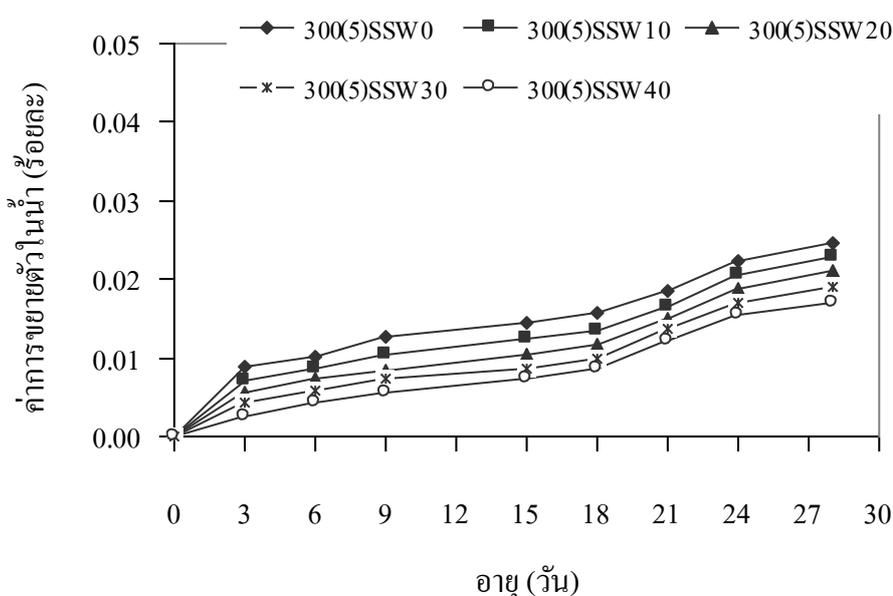


5.4 คุณสมบัติทางด้านความทนทานคอนกรีตผสมผงฟูนทรายไส้แบบ

5.4.1 การขยายตัวในน้ำ (Expansion in Water)

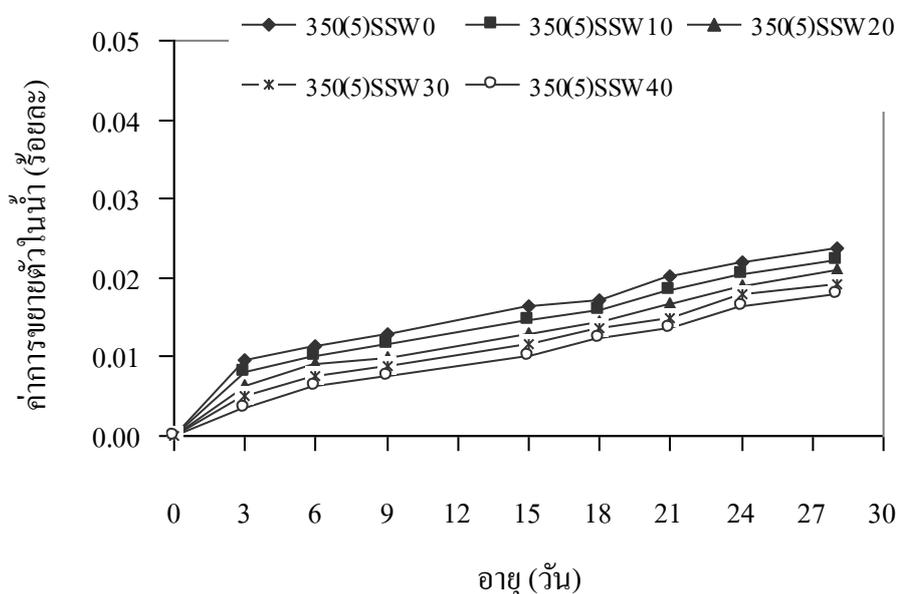
การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตเกิดขึ้นด้วย 2 สาเหตุคือ การดูดซับน้ำของซีเมนต์เจล (Cement Gel) โดยโมเลกุลของน้ำจะต้านกับแรงยึดเหนี่ยวและผลึกโมเลกุลของซีเมนต์เจลออกจากกัน (Neville, A.M., pp. 425 – 426) และมาจากการขยายตัวเนื่องจากดูดซับน้ำขององค์ประกอบทางเคมี อาทิเช่น ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ซึ่งผลการทดสอบการขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมผงฟูนทรายไส้แบบกลุ่ม SSW ที่มีค่าการยุบตัวเริ่มต้นเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. และปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300, 350 และ 400 กก./ม.³ แสดงในภาพที่ 5.93, 5.94 และ 5.95 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าคอนกรีตซึ่งทำการแทนที่ผงฟูนทรายไส้แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าการขยายตัวในน้ำจนถึงอายุ 28 วัน มีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่ผงฟูนทรายไส้แบบมีปริมาณของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) แคลเซียมออกไซด์อิสระ (Free CaO) และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากเผาไหม้ (LOI) น้อยกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยมีค่าเท่ากับ 0.05, 0.39 และ 0.87 ตามลำดับ (จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1) ในขณะที่ปูนซีเมนต์มีค่า 2.41, 0.57 และ 0.96 ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ



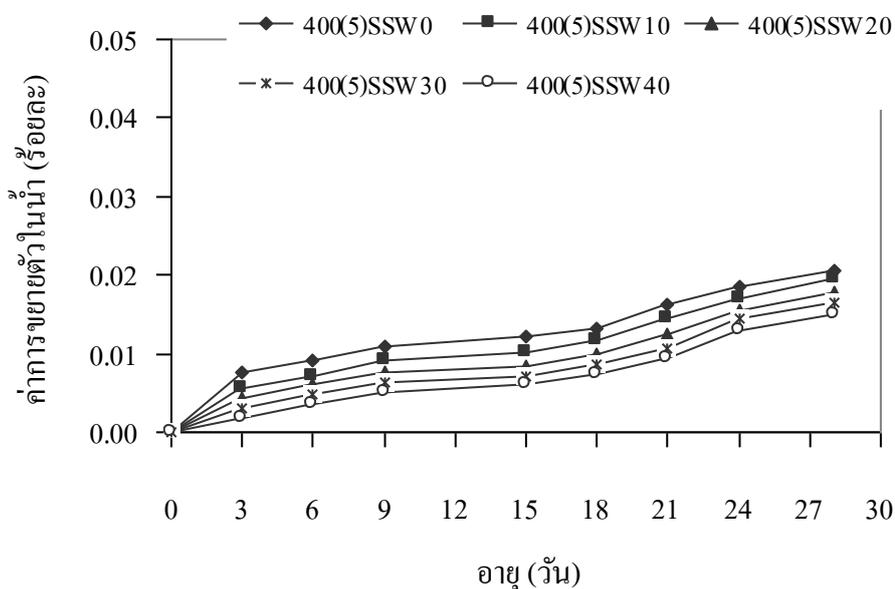
ภาพที่ 5.93 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300 กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฟูนทรายไส้แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก

ในช่วงแรกคอนกรีตจะมีอัตราการขยายตัวมากทั้งคอนกรีตปกติและคอนกรีตผสมผงฟูนทราย
ไส้แบบเนื่องจากการดูดซึมน้ำผ่านทางโพรงคาพิวลารีมีมาก ในขณะที่ช่วงหลังเมื่อปริมาณน้ำใน
โพรงคาพิวลารีมีมากจะทำให้ น้ำจากภายนอกเข้าไปสู่ภายในเพื่อทำปฏิกิริยาได้ได้น้อยลง

เมื่อพิจารณาคอนกรีตที่มีค่าปริมาณปูนซีเมนต์ในคอนกรีตเพิ่มขึ้นเป็น 350 และ 400 กก./ม.³
(ภาพที่ 5.95 และ 5.95) พบว่าค่าการขยายตัวในน้ำมีค่าลดลง ซึ่งเป็นเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของ
ปริมาณปูนซีเมนต์ทำให้ปริมาณของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความตึงน้ำมีค่า
เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

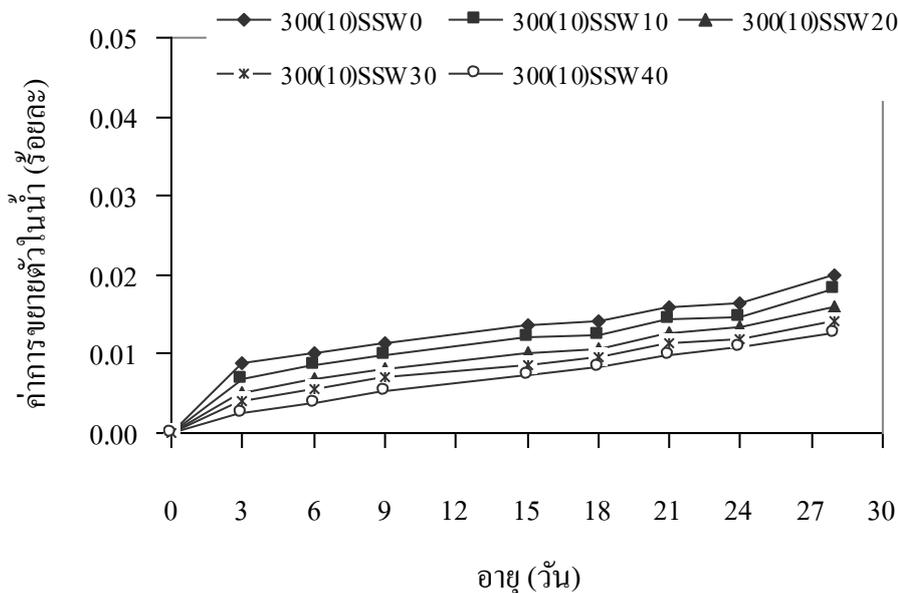


ภาพที่ 5.94 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 350 กก./ม.³
ค่าการยุบตัวเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฟูนทรายไส้แบบกลุ่ม SSW ใน
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก

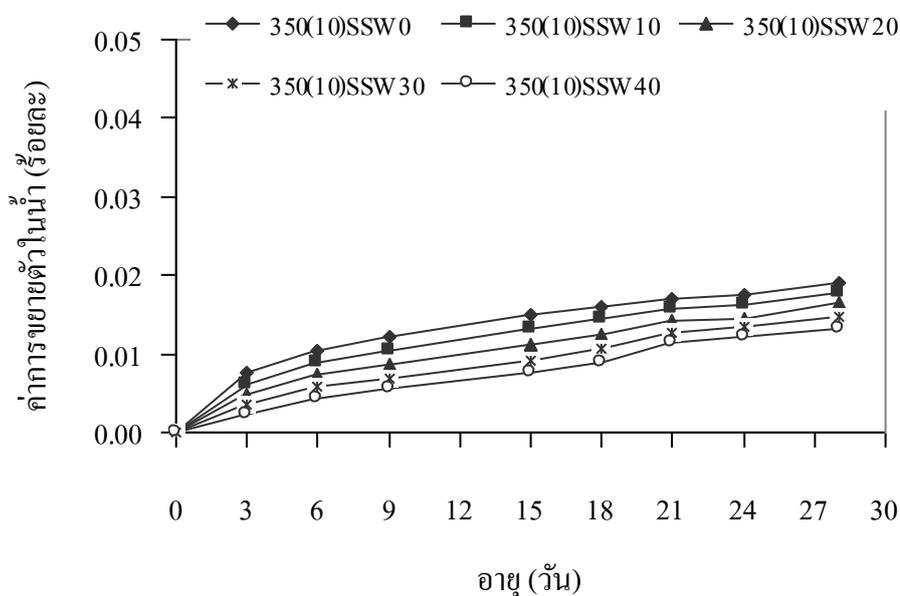


ภาพที่ 5.95 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 400 กก./ม.³ ค่าการยวบตัวเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฟูนทรายได้แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก

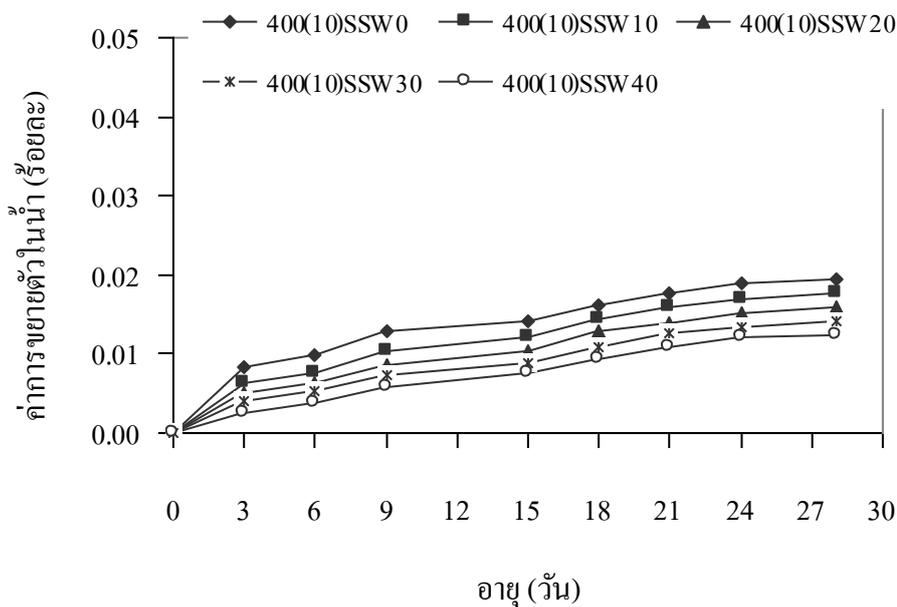
สำหรับในประเด็นของการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำ (ค่าการยวบตัวเริ่มต้นเพิ่มขึ้น) ดังแสดงผลการทดสอบใน 5.96 ถึง 5.101 สำหรับคอนกรีตที่มีค่าการยวบตัวเริ่มต้นเท่ากับ 10 ± 0.5 และ 15 ± 0.5 ซม. ตามลำดับ พบว่าแนวโน้มของการขยายตัวของคอนกรีตปกติและคอนกรีตผสมผงฟูนทรายได้แบบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาของการบ่มเพิ่มขึ้นและเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตปกติจะได้ว่าคอนกรีตผสมผงฟูนทรายได้แบบมีค่าการขยายตัวในน้ำลดลงตามลำดับ เมื่อสัดส่วนการแทนที่ของผงฟูนทรายได้แบบมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลในลักษณะเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น ในขณะที่เมื่อพิจารณาคอนกรีตที่มีปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากันจะเห็นว่าค่าการขยายตัวในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำในคอนกรีตที่ค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะการเพิ่มของปริมาณน้ำคอนกรีตทำให้ความพรุนหรือความทึบน้ำของคอนกรีตเพิ่มขึ้นซึ่งหมายถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนโพรงคาพิวลารีและรวมไปถึงขนาดของโพรงดังกล่าวทำให้โมเลกุลของน้ำจากภายนอกสามารถเข้าไปภายในเนื้อเพสต์และทำปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) แคลเซียมออกไซด์อิสระ (Free CaO) และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากเผาไหม้ (LOI) ได้เพิ่มขึ้น



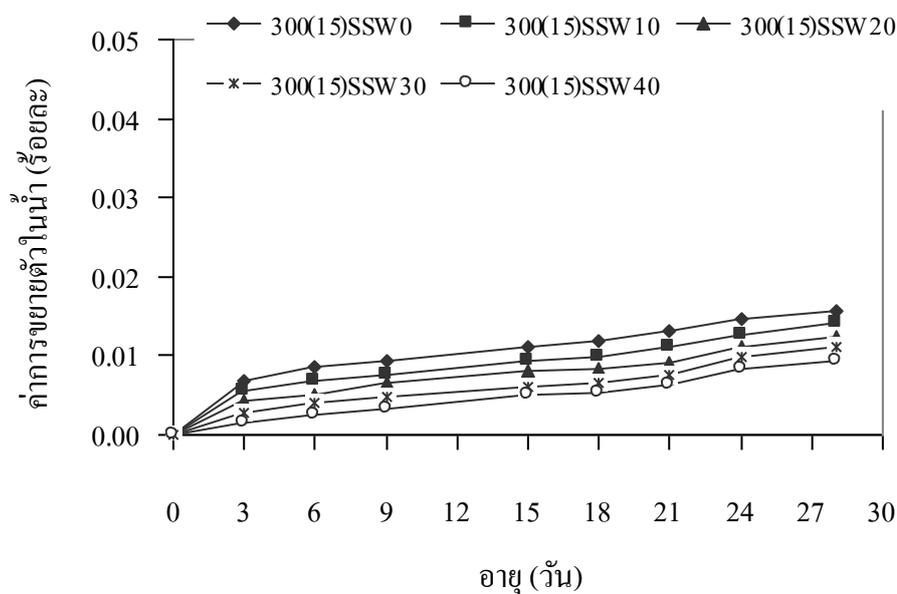
ภาพที่ 5.96 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300 กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเท่ากับ 10 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก



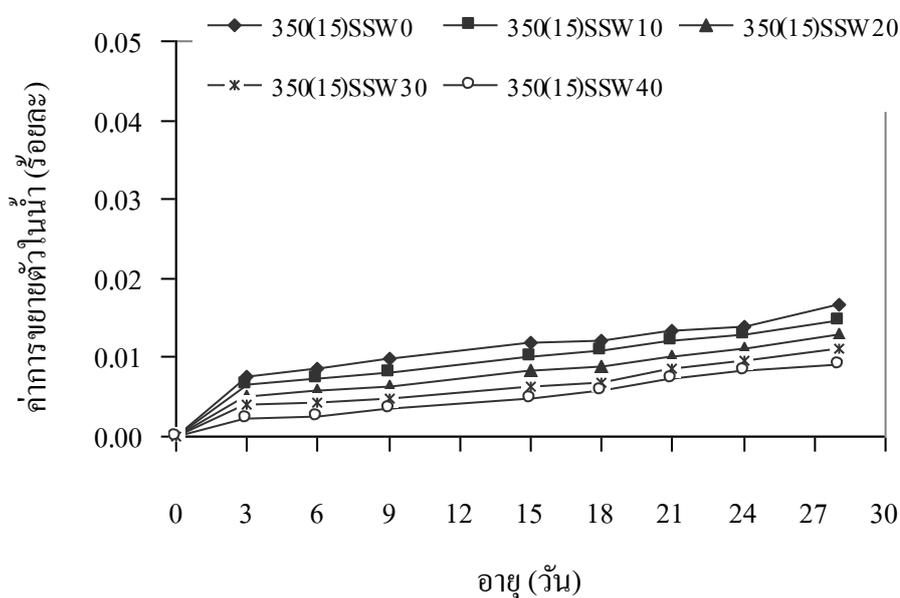
ภาพที่ 5.97 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 350 กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเท่ากับ 10 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก



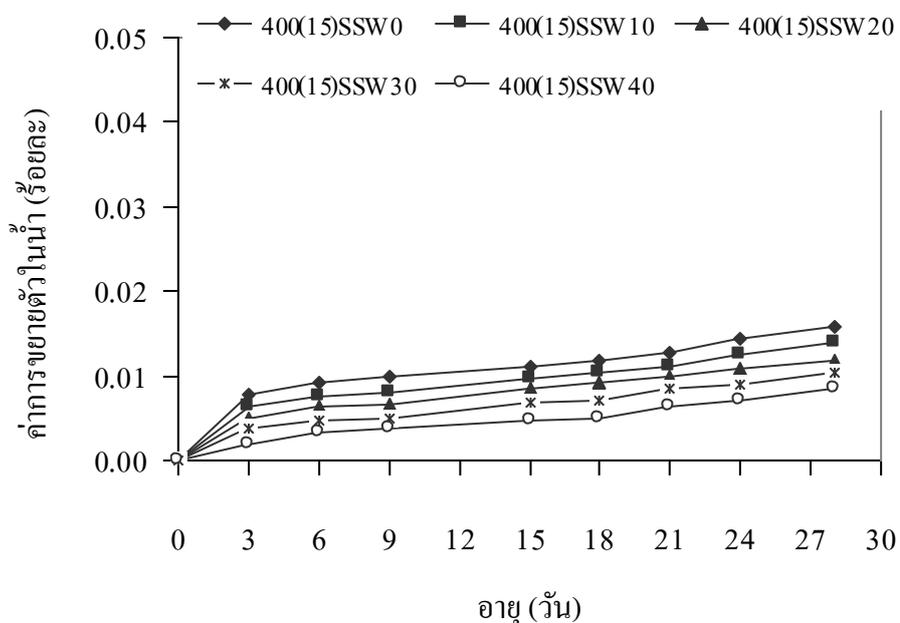
ภาพที่ 5.98 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 400 กก./ม.³ ค่าการยวบตัวเท่ากับ 10 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 5.99 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300 กก./ม.³ ค่าการยวบตัวเท่ากับ 15 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม SSW ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก

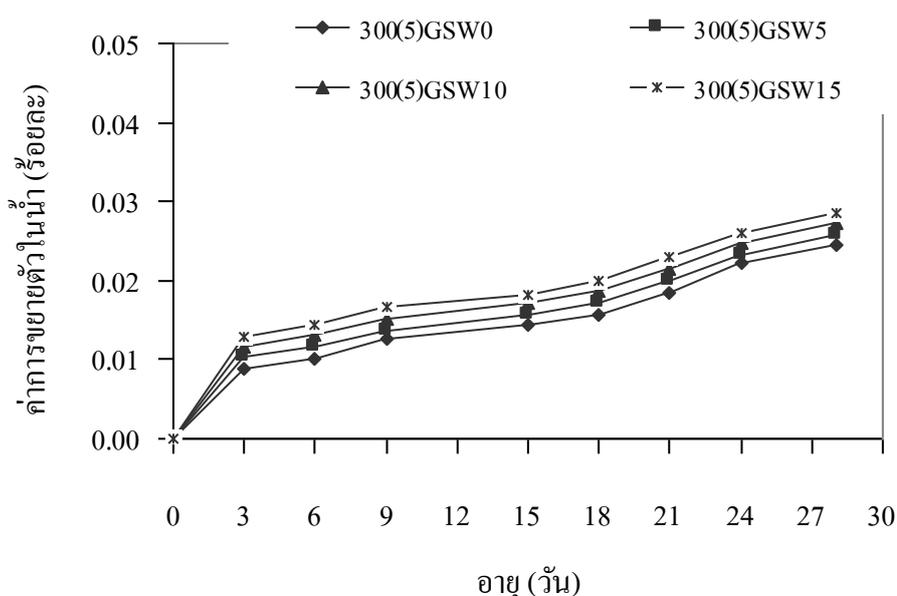


ภาพที่ 5.100 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 350 กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเท่ากับ 15 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฟูนทรายใส่แบบกลุ่ม SSW ใน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก



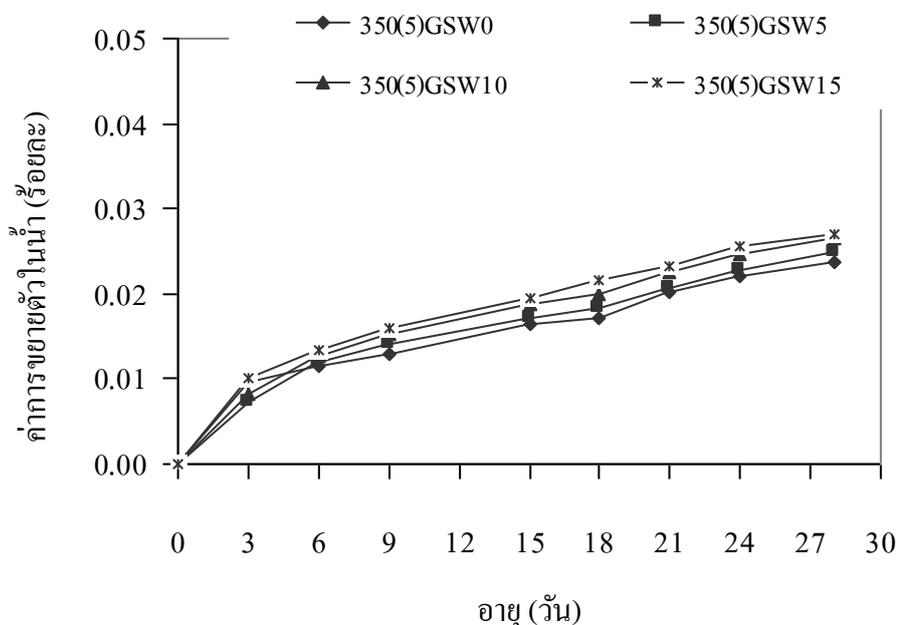
ภาพที่ 5.101 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 400 กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเท่ากับ 15 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฟูนทรายใส่แบบกลุ่ม SSW ใน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก

ผลการทดสอบค่าการขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมผงปูนทรายใส่แบบกลุ่ม GSW แสดงในภาพที่ 5.102 ถึง 5.110 สำหรับคอนกรีตที่มีค่าการยุบตัวเริ่มต้นเท่ากับ 5 ± 0.5 , 10 ± 0.5 และ 15 ± 0.5 ซม. ตามลำดับ โดยคอนกรีตผสมผงปูนทรายใส่แบบที่มีปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300 กก./ม.^3 และค่าการยุบตัวเริ่มต้นเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. ดังแสดงในภาพที่ 5.102 พบว่าเมื่อร้อยละการแทนที่ของผงปูนทรายใส่แบบในทรายธรรมชาติมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ค่าการขยายตัวของคอนกรีตจนถึงอายุ 28 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นจากคอนกรีตปกติเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ผงปูนทรายใส่แบบกลุ่ม GSW มีปริมาณของร้อยละสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากเผาไหม้ (LOI) (ร้อยละ 1.00) มีค่ามากกว่าปูนซีเมนต์เล็กน้อย (ร้อยละ 0.96) ทำให้เมื่อดูดซับความชื้นจะเกิดการขยายตัวมากขึ้น ประกอบการแทนที่ผงปูนทรายใส่แบบซึ่งมีความละเอียดมากกว่าทรายธรรมชาติทำให้ค่าความต้องการน้ำของคอนกรีตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คอนกรีตมีความพรุนมากขึ้นตามปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น (Sidney M. et al., pp. 350 – 351) ซึ่งหมายถึงการเพิ่มขึ้นของขนาดและปริมาณของโพรงคาพิวลารีทำให้น้ำหรือความชื้นจากภายนอกสามารถเข้าไปสู่ภายในเนื้อคอนกรีตได้มากขึ้น เมื่อปริมาณในคอนกรีตเพิ่มขึ้นนั่นคือ การที่ซีเมนต์เจลดสามารถดูดซับและเกิดการขยายตัวได้มากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนั้นจะสังเกตว่าในช่วงแรกของการบ่มในน้ำคอนกรีตมีอัตราการขยายตัว (ความชันของค่าการขยายตัวในน้ำกับเวลา) สูงและมีค่าลดลงตามลำดับ ทั้งนี้เพราะในช่วงแรกน้ำสามารถเข้าไปสู่ภายในเนื้อคอนกรีตได้มากซึ่งเป็นผลจากการที่น้ำภายในลูกน้ำไปใช้ในการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันทำให้น้ำภายในมีปริมาณลดลงทำให้น้ำจากภายนอกจึงสามารถเข้าไปสู่ภายในได้เพิ่มขึ้น

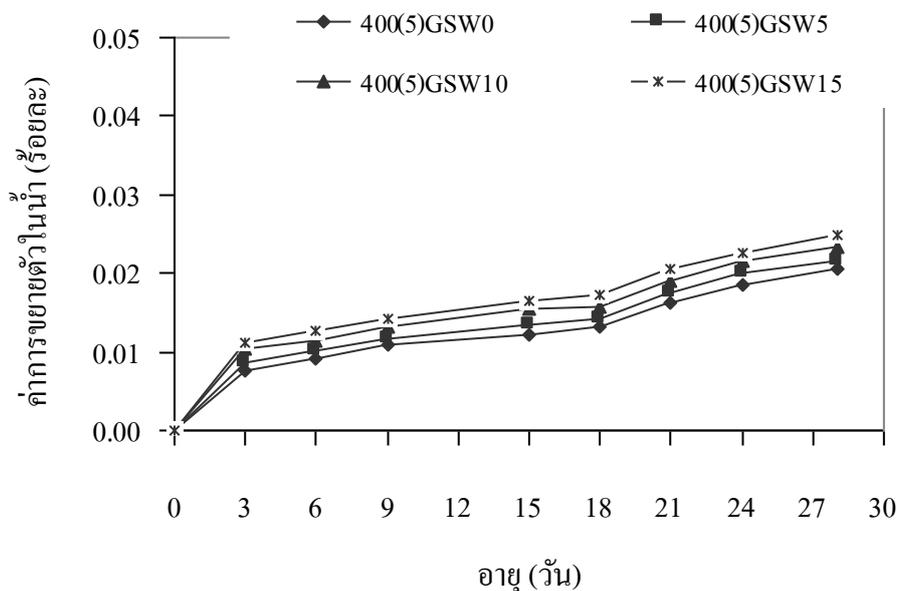


ภาพที่ 5.102 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300 กก./ม.^3 ค่าการยุบตัวเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงปูนทรายใส่แบบกลุ่ม GSW ในทรายธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

ผลการทดสอบค่าการขยายตัวในน้ำของคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้นจาก 300 กก./ม.³ เป็น 350 และ 400 กก./ม.³ แสดงในภาพที่ 5.103 และ 5.104 ตามลำดับ พบว่าคอนกรีตซึ่งมีส่วนผสมของผงฟูนทรายได้แบบมีค่าการขยายตัวน้ำไม่แตกต่างไปจากคอนกรีตซึ่งทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน โดยมีค่ามากกว่าคอนกรีตปกติเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่มีปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300 กก./ม.³ จะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณปูนซีเมนต์ในคอนกรีตทำให้ค่าการขยายตัวในน้ำลดลง ซึ่งเป็นมาจากการที่คอนกรีตมีปริมาณปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้นทำให้โครงสร้างของคอนกรีตมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากปริมาณของผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชัน (แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)₂) และอื่นๆ) ที่เพิ่มขึ้น

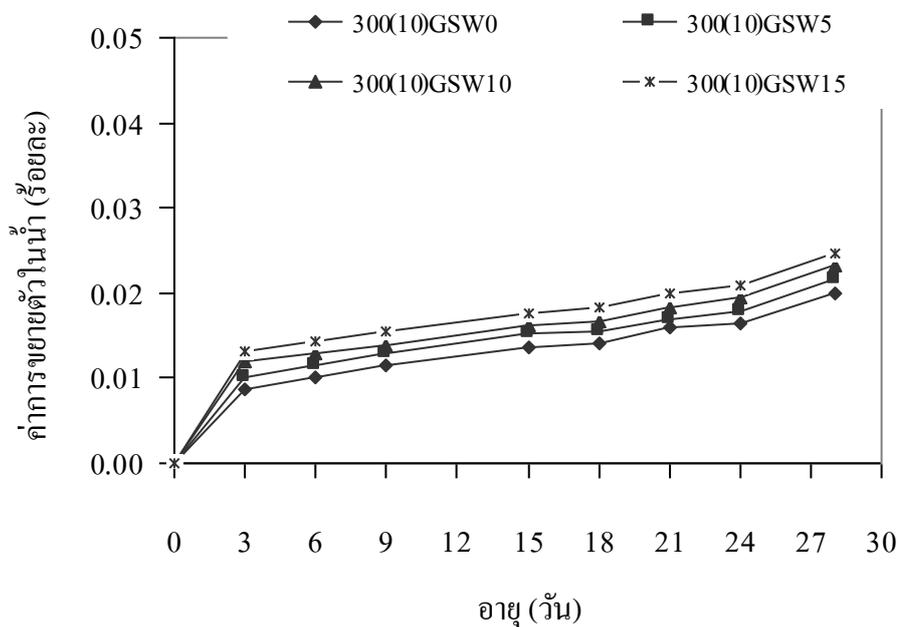


ภาพที่ 5.103 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 350 กก./ม.³ ค่าการยวบตัวเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฟูนทรายได้แบบกลุ่ม GSW ในทรายธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

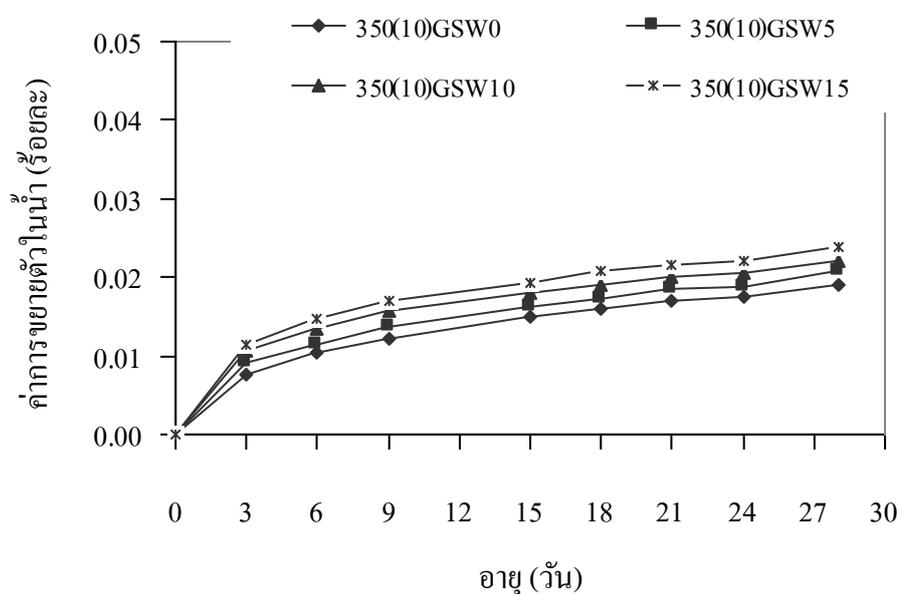


ภาพที่ 5.104 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 400 กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม GSW ใน ทรายธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

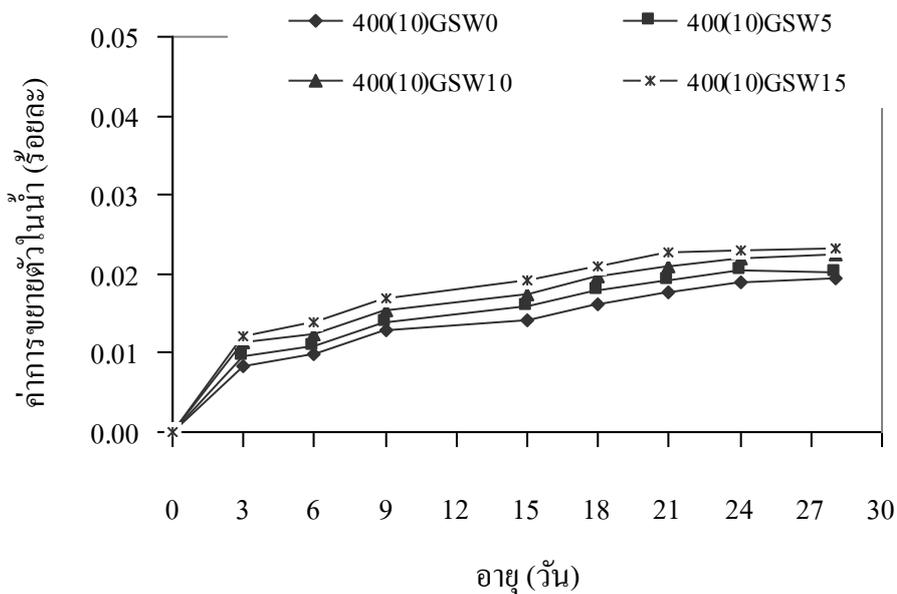
เมื่อพิจารณาคอนกรีตที่มีค่าการยุบตัวเริ่มต้นเท่ากับ 10 ± 0.5 (ภาพที่ 5.105 ถึง 5.107) และ 15 ± 0.5 ซม. (ภาพที่ 5.108 ถึง 5.110) พบว่าคอนกรีตผสมผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม GSW มีค่าการขยายตัวในน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ของผงฝุ่นทรายใส่แบบในทรายธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น แต่กระนั้นค่าการขยายตัวมีค่าไม่แตกต่างจากคอนกรีตปกติมาก เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่กำหนดค่าการยุบตัวเริ่มต้นเท่ากับ 5 ± 0.5 ซม. พบว่าคอนกรีตที่มีค่าการยุบตัวเพิ่มขึ้นมีค่าการขยายตัวในน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการที่คอนกรีตที่มีค่าการยุบตัวเพิ่มขึ้น (ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น) นั่นคือ น้ำในคอนกรีตทั้งที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างของผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชันและน้ำอิสระซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ น้ำที่อยู่ในโพรงที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้และน้ำที่มีอยู่โพรงคาพิลลารี (Capillary Pores) ซึ่งสามารถเกิดการแลกเปลี่ยนกับภายนอกได้ มีปริมาณมากขึ้น จึงเท่ากับเป็นการปิดกั้นน้ำหรือความชื้นจากภายนอกที่จะเข้าไปสู่ภายในได้มากขึ้น



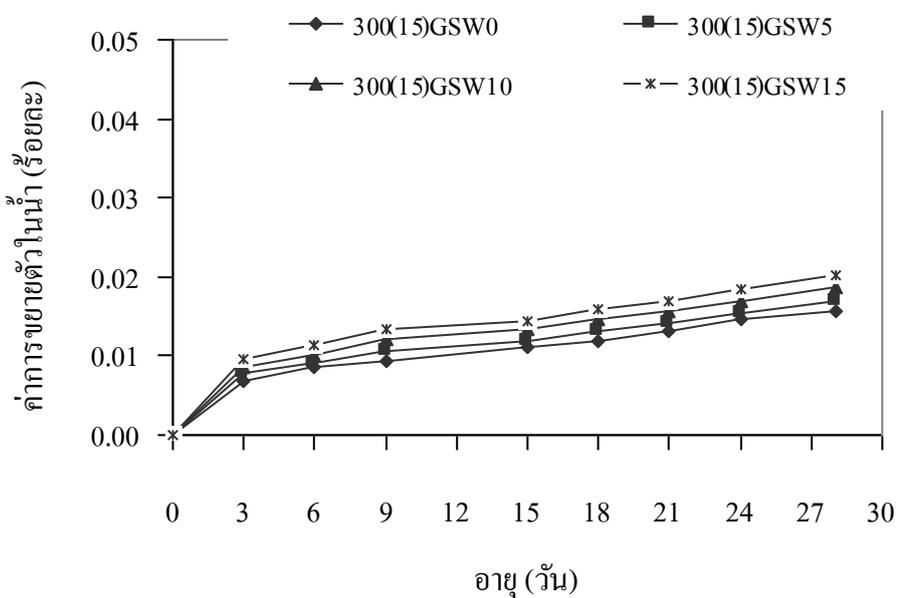
ภาพที่ 5.105 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300 กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเท่ากับ 10 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายได้แบบกลุ่ม GSW ในทรายธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



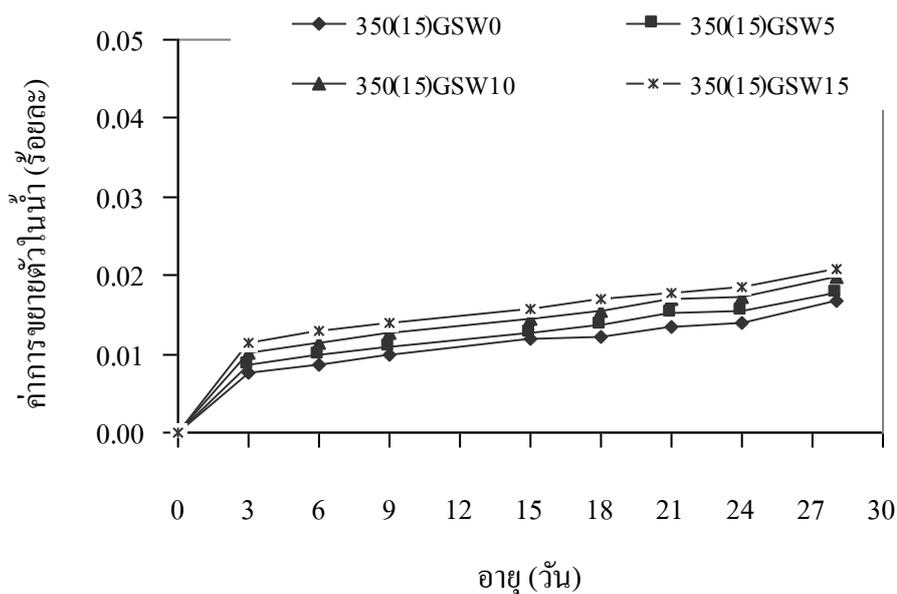
ภาพที่ 5.106 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 350 กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเท่ากับ 10 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายได้แบบกลุ่ม GSW ในทรายธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



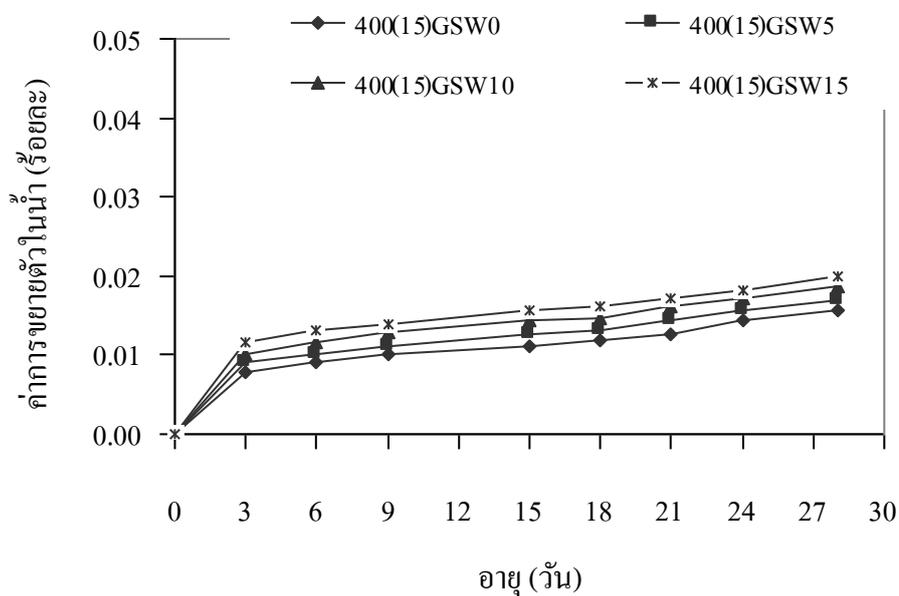
ภาพที่ 5.107 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 400 กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเท่ากับ 10 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฟูนทรายใส่แบบกลุ่ม GSW ใน ทรายธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 5.108 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 300 กก./ม.³ ค่าการยุบตัวเท่ากับ 15 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฟูนทรายใส่แบบกลุ่ม GSW ใน ทรายธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 5.109 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 350 กก./ม.³ ค่าการยวบตัวเท่ากับ 15 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม GSW ในทรายธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 5.110 การขยายตัวในน้ำของคอนกรีตผสมเสร็จที่กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 400 กก./ม.³ ค่าการยวบตัวเท่ากับ 15 ± 0.5 ซม. และทำการแทนที่ผงฝุ่นทรายใส่แบบกลุ่ม GSW ในทรายธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก