บทที่ 5

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

5.1 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าชานอ้อย

5.1.1 คุณสมบัติทางเคมีของเถ้าชานอ้อย

จากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าชานอ้อยดังแสดงในตารางที่ 5.1 พบว่าเถ้าชานอ้อยมีค่าซิลิกอนไดออกไซด์(SiO_2) อะลูมิเนียมออกไซด์(Al_2O_3) แคลเซียมออกไซด์ (CaO)และแมกนีเซียมออกไซด์(MgO) ร้อยละ 88.6, 3.8, 3.0 และ 0.9 ตามลำดับ ซึ่งต่างจากฝุ่นหินปูนที่มีค่าร้อยละของซิลิกอนไดออกไซด์(SiO_2) อะลูมิเนียมออกไซด์(Al_2O_3)และแมกนีเซียมออกไซด์(MgO)ต่ำกว่าเถ้าชานอ้อย ส่วนค่าร้อยละของแคลเซียมออกไซด์(CaO) มีค่าเท่ากับ 46.7 ซึ่งสูงกว่าที่พบในเถ้าชานอ้อย

ตารางที่ 5.1

องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นหินปูนและเถ้าชานอ้อยที่ใช้ในการศึกษา

รายการวิเคราะห์	ฝุ่นหินปูน	เถ้าชานอ้อย
ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2)	12.2	88.6
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	1.0	3.8
ไอรอนออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.4	2.2
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	46.7	3
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.3	0.9
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0	2.3
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0	0
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	0.2	0.3
ไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2)	0.1	0.2
แคลเซียมอิสระ (Free CaO)	0	0

เมื่อนำองค์ประกอบทางเคมีมาเปรียบเทียบตามมาตรฐาน ASTM C 618 พบว่าฝุ่นหินปูนที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานและมีค่าร้อยละต่ำสุดของซิลิกอนไดออกไซด์รวมกับอะลูมิเนียมออกไซด์และไอรอนออกไซด์ เท่ากับ 13.5 ร้อยละสูงสุดของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์เท่ากับ 0.04 และร้อยละสูงสุดของอัลคาไลน์ในรูปโซเดียมออกไซด์เทียบเท่า ($Na_2O + 0.658K_2O$) เท่ากับ 0.1 ส่วนเถ้าชานอ้อยมีค่าร้อยละต่ำสุดของซิลิกอนไดออกไซด์รวมกับอะลูมิเนียมออกไซด์และไอรอนออกไซด์และร้อยละสูงสุดของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์สูงกว่าฝุ่นหินปูนแต่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน สำหรับค่าร้อยละสูงสุดของอัลคาไลน์ในรูปโซเดียมออกไซด์เทียบเท่า ($Na_2O + 0.658K_2O$) มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าไม่ผ่านตามมาตรฐาน ASTM C 618 ดังแสดงในตารางที่ 5.2 และจากการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำตาลสะสมคงเหลือในเถ้าชานอ้อยพบว่าเถ้าชานอ้อยมีค่าปริมาณน้ำตาลคงเหลืออยู่ประมาณ 46.9 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งเป็นค่าที่น้อยและไม่มีผลต่อการทำปฏิกิริยาในงานปูนฉาบ ดังแสดงผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำตาลคงเหลือของชานอ้อยและเถ้าชานอ้อยในตารางที่ ก-7

5.1.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าชานอ้อย

ผลของการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าชานอ้อยพบว่าเถ้าชานอ้อยมีการสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้สูงสุดร้อยละ 0.24 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าในฝุ่นหินปูน ปริมาณความชื้นสูงสุดร้อยละ 5.47 เนื่องจากกระบวนการเผาชานอ้อยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านั้นมีการใช้ไอน้ำฉีดพ่นเพื่อดักจับให้เถ้าชานอ้อยที่ลอยอยู่ตกลงมากองในบ่อเก็บจึงส่งผลให้มีปริมาณความชื้นสูงดังแสดงในตารางที่ ก-2 และจากการทดสอบหาความละเอียดโดยการหาร้อยละค้างสูงสุดบนตะแกรงขนาด 45 ไมโครเมตร พบว่าเถ้าชานอ้อยมีความละเอียดร้อยละ 49.1 ซึ่งมากกว่าฝุ่นหินปูนและปูนซีเมนต์ แต่ค่าดัชนีกำลังที่อายุ 7 และ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 52.7 และ 52.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปูนซีเมนต์และฝุ่นหินปูนที่มีดัชนีกำลังที่ 28 วัน เท่ากับ 100 และ 80.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้เถ้าชานอ้อยยังมีค่าดัชนีกำลังที่ 7และ28 วัน ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ASTM C 618 ส่วนความต้องการน้ำสูงสุดของเถ้าชานอ้อยพบว่ามีค่ามากกว่าฝุ่นหินปูนที่มีค่าร้อยละ 102 ดังแสดงในตารางที่ 5.2 นอกจากนี้เถ้าชานอ้อยยังมีลักษณะของอนุภาคเป็นรูปหลายเหลี่ยมไม่แน่นอนมีความพรุนสูงและมีพื้นผิวที่ขรุขระดังแสดงในภาพที่ ก-2 ซึ่งส่งผลให้เถ้าชานอ้อยมีความต้องการน้ำมากและมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของปูนฉาบ

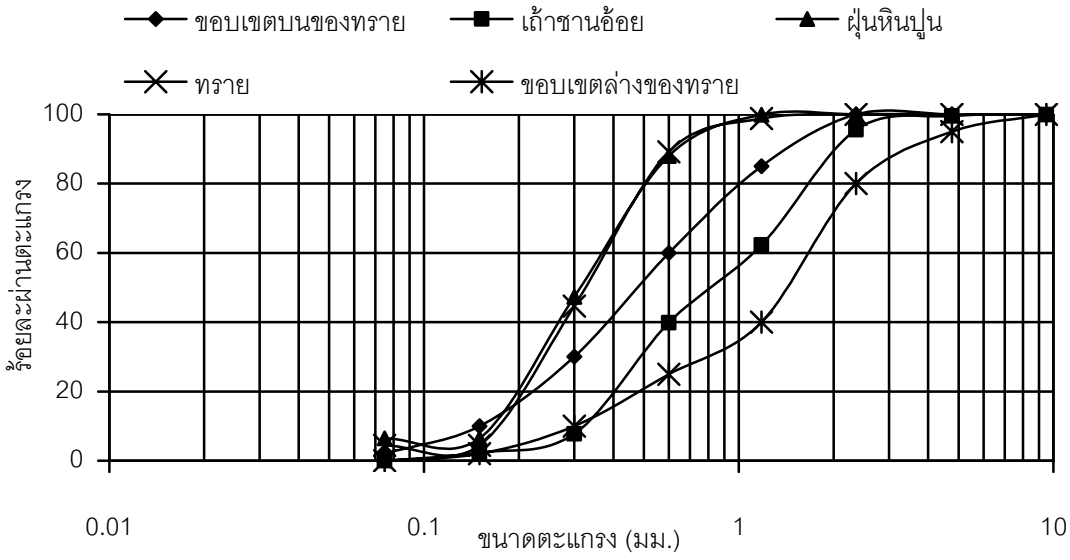
ตารางที่ 5.2
การเปรียบเทียบความเป็นปอซโซลานของฝุ่นหินปูนและเถ้าชานอ้อย
ตามมาตรฐาน ASTM C 618

องค์ประกอบทางเคมี	หมวดวัสดุปอซโซลาน			ฝุ่นหินปูน	เถ้าชานอ้อย
	N	F	C		
ร้อยละต่ำสุดของซิลิคอนไดออกไซด์+อะลูมิเนียมออกไซด์+ไอรอนออกไซด์	70	70	50	13.5	94.6
ร้อยละสูงสุดของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์	4	5	5	0.04	0.30
ร้อยละสูงสุดของอัลคาไลน์ในรูปของโซเดียมออกไซด์เทียบเท่า(Na_2O + 0.658K_2O)	1.5	1.5	1.5	0.1	1.5
คุณสมบัติทางกายภาพ	N	F	C	ฝุ่นหินปูน	เถ้าชานอ้อย
ความละเอียด(ร้อยละค้างสูงสุดบนตะแกรงขนาด 45 ไมโครเมตร)	34	34	34	19.2	49.1
ดัชนีกำลัง					
ที่อายุ 7 วัน	75	75	75	98.2	52.7
ที่อายุ 28 วัน	75	75	75	80.5	52.6
ความต้องการน้ำสูงสุด (ร้อยละ)	115	105	105	102	111
การสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ สูงสุด (ร้อยละ)	10	6	6	37.19	0.24
ปริมาณความชื้นสูงสุด (ร้อยละ)	3	3	3	2.31	5.47

5.1.3 การทดสอบโมดูลัสความละเอียดของเถ้าชานอ้อย

จากการทดสอบค่าโมดูลัสความละเอียดของเถ้าชานอ้อยดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ก-4 โดยการเปรียบเทียบปริมาณร้อยละผ่านตะแกรงของวัสดุทั้งสามชนิด จากการเปรียบเทียบกับทรายและฝุ่นหินปูนพบว่าเถ้าชานอ้อยมีค่าโมดูลัสความละเอียดจากการทดสอบเท่ากับ 1.95 ซึ่งมากกว่าฝุ่นหินปูนและทรายที่นำมาใช้ในการศึกษา แสดงให้เห็นว่าเถ้าชานอ้อยที่

นำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้หยาบกว่าฝุ่นหินปูนและทราย แต่ค่าโมดูลัสความละเอียดดังกล่าวยังคงอยู่ในช่วง 1.50 – 2.50 ซึ่งเป็นค่าโมดูลัสความละเอียดมาตรฐานของทรายละเอียด สำหรับการเปรียบเทียบค่าร้อยละที่ค้างตะแกรงของวัสดุผสมทั้งสามชนิดที่ใช้ในการศึกษาพบว่าค่าร้อยละผ่านตะแกรงจะมีความสอดคล้องกับค่าโมดูลัสความละเอียดของวัสดุ ส่วนการเปรียบเทียบความละเอียดของวัสดุผสมที่ใช้ในการศึกษากับความละเอียดของทรายมาตรฐานตามมาตรฐานอุตสาหกรรม 1776-2542 ดังแสดงในภาพที่ 5.1 พบว่าค่าความละเอียดของวัสดุที่นำมาใช้ในการศึกษามีค่าความละเอียดอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด



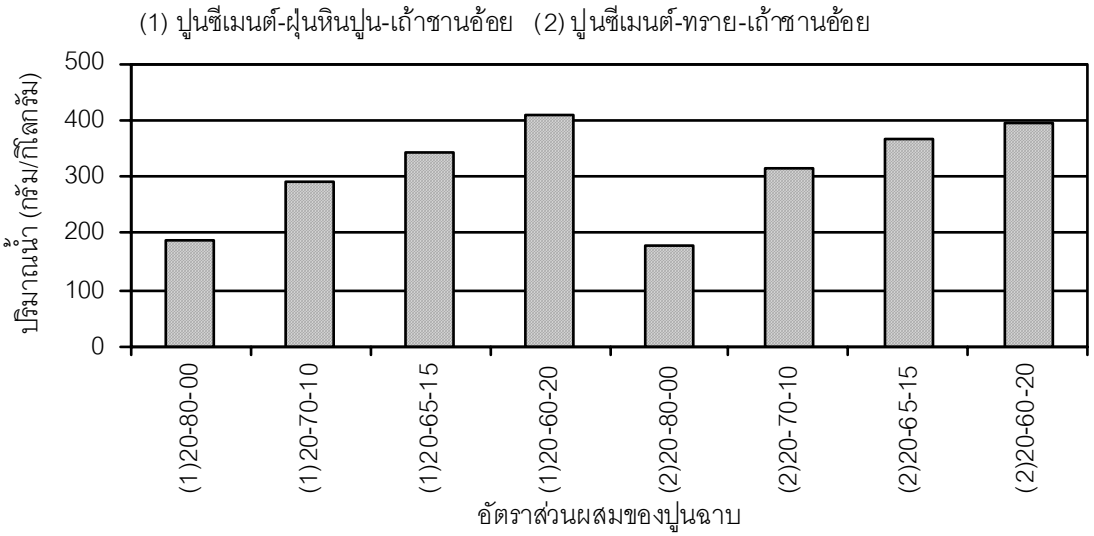
ภาพที่ 5.1 ขนาดคละของมวลรวมละเอียดที่ใช้ในการศึกษา

5.2 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของปูนฉาบ

5.2.1 ปริมาณความต้องการน้ำ

จากการทดสอบค่าการไหลแผ่ของปูนฉาบเพื่อหาค่าปริมาณความต้องการน้ำของปูนฉาบดังแสดงรายละเอียดของผลการทดสอบในตารางที่ ข-1 สำหรับปูนฉาบที่มีการแทนที่ฝุ่นหินปูนด้วยเถ้าชานอ้อยในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 พบว่ามีค่าความต้องการน้ำ เท่ากับ 291.3, 342.5 และ 410.3 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการแทนที่ทรายด้วยเถ้าชานอ้อยที่อัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 มีค่าความต้องการน้ำ เท่ากับ 314.5, 365.9 และ 369.7 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยค่าความต้องการน้ำของปูนฉาบจะเพิ่มขึ้นหรือแปรผันตามร้อยละการ

แทนที่ของเถ้าชานอ้อยเพราะเมื่ออัตราส่วนการแทนที่เถ้าชานอ้อยในส่วนผสมเพิ่มขึ้นค่าความต้องการน้ำของปูนฉาบก็จะเพิ่มขึ้น อันเป็นผลเนื่องจากเถ้าชานอ้อยมีค่าความต้องการน้ำมาก ส่งผลให้ปูนฉาบมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อปูนฉาบมีความต้องการน้ำมากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการทำงานและร้อยละการหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบ นอกจากนี้จากการทดสอบการไหลแผ่ยังพบว่าในกรณีของปูนฉาบที่ใช้ทรายทำหน้าที่เป็นมวลรวมละเอียดนั้นจะมีค่าความต้องการน้ำต่ำกว่าในกรณีของปูนฉาบที่ใช้ฝุ่นหินปูนทำหน้าที่เป็นมวลรวมละเอียด เพราะการทดสอบหาค่าความต้องการน้ำของสูตรควบคุมที่ไม่มีการแทนที่ด้วยเถ้าชานอ้อยสำหรับกรณีของการใช้ฝุ่นหินปูนทำหน้าที่เป็นมวลรวมละเอียด พบว่ามีค่าความต้องการน้ำ เท่ากับ 187.0 กรัมต่อกิโลกรัม แต่สำหรับในกรณีที่ใช้ทรายทำหน้าที่เป็นมวลรวมละเอียดนั้นมีค่าความต้องการน้ำเท่ากับ 176.8 ดังแสดงในภาพที่ 5.2

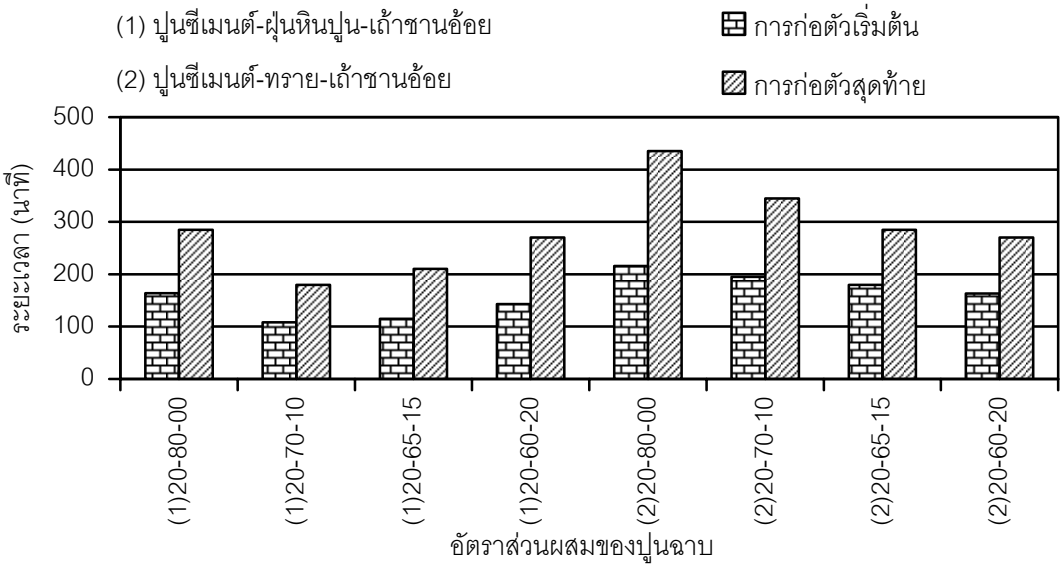


ภาพที่ 5.2 ปริมาณความต้องการใช้น้ำของปูนฉาบ

5.2.2 การทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของปูนฉาบ

การทดสอบหาค่าระยะเวลาการก่อตัวของปูนฉาบพบว่าปูนฉาบที่มีทรายทำหน้าที่เป็นมวลรวมละเอียดมีระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้ายมากกว่าปูนฉาบที่มีฝุ่นหินปูนทำหน้าที่เป็นมวลรวมละเอียดเนื่องจากทรายที่ใช้เป็นส่วนผสมในการศึกษามีความละเอียดสูงกว่าฝุ่นหินปูนดังแสดงในตารางที่ จ-2 ทำให้ปูนฉาบมีอัตราความต้องการน้ำมากและส่งผลต่อระยะเวลาการก่อตัวของปูนฉาบ สำหรับปูนฉาบที่มีการแทนที่ทรายด้วยเถ้าชานอ้อยที่อัตราส่วน

ร้อยละ 10, 15และ 20 ที่ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น เท่ากับ 195, 180 และ 163 นาที ตามลำดับ มีระยะเวลาการก่อตัวสุดท้าย เท่ากับ 345, 285 และ 270 ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลาการก่อตัวจะแปรผกผันกับอัตราส่วนเถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเถ้าชานอ้อยมีความพรุนตัวสูงทำให้มีความสามารถในการกักเก็บน้ำประกอบกับลักษณะอนุภาคเป็นรูปหลายเหลี่ยมไม่แน่นอนสามารถแทรกตัวระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์ทำให้ปูนซีเมนต์เกิดการกระจายตัว ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น ต่างจากการแทนที่ฝุ่นหินปูนด้วยเถ้าชานอ้อยในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 พบว่ามีระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น เท่ากับ 108, 115 และ 143 นาที ตามลำดับ ระยะเวลาการก่อตัวสุดท้าย เท่ากับ 180, 210 และ 270 นาที ตามลำดับ จะแปรผันตามอัตราส่วนเถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้นดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ข-2 เนื่องจากอัตราส่วนผสมดังกล่าวมีความต้องการน้ำมากขึ้นประกอบกับฝุ่นหินปูนมีลักษณะอุ้มน้ำได้ดีส่งผลให้ปูนฉาบดูดน้ำมาเก็บไว้ทำให้ระยะเวลาการก่อตัวของปูนฉาบสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำที่ได้จากการหาค่าความข้นเหลวปกติของปูนฉาบที่ใช้ในการทดสอบหาค่าระยะเวลาการก่อตัวดังแสดงในตารางที่ จ-2

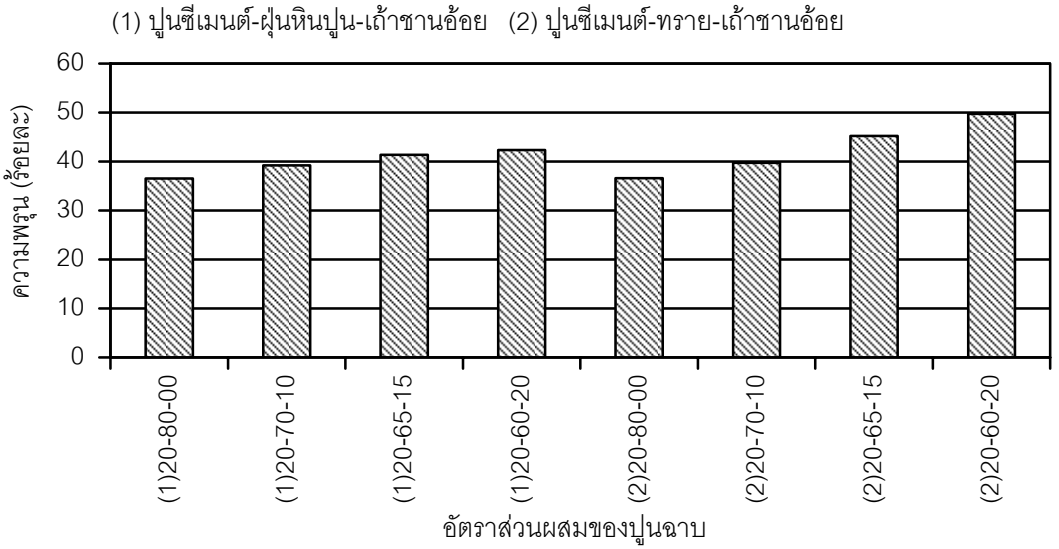


ภาพที่ 5.3 ระยะเวลาการก่อตัวของปูนฉาบ

5.2.3 การทดสอบความพรุนของปูนฉาบ

จากการทดสอบหาค่าความพรุนของปูนฉาบที่มีอัตราส่วนการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 พบว่ามีค่าความพรุนร้อยละ 36.56, 39.21, 41.35 และ 42.38 ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ง-1 เนื่องมาจาก

อนุภาคของเถ้าชานอ้อยมีลักษณะไม่แน่นอนมีพื้นที่ผิวขรุขระและมีรูพรุนสูง ทำให้เมื่ออนุภาคของเถ้าชานอ้อยแทรกตัวเข้าในระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์ส่งผลให้ปูนฉาบที่มีส่วนผสมของเถ้าชานอ้อยแทนที่ในฝุ่นหินปูนเกิดช่องว่างเพิ่มขึ้นภายใน ดังแสดงในภาพที่ 5.4 ส่วนความพรุนของปูนฉาบที่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในทรายที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 มีค่าความพรุนร้อยละ 36.59, 39.76, 45.21 และ 49.76 ตามลำดับ ซึ่งลักษณะความพรุนดังกล่าวสอดคล้องกับค่าความพรุนของปูนฉาบที่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนและลักษณะอนุภาคของปูนฉาบ ดังแสดงในภาพที่ ฉ-1 ถึง ฉ-5 นอกจากนี้ค่าความพรุนที่วัดได้บอกถึงแนวโน้มของคุณสมบัติทางกลและค่าการนำความร้อนของปูนฉาบด้วย



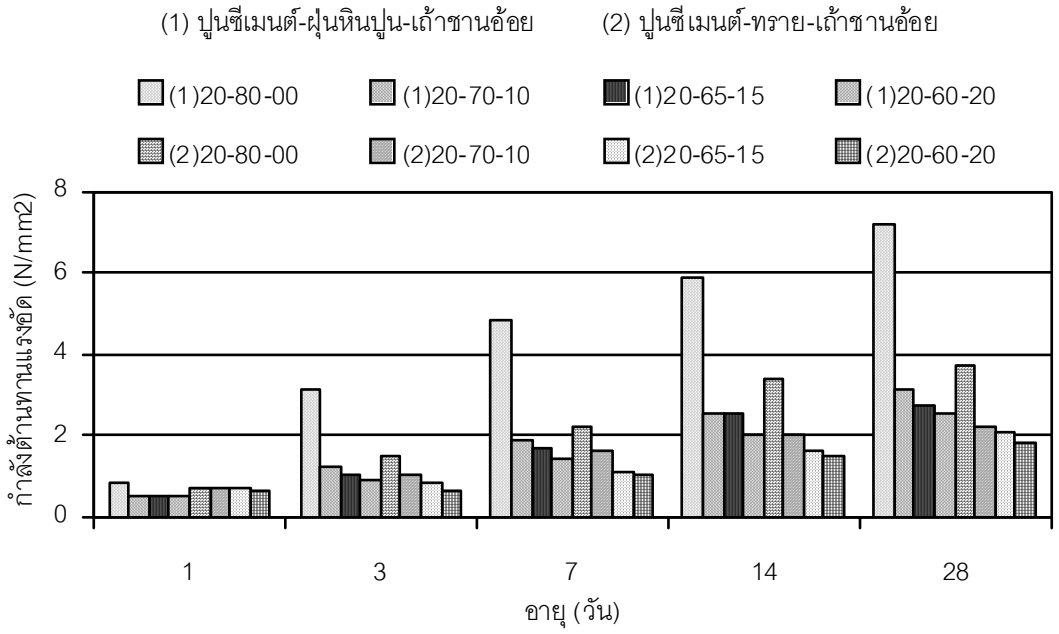
ภาพที่ 5.4 ความพรุนของปูนฉาบ

5.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของปูนฉาบ

5.3.1 การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของปูนฉาบ

ปูนฉาบที่มีส่วนผสมของเถ้าชานอ้อยโดยการแทนที่ในฝุ่นหินปูนร้อยละ 10, 15 และ 20 มีค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุการบ่ม 28 วัน เท่ากับ 3.16, 2.74 และ 2.49 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ พบว่าเมื่อแทนที่เถ้าชานอ้อยในส่วนผสมเพิ่มขึ้นทำให้กำลังต้านทานแรงอัดลดลง ดังแสดงในภาพที่ 5.5 ส่วนปูนฉาบที่มีส่วนผสมของเถ้าชานอ้อยโดยการแทนที่ในทรายร้อยละ 10, 15 และ 20 มีค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุการบ่ม 28 วัน เท่ากับ 2.22, 2.13

และ 1.83 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ค-1 จากการศึกษาพบว่าปูนฉาบที่มีอัตราส่วนผสมในการแทนที่เถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้นมีกำลังต้านทานแรงอัดลดลง เนื่องจากเถ้าชานอ้อยมีอัตราการดูดซึมน้ำมากส่งผลให้ปริมาณน้ำที่จะใช้ในการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์ลดลงประกอบกับลักษณะอนุภาคของเถ้าชานอ้อยมีความขรุขระส่งผลให้เกิดรูพรุนเพิ่มขึ้นในเนื้อปูนฉาบ ความพรุนที่เพิ่มขึ้นและการทำปฏิกิริยาที่ลดลงทำให้ปูนฉาบมีค่ากำลังต้านทานแรงอัดลดลง ส่วนปูนฉาบสูตรควบคุมที่ไม่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยด้วยฝุ่นหินปูนและทราย มีค่ากำลังต้านทานแรงอัดเท่ากับ 7.31 และ 3.66 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ และเมื่อนำผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม 1776-2542 ว่าด้วยงานฉาบผนังก่อ พบว่าส่วนผสมของปูนฉาบที่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนมีค่าการต้านทานแรงอัดผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ จ-1

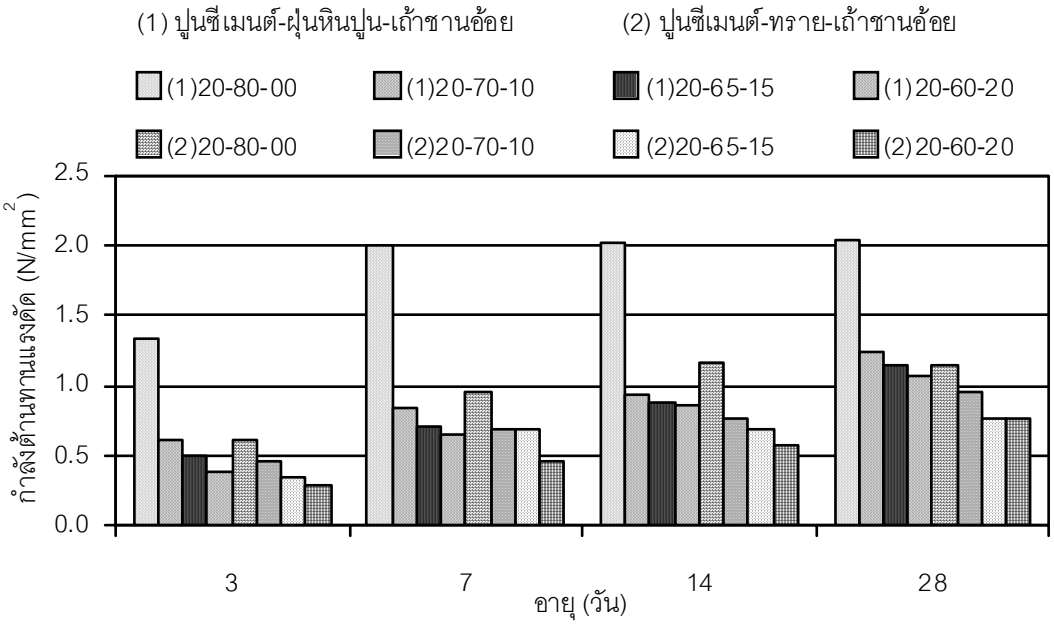


ภาพที่ 5.5 กำลังต้านทานแรงอัดของปูนฉาบ

5.3.2 การทดสอบกำลังต้านทานการดัดของปูนฉาบ

ปูนฉาบที่มีอัตราส่วนการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 พบว่ามีค่ากำลังต้านทานแรงดัดที่อายุการบ่ม 28 วัน เท่ากับ 1.24, 1.14 และ 1.07 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ ส่วนของการแทนที่เถ้าชานอ้อยในทรายที่อัตราส่วนร้อยละ 10, 15และ 20 มีค่ากำลังต้านทานแรงดัด เท่ากับ 0.96, 0.76 และ 0.77 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ

ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ค-2 พบว่าเมื่อมีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในมวลรวมละเอียดที่มากขึ้นทำให้มีค่ากำลังต้านทานแรงดัดลดลง เนื่องจากความสามารถในการรับกำลังต้านทานแรงดัดของมอร์ตาร์ขึ้นอยู่กับความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างเนื้อซีเมนต์เพสต์กับมวลรวมเป็นสำคัญและเป็นผลอันเนื่องมาจากความต้องการน้ำที่มากขึ้นของปูนฉาบจากการที่แทนที่เถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดมีค่าลดลง สำหรับในสูตรควบคุมที่ไม่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนและทรายมีค่าต้านทานแรงดัด เท่ากับ 2.04 และ 1.14 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5.6 และการใช้ฝุ่นหินปูนทำหน้าที่เป็นมวลรวมละเอียดจะมีความสามารถในการรับกำลังต้านทานแรงดัดที่ดีกว่าในกรณีที่ใช้ทรายทำหน้าที่เป็นมวลรวมละเอียด

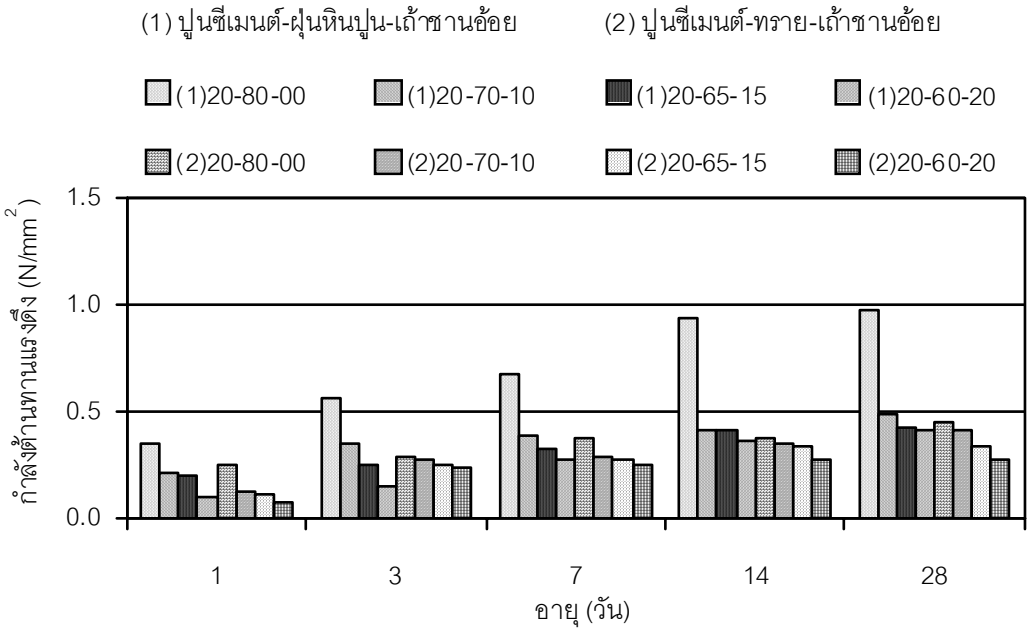


ภาพที่ 5.6 กำลังต้านทานการดัดของปูนฉาบ

5.3.3 การทดสอบกำลังต้านแรงดึงของปูนฉาบ

กำลังต้านทานแรงดึงที่อายุการบ่ม 28 วัน ของปูนฉาบที่มีอัตราส่วนการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 มีค่าเท่ากับ 0.49, 0.43 และ 0.41 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ และจากการทดสอบพบว่าเมื่อมีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในมวลรวมละเอียดมากขึ้นจะทำให้กำลังต้านทานแรงดึงของปูนฉาบลดลงซึ่งมีค่าสอดคล้องกับกำลังต้านทานการดัดของปูนฉาบที่เมื่อมีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในส่วนผสมเพิ่มขึ้นกำลังต้านทานจะ

ลดลง ส่วนของการแทนที่เถ้าชานอ้อยในทรายที่อัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 มีค่ากำลังต้านทานแรงดึงลดลงเมื่อมีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในมวลรวมละเอียดเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 5.7 สำหรับสูตรควบคุมที่ไม่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนนั้นมีค่ากำลังต้านทานแรงดึงที่อายุบ่ม 28 วัน มากกว่าในสูตรที่ใช้ทรายทำหน้าที่เป็นมวลรวมละเอียดจากการทดสอบพบว่ามีค่ากำลังต้านทานแรงดึง เท่ากับ 0.98 และ0.45 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ค-3

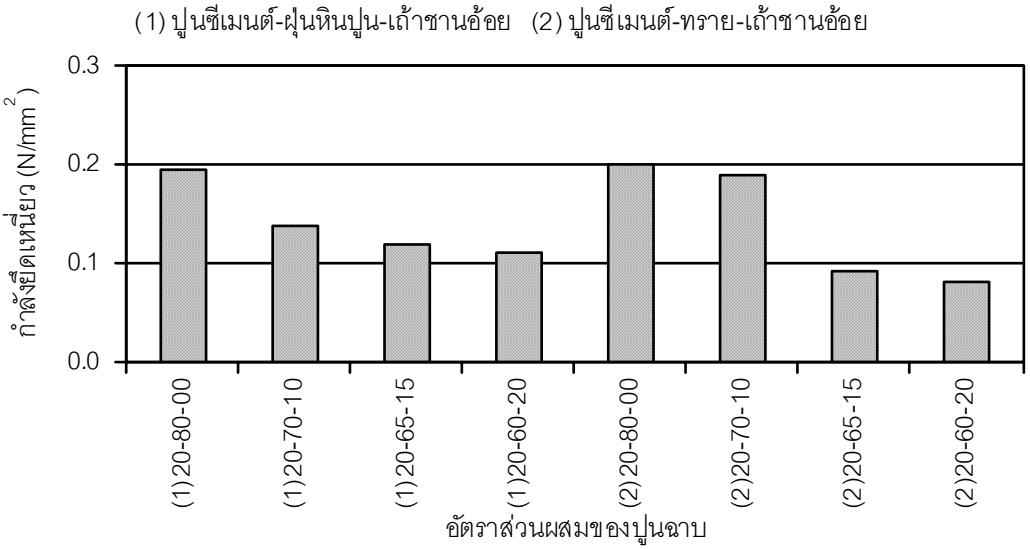


ภาพที่ 5.7 กำลังต้านทานแรงดึงของปูนฉาบ

5.3.4 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของปูนฉาบ

กำลังยึดเหนี่ยวของปูนฉาบที่อายุ 28 วัน ปูนฉาบที่มีอัตราส่วนการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 มีกำลังยึดเหนี่ยว เท่ากับ 0.14, 0.12 และ 0.11 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ ส่วนของการแทนที่เถ้าชานอ้อยในทรายที่อัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 มีกำลังยึดเหนี่ยว เท่ากับ 0.19, 0.09 และ 0.08 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดของผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ ค-4 เมื่อมีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นทำให้กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างปูนฉาบกับผนังที่ทำการทดสอบลดลงซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากคุณสมบัติทางกายภาพของปูนฉาบที่มีส่วนผสมของเถ้าชานอ้อย และจากผลทดสอบการยึดเหนี่ยวของสูตรควบคุมที่ไม่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนและทราย พบว่ามีกำลังยึด

เหนี่ยว เท่ากับ 0.20 และ 0.20 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ และกำลังยึดเหนี่ยวของปูนฉาบที่ใช้ทรายเป็นมวลรวมจะมีค่ากำลังยึดเหนี่ยวใกล้เคียงกับในสูตรที่ใช้ฝุ่นหินปูนเป็นมวลรวมซึ่งต่างจากกำลังต้านทานแรงดึงของปูนฉาบ ดังแสดงในภาพที่ 5.8



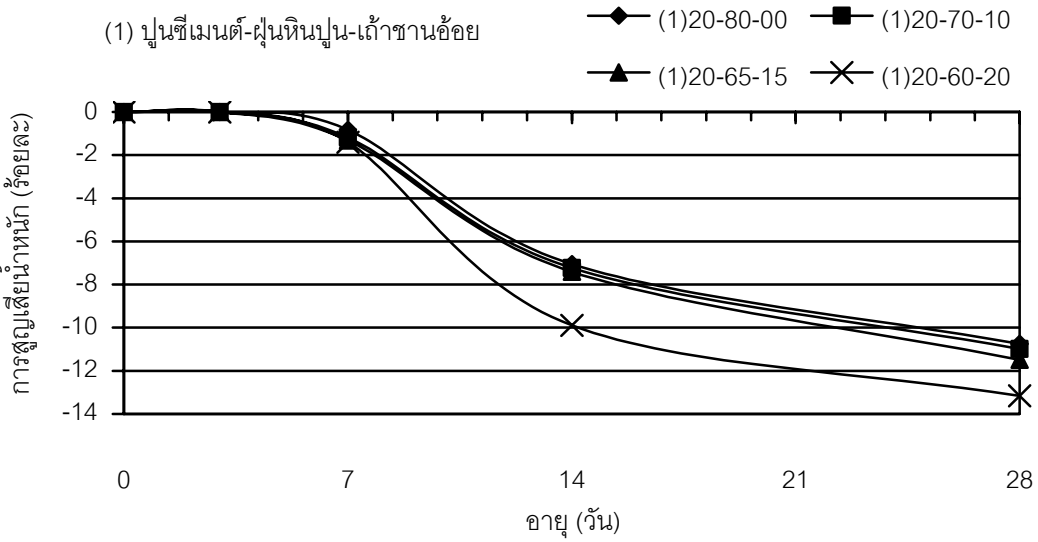
ภาพที่ 5.8 กำลังยึดเหนี่ยวของปูนฉาบ

5.4 การทดสอบการสูญเสียน้ำหนักและการหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบ

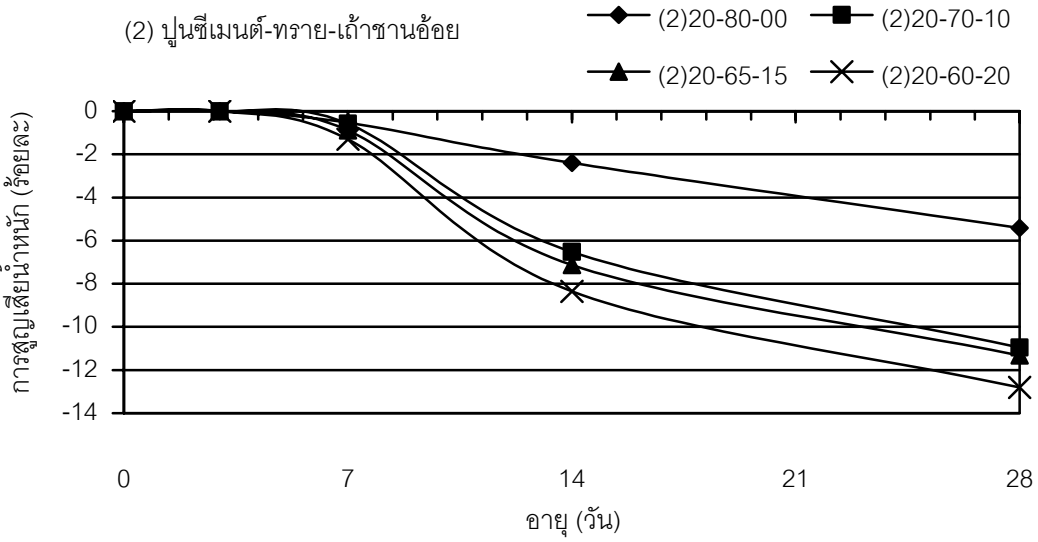
5.4.1 การทดสอบสูญเสียน้ำหนักของปูนฉาบ

จากการทดสอบหาค่าการสูญเสียน้ำหนักของปูนฉาบพบว่าที่อายุ 28 วัน ปูนฉาบที่มีอัตราส่วนการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 10.98, 11.48 และ 13.15 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5.9 เมื่ออัตราส่วนการแทนที่เถ้าชานอ้อยมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นและการสูญเสียน้ำหนักของปูนฉาบจะเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อปูนฉาบมีอายุของการบ่มมากขึ้น ส่วนของการแทนที่เถ้าชานอ้อยในทรายที่อัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 10.95, 11.33 และ 12.80 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5.10 ซึ่งจะมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเช่นเดียวกับในกรณีที่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูน สำหรับในสูตรควบคุมที่ไม่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนและทรายจะมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าในกรณีที่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในมวลรวมและร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของปูนฉาบที่

ใช้ทรายเป็นมวลรวมจะมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าในกรณีที่ใช้ฝุ่นหินปูนเป็นมวลรวม นอกจากนี้พบว่าค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของปูนฉาบที่ใช้ทรายเป็นมวลรวมมีค่าต่ำที่สุดแม้จะมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่ออายุบ่มมากขึ้นก็ตาม ดังแสดงรายละเอียดของผลการทดสอบในตารางที่ ค-6



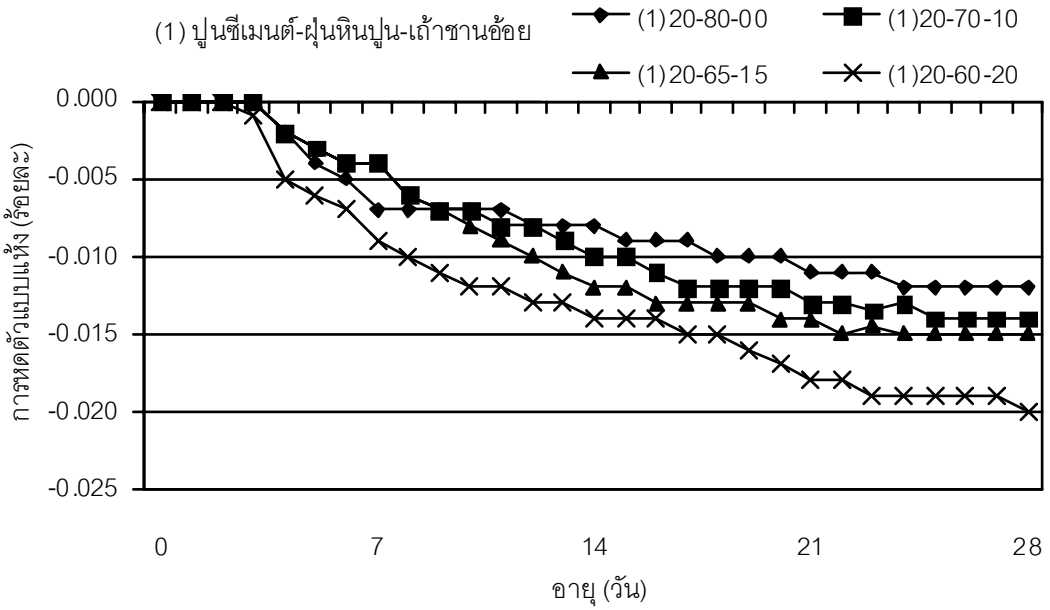
ภาพที่ 5.9 การสูญเสียน้ำหนักของปูนฉาบโดยการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูน



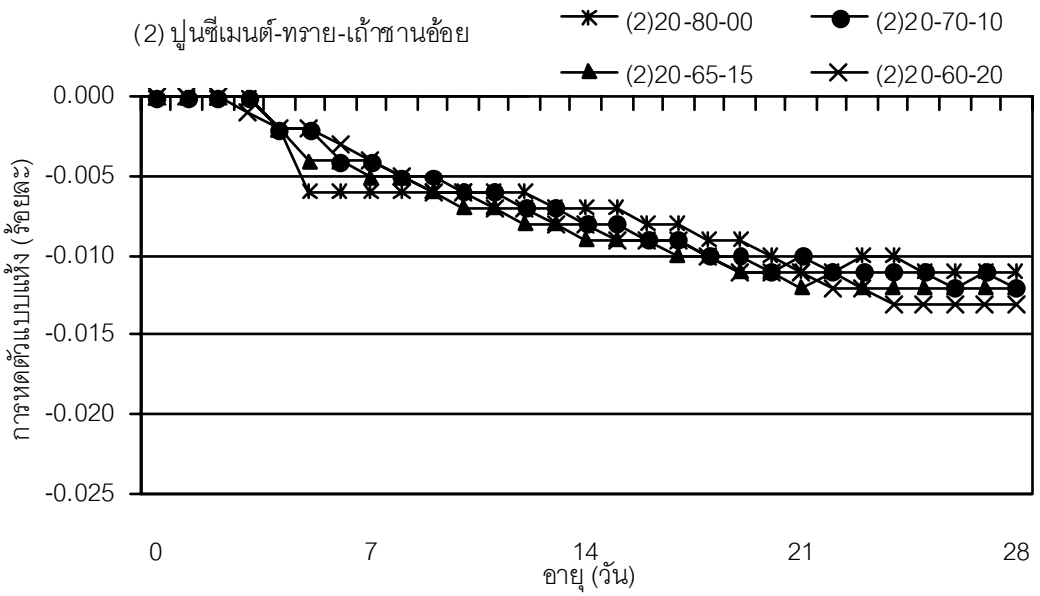
ภาพที่ 5.10 การสูญเสียน้ำหนักของปูนฉาบโดยการแทนที่เถ้าชานอ้อยในทราย

5.4.2 การทดสอบการหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบ

ผลการทดสอบการหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบจะสอดคล้องกับค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของปูนฉาบโดยพบว่าการหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบที่มีอัตราส่วนการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 ที่อายุ 28 วัน มีค่าร้อยละสะสมเท่ากับ 0.014, 0.015 และ 0.020 ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ค-7 โดยค่าร้อยละสะสมของการหดตัวแบบแห้งนี้จะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุการบ่มของปูนฉาบมากขึ้นและเพิ่มขึ้นเนื่องจากการแทนที่เถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น เพราะเถ้าชานอ้อยเป็นส่วนผสมมวลรวมที่มีการดูดซึมน้ำมาก ส่งผลให้ปูนฉาบมีความต้องการน้ำในการทำปฏิกิริยามากทำให้เกิดช่องว่างและรูพรุนภายในเนื้อปูนฉาบมากส่งผลให้เกิดการหดตัวมากเมื่อน้ำเหล่านั้นระเหยออกมา สำหรับการแทนที่เถ้าชานอ้อยในทรายที่อัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 มีค่าการหดตัวแบบแห้งสะสมน้อยกว่าในกรณีของการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนดังแสดงในภาพที่ 5.11 และ 5.12 ส่วนในสูตรควบคุมจะมีค่าร้อยละสะสมเนื่องจากการหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบไม่แตกต่างกันมากหรือมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากวัสดุทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 5.11 การหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบโดยการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูน



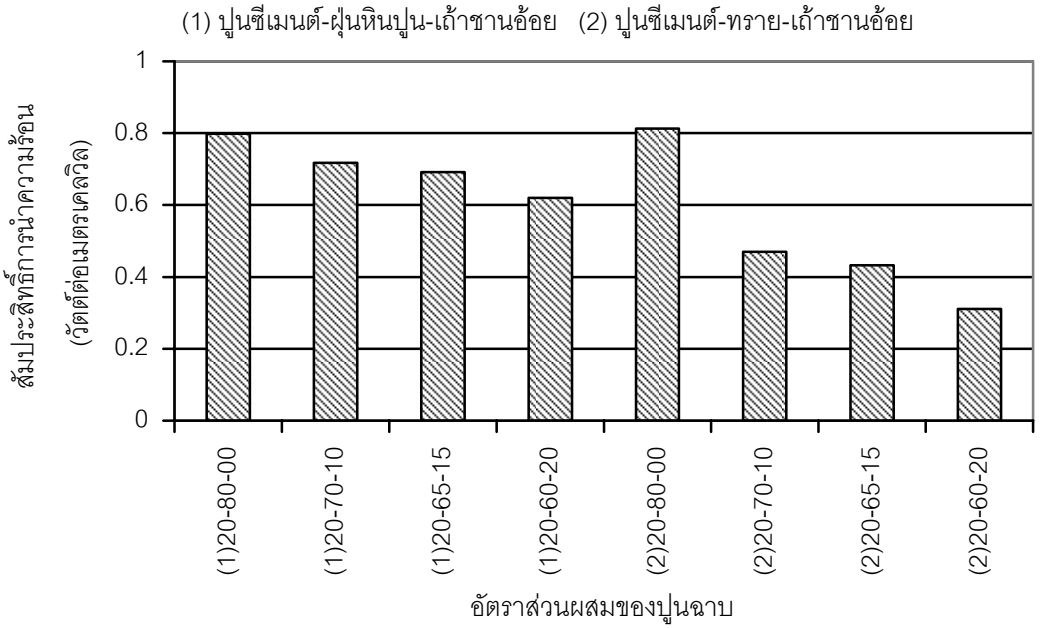
ภาพที่ 5.12 การหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบโดยการแทนที่เถ้าชานอ้อยในทราย

5.5 การทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อนและการดูดซับเสียงของปูนฉาบ

5.5.1 การทดสอบการนำความร้อนของปูนฉาบ

การทดสอบการนำความร้อนของปูนฉาบ พบว่าอัตราส่วนการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 มีค่าการนำความร้อน เท่ากับ 0.80, 0.72, 0.69 และ 0.62 วัตต์ต่อเมตรเคลวิล ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5.13 และเมื่อนำค่าการนำความร้อนมาเปรียบเทียบกับค่าความพรุนที่วัดได้พบว่ามีความสอดคล้องกันเพราะวัสดุมีค่าความพรุนมากจะมีค่าการนำความร้อนต่ำแต่มีค่าการจุความร้อนสูง ซึ่งจะส่งผลให้วัสดุดังกล่าวจะมีค่าความเป็นฉนวนตามมาด้วย ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ง-2 ส่วนค่าการนำความร้อนของปูนฉาบที่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในทรายที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 มีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.81, 0.47, 0.43 และ 0.31 วัตต์ต่อเมตรเคลวิล ตามลำดับ ซึ่งพบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปูนฉาบที่มีอัตราส่วนของการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูน แต่ในส่วนผสมของปูนฉาบที่มีเกณฑ์การนำความร้อนสูงคือส่วนผสมที่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในมวลรวมละเอียดประเภทฝุ่นหินปูน และพบว่าเมื่อมีค่าการนำความร้อนสูงจะทำให้มีค่าความจุความร้อนต่ำแต่คุณสมบัติที่สอดคล้องกันของค่าความพรุนกับคุณสมบัติการนำความร้อนของปูนฉาบอาจมีการ

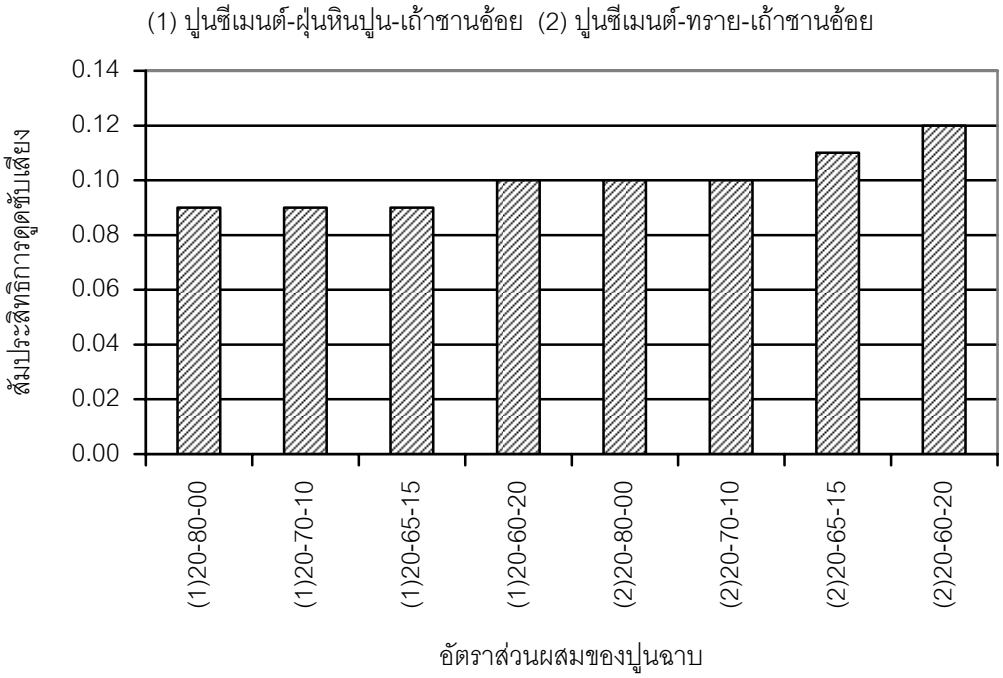
เปลี่ยนแปลงได้ เพราะตัวแปรที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อน คือ วิธีการในการหล่อตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบ



ภาพที่ 5.13 การนำความร้อนของปูนฉาบ

5.5.2 การทดสอบการดูดซับเสียงของปูนฉาบ

ผลการทดสอบการดูดซับเสียงของปูนฉาบ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ง-3 โดยมีค่าการดูดซับเสียงดังแสดงในภาพที่ 5.14 พบว่าปูนฉาบที่มีอัตราส่วนการแทนที่เถ้าชานอ้อยในฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเท่ากับ 0.09, 0.09, 0.09 และ 0.10 ตามลำดับ ส่วนสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของปูนฉาบที่มีการแทนที่เถ้าชานอ้อยในทรายที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 มีค่าเท่ากับ 0.10, 0.10, 0.11 และ 0.12 ตามลำดับ พบว่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของปูนฉาบสอดคล้องกับค่าความพรุนที่วัดได้โดยการวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุจะขึ้นอยู่กับพื้นผิวของวัสดุ จากผลการทดสอบพบว่าปูนฉาบที่ใช้ทรายเป็นส่วนผสมที่มีค่าความพรุนมากกว่าในสูตรที่ใช้ฝุ่นหินปูนเป็นส่วนผสมจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดีกว่า แต่ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่วัดได้ยังมีค่าน้อยกว่า 0.20 และจากการจัดลำดับคุณสมบัติการป้องกันเสียงของวัสดุของคู่มือการจำแนกวัสดุป้องกันเสียง (Cowan JP,1994) จะจัดให้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงไม่เกิน 0.20 เป็นวัสดุกันเสียงดังแสดงในตารางที่ 2.7



ภาพที่ 5.14 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของปูนฉาบ