

การศึกษาคุณสมบัติและกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมแห้ง (preblend) ในงานขนาดเล็ก

ชรินทร์ ธรรมาภิรมย์

วิศวกรเขต 2

กิจการคอนกรีตผสมเสร็จนครหลวง

บทคัดย่อ: คอนกรีตผสมแห้ง เป็นผลิตภัณฑ์ที่คิดขึ้นมาเพื่อตอบสนองพฤติกรรมการใช้งานของคอนกรีตที่มีความจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการเทคอนกรีตที่หน่วยงานก่อสร้างนานกว่าปกติ นั่นคือนานกว่าที่ประมาณ 2-3 ชั่วโมง หรือกรณีที่จำเป็นจะต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งที่นานกว่าปกติ ซึ่งในปัจจุบันการแก้ปัญหาดังกล่าวนั้น ถูกแก้ไขด้วยการใช้วิธีการผสมมือที่หน่วยงานก่อสร้างเอง หรือการซื้อคอนกรีตแห้งแบบบรรจุถุงที่มีจำหน่ายอยู่ตามร้านจำหน่ายวัสดุก่อสร้างทั่วไปมาใช้งาน แม้ว่าคอนกรีตผสมแห้งจะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มดังกล่าวแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในด้านเทคนิคและวิธีการผลิตอยู่มาก ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของวัตถุดิบ(หิน, ทราย) ซีเมนต์ และข้อจำกัดในการผลิตคอนกรีต ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทดลองผสมคอนกรีตผสมแห้งด้วยการควบคุมความชื้นทรายไว้ที่ 0 เปอร์เซ็นต์, 1.5 เปอร์เซ็นต์, 3 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบกับกรณีคอนกรีตผสมเสร็จธรรมดา ส่วนหินนั้นใช้สภาพ Air Dry เนื่องจากความชื้นในเม็ดหินนั้น ไม่ได้มีผลต่อการทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน ซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญของการที่คอนกรีตไม่สามารถจัดเก็บเป็นคอนกรีตแห้งได้นาน สำหรับวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ ก็เพื่อหาความชื้นทรายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการจัดเก็บ ซึ่งหลังจากที่ได้ข้อสรุปดังกล่าวแล้ว จะได้นำไปศึกษาต่อถึงความเป็นไปได้ในการผลิต ในการศึกษาจะพิจารณาจากคอนกรีต 2 กลุ่ม คือกลุ่มกำลังอัดต่ำ (ZBDM24A100) และกำลังอัดสูง (ZBDM40A100) โดยจะให้ความสำคัญกับการศึกษาคุณสมบัติที่จำเป็นต้องคำนึงถึง ที่จะมีผลต่อคุณภาพและความสะดวกในการใช้งานคอนกรีตผสมแห้ง ได้แก่ ค่ายุบตัวและกำลังอัดคอนกรีต นอกจากนี้ ในกรณีที่เป็นโครงสร้างพื้นที่ต้องการความทนทานการใช้งานของคอนกรีต จะต้องทดลองหาความต้านทานการขัดสีเพิ่มเติมด้วย

จากการศึกษาตามรายละเอียดที่กล่าวไปแล้วข้างต้น พบว่าความชื้นทรายยิ่งสูงมากขึ้น มีความจำเป็นที่จะต้องผสมน้ำส่วนเพิ่มเพื่อให้ค่ายุบตัวอยู่ในย่านที่ต้องการและสามารถทำงานได้ง่าย ซึ่งน้ำส่วนเพิ่มนี้ส่งผลกระทบต่อกำลังอัดคอนกรีต เนื่องจากอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (W/B Ratio) เพิ่มสูงขึ้น โดยในการทดลองผสมคอนกรีตแห้งที่มีความชื้นทราย 0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำส่วนเพิ่ม ในขณะที่เมื่อความชื้นทรายเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้น้ำส่วนเพิ่ม เฉลี่ยประมาณ 10 ลิตร และมากขึ้นตามลำดับเมื่อความชื้นทรายเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผลของปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับซีเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างที่ยังเป็นคอนกรีตแห้ง ซึ่งผลกระทบที่มีต่อกำลังอัดนั้น ที่ความชื้นทราย 0 เปอร์เซ็นต์ ได้ค่ากำลังอัดเป็นไปตามที่ออกแบบ แต่เมื่อความชื้นทรายเพิ่มเป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ กำลังอัดที่ 28 วันลดลงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะได้ค่าใกล้เคียงกับค่ากำลังอัดที่รับรอง (specified strength) คือไม่มีส่วนเผื่อกำลังอัดเหลือ และที่ความชื้นทรายเพิ่มมากขึ้นก็จะมีกำลังอัดลดลงมากขึ้น สำหรับความต้านทานต่อการขัดสีนั้น พบว่าเมื่อความชื้นทรายเพิ่มขึ้น สำหรับคอนกรีตกำลังอัด 240 ksc ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับโครงสร้างพื้นที่ต้องการค่าความต้านทานฯ สูง หากค่าความชื้นทรายไม่สูงเกินกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ จะยังคงใช้ได้กับโครงสร้างทั่วไป ส่วนคอนกรีตกำลังอัด 400 ksc ค่าความต้านทานฯ ที่ความชื้นทรายไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ จะยังคงใช้ได้กับโครงสร้างพื้นถนน

หากจะพิจารณาในแง่ของอายุคอนกรีตแห่งก่อนผสมน้ำ พบว่าเมื่อทั้งคอนกรีตแห้งไว้นานมากขึ้น จะมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำส่วนเพิ่ม กำลังอัด และความต้านทานต่อการขัดสีในทิศทางเดียวกันกับความชื้นทราย แต่จะมีผลกระทบที่น้อยกว่า ซึ่งผลกระทบของอายุคอนกรีตจะรุนแรงมากเมื่อใช้กับความชื้นทรายที่ 5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ส่วนในการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตนั้น ได้ทดลองตากทรายแห้งที่ความหนา 5 และ 10 เซนติเมตร เพื่อพิจารณาความชื้นทรายที่ลดลง และพบว่าความชื้นทรายไม่ลดลงมากนักจากการตากทรายความชื้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ด้วยสภาพอากาศที่แจ่มใสแดดจัด จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในวิธีการของการผลิตจริง

1. เข้าใจในนโยบายของผู้บริหาร

สืบเนื่องจากนโยบายให้เพิ่มอัตราการใช้กำลังการผลิตโรงงาน (utilization) ของผู้บริหาร ก.คผ.(นล) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่โรงงานไม่ได้ผลิตคอนกรีต เช่น ช่วงติดเวลา เป็นต้น ด้วยการศึกษาค่าความเป็นไปได้ในการออกแบบและผลิตคอนกรีตผสมเสร็จแบบแห้งที่ใช้วิธีการผสมน้ำที่หน้างาน เพื่อที่จะได้ยืดระยะเวลาการใช้งานคอนกรีตผสมเสร็จและเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผสมเองของลูกค้าที่หน้างาน มาใช้คอนกรีตผสมเสร็จแบบแห้งแทน เพื่อจะได้ประหยัดพื้นที่การกองเก็บวัสดุผสมคอนกรีตที่หน่วยงานก่อสร้างด้วย นอกจากนี้หากในช่วงที่ความสามารถการผลิตของโรงงานมีจำกัด สามารถแบ่งภาระงานในช่วงสูงสุดด้วยการผลิตเก็บไว้ในช่วงที่ไม่มียอดสั่งเท

2. กำหนดงานที่จะทำ

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลกระทบต่อคุณสมบัติคอนกรีตเมื่อมีการผสมแห้ง โดยเฉพาะความชื้นทรายที่มีผลต่อคุณสมบัติคอนกรีตแห้งที่อายุต่างๆ เป็นหลัก เนื่องจากทรายซึ่งได้จากแหล่งธรรมชาติ ทั้งทรายแม่น้ำและทรายบกในกระบวนการผลิตจะมีความชื้นอยู่ในทรายเสมอ ซึ่งมีการศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้องกัน ดังนี้

1. ความชื้นทรายที่เหมาะสมในการผลิตโดยคอนกรีตยังมีคุณสมบัติเป็นไปตามที่ต้องการศึกษาถึงผลกระทบของความชื้นทรายที่ระดับต่างๆ ที่จะมีผลต่อการทำปฏิกิริยาของซีเมนต์ โดยทำการศึกษาที่ระดับความชื้น 0 เปอร์เซ็นต์, 1.5 เปอร์เซ็นต์, 3 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ใช้หินทรายสภาพปกติ
2. ระยะเวลาที่คอนกรีตผสมแห้งจะสามารถกองเก็บไว้ได้ก่อนที่จะผสมน้ำ เป็นปัจจัยหลักที่จะศึกษา

เพื่อที่จะนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ต้องการระยะเวลาการทำงานที่ต่างกันไป

3. กระบวนการผลิต ศึกษาถึงวิธีการผลิตและจัดเก็บทรายในสภาพการทำงานจริง เพื่อให้ได้ความชื้นตามที่เหมาะสมต่อการผลิตคอนกรีตแบบผสมแห้ง ตลอดจนลำดับการชั่งตวงและวิธีการผสมคอนกรีตที่โรงงาน

3. พัฒนารูปแบบเพื่อปฏิบัติงาน

การศึกษาทั้งหมดจะกระทำด้วยวิธีการเชิงเปรียบเทียบ และทดลองกับคอนกรีต ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มกำลังอัดต่ำ และกลุ่มกำลังอัดสูง และการประเมินผลคอนกรีตจะทำการประเมินใน 2 ประเด็นคือ

- กำลังอัดของคอนกรีต
- ความสามารถในการทนทานต่อการขัดสี

ในการทดลองได้มีการกำหนดส่วนผสมคอนกรีตที่จะเป็นตัวแทนของคอนกรีตกลุ่มกำลังอัดต่ำ ได้แก่ ZBDM24A100 และกลุ่มกำลังอัดสูง ได้แก่ ZBDM40A100 เพราะเป็นคอนกรีตชั้นคุณภาพที่มีการผลิตมาก และ sub-product ที่ใช้ในการผลิตคือ Jx3x0 (ทดแทน 30 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนเนื้อกำลังอัดเท่ากับ 100 ksc) ประกอบกับเป็นคอนกรีต sub-product ที่เหมาะสมกับการเทพื้น โดยที่ต้นทุนไม่สูงเกินไปนัก เนื่องจากมีปริมาณของวัสดุประสานมากเพียงพอ โดยที่ในการทดลองจะผสมคอนกรีตทั้งสิ้น 13 batch/mix สำหรับรายละเอียดของส่วนผสมเป็นไปตามตารางที่ 1-1 และได้แสดงตัวอย่างการทดลองไว้ดังในรูปที่ 1-3

ตารางที่ 1 ส่วนผสมคอนกรีตที่ทดลอง

รหัสสินค้า	ซีเมนต์ (กก.)	PFA (กก.)	หิน (กก.)	ทราย (กก.)	น้ำ (กก.)	น้ำยา (ซีซี)
ZBDM24A100	206	88	1,150	810	166	620
ZBDM40A100	272	118	1,140	720	166	820



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3

รูปที่ 1,2,3 แสดงภาพการทดลองผสมคอนกรีตผสมเสร็จแบบแห้ง

ในการศึกษาจะมีการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ดังจะได้ชี้แจงถึงความจำเป็นในการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อประกอบการวิเคราะห์ต่อไป ดังนี้

3.1 การทดลองส่วนผสมเพื่อทดสอบการสูญเสียค่ายุบตัว

เนื่องจากคุณสมบัติค่ายุบตัวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการใช้งานคอนกรีตที่หน่วยงานของลูกค้า และตามที่ได้กล่าวไปแล้วว่าการศึกษาคอนกรีตผสมแห้ง เพื่อวัตถุประสงค์ในการตอบสนองความต้องการของกลุ่มลูกค้าที่ต้องการใช้คอนกรีตเป็นระยะเวลานาน ค่ายุบตัวที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานจริงและไม่มีการควบคุมการผสมน้ำจาก CPAC ซึ่งในทางปฏิบัติจะสามารถทำได้เพียงการให้คำแนะนำเท่านั้น โดยมีความต้องการคุณสมบัติเช่นเดิมหรือใกล้เคียง ในการศึกษานี้จะได้เก็บข้อมูลและศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงค่ายุบตัว โดยการทดลองจะทำการผลิตคอนกรีตด้วยทรายที่ความชื้นต่างๆแล้ว ซึ่งจะได้ทำการปรับปริมาณน้ำในส่วนผสมตามสภาพความชื้น หินทรายจริง โดยคิดที่สภาพหิน ทรายที่สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (SSD) ก่อน เมื่อมีการปรับปริมาณน้ำแล้ว ค่ายุบตัวที่ได้ยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ ก็จะมีการปรับเพิ่มปริมาณน้ำขึ้นเพื่อให้ได้ค่ายุบตัวตามต้องการ และทำการบันทึกค่าปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทุกๆ batch เพื่อประกอบการวิเคราะห์ ดังได้แสดงการทดสอบค่ายุบตัวในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการทดสอบค่ายุบตัว

3.2 การทดลองส่วนผสมเพื่อทดสอบกำลังอัดที่ 7 และ 28 วัน

กำลังอัดคอนกรีตเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดสำหรับการศึกษานี้ เพราะการออกแบบการทดลองผสมคอนกรีตที่ความชื้นทรายต่างๆกันนั้น ความชื้นในทรายจะทำให้ปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ที่ผสมในส่วนผสมแห้ง ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันขึ้นก่อนแล้ว ดังนั้นเมื่อผสมน้ำที่ระยะเวลาตามที่ได้ออกแบบการทดลองจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันร่วมกับปูนซีเมนต์ในสัดส่วนที่ลดลง เพราะอนุภาคปูนซีเมนต์บางส่วนที่ทำปฏิกิริยาไปแล้วจะเปลี่ยนคุณสมบัติ ทำให้กำลังอัดที่ได้ลดลง

3.3 การทดลองส่วนผสมเพื่อทดสอบความทนทานต่อการขัดสี (Abrasive resistance)

ความต้านทานต่อการขัดสีเป็นคุณสมบัติที่ต้องคำนึงถึงมากในกรณีที่ใช้คอนกรีตที่ใช้นั้น เป็นโครงสร้างพื้นซึ่งต้องรับแรงกระทำอย่างต่อเนื่อง หากคอนกรีตไม่สามารถทนทานต่อการขัดสีได้ดีแล้ว จะส่งผลให้ความทนทานในการใช้งานคอนกรีตลดลง โดยในการทดลองนี้จะทำการทดสอบคุณสมบัติความทนทานต่อการขัดสีนี้ทุกๆ batch จำนวน batch ละ 2 ก่อนเพื่อทำการเปรียบเทียบและยืนยันผลการทดลอง

4. วิธีการเพื่อให้งานสำเร็จ

สำหรับขั้นตอนลำดับต่อไปเป็นกระบวนการนำผลการทดลองมาประยุกต์ใช้กับสภาพการทำงานจริงของการผลิตที่โรงงาน โดยจะได้มีการคำนึงถึงข้อจำกัดด้านต่างๆที่โรงงานในการที่จะควบคุมความชื้นทรายที่จะใช้ผลิตคอนกรีตแห้ง ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ผลการศึกษารู้ออกมาได้ และวิเคราะห์หาแนวทางการปฏิบัติเพื่อให้มีความเป็นไปได้ในการผลิตด้วยการใช้เครื่องจักรเดิมที่ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จอยู่ในปัจจุบัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์ (utilization) จากเครื่องจักรเดิม และไม่ต้องเสียงบประมาณในการลงทุนกระบวนการผลิตคอนกรีตแห้งเพิ่มขึ้น

ในการศึกษาได้เริ่มดำเนินการทดลองตากทรายที่มีความชื้นปกติในปัจจุบัน ด้วยการควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการลดลงของความชื้นทรายที่นำมาตากแห้ง ได้แก่ ความชื้นทรายเริ่มต้น สภาพอากาศ

อุณหภูมิอากาศ ความหนาของชั้นทรายที่ทำการตากแห้ง และวิธีการตากแห้ง ดังแสดงการทดลองในรูปที่ 5 - 7



รูปที่ 5



รูปที่ 6



รูปที่ 7

รูปที่ 5,6,7 แสดงการทดลองการตากทรายเพื่อหาความชื้น

วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

สรุปผลการทดลองตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการหาความชื้นทรายตากแห้ง ณ ที่สภาพอากาศแจ่มใสแดดจ้า

ความชื้นเริ่มต้น (%)	ความหนา (ซม.)	ระยะเวลาตากแห้ง (ชม.)	ความชื้นหลังตากแห้ง (%)
5	5	1	3.94
		3	4.15
		6	2.82
5	10	1	4.26
		3	4.72
		6	4.37
10	5	1	6.20
		3	5.11
		6	4.61
10	10	1	7.45
		3	5.64
		6	6.93

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าแม้ว่าจะมีการตากแห้งเป็นระยะเวลานานถึง 6 ชั่วโมงแล้วก็ตาม ก็ไม่ได้ทำให้ความชื้นทรายน้อยลงมากนัก ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นความหนาทรายที่ 5 หรือ 10 ซม. ดังนั้นควรที่จะมีการทดลองเพิ่มเติมในเรื่องของการตากทราย โดยการเปลี่ยนวิธีการในการทดลอง คือน่าจะมีการกลับด้านทรายระหว่างการทดลองเมื่อผิวหน้าแห้งแล้ว ซึ่งจะได้ทดลองในลำดับต่อไป

5. การปฏิบัติตามแผนงาน

ตารางที่ 3 ผลการทดลองกำลังอัดคอนกรีต และความต้านทานการขัดสีเปรียบเทียบกับความชื้นทรายต่างๆ และอายุคอนกรีตแห้ง

ZBDM24A100

ความชื้น (%)	อายุคอนกรีตก่อนผสมน้ำ (ชม.)	กำลังอัด(ksc)		ความต้านทานการขัดสี
		7 วัน	28 วัน	28 วัน
0	3	222	317,323	0.72, 0.75
	5	211	296, 324	0.89, 0.81
	7	210	317, 325	0.87, 1.1
1.5	3	165	274, 303	0.98, 0.83
	5	127	219, 238	1.18, 1.37
	7	133	213, 200	1.39, 1.63
3	3	119	231, 224	0.73, 1.68
	5	113	224, 209	1.77, 1.42
	7	67	146, 146	2.13, 1.72
5	3	49	127, 126	1.11, 1.21
	5	42	92, 91	2.41, 2.78
	7	20	48, 49	2.96, 2.46
ไม่ปรับ	-	227	343	0.65
		228	331	0.88

ZBDM40A100

ความชื้น (%)	อายุคอนกรีตก่อนผสมน้ำ (ชม.)	กำลังอัด(ksc)		ความต้านทานการขัดสี
		7 วัน	28 วัน	28 วัน
0	3	350	491,491	0.32, 0.57
	5	386	544, 555	0.31, 0.29
	7	336	478, 496	0.58, 0.39
1.5	3	296	466, 478	0.44, 0.36
	5	237	383, 370	0.44, 0.42
	7	208	328, 331	0.72, 0.58
3	3	194	329, 344	1.46, 0.6
	5	149	264, 274	0.66, 0.64
	7	120	234, 243	1.25, 0.88
5	3	173	303, 320	0.47, 0.50
	5	71	166, 161	1.48, 1.59
	7	52	92, 91	2.84, 1.85
ไม่ปรับ	-	368	522	0.37
		366	505	0.46

6. การตรวจสอบผล

ผลการทดสอบที่ได้จะนำมาสรุปผลเพื่อนำไปสู่การทดลองขั้นต่อไปในเรื่องการผลิตจริงที่โรงงาน โดยจะสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้องดังนี้

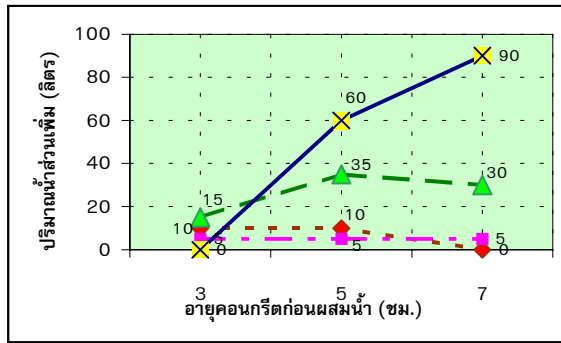
6.1 ความชื้นทราย จากการทดลองแม้ว่าจะมีการอบทราย แต่หากทิ้งไว้ในอากาศแล้ว ตรวจสอบหาค่าความชื้นที่แท้จริงก่อนการผสม จะได้ว่าทรายมีความชื้นไม่ใช่ 0 เปอร์เซ็นต์ SSD จริง แต่จะมีค่าความชื้น 0.56 เปอร์เซ็นต์



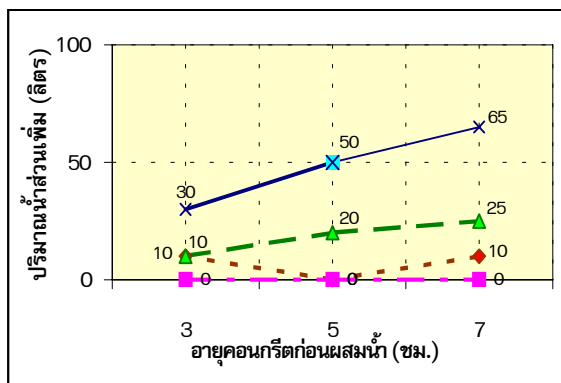
รูปที่ 8 แสดงการหาค่าความชื้นทรายที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตแห้ง

6.2 ความชื้นหิน สภาพหินที่จะใช้ในการผลิตจะกำหนดให้อยู่ในสภาพ Air Dry เท่านั้น เนื่องจากมีความชื้นอยู่ในเนื้อหินด้วย โดยได้ทำการหาความชื้นดังกล่าว มีค่า 0.08 เปอร์เซ็นต์

6.3 ปริมาณน้ำส่วนเพิ่ม ในการทดลองจะออกแบบการทดลองให้เหมือนกับสภาพหน้างานจริง คือ กำหนดค่าค่ายุบตัวให้อยู่ในเกณฑ์ที่ทำงานได้ คือ 10 ± 2.5 ซม. ดังนั้นจึงต้องทำการเพิ่มปริมาณน้ำเพื่อให้ได้ค่ายุบตัวตามที่ต้องการ ด้วยอัตราการเพิ่มน้ำที่ 10 ลิตร ต่อค่ายุบตัว 2.5 ซม. ต่อคิว และปรับเพิ่มเติมหากค่ายุบตัวยังไม่ได้ ผลการทดลองปริมาณน้ำที่ต้องปรับเพิ่มเป็นไปตามรูปที่ 9 และ 10



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำส่วนเพิ่มกับอายุคอนกรีตที่ระดับความชื้นต่างๆกัน สำหรับ ZBDM24A100



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำส่วนเพิ่มกับอายุคอนกรีตที่ระดับความชื้นต่างๆกัน สำหรับ ZBDM40A100

วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

1. ปัจจัยความชื้นทรายมีผลต่อปริมาณน้ำส่วนเพิ่มที่ต้องใช้ มากกว่าปัจจัยอายุคอนกรีตแห้ง
2. ปริมาณน้ำส่วนเพิ่มมีแนวโน้มที่ต้องใช้มากขึ้นตามความชื้นทรายที่มากขึ้น โดยจะเห็นผลชัดเจนที่ความชื้นทราย 3 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป แต่ที่

ความชื้นทราย 0 เปอร์เซ็นต์ ไม่จำเป็นต้องใช้น้ำส่วนเพิ่ม และที่ความชื้นทราย 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีการใช้ปริมาณน้ำส่วนเพิ่มประมาณ 10 ลิตรต่อลบ.ม.

3. ปริมาณน้ำส่วนเพิ่มแปรผกผันกับกำลังอัดคอนกรีต

6.4 ค่ายุบตัว มีค่าแปรผกผันกับปริมาณความชื้นทรายที่ใช้ในการผลิต กล่าวคือ ถ้าทรายมีความชื้นมากขึ้นแล้วค่ายุบตัวเริ่มต้นที่ได้จะมีค่าต่ำลง เพราะความชื้นในทรายถ้ายังมีมากก็จะเข้าทำปฏิกิริยากับคอมพาวด์ของซีเมนต์ ซึ่งคอมพาวด์ที่ทำปฏิกิริยาได้เร็วที่สุด คือ C_3A เมื่อน้ำในทรายเข้าทำปฏิกิริยากับซีเมนต์แล้ว ทำให้ยับข้มจะทำปฏิกิริยาก่อน โดยจะเกิดไฮดรอลิกอัลคาไลน์และซัลเฟตไอออน ซึ่งมีผลต่อการเกิดผลึก Ettringite และ Low sulphate ซึ่งจะพยายามกันน้ำไม่ให้เข้าทำปฏิกิริยากับ C_3A ทันที ซึ่งการเกิด Ettringite ในช่วงแรกนั้น เกิดจากการมีสัดส่วนของซัลเฟต/อลูมิเนียมสูง แต่อย่างไรก็ตามหากน้ำมีปริมาณมากถึงระดับหนึ่ง ในที่นี้คือ ความชื้นทรายประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ แล้ว Ettringite เอง จะคงความสามารถในการป้องกันการทำปฏิกิริยาของน้ำกับ C_3A ได้เพียงช่วงแรก คือประมาณ 1 ชั่วโมงแรกเท่านั้น หลังจากนั้นจะเริ่มสลายตัวเป็น monosulphate ซึ่งจะไม่ประสิทธิภาพในการหน่วงอีกต่อไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาในลำดับต่อไป คือ น้ำจะเข้าทำปฏิกิริยากับ C_3A และ C_3S นำไปสู่การเกิดสารประกอบ C-S-H และ CAH ซึ่งอยู่ในรูปของเส้นใยผลึกหลวม และอนุภาคซีเมนต์จะเริ่มจับตัวเป็นก้อน บางส่วนเคลือบเม็ดหิน ในขณะที่บางส่วนก็จับเป็นก้อนซีเมนต์ด้วยกันเอง ทำให้เมื่อผสมน้ำแล้ว จะเหลืออนุภาคของ Ettringite, C_3A และ C_3S ที่จะทำปฏิกิริยาน้อยลง และเมื่อผสมน้ำเพื่อทำให้เกิดค่ายุบตัวจะได้ค่าต่ำกว่าเมื่อมีความชื้นสูงขึ้น เนื่องจากผลผลิตไฮดรชัน ได้แก่ C-S-H, CAH และ $Ca(OH)_2$ เกิดขึ้นแล้วบางส่วน จึงเกิดการเชื่อมประสานและเกาะตัวกันทำให้เกิดการเสียดทานของผลผลิตและอนุภาคซีเมนต์ที่ยังไม่ทำปฏิกิริยา จนเกิดการหล่อลื่นระหว่างอนุภาคของวัสดุผงและส่วนผสมต่างลง จนทำให้ค่ายุบตัวเริ่มลดลง

อนึ่งหากจะพิจารณาไกลของการเกิดค่ายุบตัวนั้น จะมีหน่วยแรงที่เกี่ยวข้อง 2 ประเภทด้วยกัน

จากการพิจารณาคอนกรีตเป็นสารแขวนลอย (มวลรวม) กับค่าความหนืด (ซีเมนต์เพสต์) หน่วยแรง ทั้ง 2 ได้แก่ หน่วยแรงเฉือนและหน่วยแรงคราก โดยการที่จะเกิดค่ายุบตัวได้นั้นจะต้องเกิดหน่วยแรงที่มากกว่าหน่วยแรงคราก เพราะเป็นหน่วยแรงที่ทำให้วัสดุเริ่มต้นไหล และการที่คอนกรีตผสมแห้งต้องการปริมาณน้ำมากขึ้นก็เพื่อที่จะเอาให้น้ำส่วนเพิ่มเข้าไปทำให้คอนกรีตมีความชื้นเหลวมากกว่าเดิม เพื่อเอาชนะแรงเชื่อมประสานและลักษณะผิวที่กักเก็บน้ำมากขึ้นจากผลผลิตไฮเดรชันตามที่กล่าวไปแล้ว

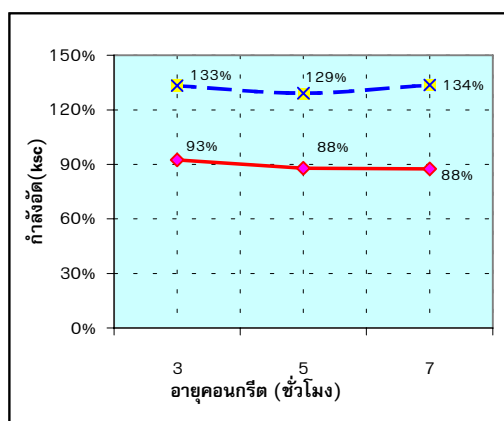
6.5 กำลังอัด ในทำนองเดียวกันกับค่ายุบตัว คือกำลังอัดมีค่าแปรผกผันกับค่าความชื้นทรายที่ใช้ในการผลิต ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผล 2 ประการคือ

1. เนื่องจากมีการควบคุมค่ายุบตัวให้เหมาะกับการทำงานจริง ดังนั้นในส่วนผสมที่ใช้ความชื้นทรายสูง ค่ายุบตัวเริ่มต้นต่ำ จะทำให้ต้องใช้ปริมาณน้ำส่วนเพิ่มมาก ส่งผลให้ อัตราส่วน W/B สูงด้วย กำลังอัดจึงต่ำลง
2. เกิดจากการทำปฏิกิริยาของ C_3A และ C_3S กับน้ำ จากความชื้นทรายไปก่อนหน้าแล้ว ซึ่งอนุภาคและโครงสร้างของ C-S-H ที่เกิดขึ้นก่อนจะกระทบต่อโครงสร้างของเพสต์โดยรวม แม้ว่า จะเกิดผลผลิตไฮเดรชันส่วนใหญ่จากซีเมนต์และน้ำที่ผสมภายหลัง แต่ด้วยผลผลิตที่เกิดก่อนด้วยโครงสร้างที่มีปัญหาจึงทำให้กำลังอัดลดต่ำลง

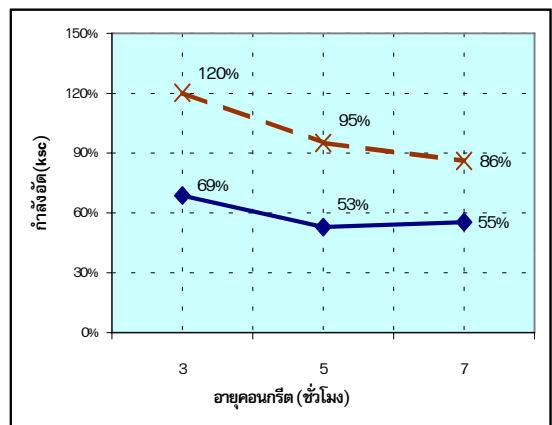
สำหรับรายละเอียดของการเกิดปฏิกิริยาเป็นไป ในทำนองเดียวกันกับที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อเรื่องค่ายุบตัวแล้ว

วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

(พิจารณารูปที่ 11-24 ประกอบ)



รูปที่ 11 (ความชื้นทราย 0 เปอร์เซ็นต์)



รูปที่ 12 (ความชื้นทราย 1.5 เปอร์เซ็นต์)

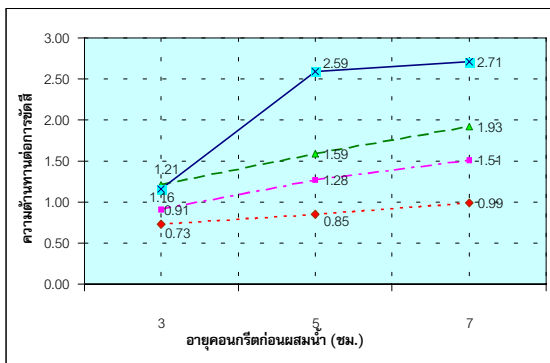
1. ความชื้นทราย และอายุคอนกรีตก่อนผสมน้ำมีผลต่อกำลังอัดมาก โดยค่าความชื้นทรายที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีกำลังอัดคอนกรีตเป็นไปตามที่ออกแบบ แต่เมื่อเพิ่มเป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ นั้น กำลังอัดก็จะต่ำกว่าถึงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยกำลังอัดที่ 28 วันนั้นใกล้เคียงกับค่าที่รับรองแต่จะไม่มีส่วนเมื่อกำลังอัดตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า จากการพิจารณารูปที่ 11-18 ประกอบพบว่า
 - ที่ความชื้นทราย 0 เปอร์เซ็นต์ นั้นได้ค่ากำลังอัดที่ 7 วันประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของที่รับรอง (เป็นไปตามที่ออกแบบ) และกำลังอัดที่ 28 วันประมาณ 130 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนับได้ว่าเป็นค่าที่เป็นไปตามที่ออกแบบ เช่นเดียวกับคอนกรีตผสมเสร็จ
 - ที่ความชื้นทราย 1.5 เปอร์เซ็นต์ นั้นได้ค่ากำลังอัดที่ 7 วันประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของที่รับรอง และกำลังอัดที่ 28 วันประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่ายังคงได้กำลังอัดตามที่ต้องการแต่หากไม่สามารถควบคุมคุณภาพในการเทที่ดีพอแล้วคาดว่ากำลังอัดน่าจะต่ำกว่าที่รับรอง
 - ที่ความชื้นทรายสูงกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปนั้น กำลังอัดที่ 7 และ 28 วัน มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ และประกอบกับสภาพเนื้อคอนกรีตก็แข็งกระด้าง ต้องใช้น้ำเต็มช่วยเป็นปริมาณมาก ซึ่งเป็นที่มาของการที่กำลังอัดต่ำกว่าค่าที่ออกแบบมาก
 - หากจะผลิตคอนกรีตแห้ง และยังคงรับรองกำลังอัดเหมือนเดิม ต้องใช้ ทรายที่ความชื้น

0 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น (ทว่าในทางปฏิบัติความชื้นประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์)

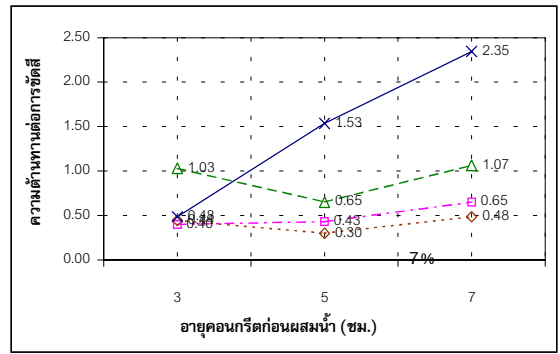
- หากจะยอมให้ใช้ความชื้นทรายสูงขึ้นในการผลิตแล้ว จะต้องเพิ่มปริมาณวัสดุเชื่อมประสานให้มากขึ้น เพื่อให้ได้กำลังอัดตามที่รับรองแต่ทั้งนี้อาจมีปัญหาต่อคุณสมบัติอื่นๆ ที่เกี่ยวกับโครงสร้างเพสต์ระดับจุลภาค (micro structure) ได้แก่ ความตึบน้ำ กำลังดึง การหดตัว และโมดูลัสยืดหยุ่น เนื่องจากการมีผลผลิตไฮเดรชันที่เกิดก่อนหน้าจากความชื้นในทราย จนอาจพิจารณาได้ว่าเป็นจุดอ่อนของโครงสร้างรวมทั้งหมดของซีเมนต์เพสต์

2. อายุคอนกรีตก่อนผสมน้ำ จากการพิจารณากราฟรูปที่ 5-7 ประกอบ จะเห็นว่าอายุคอนกรีตมีผลต่อกำลังอัดคอนกรีตไม่มากนักในกรณีที่ความชื้นทราย 0 เปอร์เซ็นต์ แต่จะเริ่มมีผลมากที่ความชื้นทราย 1.5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป กล่าวคือถ้าอายุการผสมเปลี่ยนจาก 3 ชั่วโมง เป็น 5 ชั่วโมงหรือ 7 ชั่วโมงนั้น กำลังอัดก็จะลดลงมากขึ้นเรื่อยๆตามอายุที่มากขึ้น โดยอัตราการลดของกำลังอัดมีค่าประมาณ 5-40 เปอร์เซ็นต์

6.6 ความต้านทานต่อการขีดสี เช่นเดียวกับกับค่ายุบตัวและกำลังอัด ค่าความต้านทานต่อการขีดสีจะแปรผกผันกับค่าความชื้นทรายที่ใช้ในการผลิต



รูปที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานต่อการขีดสีกับอายุคอนกรีตที่ระดับความชื้นต่างๆ กันสำหรับ ZBDM24A100



รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานต่อการขีดสีกับอายุคอนกรีตที่ระดับความชื้นต่างๆ กันสำหรับ ZBDM40A100

การสรุปผล (พิจารณารูปที่ 17, 18 ประกอบ)

1. ความชื้นทรายมีผลต่อความต้านทานต่อการขีดสีใกล้เคียงกับอายุคอนกรีตแต่ทั้งก่อนผสมน้ำ แต่เมื่อความชื้นทรายสูงถึง 5 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าความต้านทานต่อการขีดสีจะลดลงอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุผลทางโครงสร้างของเพสต์ที่มีการเชื่อมประสานก่อนจนเป็นจุดอ่อน ดังกล่าวในข้างต้น
2. สำหรับคอนกรีต ZBDM40A100 มีค่าความต้านทานต่อการขีดสีต่ำที่ความชื้นทรายไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสรุปได้ว่ายังคงสามารถที่จะใช้ได้กับโครงสร้างที่พื้นถนน (ค่าความลึกจากการทดสอบที่กำหนดไม่เกิน 0.5 มม.) แต่คอนกรีต ZBDM24A100 นั้นค่าความต้านทานต่ำสุดมีค่า 0.73 ซึ่งก็ไม่เหมาะที่จะใช้กับโครงสร้างพื้นถนนแต่ยังสามารถที่จะใช้กับโครงสร้างทั่วไปได้ อย่างไรก็ตามหากความชื้นทรายสูงถึง 3 เปอร์เซ็นต์ ก็จะมีค่าความต้านทานต่ำมากคือ ประมาณ 1.5 มม. ซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้กับโครงสร้างทั่วไปเช่นกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ายังคงสามารถที่จะใช้กับโครงสร้างทั่วไปที่ความชื้นทรายไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์

7. การจัดสูการทำงานปกติ

1. ควรจะกล่าวถึงคุณสมบัติและสภาพของวัสดุดิบที่จะสามารถนำมาผสมแห้งได้ทุกตัว โดยเฉพาะทราย
2. กล่าวถึงวิธีการใช้งาน (อายุของคอนกรีตผสมแห้งที่สามารถผสมภายในกี่ชั่วโมงจึงจะทำให้มีคุณสมบัติดั้งเดิม)
3. อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

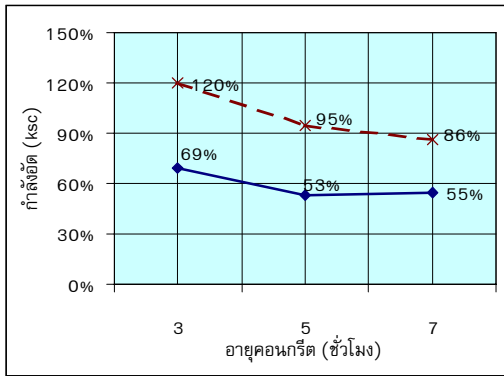
8. แผนงานในอนาคต

กล่าวถึงการศึกษาเกี่ยวกับการกองเก็บทรายที่ต้องอบ (ไซโล) และค่าใช้จ่ายในการลงทุนและวิธีการจัดส่งให้กับลูกค้า

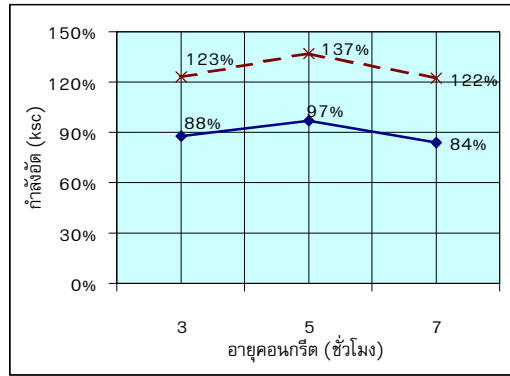
เอกสารอ้างอิง

เอกสารประกอบหลักสูตรการฝึกอบรมคอนกรีต เทคโนโลยีแบบบูรณาการ สำหรับวิศวกร เรื่อง วัสดุผสมคอนกรีต, ไฮดรอลิกซีเมนต์

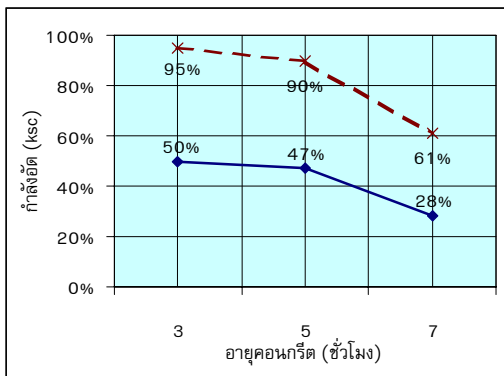
เอกสารแนบ



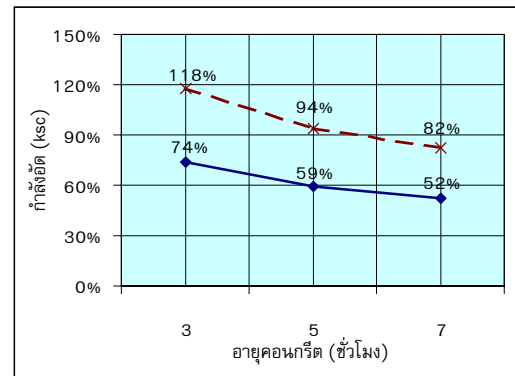
รูปที่ 12 (ความขึ้นทราย 1.5 เปอร์เซ็นต์)



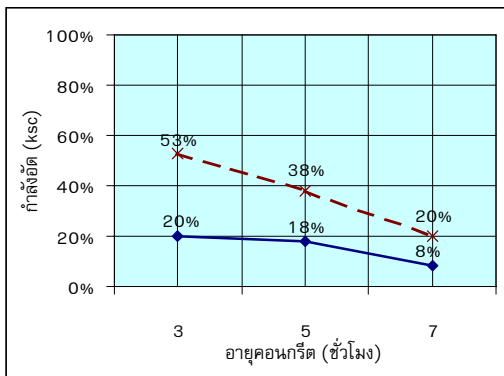
รูปที่ 15 (ความขึ้นทราย 0 เปอร์เซ็นต์)



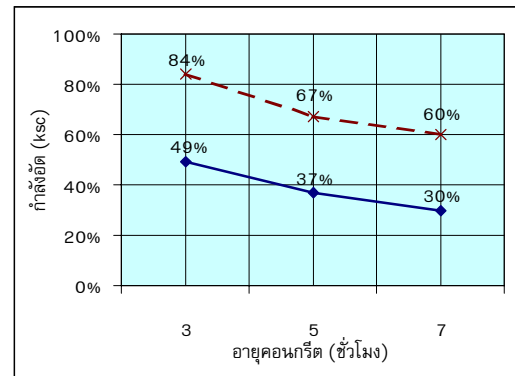
รูปที่ 13 (ความขึ้นทราย 3 เปอร์เซ็นต์)



รูปที่ 16 (ความขึ้นทราย 1.5 เปอร์เซ็นต์)

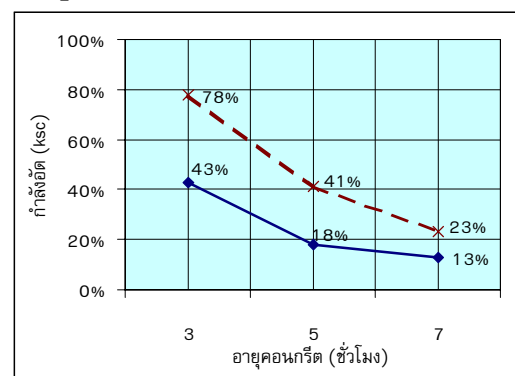


รูปที่ 14 (ความขึ้นทราย 5 เปอร์เซ็นต์)



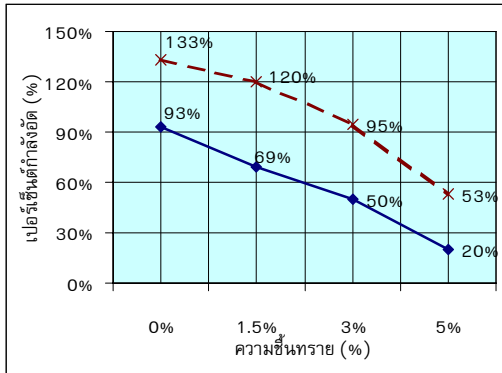
รูปที่ 17 (ความขึ้นทราย 3 เปอร์เซ็นต์)

รูปที่ 11-14 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดคอนกรีตกับอายุคอนกรีตแห้งของคอนกรีต ZBDM24A100

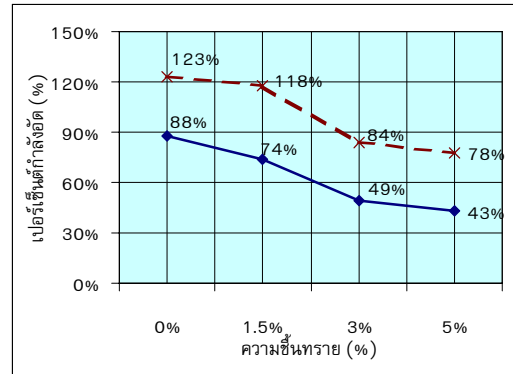


รูปที่ 18 (ความขึ้นทราย 5 เปอร์เซ็นต์)

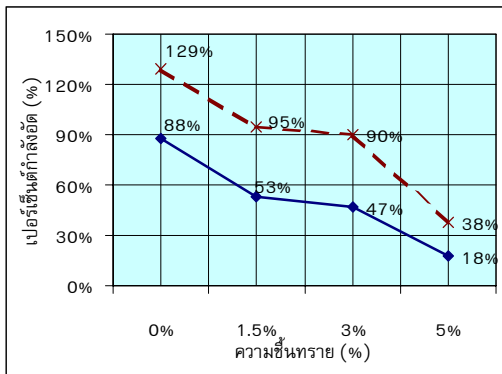
รูปที่ 15-18 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด
คอนกรีตกับอายุคอนกรีตแห้งของคอนกรีต
ZBDM40A100



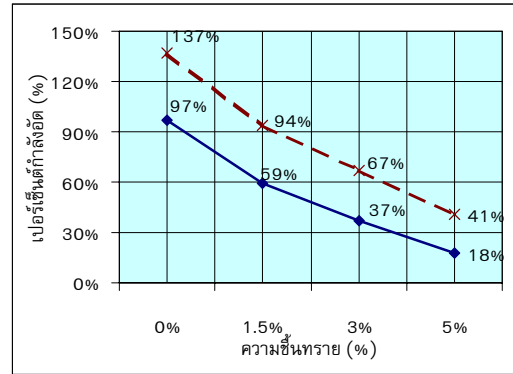
รูปที่ 19 (อายุ 3 ชั่วโมง)



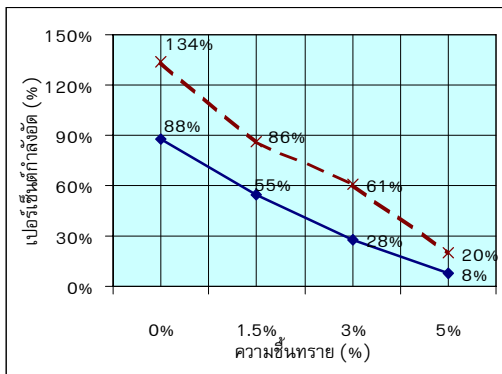
รูปที่ 22 (อายุ 3 ชั่วโมง)



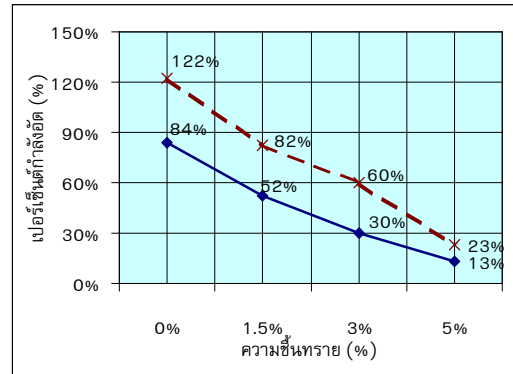
รูปที่ 20 (อายุ 5 ชั่วโมง)



รูปที่ 23 (อายุ 5 ชั่วโมง)



รูปที่ 21 (อายุ 7 ชั่วโมง)



รูปที่ 24 (อายุ 7 ชั่วโมง)

รูปที่ 19-21 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด
คอนกรีตกับความชื้นทรายของคอนกรีต
ZBDM24A100

รูปที่ 22-24 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด
คอนกรีตกับความชื้นทรายของคอนกรีต
ZBDM40A100