5.2 ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์ผสมด้วยน้ำสลัดจ์

ขั้นตอนการทดสอบจะเริ่มจากการเก็บตัวอย่างน้ำสลัดจ์จากบ่อคายกากของโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จของทั้ง 3 โรงงานคือศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย บริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัดและบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด โดยการเก็บตัวอย่างจะกระทำเป็นรายสัปดาห์รวม 4 ครั้ง ตัวอย่างที่ได้จะนำมาผสมกับปูนซีเมนต์เป็นซีเมนต์เพสต์ เพื่อใช้ในการทดสอบค่ากำลังอัดและค่าระยะเวลาการก่อตัว ผลการทดสอบตัวอย่างที่ผสมจากน้ำสลัดจ์จะเทียบผลกับตัวอย่างควบคุมที่ผสมด้วยน้ำประปาและใช้เกณฑ์มาตรฐาน ASTM C94 ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ในการประเมินถึงคุณสมบัติของตัวอย่างว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่

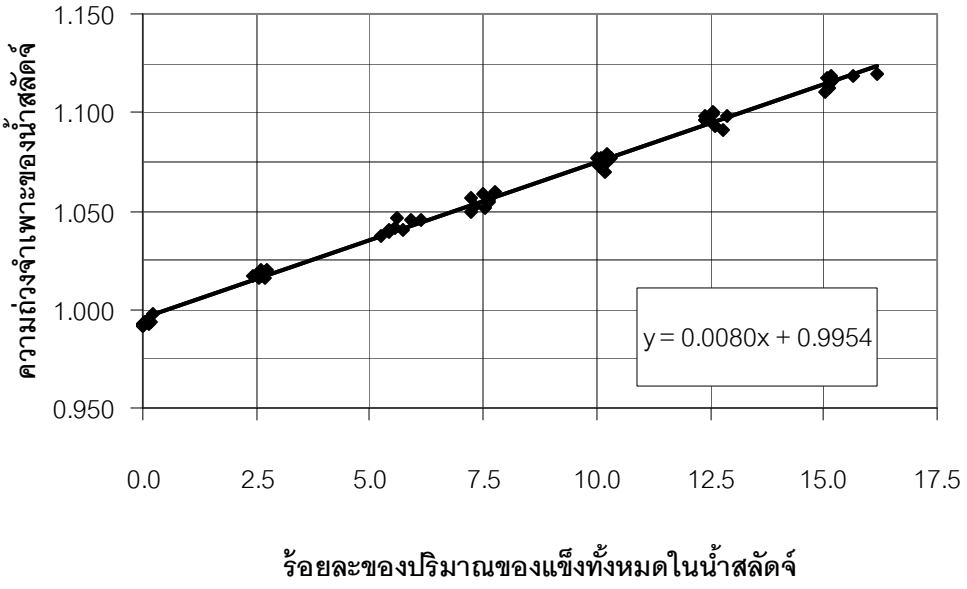
5.2.1 ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์ผสมด้วยน้ำสลัดจ์จากศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย

ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำสลัดจ์ทั้ง 4 สัปดาห์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.1 ในตารางที่ ข.1.1 ถึง ข.1.4 ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับความถ่วงจำเพาะของน้ำสลัดจ์แสดงดังภาพที่ 5.13 ความสัมพันธ์ดังกล่าวมีลักษณะแปรผันตรง แสดงดังสมการ (5.2)

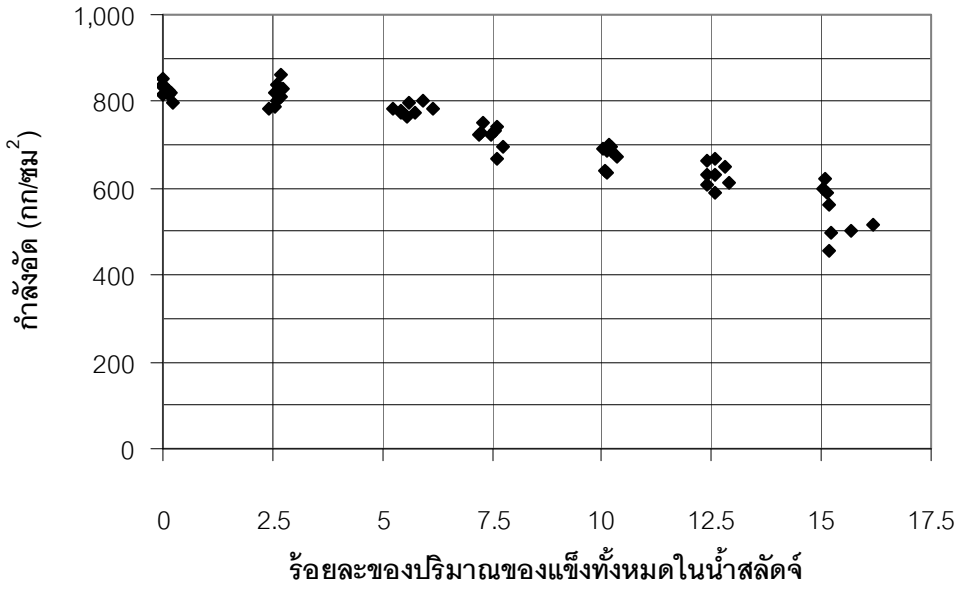
ค่าความถ่วงจำเพาะ = ค่าร้อยละของปริมาณของแข็งทั้งหมด x 0.0080 + 0.9954 (5.2)

จากผลการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 วันของตัวอย่างซีเมนต์เพสต์ทั้ง 4 สัปดาห์แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์ที่ใช้ผสมตัวอย่างกับผลการทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างซีเมนต์เพสต์ที่อายุ 7 วันได้ดังภาพที่ 5.14 และ 5.15 โดยในภาพที่ 5.14 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับกำลังอัดของก้อนตัวอย่างซีเมนต์เพสต์และภาพที่ 5.15 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับร้อยละของกำลังอัดเทียบกับตัวอย่างควบคุม ความสัมพันธ์ที่ได้พบว่าตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำกว่าร้อยละ 2.5 จะมีผลการทดสอบกำลังอัดใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมและเมื่อตัวอย่างทดสอบผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากขึ้นพบว่าค่ากำลังอัดของตัวอย่างลดลง จากผลการทดสอบพบว่าค่ากำลังอัดของตัวอย่างทดสอบที่มีค่าเกินกว่าร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมของสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 คือตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์

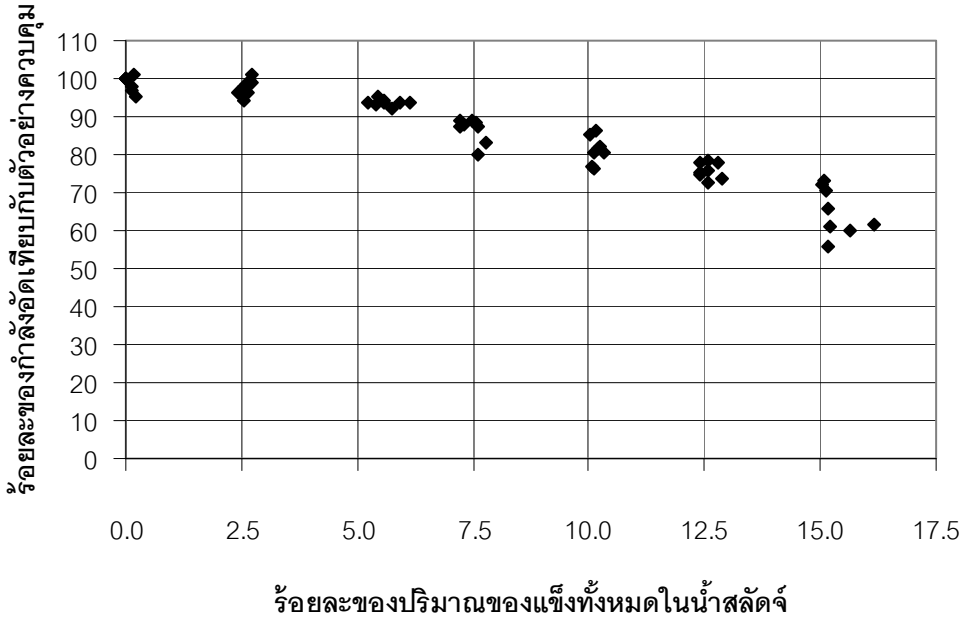
ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 6.13, 5.57, 5.59 และ 5.41 ตามลำดับ ส่วนผลการทดสอบค่าระยะเวลาการก่อตัวสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.16 ถึง 5.19 โดยในภาพที่ 5.16 และ 5.17 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้ายตามลำดับ ภาพที่ 5.18 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับส่วนต่างของค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นเทียบกับตัวอย่างควบคุมและภาพที่ 5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับส่วนต่างของค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากภาพแสดงผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำกว่าร้อยละ 2.5 มีผลการทดสอบค่าระยะเวลาการก่อตัวใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมโดยบางตัวอย่างมีค่าที่มากกว่าเล็กน้อยและเมื่อตัวอย่างทดสอบผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากขึ้นพบว่าผลการทดสอบค่าระยะเวลาการก่อตัวมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าค่าระยะเวลาการก่อตัวของตัวอย่างทดสอบเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่น้อยกว่าไม่เกิน 60 นาทีของสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 คือตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 6.13, 5.57, 5.59 และ 5.41 ตามลำดับ จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าตัวอย่างที่อยู่ในเกณฑ์การทดสอบของมาตรฐาน ASTM C94 คือตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 5.41 ถึง 6.13 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.68 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 0.31



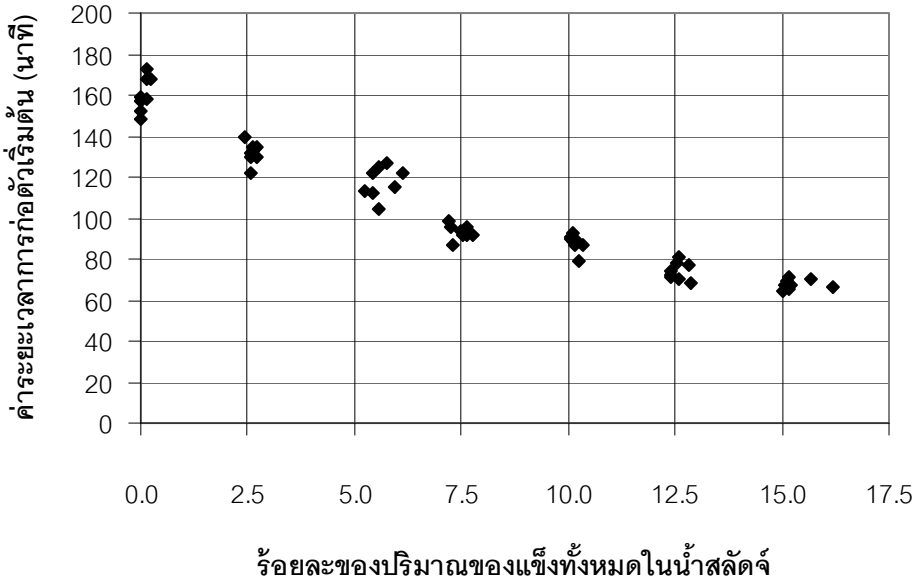
ภาพที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับความถ่วงจำเพาะของน้ำสลัดจ์จากศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย



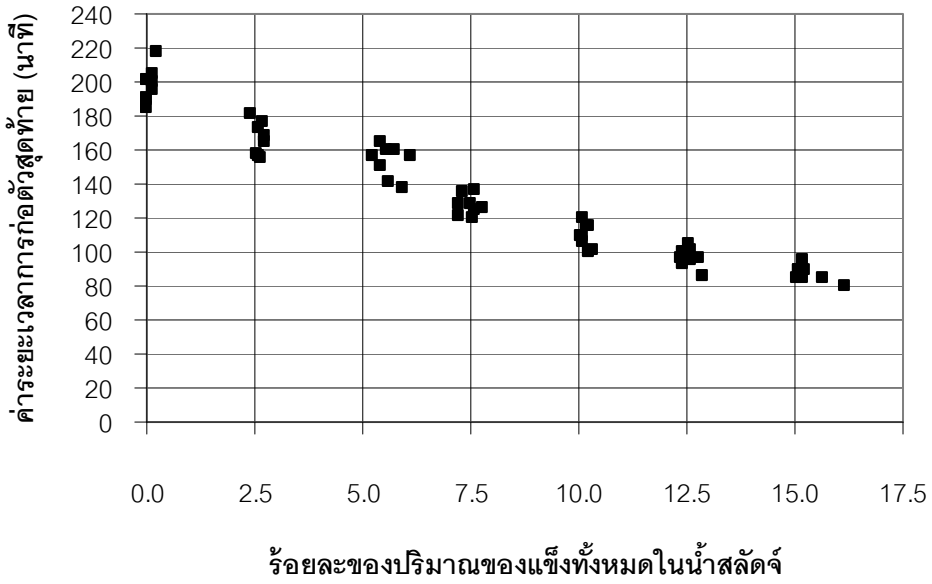
ภาพที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับกำลังอัดที่อายุ 7 วันของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย



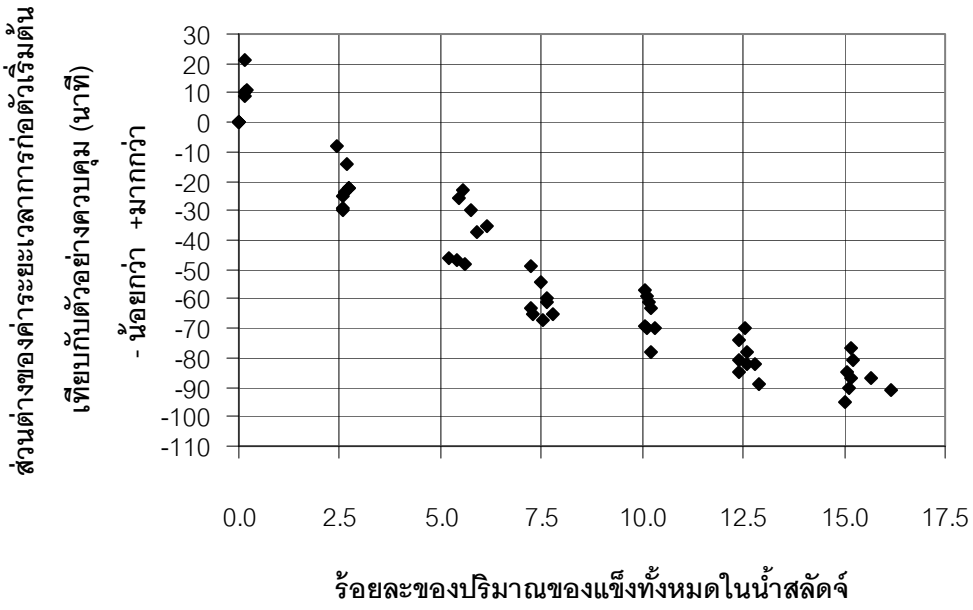
ภาพที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับร้อยละของกำลังอัดเทียบกับตัวอย่างควบคุมของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย



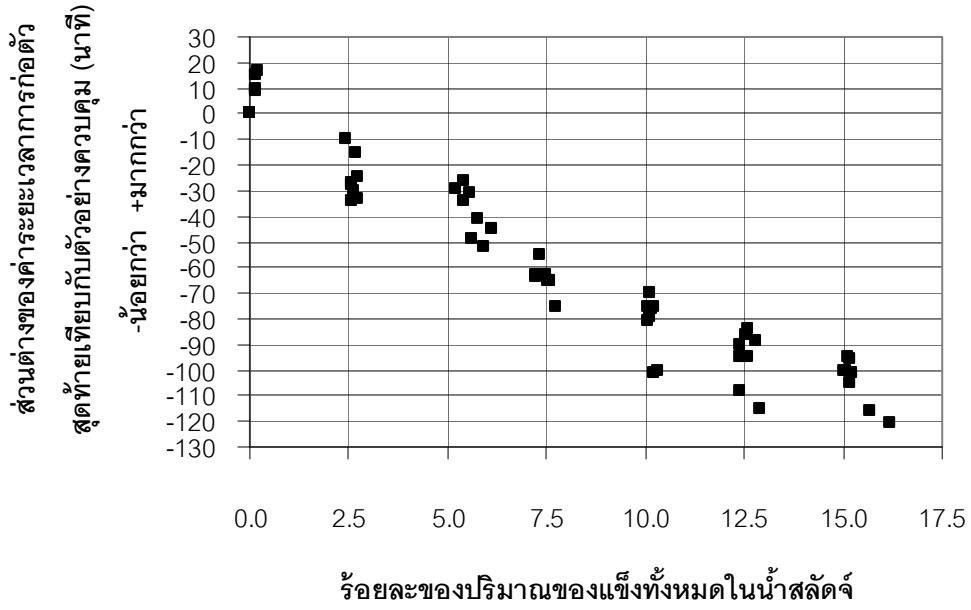
ภาพที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย



ภาพที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย



ภาพที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับส่วนต่างของค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นเทียบกับตัวอย่างควบคุมของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย



ภาพที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับส่วนต่างของค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายเทียบกับตัวอย่างควบคุมของตัวอย่างน้ำสลัดจ์ทดสอบจากศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย

5.2.2 ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์ผสมด้วยน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด

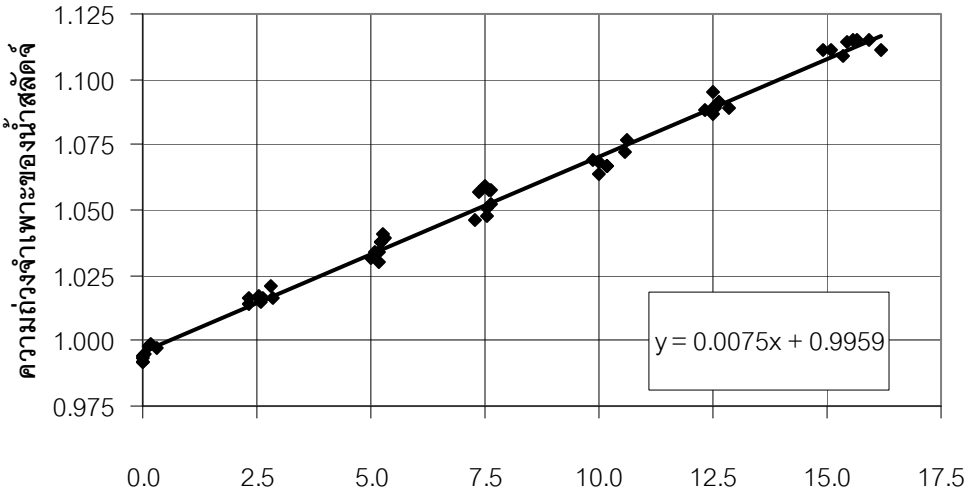
รายละเอียดผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำสลัดจ์ทั้ง 4 สัปดาห์ของตัวอย่างน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัดแสดงไว้ในภาคผนวก ข.2 ในตารางที่ ข.2.1 ถึง ข.2.4 ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับความถ่วงจำเพาะของน้ำสลัดจ์แสดงได้ดังภาพที่ 5.20 ซึ่งความสัมพันธ์ของทั้งสองแสดงได้ตามสมการที่ (5.3)

ค่าความถ่วงจำเพาะ = ค่าร้อยละของปริมาณของแข็งทั้งหมด x 0.0075 + 0.9959 (5.3)

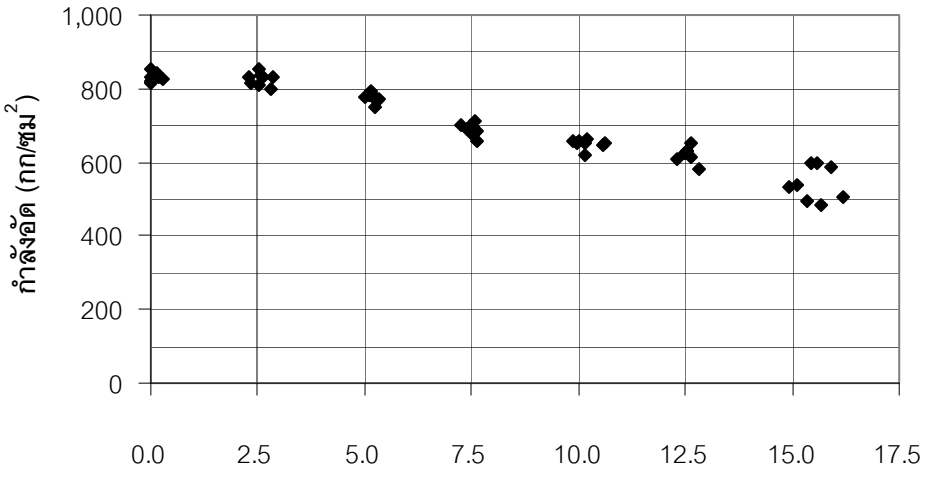
ผลการทดสอบการทดสอบกำลังอัดแสดงได้ดังภาพที่ 5.21 และ 5.22 โดยในภาพที่ 5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์ที่ใช้ผสมตัวอย่างกับกำลังอัดของตัวอย่างที่อายุ 7 วัน ส่วนภาพที่ 5.22 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับร้อยละของกำลังอัดเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากผลการทดสอบพบว่าค่ากำลังอัด

ของตัวอย่างทดสอบที่มีค่าเกินกว่าร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมของสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 คือตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 5.32, 5.17, 5.27 และ 5.20 ตามลำดับ ส่วนผลการทดสอบค่าระยะเวลาการก่อตัวสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.16 ถึง 5.19 ตามลำดับ โดยในภาพที่ 5.16 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น และภาพที่ 5.17 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้าย ส่วนภาพที่ 5.18 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับส่วนต่างของค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นเทียบกับตัวอย่างควบคุมและภาพที่ 5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับส่วนต่างของค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากผลการทดสอบพบว่าค่าระยะเวลาการก่อตัวของตัวอย่างทดสอบเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่น้อยกว่าไม่เกิน 60 นาทีของสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 คือตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 7.48, 7.64, 7.64 และ 7.55 ตามลำดับ

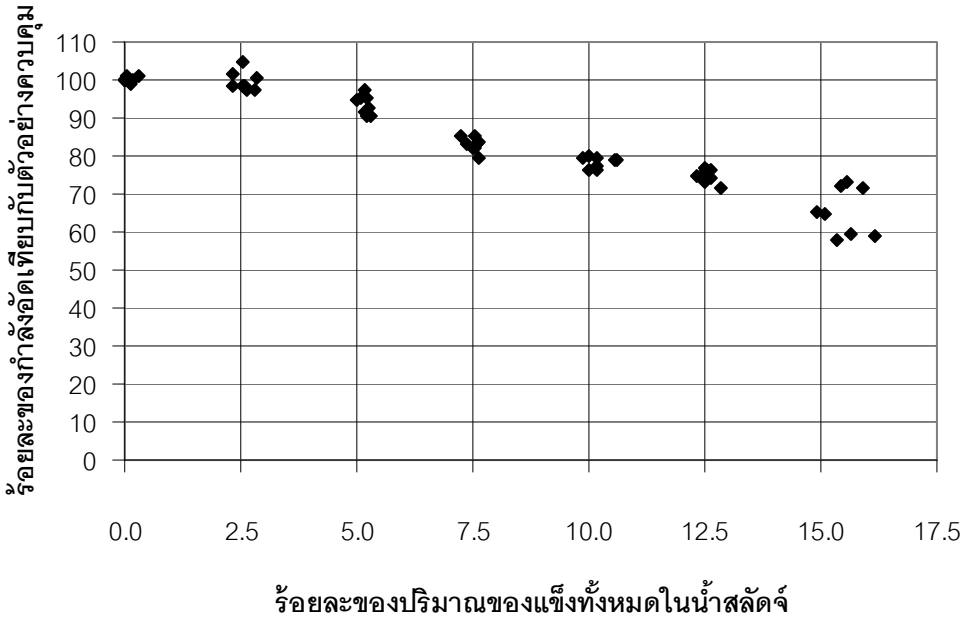
ผลการทดสอบของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด เมื่อเปรียบเทียบกับตามเกณฑ์ตามมาตรฐาน ASTM C94 พบว่าตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์ของการทดสอบกำลังอัดเป็นตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ต่ำกว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์ของการทดสอบค่าระยะเวลาการก่อตัว ซึ่งกรณีเช่นนี้การพิจารณาเลือกค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดจะเลือกค่าที่ต่ำกว่าเพื่อให้ครอบคลุมการผ่านเกณฑ์ทั้งสอง ดังนั้นในส่วนของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์สรุปได้ว่าตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบของมาตรฐาน ASTM C94 คือตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 5.17 ถึง 5.32 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.24 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 0.07



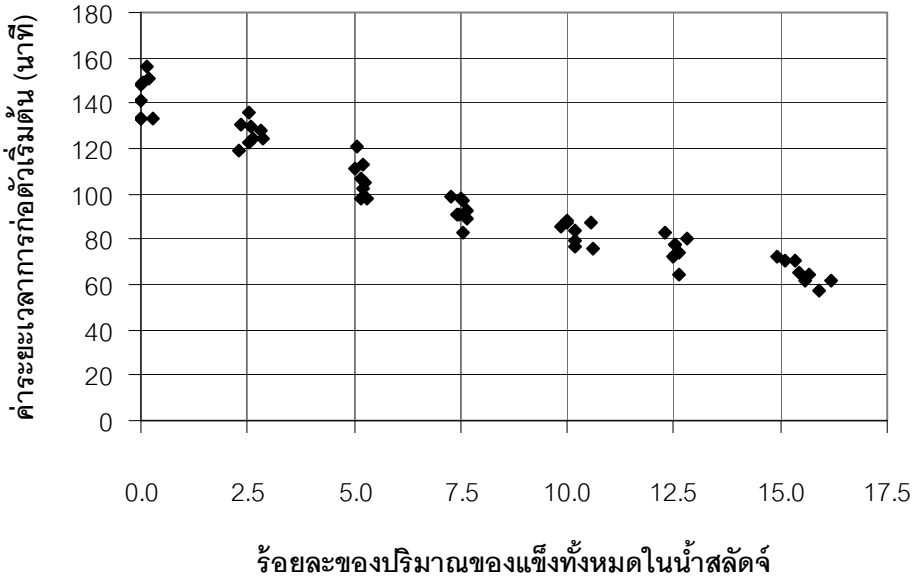
ภาพที่ 5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด



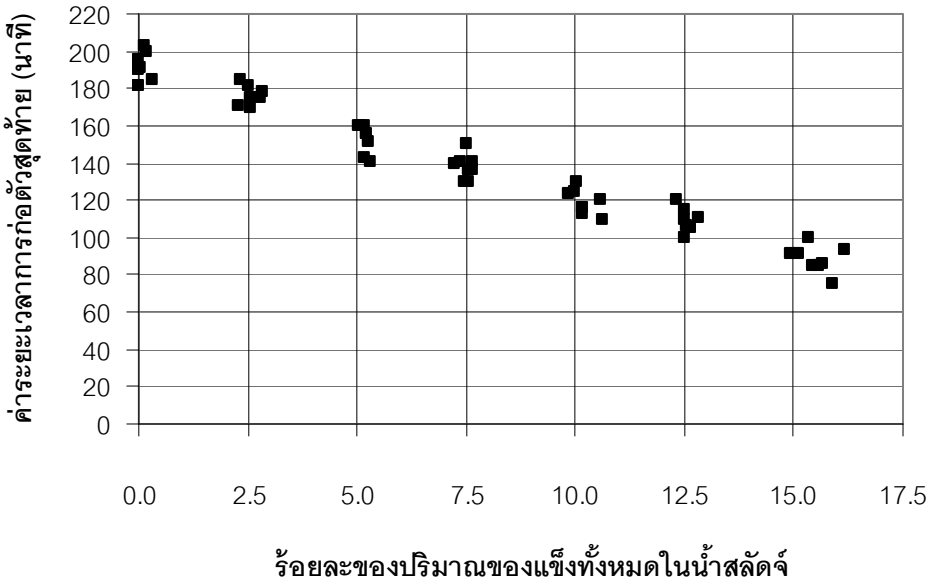
ภาพที่ 5.21ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับกำลังอัดที่อายุ 7 วันของของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด



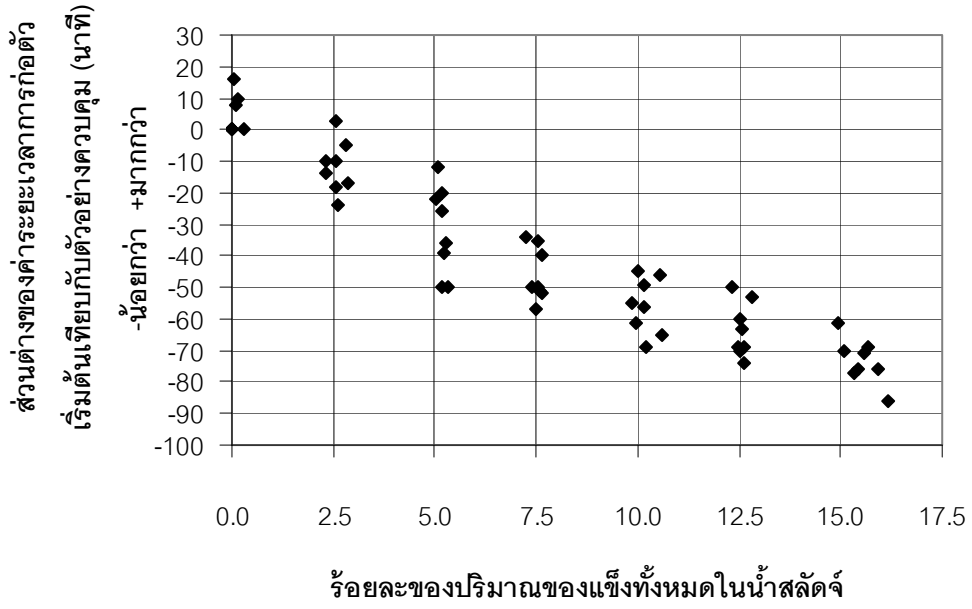
ภาพที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับร้อยละของกำลังอัดเทียบกับตัวอย่างควบคุมของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด



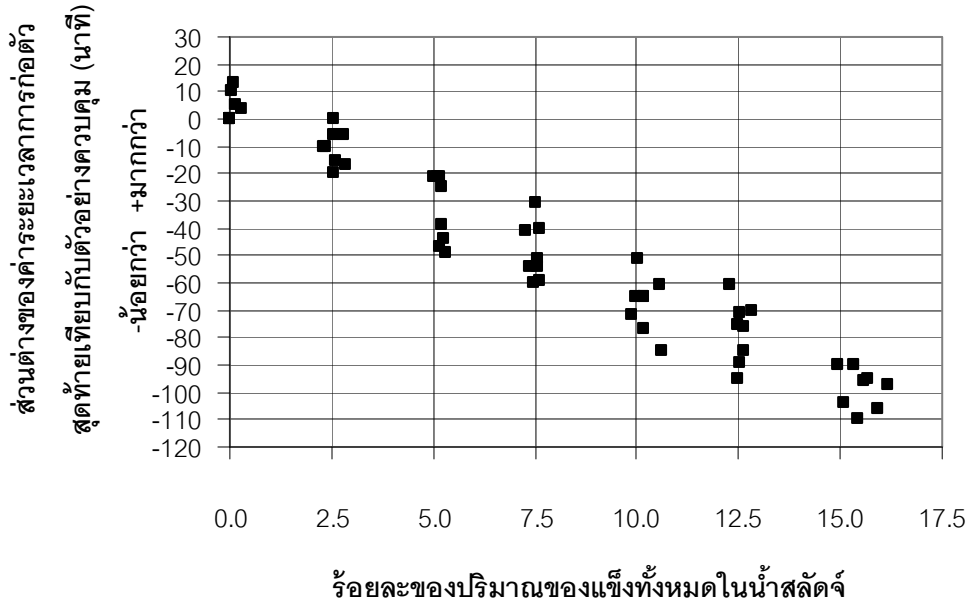
ภาพที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด



ภาพที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด



ภาพที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับส่วนต่างของค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นเทียบกับตัวอย่างควบคุมของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด



ภาพที่ 5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับส่วนต่างของค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายเทียบกับตัวอย่างควบคุมของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด

5.2.3 ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์ผสมด้วยน้ำสลัดจ์จากบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด

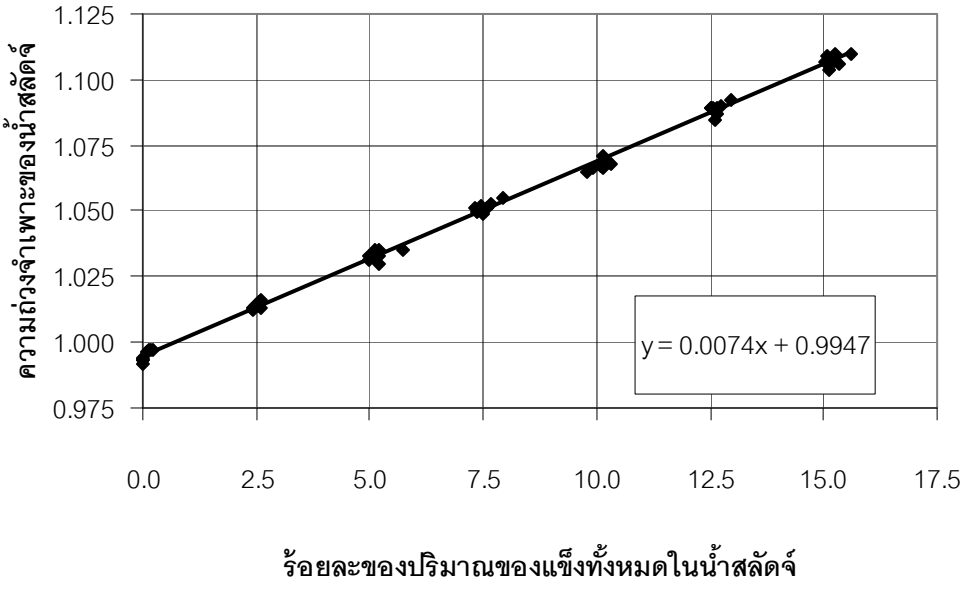
รายละเอียดผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำสลัดจ์ทั้ง 4 สัปดาห์ของตัวอย่างน้ำสลัดจ์จากบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัดแสดงไว้ในภาคผนวก ข.3 ในตารางที่ ข.3.1 ถึง ข.3.4 ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับความถ่วงจำเพาะของน้ำสลัดจ์แสดงได้ดังภาพที่ 5.20 ซึ่งความสัมพันธ์ของทั้งสองแสดงได้ดังสมการที่ (5.4)

ค่าความถ่วงจำเพาะ = ค่าร้อยละของปริมาณของแข็งทั้งหมด x 0.0074 + 0.9947 (5.4)

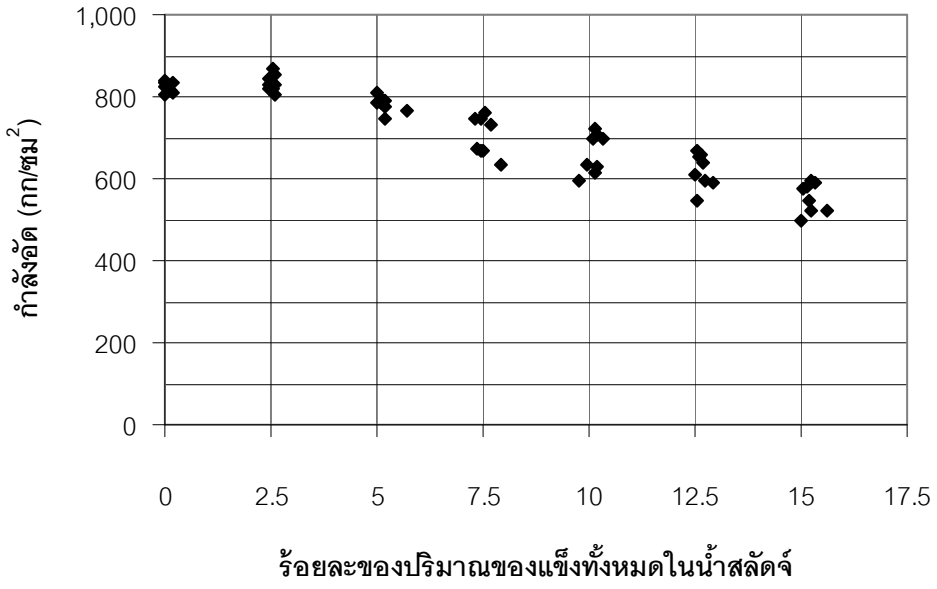
ผลการทดสอบกำลังอัดแสดงได้ดังภาพที่ 5.21 และ 5.22 โดยในภาพที่ 5.21 จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์ที่ใช้ผสมตัวอย่างกับกำลังอัดของตัวอย่างที่อายุ 7 วัน ส่วนภาพที่ 5.22 จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับร้อยละของกำลังอัดเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากผลการทดสอบพบว่าค่ากำลังอัด

ของตัวอย่างทดสอบที่มีค่าเกินกว่าร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมของสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 คือตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 7.33, 5.12, 5.72 และ 5.18 ตามลำดับ ส่วนผลการทดสอบค่าระยะเวลาการก่อตัวสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.16 ถึง 5.19 ตามลำดับ โดยในภาพที่ 5.16 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น และภาพที่ 5.17 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้าย ภาพที่ 5.18 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นเทียบกับตัวอย่างควบคุมและภาพที่ 5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากผลการทดสอบพบว่าค่าระยะเวลาการก่อตัวของตัวอย่างทดสอบเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่น้อยกว่าไม่เกิน 60 นาทีของสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 คือตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 7.33, 7.49, 9.78 และ 7.56 ตามลำดับ

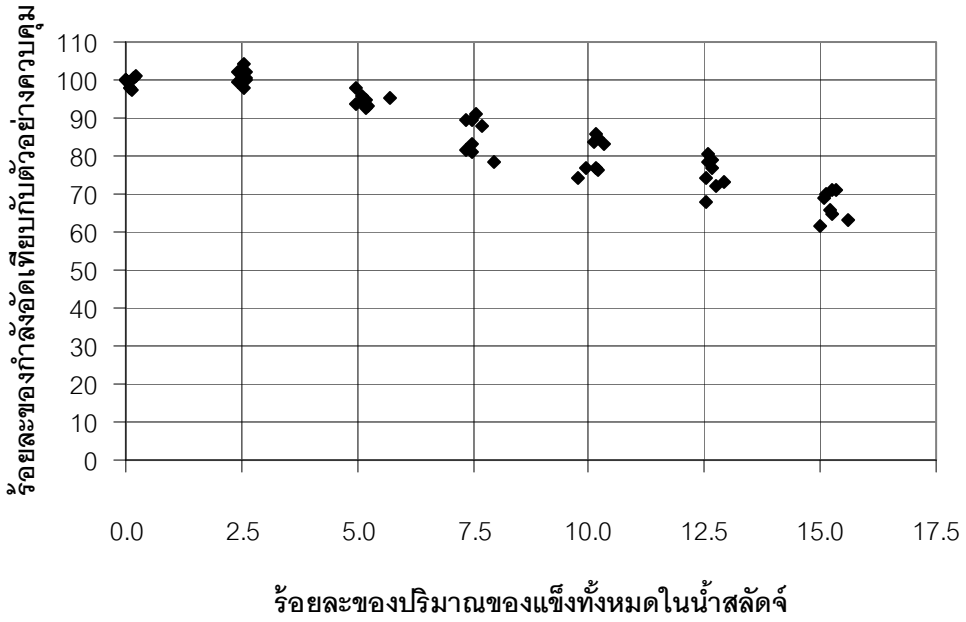
จากผลการทดสอบพบว่าผลการทดสอบของบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัดคล้ายกับผลการทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด ซึ่งมีตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบกำลังอัดของมาตรฐาน ASTM C94 เป็นตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ต่ำกว่าตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์ของการทดสอบค่าระยะเวลาการก่อตัว ซึ่งการเลือกค่าที่ผ่านเกณฑ์จะใช้ค่าที่ต่ำกว่า ดังนั้นตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบของมาตรฐาน ASTM C94 คือตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 5.18 ถึง 7.33 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.84 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 1.03



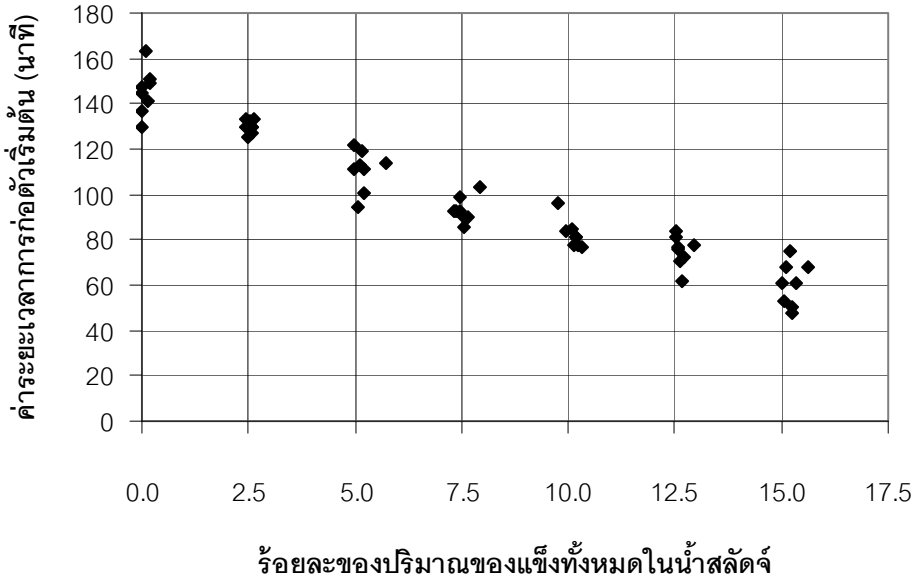
ภาพที่ 5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างน้ำสลัดจ์จากบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด



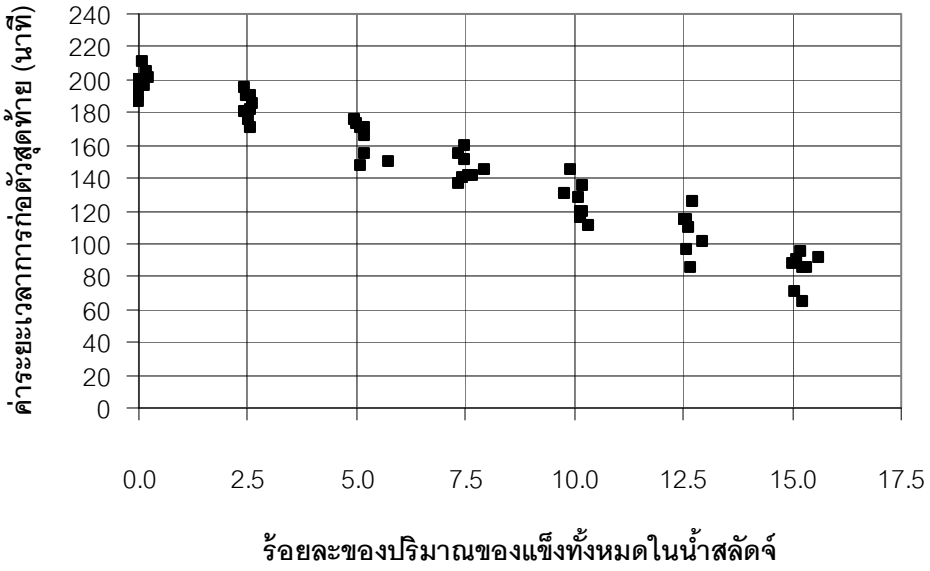
ภาพที่ 5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับกำลังอัดที่อายุ 7 วันตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด



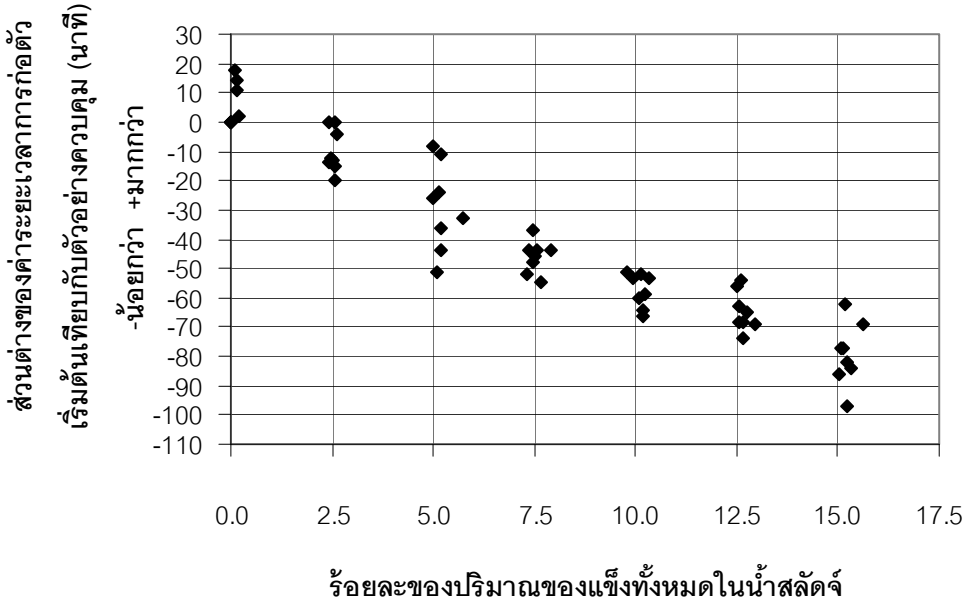
ภาพที่ 5.29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับร้อยละของกำลังอัดเทียบกับตัวอย่างควบคุมตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด



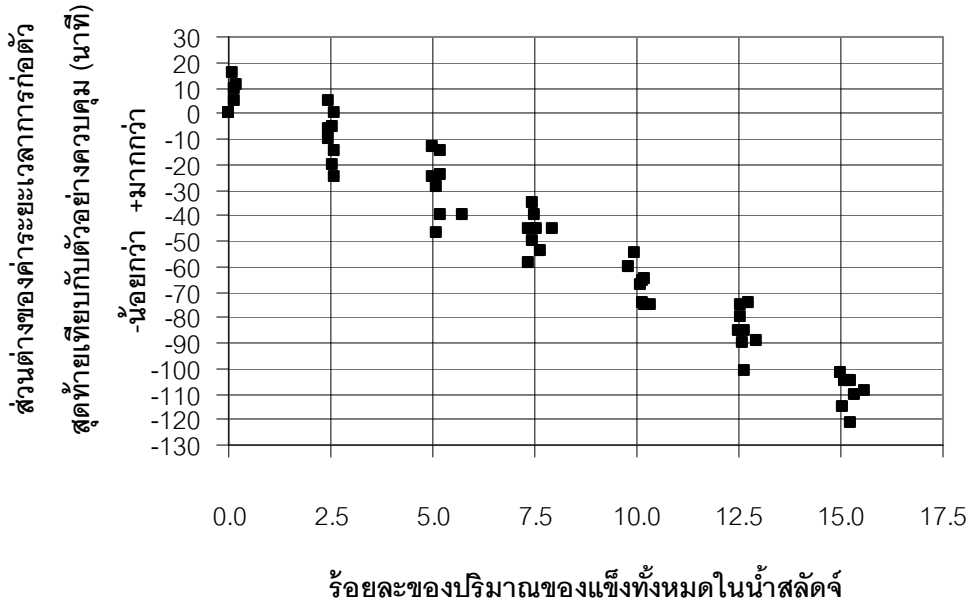
ภาพที่ 5.30 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด



ภาพที่ 5.31 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด



ภาพที่ 5.32 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับส่วนต่างของค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นเทียบกับตัวอย่างควบคุมของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด



ภาพที่ 5.33 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์กับส่วนต่างของค่าระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายเทียบกับตัวอย่างควบคุมของตัวอย่างทดสอบน้ำสลัดจ์จากบริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด

5.2.4 วิจารณ์ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์ผสมด้วยน้ำสลัดจ์

ผลการทดสอบน้ำสลัดจ์จากทั้ง 3 โรงงานแสดงลักษณะแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำสลัดจ์ ตลอดจนมีผลต่อค่ากำลังอัดและค่าระยะเวลาการก่อตัวของตัวอย่างซีเมนต์เพสต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐาน ASTM C94 พบว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์จากทั้ง 3 โรงงานที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบมีปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์อยู่ในช่วงร้อยละ 5.24 ถึง 5.84 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.59 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 0.31 โดยช่วงของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์มีค่าที่มากกว่าปริมาณที่แนะนำไว้ของมาตรฐาน ASTM C94 ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 5 อยู่ในช่วงร้อยละ 5 ถึง 17 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์ที่ผ่านเกณฑ์นี้จะใช้ในขั้นตอนการทดสอบต่อไปคือการทดสอบคอนกรีตผสมด้วยน้ำสลัดจ์ โดยทำการปัดค่าตัวเลขทดนิยมตำแหน่งที่ 2 เพื่อความสะดวกในการคำนวณ ดังนั้นปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เลือกใช้ในการทดสอบคอนกรีตผสมด้วยน้ำสลัดจ์ คือค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์ค่าอยู่

ในช่วงร้อยละ 5.25 ถึง 5.80 รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 5.11 ส่วนการวิจารณ์ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์ผสมด้วยน้ำสลัดจ์สามารถแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

ตารางที่ 5.11
การเปรียบเทียบผลการทดสอบน้ำสลัดจ์กับเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน

ประเภทการทดสอบ	ข้อกำหนดตามมาตรฐาน ASTM C94	ค่าร้อยละของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์		
		ศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย	บริษัทเอเชียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด	บริษัททีพีไอคอนกรีต จำกัด
ค่ากำลังอัดเทียบกับตัวอย่างควบคุม	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ที่อายุ 7 วัน	5.41 - 6.13	5.17 – 5.32	5.18 – 7.13
ค่าระยะเวลาการก่อตัวเทียบกับตัวอย่างควบคุม	ก่อนหน้า 1 ชั่วโมง ถึงทีหลัง 1.50 ชั่วโมง	5.41 - 6.13	7.48 – 7.64	7.33 - 9.78
ค่าที่เลือกของแต่ละโรงงาน (ค่าเฉลี่ย)		5.41 - 6.13 (5.68)	5.17 – 5.32 (5.24)	5.18 – 7.13 (5.84)
ช่วงค่าที่เลือกใช้ในการทดสอบคอนกรีต		5.25 – 5.80		

5.2.4.1 ผลต่อความถ่วงจำเพาะของน้ำสลัดจ์

ค่าปริมาณอนุภาคตะกอนในน้ำสลัดจ์เป็นส่วนที่มีค่าหน่วยน้ำหนักที่สูงกว่าน้ำ ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดหรือเพิ่มอนุภาคตะกอนในตัวอย่างน้ำสลัดจ์จึงทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำสลัดจ์เพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละของปริมาณของแข็งทั้งหมดกับความถ่วงจำเพาะของน้ำสลัดจ์ของทั้ง 3 แหล่งดังภาพที่ 5.13, 5.20 และ 5.27 สามารถแสดงเป็นสมการ (5.2) ถึง (5.5) ดังนี้

ค่าความถ่วงจำเพาะ = ค่าร้อยละของปริมาณของแข็งทั้งหมด x A + B

ศูนย์นิคมอุตสาหกรรมอิตาเลียน-ไทย A=0.0080, B= 0.9954 (5.2)

บริษัทเอเซียผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จำกัด	A=0.0075, B= 0.9959	(5.3)
บริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด	A=0.0074, B= 0.9947	(5.4)
ค่าเฉลี่ยของข้อมูลของทั้ง 3 โรงงาน	A=0.0076, B= 0.9953	(5.5)

ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำสลัดจ์ที่ได้จากสมการที่ข้างต้น สามารถใช้เป็นแนวทางในการหาปริมาตรของน้ำสลัดจ์ เนื่องจากการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตและการควบคุมเครื่องผสมคอนกรีตของโรงงานผสมคอนกรีตจะใช้หน่วยน้ำหนักในการคำนวณ ในระบบการนำน้ำสลัดจ์กลับมาใช้ใหม่ ความสัมพันธ์นี้สามารถใช้ในการออกแบบส่วนผสมให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์ที่ต้องการหรือใช้ในการควบคุมปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์ให้มีความสม่ำเสมอ ความสัมพันธ์ดังสมการเป็นค่าที่ได้จากตัวอย่างน้ำสลัดจ์ที่ผ่านการร่อนแยกโดยตะแกรงขนาด 0.30 มม.ซึ่งอาจจะต้องมีการตรวจสอบและปรับแก้กรณีมีการเปลี่ยนขนาดของตะแกรงที่ใช้ร่อนแยก จากผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบส่วนที่เป็นปริมาณน้ำในน้ำสลัดจ์กับน้ำประปาพบว่าในปริมาณน้ำหนักที่เท่ากัน น้ำสลัดจ์มีอัตราส่วนที่เป็นปริมาณน้ำจริงๆ น้อยกว่าน้ำประปาเนื่องจากมีส่วนที่เป็นผงตะกอนหนักอยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งจากการที่มีปริมาณน้ำน้อยก็มีผลทั้งด้านบวกและลบต่อการทำปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ กล่าวคือการที่มีปริมาณน้ำน้อยก็มีผลทำให้มีค่ากำลังอัดที่สูงขึ้น แต่ปริมาณน้ำที่น้อยเกินไปก็อาจจะไม่เพียงพอต่อการทำงาน (workability) และการทำปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ ทำให้การเลือกใช้น้ำสลัดจ์ที่ปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงต้องมีการทดสอบประกอบการตัดสินใจ ซึ่งในที่นี้คือการทดสอบกำลังอัดและค่าระยะเวลาการก่อตัว

5.2.4.2 ผลต่อกำลังอัดของซีเมนต์เพสต์

ผลการทดสอบค่ากำลังอัดเทียบกับตัวอย่างควบคุมแสดงได้ดังภาพที่ 5.15, 5.22 และ 5.29 ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าเมื่อตัวอย่างมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นทำให้ค่ากำลังอัดลดลง ซึ่งสาเหตุนี้เกิดจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณส่วนที่เป็นสารอัลคาไล (Na_2O, K_2O, $Ca(OH)_2$) เพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนที่เพิ่มขึ้นมาจากทั้งส่วนที่เป็นปูนซีเมนต์และเถ้าลอยในน้ำสลัดจ์ มีงานวิจัยหลายชิ้นได้สรุปไว้ว่าปริมาณอัลคาไลมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาไฮเดรชั่น โดยพบว่าปริมาณอัลคาไลที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อค่าระยะเวลาการก่อตัวและค่ากำลังอัด (Steinour; 1960, Inam et al.; 1977, Maria et al.; 2001, Martinez et al.; 2001) ตลอดจนมีผลต่อการแตกตัวของแคลเซียมคาร์บอเนต (Greenberg et al.; 1960) ทำให้เกิดการแตกตัวของแคลเซียมซิลิเกต

ไฮเดรต (Martinez; 2001) จากผลการทดสอบผงสลัดจ์ในหัวข้อ 5.1.5 พบว่าอนุภาคของผงสลัดจ์มีส่วนที่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นอยู่ และเนื่องจากอนุภาคเหล่านี้ทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในสภาวะที่มีปริมาณน้ำมากทำให้มีความแข็งแรงของพันธะที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในสภาวะปกติ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์ในตัวอย่างทดสอบก็เท่ากับเพิ่มส่วนอนุภาคที่มีพันธะอ่อนแอในตัวอย่างมากขึ้น นอกจากนั้นอนุภาคตะกอนในน้ำสลัดจ์นี้ยังมีลักษณะเป็นผงละเอียดทำให้มีการเก็บกักน้ำไว้ที่อนุภาค (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2544, น. 43) ทำให้ทำให้การเตรียมก้อนตัวอย่างยากขึ้น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ค่าของแข็งแรงของก้อนตัวอย่างลดลง

จากผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างน้ำสลัดจ์ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำกว่าร้อยละ 2.5 มีค่ากำลังอัดอยู่ในช่วงร้อยละ 97.13 ถึง 104.32 ของตัวอย่างควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 99.54 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 2.43 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ที่ไม่มากเกินไปไม่มีผลกระทบต่อค่ากำลังอัดและมีแนวโน้มของค่ากำลังอัดที่สูงตัวอย่างควบคุมได้

5.2.4.3 ผลต่อค่าระยะเวลาการก่อตัวของของซีเมนต์เพสต์

ผลการทดสอบค่าระยะเวลาการก่อตัวของของซีเมนต์เพสต์ของตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำสลัดจ์เทียบกับตัวอย่างควบคุมแสดงได้ดังภาพที่ 5.18, 5.19, 5.25, 5.26,5.32 และ 5.33 จากผลการทดสอบตัวอย่างซีเมนต์เพสต์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำกว่าร้อยละ 0.5 พบว่าผลการทดสอบของตัวอย่างมีค่าระยะเวลาการก่อตัวนานกว่าตัวอย่างควบคุม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2 ถึง 21 นาทีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11 นาทีและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5 นาที สาเหตุเนื่องมาจากผลจากความเป็นด่างที่สูงของน้ำสลัดจ์ (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และคณะ; 1999) เมื่อตัวอย่างซีเมนต์เพสต์ผสมด้วยปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดจ์ที่เพิ่มขึ้นพบว่าทำให้ค่าระยะเวลาการก่อตัวของก้อนตัวอย่างลดลง สาเหตุน่าจะมาจากน้ำสลัดจ์มีส่วนประกอบที่เป็นอนุภาคละเอียด ซึ่งจะดูดซับและเก็บกักน้ำ (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2544, น. 43) ทำให้ซีเมนต์เพสต์แห้งมากขึ้นและจากผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในน้ำสลัดจ์มีส่วนใช้น้ำในการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นต่อ มีผลทำให้เหลือปริมาณน้ำเพื่อทำปฏิกิริยากับซีเมนต์เพสต์ลดลงทำให้ค่าระยะเวลาการก่อตัวของตัวอย่างมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม โดยค่าระยะเวลาการก่อตัวจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อตัวอย่างผสมด้วยน้ำสลัดจ์ที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เพิ่มมากขึ้น