผสมปูนซีเมนต์ระหว่างการก่อสร้าง

เมื่อทำการตรวจสอบรับรอง เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง และทำการสอบเทียบเรียบร้อยแล้ว ในระหว่างการก่อสร้าง จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบควบคุมคุณภาพวัสดุผสมปูนซีเมนต์ในสนามให้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วในห้องทดลอง และเป็นไปตามมาตรฐาน

อย่างที่กล่าวมาแล้วว่า คุณภาพของวัสดุผสมรวมผสมปูนซีเมนต์ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ผสม ปริมาณและประเภทของปูนซีเมนต์ที่ใช้ น้ำ และความแน่นของการบดทับ ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุผสมรวม เครื่องจักร เครื่องมือ หรือสิ่งอื่นใดที่มีผลทำให้คุณภาพของวัสดุผสมรวมผสมซีเมนต์เปลี่ยนแปลงไป จะต้องทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของการผสมและเทคนิคการปรับปรุงใหม่ทุกครั้ง เพื่อปรับส่วนผสมและวิธีการปรับปรุงให้ถูกต้องอยู่เสมอ

1. การตรวจสอบในแปลงทดลอง

ก่อนดำเนินการก่อสร้างจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพของวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่ผสมจากเครื่องจักร เครื่องมือที่ได้ทำการสอบเทียบเรียบร้อยแล้ว โดยทำการก่อสร้างแปลงทดลองด้วยวิธีการก่อสร้างตามที่กรมทางหลวงกำหนดหรือได้ตกลงกันไว้เรียบร้อยแล้วเหมือนการก่อสร้างจริงทุกขั้นตอน ซึ่งแปลงทดลองควรจะมี ความยาวประมาณ 200 – 500 เมตร หากเป็นงานที่หมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่แปลงทดลองควร จะมีความยาวไม่น้อยกว่า 100 เมตรและความกว้างไม่น้อยกว่า 1 ช่องจราจร



รูปที่ 84 การก่อสร้างแปลงทดลองพร้อมทั้งเก็บตัวอย่างและทดสอบความแน่น

กรณีใช้โรงผสมแบบติดตั้งกับที่ ภายหลังจากผสมวัสดุเข้ากันดีแล้วให้ใช้เครื่องจักรอื่นที่เหมาะสม เช่น รถบรรทุกขนวัสดุผสมปูนซีเมนต์ไปปูยังแปลงทดลองที่ได้จัดเตรียมไว้ ทำการบดทับให้แน่นโดยใช้เครื่องมือบดทับที่เหมาะสม ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนกระทั่งเสร็จการบดทับไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง

กรณีใช้เครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ ภายหลังจากที่ส่วนผสมคลุกเคล้าเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ ให้เกลี่ยแต่งแล้วทำการบดทับให้แน่น ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนกระทั่งเสร็จการบดทับไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง

อัตราส่วนของปูนซีเมนต์และน้ำที่จะใช้ผสม ให้เลือกส่วนผสมทดลองที่ให้ค่ากำลังรับแรงอัดในช่วงร้อยละ 105 ถึงร้อยละ 125 เป็นส่วนผสมที่จะใช้ระหว่างก่อสร้างแปลงทดลอง

ปริมาณซีเมนต์เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา ในอันดับแรกจะต้องตรวจสอบให้ได้ปริมาณเพียงพอ และมีคุณภาพถูกต้องตามมาตรฐาน ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมในระหว่างการก่อสร้าง จะต้องคิดเผื่อประสิทธิภาพของการผสมด้วย สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพของการผสม} = \frac{\text{กำลังรับแรงอัดของวัสดุผสมปูนซีเมนต์จากการผสมด้วยเครื่องผสม}}{\text{กำลังรับแรงอัดของวัสดุผสมปูนซีเมนต์จากการผสมในห้องทดลอง}}$$

เมื่อ กำลังรับแรงอัดของวัสดุผสมปูนซีเมนต์จากการผสมด้วยเครื่องผสม หาได้จากการทดลองกำลังรับแรงอัดของวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่เตรียมจากเครื่องผสม

และกำลังรับแรงอัดของวัสดุผสมปูนซีเมนต์จากการผสมในห้องทดลอง คือ กำลังรับแรงอัดของวัสดุผสมปูนซีเมนต์จากค่าที่ได้เลือกไว้แล้วข้างต้น (ร้อยละ 105 ถึงร้อยละ 125)

โดยทั่วไปเครื่องผสมจะมีประสิทธิภาพของการผสมน้อยกว่าการผสมในห้องทดลอง กล่าวอีกนัยหนึ่ง แท่งตัวอย่างวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่เตรียมจากเครื่องผสมจะให้กำลังรับแรงอัดน้อยกว่าแท่งตัวอย่างวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่เตรียมจากห้องทดลองเมื่อใช้ปูนซีเมนต์เท่ากัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้กำลังรับแรงอัดตามที่ต้องการ และปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการนี้ คือปริมาณปูนซีเมนต์ ณ จุดที่ได้ทำการปรับแก้ค่ากำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานชั้นทางหรือที่กำหนดไว้ในแบบด้วยประสิทธิภาพของการผสม

“ปูนขาวใช้ในกรณีที่วัสดุมวลรวมมีค่า Liquid Limit หรือ Plastic Index เกินกว่าค่าที่กำหนดโดยจะต้องผสมปูนขาวกับวัสดุมวลรวมก่อนผสมปูนซีเมนต์ ปริมาณที่ใช้ต้องเป็นไปตามที่ออกแบบและคุณภาพต้องเป็นไปตามมาตรฐาน”

ปริมาณน้ำคือสิ่งสำคัญที่จะต้องควบคุมให้ถูกต้องและใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ ใช้ปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ในการผสม ถ้าใช้น้ำน้อยไป น้ำที่จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชันกับซีเมนต์จะไม่พอ ทำให้การพัฒนา กำลังอัดเกิดขึ้นน้อย แต่ถ้าหากใช้น้ำมากเกินไปก็จะให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้น ทำให้ได้กำลังอัดลดลงอย่างเช่นถ้าวัสดุมวลรวมผสมซีเมนต์มีค่า O.M.C เท่ากับ 5.2 % โดยมีสมมุติฐานว่าน้ำที่ใช้ทำให้แน่นสูงสุดเท่ากับ 4.9 % ขณะที่น้ำที่เหลืออีก 0.3 % ใช้ในการทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ และอัตราส่วนผสมซีเมนต์ที่ใช้เท่ากับ 1.71 %

$$\text{w/c Ratio ที่ Optimum Moisture Content} = \frac{0.3}{1.71} = 0.17$$

แต่ถ้าเพิ่มน้ำขึ้นอีก 0.5 % จาก Optimum Moisture Content จะได้

$$\text{w/c Ratio} = \frac{0.8}{1.71} = 0.47$$

นั่นหมายความว่าค่า w/c Ratio เพิ่มจาก 0.17 เป็น 0.47 หรือเท่ากับ 30 % ในขณะที่น้ำเพิ่มขึ้นเพียง 0.5 % ซึ่งจะทำให้กำลังรับแรงอัดของวัสดุมวลรวมผสมปูนซีเมนต์ลดลงอย่างมาก ดังนั้นในการก่อสร้างจะต้องควบคุมและตรวจสอบปริมาณน้ำในวัสดุมวลรวมและคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องใส่เพิ่มให้ถูกต้อง ถ้าปริมาณน้ำในวัสดุมีมากกว่า Optimum Moisture Content ห้ามทำการผสมเพราะจะได้กำลังรับแรงอัดที่ต่ำกว่าที่ต้องการ นอกจากนี้ถ้าโรงผสมอยู่ห่างจากพื้นที่ทำการก่อสร้างเป็นระยะทางไกลรวมถึงถ้ามีสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้ง แดดหรือลมแรง จะต้องเผื่อปริมาณน้ำจะสูญเสียระหว่างการขนส่งและการผสม เกลี่ยและบดอัดในสนามด้วย

การบดทับและปริมาณน้ำในดินที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการก่อสร้าง ก็มีผลทำให้ต้องมีการปรับปริมาณปูนซีเมนต์ให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

ให้ดำเนินการเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบหาลำดับรับแรงอัดทันทีที่เริ่มงาน โดยเก็บตัวอย่างตัวแทนขณะทำการปูส่วนผสม เพื่อที่จะได้แท่งตัวอย่างทดสอบที่มีคุณภาพคล้ายส่วนผสมในสนามมากที่สุด ห้ามทำการผสมคลุกเคล้าตัวอย่างใหม่ทั้งก่อนและขณะทำการบดทับอัดตัวอย่าง



รูปที่ 85 การเตรียมแท่งตัวอย่างในสนาม

ทำการตรวจสอบความแน่นของการบดทับภายในระยะเวลาที่เหมาะสม หลังจากการบดทับเสร็จสิ้นโดยอยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน โดยทดสอบความแน่น ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อความกว้าง 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่าง หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบเป็นอย่างอื่น



รูปที่ 86 การตรวจสอบความแน่นการบดทับ (Field Density Test)

ในกรณีที่ผู้รับจ้างเปลี่ยนแปลงวิธีการ กระบวนการก่อสร้าง และ/หรือชนิดวัสดุ เครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้เปลี่ยนแปลงไป หรือผู้รับจ้างไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างแปลงทดลองใหม่จนกว่าจะปรากฏผลเป็นที่ถูกต้อง และนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบ

เมื่อผลการตรวจสอบคุณภาพของแปลงทดลองแปลงแรกเป็นไปตามข้อกำหนดแล้ว ให้ใช้ส่วนผสมตามแปลงทดลองแปลงแรกเป็นแบบอย่างในการก่อสร้างแปลงต่อไป

2. การตรวจสอบคุณภาพวัสดุผสมปูนซีเมนต์ในสนาม

การทดสอบกำลังรับแรงอัด ให้เตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบ โดยการเก็บตัวอย่างตัวแทน 3 ตัวอย่าง ในช่วงงานก่อสร้างแต่ละช่วง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ของวัสดุรวมผสมปูนซีเมนต์หนาไม่เกิน 150 มิลลิเมตร พื้นที่ไม่เกิน 1,500 ตารางเมตร และให้ถือว่าตัวอย่างตัวแทน 3 ตัวอย่างนี้ เป็น 1 ชุดทดสอบ



รูปที่ 87 การเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบในสนาม

ภายหลังการบดอัดตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.108/2517 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” ให้ต้นตัวอย่างวัสดุมวลรวมผสมปูนซีเมนต์ออกจากแบบ และบ่มไว้ในถุงพลาสติก เพื่อป้องกันมิให้ตัวอย่างสูญเสียความชื้นเป็นระยะเวลานาน 7 วัน เมื่อครบ 7 วันให้นำตัวอย่างทดสอบแต่ละชุด (3 ตัวอย่าง) ออกจากถุงพลาสติก แชน้ำไว้นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างวัสดุมวลรวมผสมปูนซีเมนต์ไปทดสอบกำลังรับแรงอัด ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.105/2515 “วิธีการทดลองหา Unconfined Compressive Strength ของดิน” โดยอนุโลม



รูปที่ 88 การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Unconfined Compressive Strength)

ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของวัสดุมวลรวมผสมปูนซีเมนต์ในช่วงงานก่อสร้างแต่ละช่วงจะต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ ทั้งนี้อนุญาตให้มีแท่งตัวอย่างที่มีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 1 ก้อน แต่ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของค่าที่กำหนด

การทดสอบซ้ำ ในกรณีค่ากำลังรับแรงอัด ต่ำกว่าที่กำหนด ผู้รับจ้างอาจขอให้เจาะเก็บตัวอย่างวัสดุมวลรวมผสมปูนซีเมนต์ที่เป็นปัญหา เพื่อนำตัวอย่างมาทดสอบกำลังรับแรงอัดใหม่ โดยดำเนินการในลักษณะเดียวกับข้างต้น

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบที่เจาะจากสนามจำนวน 3 ก้อน ที่อายุไม่เกิน 28 วัน จะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของกำลังรับแรงอัดที่กำหนดไว้ในแบบจึงจะถือว่าวัสดุมวลรวมผสมปูนซีเมนต์ในช่วงนั้นใช้ได้ ทั้งนี้อนุญาตให้มีแท่งตัวอย่างที่มีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าร้อยละ 85 ของกำลังรับแรงอัดที่กำหนดได้ไม่เกิน 1 ก้อน แต่ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของค่าที่กำหนด

ถ้าผลการทดสอบไม่ได้ตามที่กำหนดนี้ ถือว่าวัสดุมวลรวมผสมปูนซีเมนต์ใช้ไม่ได้ ผู้รับจ้างจะต้องรื้อเอาวัสดุมวลรวมผสมปูนซีเมนต์ในช่วงนี้ออกทิ้งไป และให้ทำการก่อสร้างวัสดุมวลรวมผสมปูนซีเมนต์ให้ได้มาตรฐานตามข้อกำหนด

3. การตรวจสอบคุณภาพการบดทับวัสดุผสมปูนซีเมนต์ในสนาม

ความแน่นจากการบดทับเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพื่อให้ได้วัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่มีคุณภาพถูกต้องตามมาตรฐานข้อกำหนด

3.1 การหาค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) เพื่อใช้ในการควบคุมการบดอัดในสนามสามารถกระทำได้โดยใช้ความแน่นแห้งสูงสุดจากการทำการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test) จากตัวอย่างวัสดุมวลรวมผสมกับปูนซีเมนต์ตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งตัวอย่างวัสดุมวลรวมที่เก็บมาทำเป็นค่าควบคุม (Control Test) นั้น แบ่งตามลักษณะการทำงาน ดังนี้

1) การผสมวัสดุผสมปูนซีเมนต์ด้วยโรงผสมแบบติดตั้งอยู่กับที่ (Central Mixing Plant) วัสดุมวลรวมจะถูกขนย้ายมากองไว้เป็น Stock Pile ใกล้กับโรงผสม การเก็บตัวอย่าง ให้เก็บตัวอย่างวัสดุมวลรวมจากกอง Stock Pile มาทำเป็น Control Test 1 ตัวอย่าง ทุกๆ ระยะทางที่ก่อสร้าง 500 เมตรหรือตามดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

2) การผสมวัสดุผสมปูนซีเมนต์ด้วยเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ (Travelling Mixing Machine) วัสดุมวลรวมจะถูกขนย้ายเข้ามาลงในพื้นที่ก่อสร้าง การเก็บตัวอย่าง ให้เก็บตัวอย่างวัสดุมวลรวมที่ลงไว้ในพื้นที่ก่อสร้างมาทำเป็น Control Test 1 ตัวอย่าง ทุกๆ ระยะทางที่ก่อสร้าง 500 เมตรหรือตามดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

3) กรณีที่เป็นงานหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ การเก็บตัวอย่าง ให้เก็บตัวอย่างทำเป็น Control Test 1 ตัวอย่างตามอัตราส่วนผสมที่ได้ออกแบบไว้แต่ละอัตราส่วนผสมต่อระยะทางที่ก่อสร้าง ทุกๆ ระยะทาง 500 เมตรหรือตามดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน



รูปที่ 90 การเก็บตัวอย่างวัสดุรวมมาทำเป็น Control Test

3.2 การทดสอบความแน่นของการบดทับ จะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอด ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบของความแน่นแห้งสูงสุด ที่ได้จากการทดลองตัวอย่างวัสดุผสมปูนซีเมนต์ในห้องทดลอง ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 108/2517 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

การทดสอบความแน่นของการบดทับ ควรดำเนินการทดสอบในวันที่ทำการบดทับเสร็จภายในระยะเวลาที่เหมาะสมตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 603/2517 “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อความกว้าง 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่าง หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบเป็นอย่างอื่น



รูปที่ 91 การตรวจสอบความแน่นการบดทับ (Field Density Test)

ถ้าผลการทดสอบไม่ได้ตามที่กำหนดนี้ ถือว่าวัสดุรวมผสมปูนซีเมนต์ใช้ไม่ได้ ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไขโดยรื้อเอาวัสดุรวมผสมปูนซีเมนต์ในช่วงนี้ออกทิ้งไป และให้ทำการก่อสร้างวัสดุรวมผสมปูนซีเมนต์ให้ได้มาตรฐานตามข้อกำหนด

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

FIELD DENSITY TEST

SAND REPLACEMENT METHOD

โครงการฯ ตลาดหนองมน - อ.บางละมุง ตอน 2

วัสดุชั้น Cement Modified Crushed Rock Base Layer 1st ชนิดของวัสดุ หินคลุก + ปูนซีเมนต์

เจ้าหน้าที่ทดลอง วัฒนชัย, กิจจา วันที่ทดลอง 18 มกราคม 2554

Density of sand (ρ_s) 1.331 gm/ml. Sta.123+700 - Sta.124+025 LT-RT (คันทางซ้ายขยายด้านขวาทาง)

Station	K.M. 123 +	725	750	800	850	900	950	124+000	
	off set PG	5.0 RT	4.5 RT	6.0 RT	6.0 RT	5.0 RT	5.5 RT	5.0 RT	
VOLUME DETERMINATION									
Mass of sand in funnel		1	2	1	2	1	2	1	
Initial Mass	(gm.)	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	
Final Mass	(gm.)	7245	7225	7245	7225	7245	7225	7245	
Mass of sand used	(gm.)	1755	1775	1755	1775	1755	1775	1755	
Mass of sand in hole and funnel									
Initial Mass	(gm.)	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	
Final Mass	(gm.)	4860	4900	4835	4750	4795	4845	4830	
Mass of sand used	(gm.)	4140	4100	4165	4250	4205	4155	4170	
Mass of sand in hole	(gm.)	2385	2325	2410	2475	2450	2380	2415	
Volume of hole	(ml.)	1792	1747	1811	1860	1841	1788	1814	
(ในกรณีวัสดุค้ำตะแกรงขนาด 19.0 มม. มากกว่า 10 %) Bulk specific gravity = 2.669									
Mass of 19.00 mm. Aggregate	(gm.)	345	380	415	305	450	365	320	
Volume of 19.00 mm. Retained	(ml.)	129	142	155	114	169	137	120	
Total Volume of hole	(ml.)	1663	1605	1656	1746	1672	1651	1694	
WATER CONTENT DETERMINATION									
Can No.		65	1	21	18	43	29	37	
Mass can + Wet soil	(gm.)	338.8	332.3	355.7	369.0	322.1	324.1	351.4	
Mass can + Dry soil	(gm.)	325.0	318.7	341.2	353.4	308.9	311.4	336.6	
Mass Water	(gm.)	13.8	13.6	14.5	15.6	13.2	12.7	14.8	
Mass can	(gm.)	42.5	40.7	39.9	41.0	40.3	40.0	40.1	
Mass Dry soil	(gm.)	282.5	278.0	301.3	312.4	268.6	271.4	296.5	
Water Content	(gm.)	4.9	4.9	4.8	5.0	4.9	4.7	5.0	
MASS OF DENSITY SAMPLE									
Wet soil + container	(gm.)	4960	4825	4925	5165	4965	4985	5025	
Mass of container	(gm.)	1100	1115	1070	1115	1100	1135	1070	
Mass of Wet soil	(gm.)	3860	3710	3855	4050	3865	3850	3955	
Wet density	(gm./ml.)	2.321	2.312	2.328	2.320	2.312	2.332	2.334	
Dry density	(gm./ml.)	2.213	2.204	2.221	2.209	2.204	2.227	2.223	
PERCENT COMPACTION DETERMINATION									
		CM - 49		OMC =		4.8			
Max. dry density		2.297	2.297	2.297	2.297	2.297	2.297	2.297	
% Compaction		96.3	96.0	96.7	96.2	96.0	97.0	96.8	
Designed depth..... cm. Actual Depth		10.5	10.0	10.5	11.0	11.0	10.5	10.5	

รูปที่ 92 ตัวอย่างข้อมูล Field Density Test

บทที่ 5

ข้อควรระวังในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์

ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์จะต้องมีการควบคุม ตรวจสอบอย่างใกล้ชิดเพื่อให้สามารถดำเนินการได้ผลตามที่ได้ทำในแปลงทดลอง โดยมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐาน อย่างไรก็ตามการปฏิบัติงานทุกครั้งในแต่ละวันควรมีการเฝ้าระวังและ/หรือ ตรวจตราเพื่อป้องกันข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นจนก่อให้เกิดความเสียหายแก่โครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ได้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง โดยต้องเป็นวัสดุจากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงแล้ว ในกรณีที่มีวัสดุโตเกินขนาด (Over Size) ควรคัดแยกและ/หรือกำจัดวัสดุโตเกินขนาดออกก่อนที่จะนำมาผสมกับปูนซีเมนต์



รูปที่ 93 วัสดุโตเกินขนาดที่อยู่ในชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้ว



รูปที่ 94 การคัดแยกและกำจัดวัสดุโตเกินขนาด

2. การผสมวัสดุผสมปูนซีเมนต์ต้องตรวจสอบการผสมวัสดุ ปูนซีเมนต์ สารผสมเพิ่มอื่นๆ (ถ้ามี) และน้ำ ให้คลุกเคล้าเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ และอัตราการผสมต้องเป็นไปตามที่ออกแบบส่วนผสมไว้



รูปที่ 95 การผสมคลุกเคล้าวัสดุผสมปูนซีเมนต์ไม่สม่ำเสมอควรตรวจสอบอุปกรณ์และห้องผสม



รูปที่ 96 การผสมคลุกเคล้าวัสดุผสมปูนซีเมนต์สม่ำเสมอ

3. การเกลี่ยปูวัสดุผสมปูนซีเมนต์ต้องให้มีความสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ที่ทำการก่อสร้าง ควรระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัว (Segregation) ของวัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียด



รูปที่ 97 การแยกตัว (Segregation) ของวัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียด

4. ในกรณีที่แบ่งการก่อสร้างชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ไว้มากกว่า 1 ชั้น ก่อนการปูวัสดุผสมปูนซีเมนต์ชั้นถัดไปให้ทำการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้วให้ชุ่มชื้น ผิวหน้าของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้วควรมีความชุ่มชื้นพอสมควร ในขณะที่ทำการปูวัสดุผสมปูนซีเมนต์ในชั้นถัดไปเพื่อช่วยให้วัสดุผสมปูนซีเมนต์ยึดเกาะกันดี



รูปที่ 98 การพ่นน้ำลงบนผิวหน้าของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้ว

5. ในกรณีที่ผิวหน้าของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์เรียบเป็นมัน ให้ทำการครูดผิวหน้าของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้วให้เป็นริ้วรอยก่อน แล้วจึงพ่นน้ำให้ชุ่มชื้นก่อนลงวัสดุผสมปูนซีเมนต์ชั้นถัดไป



รูปที่ 99 ผิวหน้าของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่เรียบเป็นมัน

6. ในกรณีที่ต้องการเสริมความหนาของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ต้องพิจารณาถึงความหนาของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่จะนำมาเสริม ไม่ควรเสริมวัสดุผสมปูนซีเมนต์เป็นชั้นบางๆ เพราะอาจเกิดการหลุดร่อนของชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่เสริมลงไปได้



รูปที่ 100 การเสริมวัสดุผสมปูนซีเมนต์เป็นชั้นบางๆ ทำให้เกิดการหลุดร่อน

7. การบดทับชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ต้องดำเนินการทันทีเมื่อทำการเกลี่ยปูวัสดุผสมปูนซีเมนต์แล้ว ชุดเครื่องจักรบดทับ วิธีการ และขั้นตอนการบดทับให้ดำเนินการตามที่ก่อสร้างแปลงทดลอง การบดทับต้องดำเนินการให้เสร็จเรียบร้อยภายในระยะเวลาที่กำหนดและควรให้ได้ความแน่นตามที่กำหนดในคราวเดียว เพราะการบดทับชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์เพิ่มในภายหลังจะทำให้ชั้นทางเสียหายได้



รูปที่ 101 การบดทับชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์

8. การก่อสร้างรอยต่อในโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์จะมี 2 แบบ คือ รอยต่อตามยาว และรอยต่อตามขวาง รอยต่อตามยาวเป็นรอยต่อที่ขนานไปกับเส้นแนวศูนย์กลางถนน รอยต่อตามขวางเป็นรอยต่อที่ตั้งฉากกับเส้นแนวศูนย์กลางถนน รอยต่อดังกล่าวมีความสำคัญต่อความแข็งแรงของโครงสร้างถนน การก่อสร้างรอยต่อที่ไม่ถูกต้องจะทำให้ชั้นทางไม่สม่ำเสมอเป็นจุดอ่อนทำให้ถนนเสียหายภายหลังได้ ในกรณีก่อสร้างชั้นทางผสมปูนซีเมนต์มากกว่าหนึ่งชั้นทางควรก่อสร้างให้รอยต่อในแต่ละชั้นเหลื่อมกันด้วย การก่อสร้างรอยต่อแบ่งตามวิธีการก่อสร้างได้ ดังนี้

8.1 ในกรณีที่ชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ก่อสร้างแบบผสมในโรงผสม (In - Plant) ด้วยโรงผสมแบบติดตั้งกับที่ (Central Mixing Plant) การปฏิบัติงานในแต่ละวันก่อนการก่อสร้างแปลงถัดไปที่ติดกับแปลงวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่ได้ทำเสร็จไว้แล้วต้องมีการตัดแต่งรอยต่อตามขวาง โดยใช้ใบมีดของรถเกลี่ยผสมกดลงไป ในชั้นทางที่ปรับปรุงแล้วแปลงที่ติดกันในลักษณะดังกล่าว เพื่อป้องกันการแตกร้าวหลุดร่อนของวัสดุผสมปูนซีเมนต์บริเวณรอยต่อตามขวาง อย่างไรก็ตามหลังจากการตัดแต่งรอยต่อตามขวางแล้วเสร็จอาจใช้น้ำผสม

ปูนซีเมนต์ราดบริเวณรอยต่อเพื่อให้วัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้วและที่กำลังจะก่อสร้างใหม่ประสานเป็นเนื้อเดียวกัน



รูปที่ 102 การตัดแต่งรอยต่อตามขวางโดยใช้ใบมีดของรถเกลี่ยผสมกดลงไปบนชั้นทางแปลงที่ติดกัน



รูปที่ 103 การใช้น้ำผสมปูนซีเมนต์ราดบริเวณรอยต่อ

8.2 ในกรณีที่ชั้นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ก่อสร้างแบบผสมในที่ (In - Place) ด้วยเครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ (Travelling Mixing Machine) รอยต่อในการก่อสร้างจะเกิดขึ้นทั้ง 2 แบบ จึงต้องพิจารณาแต่ละแบบดังนี้

1) การทำรอยต่อตามยาวจะต้องจัดแนวรอยต่อไม่ให้อยู่ในแนวรอยล้อรถ ก่อนการก่อสร้าง ต้องทำเครื่องหมายแนวขุดตัดแนวแรกให้ชัดเจน เพื่อให้อุปกรณ์ขุดตัดผสมเดินตรงตามแนวขุดตัดที่ทำเครื่องหมายไว้ ความกว้างของการเหลื่อมทับของแนวขุดตัดตามแนวยาวขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุผสมปูนซีเมนต์ ความหนาของชั้นทาง ชนิดและประสิทธิภาพเครื่องจักร ระยะเวลาในการทำแนวขุดตัดผสมที่ติดกัน โดยทั่วไปความกว้างของการเหลื่อมทับแนวขุดตัดผสมตามยาวปกติอยู่ระหว่าง 50 – 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 104 การจัดรอยต่อตามยาวตรงกับแนวล้อรถทำให้เกิดความเสียหายกับชั้นผิวทาง

2) รอยต่อตามขวางเกิดขึ้นเมื่อเครื่องจักรชุดตัดผสมเริ่มทำงานหรือหยุด หรือเมื่อชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์แล้วนั้นเลยเกณฑ์ระยะเวลาดำเนินการก่อสร้างในสนาม ฉะนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดรอยต่อตามขวางมาก จึงควรทำการก่อสร้างอย่างต่อเนื่องไม่ควรหยุดการก่อสร้างโดยไม่จำเป็น เมื่อเครื่องจักรหยุดการชุดตัดผสมในแต่ละครั้งให้ทำเครื่องหมายแนวที่เครื่องจักรหยุดบนชั้นทางตรงกับกึ่งกลางของอุปกรณ์ชุดตัดผสม ซึ่งเป็นจุดที่เครื่องจักรหยุดจ่ายวัสดุผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ เมื่อเครื่องจักรชุดตัดผสมจะทำงานต่อไป ให้ชุดตัดเหลื่อมทับรอยต่อเข้าไปในชั้นทางที่ปรับปรุงแล้วไม่น้อยกว่าความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของอุปกรณ์ชุดตัดผสม หรือไม่น้อยกว่า 1,500 มิลลิเมตร แล้วแต่ความเหมาะสม ทั้งนี้ควรตรวจตราส่วนผสมเมื่อเครื่องจักรเริ่มทำงาน



รูปที่ 105 การชุดตัดเหลื่อมทับรอยต่อเข้าไปในชั้นทางที่ปรับปรุงแล้ว

9. การบ่มเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ เพื่อให้ได้ชั้นทางที่มีความทนทานและกำลังรับแรงอัดตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนั้นการบ่มจะช่วยลดรอยแตกเนื่องจากการหดตัว (Shrinkage Crack) ในการบ่มชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ให้บ่มโดยวิธีการที่ถูกต้องตามมาตรฐาน และบ่มอย่างต่อเนื่องไม่ให้ผิวหน้าของชั้นทางแห้งจนกว่าจะก่อสร้างชั้น Prime Coat



รูปที่ 106 การบ่มชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์และรอยแตกเนื่องจากการหดตัว



รูปที่ 107 การเกิดรอยแตกสะท้อนบนชั้นผิวทางเนื่องจากการหดตัวของชั้นพื้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์

ภาคผนวก ก

แบบฟอร์ม

Plant Calibration

โครงการ :

CALIBRATE : วัสดุผสม

โรงผสม :

เจ้าหน้าที่ทดลอง :

วันที่ :

ครั้งที่	เลขทะเบียน รถบรรทุก	น.น. รด ต้น	เวลา วินาที	น.น. รด+วัสดุ ต้น	น.น. วัสดุ ต้น	อัตราการใช้ (ตัน/ชม.)		หมายเหตุ
						เปียก	แห้ง	
1								ความกว้างช่องเปิด ชม.
2								
3								
1								ความกว้างช่องเปิด ชม.
2								
3								
1								ความกว้างช่องเปิด ชม.
2								
3								
1								ความกว้างช่องเปิด ชม.
2								
3								

ความกว้างช่องเปิด (ชม.)	Water Content			
	Can No.			
	Wet Soil+Can (gm.)			
	Dry Soil+Can (gm.)			
	Mass Of Water (gm.)			
	Mass Of Can (gm.)			
	Mass Of Dry Soil (gm.)			
	Water Content (%)			
	Avg. Water Content			

อัตราการใช้ (ตัน/ชม.)

ภาพผนวกที่ ก 1 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการใช้วัสดุผสม

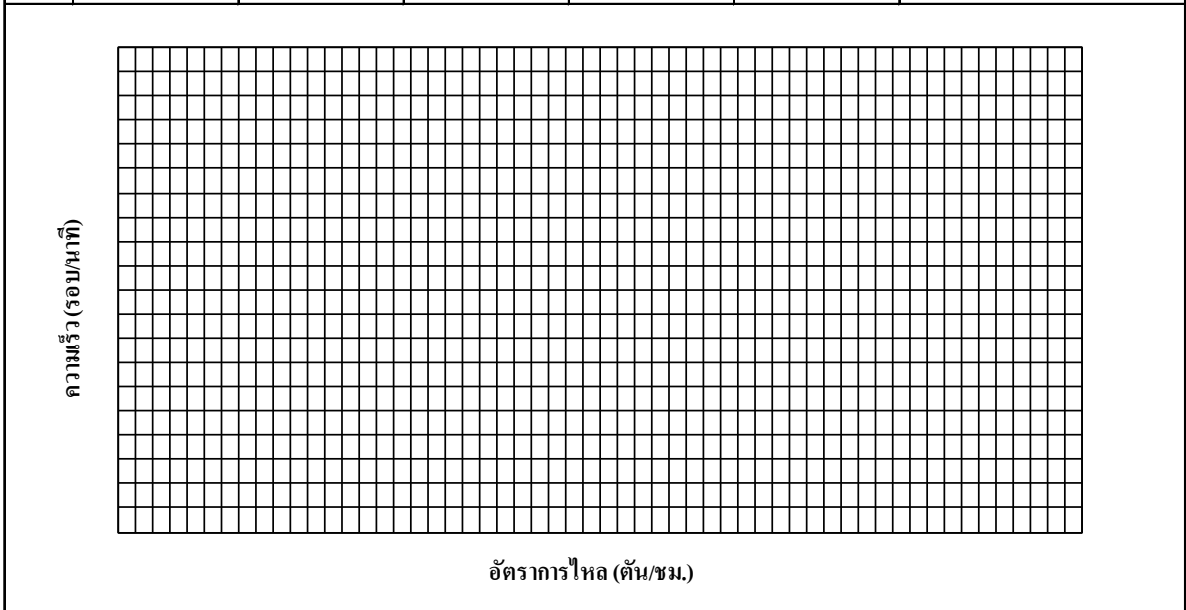
Plant Calibration

โครงการฯ :

CALIBRATE : ปูนซีเมนต์ โรงผสม :

เจ้าหน้าที่ทดลอง : วันที่ :

ครั้งที่	น.น. ถัง กก.	เวลา วินาที	น.น. ถัง+ปูน กก.	น.น. ปูน กก.	อัตราการไหล ตัน/ชม.	หมายเหตุ
1						ความเร็ว(รอบ/นาที) = อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						
1						ความเร็ว(รอบ/นาที) = อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						
1						ความเร็ว(รอบ/นาที) = อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						
1						ความเร็ว(รอบ/นาที) = อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						
1						ความเร็ว(รอบ/นาที) = อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						
1						ความเร็ว(รอบ/นาที) = อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						



ภาพผนวกที่ ก 2 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยปูนซีเมนต์

Plant Calibration

โครงการ :

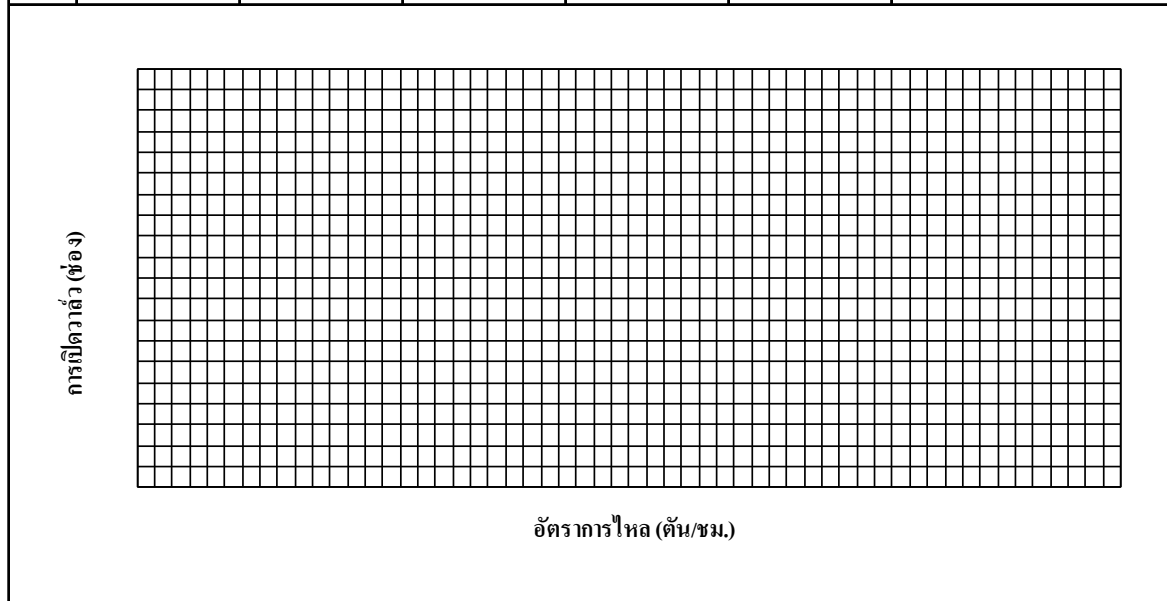
CALIBRATE : น้ำ

โรงผสม :

เจ้าหน้าที่ทดลอง :

วันที่ :

ครั้งที่	น.น. อัง กก.	เวลา วินาที	น.น. อัง+น้ำ กก.	น.น. น้ำ กก.	อัตราการไหล ตัน/ชม.	หมายเหตุ
1						เปิดวาล์ว= ช่อง อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						
1						เปิดวาล์ว= ช่อง อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						
1						เปิดวาล์ว= ช่อง อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						
1						เปิดวาล์ว= ช่อง อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						
1						เปิดวาล์ว= ช่อง อัตราการไหลเฉลี่ย=
2						
3						



ภาพผนวกที่ ก 3 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยน้ำ

การสอบเทียบเพื่อหาอัตราการโรยปูนซีเมนต์

ครั้งที่	เที่ยวที่	ข้อมูลบนจอแสดงผล		น้ำหนักปูนซีเมนต์ซึ่งจริง					ผลต่างน้ำหนักซึ่งได้จริงและจอแสดงผล (กก.)
		ความเร็วรถ (กม./ชม.)	น้ำหนักปูนซีเมนต์ (กก./ม ²)	น้ำหนักปูนซีเมนต์ + ถาด (กก.)	น้ำหนักถาด (กก.)	น้ำหนักปูนซีเมนต์ในถาด (กก.)	น้ำหนักปูนซีเมนต์ (กก./ม ²)	น้ำหนักรวม (กก./ม ²)	

อัตราเร็วของรถ Recycling

ใช้เวลา		วินาที	ระยะทาง	ม.
ใช้เวลา	60	วินาที	ระยะทาง	ม.

เปรียบเทียบปริมาณปูนซีเมนต์จากจอแสดงผลและปริมาณปูนซีเมนต์ที่ซึ่งได้จริง

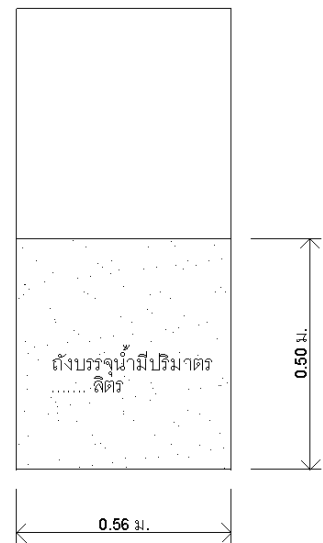
น้ำหนักปูนซีเมนต์ (กก./ม ²)		
		ข้อมูลบนจอแสดงผล
		น้ำหนักปูนซีเมนต์ซึ่งจริง
ความเร็วรถ (กม./ชม.)		

ภาพผนวกที่ ก 4 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยปูนซีเมนต์สำหรับเครื่องจักรชุดตัดผสมด้วยวิธีโรยปูนซีเมนต์ (Spread Type)

การสอบเทียบเพื่อหาอัตราการปล่อยน้ำ

คำนวณหาปริมาตรของถังและปริมาตรน้ำที่ต้องการ

ความสูงของระดับน้ำ	ม.
เส้นผ่านศูนย์กลางถัง	ม.
ปริมาตรน้ำ	ม ³
O.M.C.	%
ความกว้างการขุดกัก	ม.
ความลึก	ม.
ความหนาแน่น	กก./มล.
น้ำที่ต้องการต่อ 1 ม.	ลิตร
อัตราการเดิน (ม./นาที่)	=> ลิตร
อัตราการเดิน (ม./นาที่)	=> ลิตร
อัตราการเดิน (ม./นาที่)	=> ลิตร
อัตราการเดิน (ม./นาที่)	=> ลิตร



ครั้งที่	ปริมาตรน้ำ (ลิตร)	เวลา (วินาที)	ระดับการปล่อยน้ำ จริง (ลิตร/นาที่)	ระดับการปล่อยน้ำ ที่ต้องการ (ลิตร/นาที่)	ร้อยละ ของ ผลต่าง	อัตราเร็วใน การเดิน (ม./นาที่)
1						
2						
3						
4						

กราฟอัตราการปล่อยน้ำ

อัตราการปล่อยน้ำ (ลิตร/นาที่)



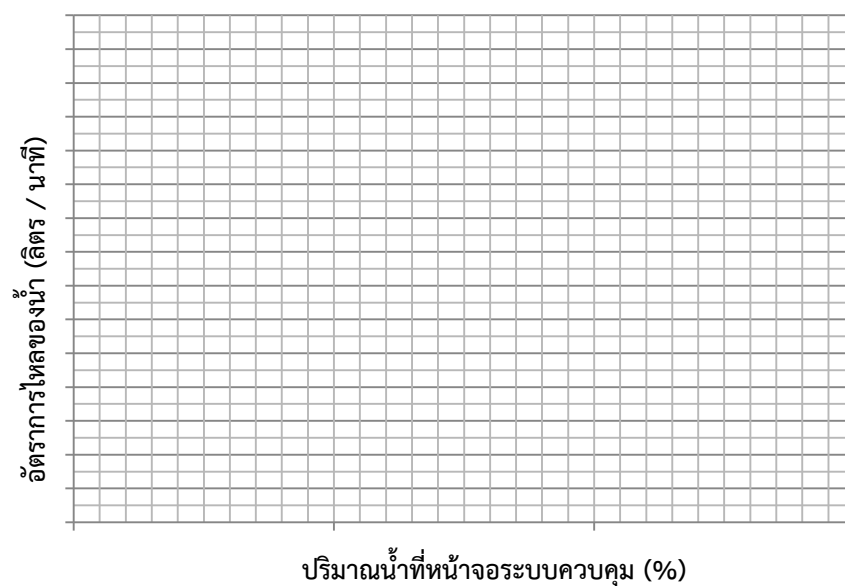
ระดับการ
ปล่อยน้ำจริง
(ลิตร/นาที่)

อัตราเร็วในการเดิน (ม./นาที่)

ภาพผนวกที่ ก 6 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยน้ำสำหรับเครื่องจักรขุดตัดผสม แบบที่ 1

การสอบเทียบอัตราการปล่อยน้ำ

ร้อยละ ปริมาณ น้ำบน จอ ควบคุม (%)	ครั้งที่	กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)	ลึก (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	Dry Density (กก./ลบ.ม.)	น้ำหนัก วัสดุ (กก.)	เฉลี่ย น้ำหนัก วัสดุ (กก.)	อัตราการ ไหล (ลิตร/นาท)	เฉลี่ยอัตรา การไหล (ลิตร/นาท)	ร้อยละ ของ ปริมาณ น้ำ (%)



ภาพผนวกที่ ก 7 ตารางบันทึกข้อมูลการสอบเทียบอัตราการปล่อยน้ำสำหรับเครื่องจักรชุดตัดผสม แบบที่ 2

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

FIELD DENSITY TEST
SAND REPLACEMENT METHOD

โครงการฯ _____
 วัสดุชั้น _____ ชนิดของวัสดุ _____
 เจ้าหน้าที่ทดลอง _____ วันที่ทดลอง _____

Density of sand (ρ_s)

gm/ml.

Station	K.M.								
	off set								
VOLUME DETERMINATION									
Mass of sand in funnel									
Initial Mass	(gm.)								
Final Mass	(gm.)								
Mass of sand used	(gm.)								
Mass of sand in hole and funnel									
Initial Mass	(gm.)								
Final Mass	(gm.)								
Mass of sand used	(gm.)								
Mass of sand in hole	(gm.)								
Volume of hole	(ml.)								
(ในกรณีที่วัสดุค้างตะแกรงขนาด 19.0 มม. มากกว่า 10 %)		Bulk specific gravity =							
Mass of 19.00 mm. Aggregate	(gm.)								
Volume of 19.00 mm. Retained	(ml.)								
Total Volume of hole	(ml.)								
WATER CONTENT DETERMINATION									
Can No.									
Mass can + Wet soil	(gm.)								
Mass can + Dry soil	(gm.)								
Mass Water	(gm.)								
Mass can	(gm.)								
Mass Dry soil	(gm.)								
Water Content	(gm.)								
MASS OF DENSITY SAMPLE									
Wet soil + container	(gm.)								
Mass of container	(gm.)								
Mass of Wet soil	(gm.)								
Wet density	(gm./ml.)								
Dry density	(gm./ml.)								
PERCENT COMPACTION DETERMINATION									
Max. dry density									
% Compaction									
Designed depth..... cm. Actual Depth									

ภาพผนวกที่ ก 8 แบบฟอร์ม Field Density Test โดยวิธี Sand Replacement Method (ว. 6-03)

[illegible]

การตรวจสอบคุณภาพงานโครงสร้างชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์

เอกสารอ้างอิง

1. กรมทางหลวง, ทล.-ม. 203/2556 มาตรฐานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ (Cement Modified Crushed Rock Base)
2. กรมทางหลวง, ทล.-ม. 204/2556 มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Base)
3. กรมทางหลวง, ทล.-ม. 206/2533 มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Subbase)
4. กรมทางหลวง, ทล.-ม. 213/2543 มาตรฐานการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling)
5. กรมทางหลวง, ทล.-ท. 105/2515 วิธีการทดสอบหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน
6. กรมทางหลวง, ทล.-ท. 108/2517 วิธีการทดสอบ Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน
7. กรมทางหลวง, ทล.-ท. 603/2517 วิธีการทดสอบหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย
8. กรมทางหลวง, สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ, คู่มือการก่อสร้าง Pavement In-Place Recycling
9. กรมทางหลวง, สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ, การออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์
10. บริษัท เวิร์ทเกิน (ประเทศไทย) จำกัด, <http://www.wirtgen-group.com/thailand/th/>
11. Caterpillar Inc., http://www.cat.com/en_MX/products/new/equipment/road-reclaimers/
12. CMI., http://www.turtlesoutheast.com/PDF_Documents/Equipment_Specs/PR-800-7spec.pdf
13. BOMAG Americas, Inc., <http://www.bomag.com/us/en/homepage.htm>
14. Sakai Heavy Industries, Ltd., <http://www.sakainet.co.jp/images/catalog/pdf/pm550.pdf>
15. ROADTEC an Astec Industries Company., http://www.roadtec.com/images/uploads/productdocs/SX-6e_Full_Brochure.pdf

