บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติพื้นฐานของวัสดุ

4.1.1 ส่วนประกอบทางเคมี

ส่วนประกอบทางเคมีหาโดยวิธี X-ray fluorescence (XRF) spectroscopy โดยตารางที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเถ้าลอยชานอ้อยในรูปออกไซด์ รวมทั้งนำส่วนประกอบทางเคมีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มาแสดงด้วยเพื่อเปรียบเทียบกัน

ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของ เถ้าลอยชานอ้อย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ พบว่า เถ้าลอยชานอ้อย มีแคลเซียม (CaO) อยู่เพียงร้อยละ 7.26 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าที่พบในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีอยู่ถึงร้อยละ 63.82 โดยน้ำหนัก ซึ่งสารประกอบแคลเซียมซิลิเกตนี้ จะทำปฏิกิริยาน้ำ (H_2O) ซึ่งก็คือปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration Reaction) เกิดเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรท (C-S-H) โดยแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรท (C-S-H) จะเป็นตัวเชื่อมประสาน ทำให้เกิดการก่อตัวและแข็งตัวขึ้น ดังนั้นเถ้าลอยชานอ้อยจึงมีการเชื่อมประสานภายในตัวเองเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

เถ้าลอยชานอ้อยมีส่วนประกอบหลักคือ ซิลิกา (SiO_2) โดยมีอยู่ร้อยละ 51.96 และมีผลรวมของซิลิกา อลูมินาและเหล็ก ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$) เท่ากับร้อยละ 54.15 โดยน้ำหนักตามลำดับ สารประกอบส่วนนี้จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) แล้วเกิดแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรท (C-S-H) ซึ่งคือปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) เมื่อเปรียบเทียบผลรวมของซิลิกา อลูมินาและเหล็ก ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$) นี้ กับของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 28.54 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แต่ซิลิกา (SiO_2) ของเถ้าลอยชานอ้อยนั้นอยู่ในรูปของผลึก ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยา ฉะนั้นจะดูเฉพาะผลของซิลิกา (SiO_2) นี้ไม่ได้

ค่า LOI (Loss on Ignition) คือ ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา หรือคาร์บอนที่มีในเถ้าลอย ซึ่งเถ้าลอยชานอ้อย มีค่า LOI เท่ากับร้อยละ 33.17 โดยน้ำหนัก ซึ่งมากกว่าค่าตามมาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพของวัสดุผสมในซีเมนต์ (ASTM C618-96) ที่กำหนดชั้นคุณภาพ F และ C ให้มี LOI มากที่สุดไม่เกินร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก โดย LOI หรือคาร์บอนในเถ้าลอยนี้จะดูด

น้ำเมื่อทำการผสมเพื่อทำคอนกรีต ทำให้น้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นลดลง เป็นผลให้กำลังรับแรงอัดต่ำลง

ตารางที่ 4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของเถ้าลอยชานอ้อยและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

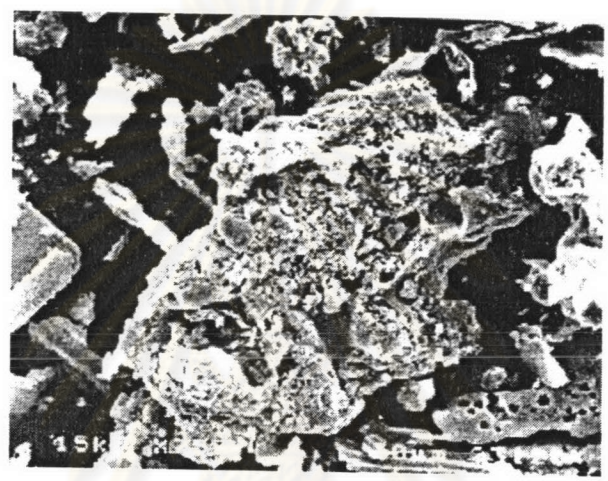
ส่วนประกอบทางเคมี (%)	เถ้าลอยชานอ้อย	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
Na_2O	0.43	0.26
MgO	1.74	1.50
Al_2O_3	1.37	5.42
SiO_2	51.96	20.20
P_2O_5	1.43	-
SO_3	0.11	2.55
Cl	-	-
K_2O	1.32	0.46
CaO	7.26	63.82
TiO_2	0.22	-
MnO	0.14	-
Fe_2O_3	0.82	2.92
CuO	0.01	-
Rb	0.01	-
SrO	-	-
ZrO_2	0.01	-
ZnO	-	-
PbO	-	-
LOI	33.17	-
รวม	100.00	97.13

หมายเหตุ : "-" คือ ไม่มีข้อมูลในงานวิจัย

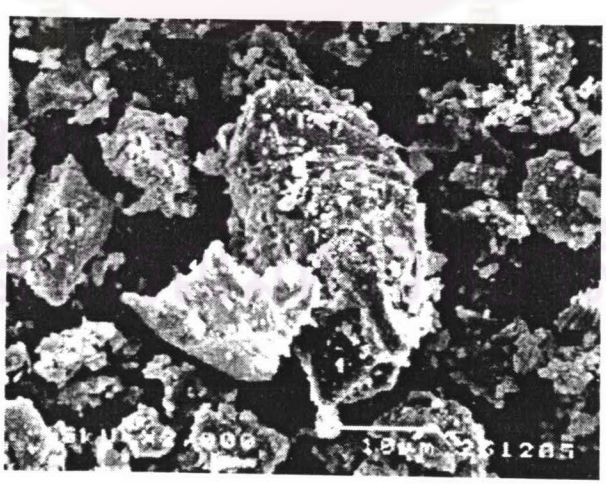
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 ลักษณะอนุภาค

ลักษณะอนุภาค ได้จากการถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) ซึ่งภาพถ่ายลักษณะอนุภาคเถ้าลอยชานอ้อย ซึ่งใช้กำลังขยายที่ 750 เท่า แสดงในรูปที่ 4.1 และลักษณะอนุภาคของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งใช้กำลังขยายที่ 2,000 เท่า



รูปที่ 4.1 ภาพถ่ายจากจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของเถ้าลอยชานอ้อย (สุเมธ เตชะกุลวิโรจน์, 2546)



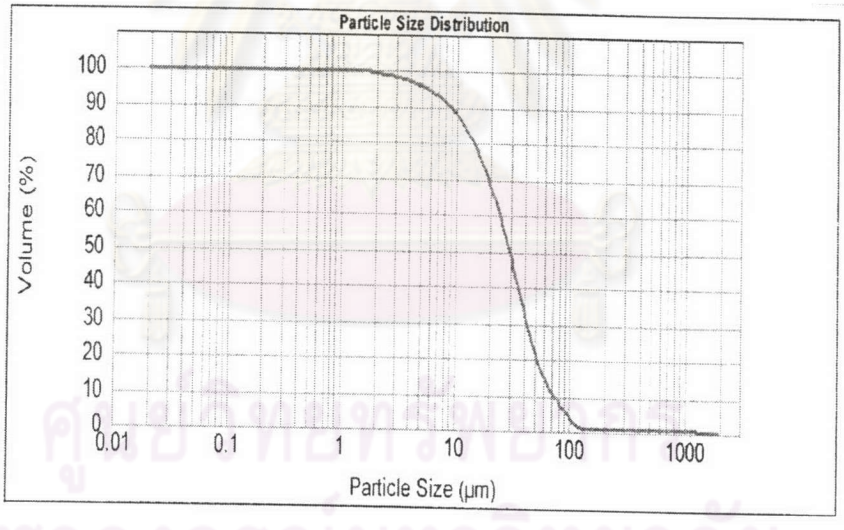
รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายจากจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (สุเมธ เตชะกุลวิโรจน์, 2546)

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าลักษณะอนุภาคของเถ้าลอยชานอ้อย มีลักษณะอนุภาคเป็นซิ้น เป็นเหลี่ยม มีรูปร่างไม่แน่นอน คือ มีลักษณะเป็นเศษเล็กๆ จนถึงเป็นก้อนอนุภาค และมีรูเล็กๆ และโพรงที่ผิวอนุภาคเป็นจำนวนมาก

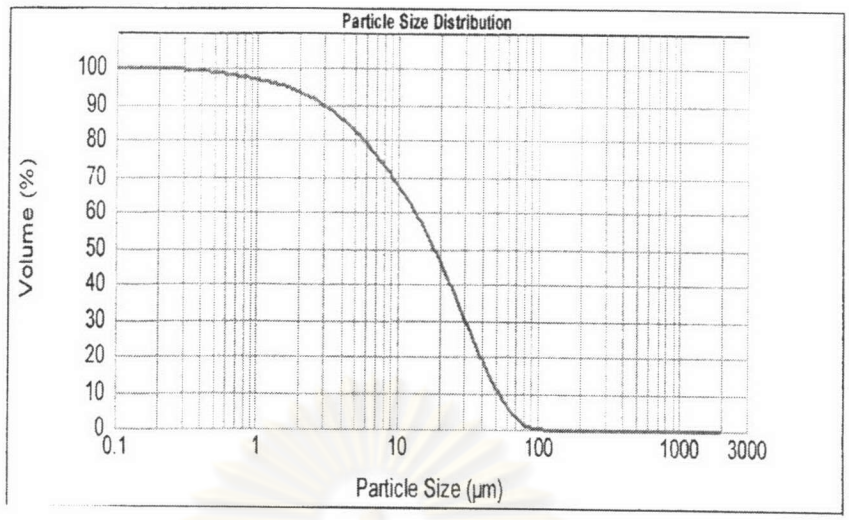
นอกจากนั้น สีของเถ้าลอยก็สามารถบอกได้อย่างคร่าวๆ ถึงส่วนประกอบทางเคมีของเถ้าลอย คือ เถ้าลอยที่มีส่วนค่อนข้างดำ เป็นไปได้ที่จะมีปริมาณคาร์บอน หรือ ออกไซด์ของเหล็กอยู่สูง

4.1.3 การกระจายขนาดอนุภาค

การกระจายขนาดอนุภาคของเถ้าลอยชานอ้อย หาโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค (Particle Size Analyzer) รูปที่ 4.3 เส้นโค้งการกระจายขนาดอนุภาคสะสมโดยปริมาตรของ เถ้าลอยชานอ้อย ส่วนรูปที่ 4.4 แสดงเส้นโค้งการกระจายขนาดอนุภาคสะสมโดยปริมาตรของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์



รูปที่ 4.3 การกระจายขนาดอนุภาคสะสมโดยปริมาตรของเถ้าลอยชานอ้อย



รูปที่ 4.4 การกระจายขนาดอนุภาคสะสมโดยปริมาตรของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

จากรูปที่แสดงจะเห็นว่า เถ้าลอยชานอ้อยมีขนาดหยาบกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ค่อนข้างมาก และมีส่วนขนาดคละที่เหมาะสม ทำให้ผสมได้คอนกรีตที่มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ ไม่เกิดการแยกตัวของคอนกรีต และตกแต่งผิวหน้าคอนกรีตได้ง่าย

ตารางที่ 4.2 ขนาดอนุภาคของเถ้าลอยชานอ้อยและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชนิดตัวอย่าง	$d_{10\%}$ (ไมโครเมตร)	$d_{50\%}$ (ไมโครเมตร)	$d_{90\%}$ (ไมโครเมตร)
เถ้าลอยชานอ้อย	9.037	29.528	74.265
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	2.941	18.238	52.476

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4 พื้นที่ผิวจำเพาะ

ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ มีหน่วยเป็นพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เป็นหนึ่งในวิธีมาตรฐานในการหาความละเอียด ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเถ้าลอยชานอ้อยเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซึ่งค่าพื้นที่ผิวจำเพาะนี้ หาโดยใช้เครื่องหาความซึมอากาศเบลน (Blaine Air Permeability) ตามมาตรฐาน ASTM C204-96

ตารางที่ 4.3 พื้นที่ผิวจำเพาะของเถ้าลอยชานอ้อย เถ้าลอยลิกไนต์และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชนิดตัวอย่าง	พื้นที่ผิวจำเพาะ (ซม.^{2}/กรัม)
เถ้าลอยชานอ้อย	4,121
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	3,380

การหาพื้นที่ผิวจำเพาะโดยใช้เครื่องหาความซึมอากาศเบลน (Blaine Air Permeability) จะวัดระยะเวลาที่อากาศจำนวนหนึ่ง ไหลผ่านชั้นเถ้าลอยที่ถูกอัดแน่น ซึ่งอนุภาคที่เป็นเหลี่ยมมุมไม่แน่นอนของเถ้าลอยชานอ้อยนั้น ทำให้ชั้นการอัดแน่นนั้นหลวม เป็นผลให้ความต้านทานอากาศที่ไหลผ่านชั้นการอัดแน่นนั้นของเถ้าลอยชานอ้อยมีค่าน้อย นอกจากนี้ ลักษณะอนุภาคที่มีรูพรุนอยู่มากของเถ้าลอยชานอ้อย ก็ยังทำให้อากาศไหลผ่านไปได้อย่างรวดเร็วด้วย ดังนั้นค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเถ้าลอยชานอ้อยจึงมีค่าสูง แม้ว่าจะมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ฉะนั้น ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะจึงอาจจะไม่สอดคล้องกับค่าความละเอียดของอนุภาคก็ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอนุภาคที่เป็นเหลี่ยมมุมไม่แน่นอนและมีรูพรุนมาก แต่ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะนี้ ก็เป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วในการหา และเป็นวิธีที่ดีพอสมควรที่จะบอกได้อย่างคร่าวๆ ถึงคุณภาพหรือลักษณะทางกายภาพของเถ้าลอยหรือวัสดุละเอียดอื่นๆ ลักษณะทางกายภาพของเถ้าลอยอาจจะบอกถึงแนวโน้มในการดูดซับ ส่วนที่จะใช้ในซีเมนต์รวมทั้งบอกลักษณะทางกายภาพของซีเมนต์เพสท์เมื่อผสมวัสดุนั้น เช่น ความต้องการน้ำ ความสามารถในการทำงานได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.5 ความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของวัสดุวิเคราะห์จากการคำนวณมวลต่อปริมาตร มวลได้จากการชั่งน้ำหนักและปริมาตรหาโดยการแทนที่น้ำ โดยค่าความถ่วงจำเพาะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ และความพรุนของอนุภาค จากผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.4 ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าลอยชานอ้อย และหินเกล็ด

ตารางที่ 4.4 ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าลอยชานอ้อย หินเกล็ด และทราย

ชนิดของวัสดุ	ความถ่วงจำเพาะ
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	3.12
เถ้าลอยชานอ้อย	1.65
หินเกล็ด	2.70
ทราย	2.65

จากตารางที่ 4.4 ค่าความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกันนั้น เนื่องมาจากส่วนประกอบทางเคมีในแต่ละวัสดุ ซึ่งส่วนประกอบทางเคมีแต่ละตัวนั้น จะมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน พวกที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ได้แก่ แคลเซียม (CaO) อลูมินา (Al_2O_3) และเหล็ก (Fe_2O_3) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่มากในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ส่วนพวกที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ คือ ซิลิกา (SiO_2) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในเถ้าลอยชานอ้อย ทำให้เถ้าลอยชานอ้อยนี้มีความถ่วงจำเพาะที่ต่ำ นอกจากนี้ความถ่วงจำเพาะยังขึ้นอยู่กับความพรุนของอนุภาค ซึ่งหากอนุภาคมีความพรุนสูง ค่าความถ่วงจำเพาะจะต่ำ ความถ่วงจำเพาะที่หาได้จะนำไปใช้ในการคำนวณหาสัดส่วนการผสมเป็นปริมาตรเนื้อแท้ หรือเปลี่ยนปริมาตรเนื้อแท้ไปเป็นน้ำหนักเพื่อหาปริมาณวัสดุสำหรับการผสมนั้น

4.1.6 ความดูดซึมน้ำของวัสดุ

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของวัสดุต่างๆเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญมากเพื่อใช้ในการควบคุมปริมาณน้ำของส่วนผสม เพื่อให้น้ำที่เติมลงไปเป็นน้ำสำหรับส่วนผสมคอนกรีตที่มีหน้าที่ทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ช่วยให้คอนกรีตสดทำงานได้ และเคลือบผิววัสดุผสมให้ซีเมนต์เพสต์เข้าจับยึด การหาใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM C128-93 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์สำหรับวัสดุผสมละเอียด ยกเว้นหินเกล็ดที่ใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM C127-88 ดังตารางที่ 4.5 เมื่อได้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของวัสดุผสมชนิดต่างๆ จะทำการทดแทนน้ำจากการดูดซึมน้ำของวัสดุผสมชนิดต่างๆเหล่านี้ เพื่อไม่ให้แย่งน้ำสำหรับการทำปฏิกิริยากับซีเมนต์

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของเถ้าลอยชานอ้อย หินเกล็ดและทราย

ชนิดของวัสดุ	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
เถ้าลอยชานอ้อย	65.00
หินเกล็ด	1.06
ทราย	2.35

4.2 ขั้นตอนการเตรียมเถ้าลอยชานอ้อย

เถ้าลอยชานอ้อยที่เราจะใช้ในการดูดซับตะกั่วและโครเมียม จะนำไปผ่านตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 100 และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสก่อนนำมาทำการดูดซับโลหะหนักโดยกำหนด ปริมาณเถ้าลอยชานอ้อย เวลา pH ความเข้มข้นเริ่มต้นตามการทดลองของ ภาณุพงษ์ สถิตวัฒนาพร (2546) และ ธีระชัย วัฒนสกุลเอก (2546) ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.6 การควบคุมสภาวะการดูดซับของตะกั่วและโครเมียม

โลหะหนัก	ปริมาณเถ้าลอย (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)	pH	เวลา (นาที)
ตะกั่ว	10	20	6	30
โครเมียม	20	25	1	30

โดยกลไกการดูดติดผิวของตะกั่วและโครเมียม เกิดจากการเกิดพันธะทางเคมีระหว่างไอออนของตะกั่วและโครเมียมกับซิลิก้าที่มีอยู่ในเถ้าลอยชานอ้อย ซึ่งไอโซเทอมโดยใช้เถ้าลอยชานอ้อยในการดูดซับตะกั่วมีความสัมพันธ์แบบฟรุนดลิช ส่วนโครเมียมมีความสัมพันธ์ในแบบแลงมัวร์

4.3 ขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนังโดยใช้เถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับตะกั่วและโครเมียม

หลังจากผ่านขั้นตอนการดูดซับแล้ว จะทำให้มีของเสียเกิดขึ้นทำให้ต้องกำจัดของเสียที่เกิดจากขั้นตอนการดูดซับ ของเสียนั้นก็คือ เถ้าลอยชานอ้อยที่นำไปดูดซับตะกั่วและโครเมียม โดยจะนำเถ้าลอยชานอ้อยไปแทนที่ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนัง เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ในการลดต้นทุนการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนัง

4.3.1 ผลการทดลองศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุผสมในการผลิตคอนกรีตบล็อก

ผลการทดลองที่ได้ศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุผสม ในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนัง ได้แก่ สัดส่วนระหว่างซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกล็ด ซึ่งจะให้ได้เคียงเคียงกับที่ใช้จริงในเชิงอุตสาหกรรม โดยแปรค่าสัดส่วนเป็น 1:1:2 1:1.1:1.9 1:1.5:2.5 1:2:3 และ 1:3:5 โดยคงอัตราส่วนระหว่างวัสดุผสมละเอียดต่อวัสดุผสมหยาบให้อยู่ในช่วง 0.55-0.7 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 และระยะเวลาบ่ม 7 วัน จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.6 และ กราฟแสดงดังรูปที่ 4.5 พบว่าค่าสัดส่วนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกล็ดที่ 1:1:2 มีค่ากำลังรับแรงอัดคือ 352 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าสัดส่วนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกล็ดที่ 1:1.1:1.9 มีค่ากำลังรับแรงอัดคือ 400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าสัดส่วนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกล็ดที่ 1:1.5:2.5 มีค่ากำลังรับแรงอัดคือ 296 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าสัดส่วนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกล็ดที่ 1:2:3 มีค่ากำลังรับแรงอัดคือ 142 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าสัดส่วนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกล็ดที่ 1:3:5 มีค่ากำลังรับแรงอัดคือ 27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะได้ว่าสัดส่วน 1:1.1:1.9 มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่ระยะเวลาบ่ม 7 วันแต่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม (407 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) และสามารถเทลงแบบหล่อได้ จึงเลือกค่าสัดส่วนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกล็ดที่ 1:1.1:1.9 เป็นค่าที่เหมาะสมในการนำไปทำคอนกรีตในการทดลองต่อไป

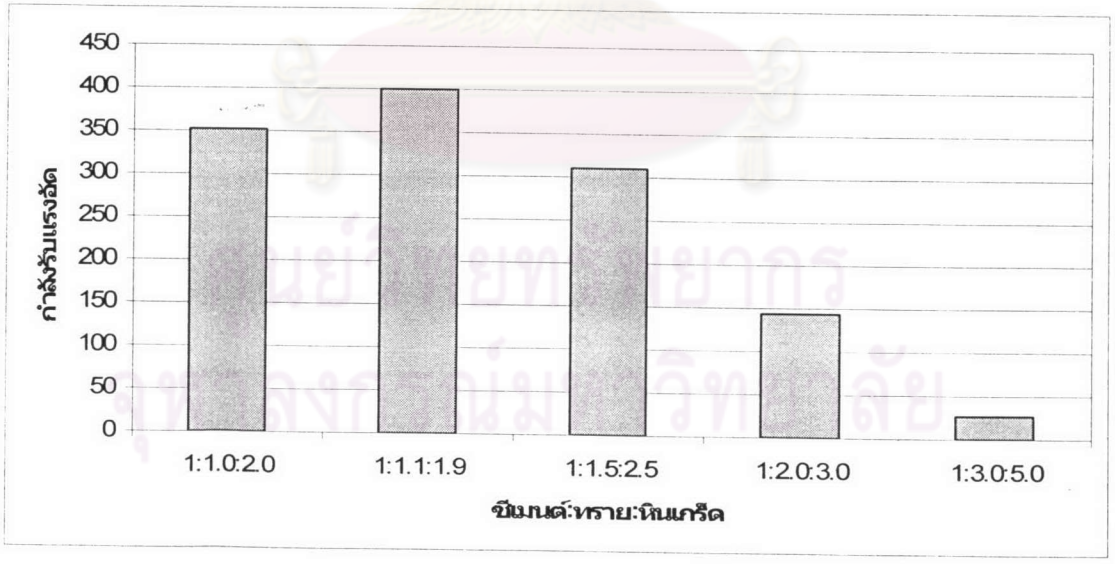
ผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อสัดส่วนของทรายต่อหินเกล็ดเพิ่มขึ้นค่ากำลังรับแรงอัดจะมีค่าลดลง จะสังเกตเห็นได้ว่าสัดส่วนของทรายต่อหินเกล็ดที่มากจะมีลักษณะค่อนข้างแห้งจนยากต่อการเทลงแบบหล่อ ทำให้คอนกรีตในสัดส่วนผสมที่มากมีค่ากำลังรับแรงอัดต่ำและมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก (407 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ที่กำหนดมาตรฐานโดยกระทรวงอุตสาหกรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 คอนกรีตและระยะเวลาบ่ม 7 วัน ที่ค่าสัดส่วนผสมต่างๆ

ซีเมนต์:ทราย:หินเกล็ด	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ซม.^{2})			
		ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1:1:2	7	364	341	352	352
1:1.1:1.9	7	390	396	415	400
1:1.5:2.5	7	310	312	265*	311
1:2:3	7	144	142	141	142
1:3:5	7	28	25	29	27

หมายเหตุ : * คือ ค่าเบี่ยงเบนเกินกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย



รูปที่ 4.5 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างลูกบาศก์คอนกรีตที่ระยะเวลาบ่ม 7 วันที่แปรค่าสัดส่วนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกล็ด

4.3.2 ศึกษาหาอัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อยที่ถูกใช้ในการดูดซับโลหะหนักต่อซีเมนต์ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และการแปรค่าระยะเวลาบ่มที่เหมาะสม

จากการศึกษาสภาวะอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ของวัสดุผสมในการทดลองขั้นต้นแล้วจะได้สัดส่วนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกล็ดที่เหมาะสมคือ 1:1.1:1.9 มาใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งจะแปรค่า 3 ค่า ได้แก่ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อย และระยะเวลาบ่ม แล้วนำมาหล่อลงในแบบหล่อขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

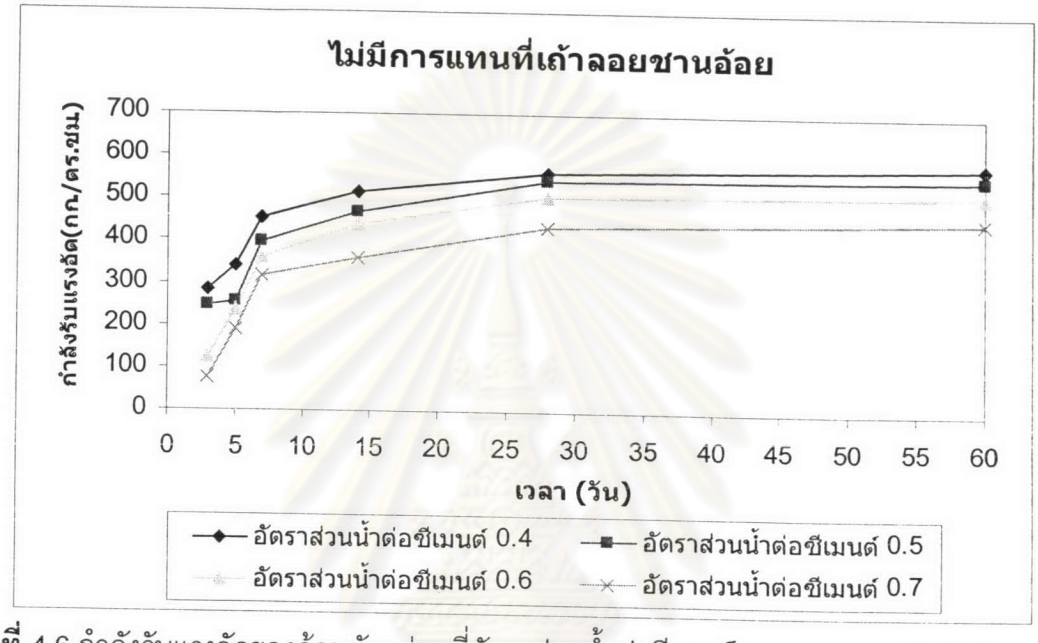
ผลการทดลองหาอัตราส่วนของเถ้าลอยชานอ้อย ที่ถูกใช้ในการดูดซับตะกั่ว โครเมียม และตัวควบคุม(ไม่มีโลหะหนัก) ต่อซีเมนต์ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และการแปรค่าระยะเวลาบ่มที่เหมาะสม จะได้ผลดังแสดงกราฟรูปที่ 4.6-4.15 และแสดงผลการทดสอบในภาคผนวก ก ข และ ค

ตัวควบคุม

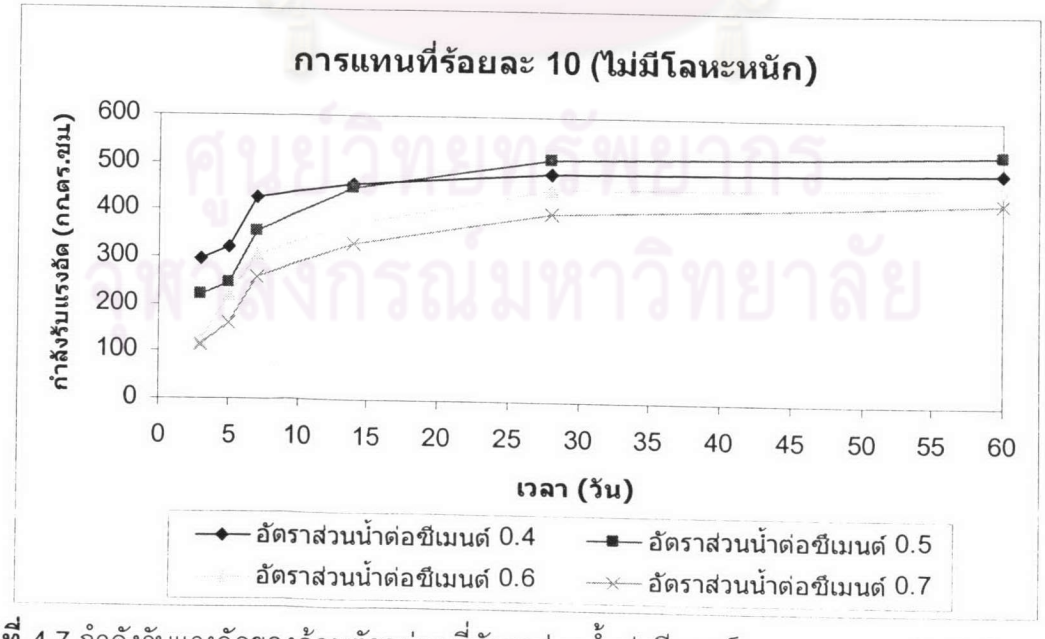
ในการทดลองนี้ได้กำหนดตัวควบคุมคือ คอนกรีตที่แทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่มีการดูดซับโลหะหนัก

จากผลการทดลองดังแสดงกราฟรูปที่ 4.6 ที่ไม่มีการแทนที่อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยที่ถูกใช้ในการดูดซับโลหะหนักต่อซีเมนต์ แปรค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ค่า 0.4, 0.5 0.6 และ 0.7 และ แปรค่าระยะเวลาบ่มที่ 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน พบว่าเมื่อไม่มีการแทนที่ซีเมนต์ที่ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.4 ค่ากำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มีค่าเท่ากับ 283, 342, 452, 515, 564 และ 580 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ ค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม (407 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 7 วัน ที่ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.5 ค่ากำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มีค่าเท่ากับ 244, 256, 399, 470, 543 และ 554 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ ค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม (407 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 14 วัน ที่ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.6 ค่ากำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มีค่าเท่ากับ 122, 235, 360, 441, 508 และ 517 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ ค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม (407 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 14 วัน ที่ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.7 ค่ากำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มีค่าเท่ากับ 74, 188, 316, 360, 436 และ 455 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน

ตามลำดับ ค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม (407 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 28 วัน และพบว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีค่าต่ำให้กำลังรับแรงอัดสูงกว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีค่าสูง ตามคำกล่าวของ (ประณต กุลประสูตร, 2541) ได้กล่าวไว้ว่า กำลังรับแรงอัดเป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

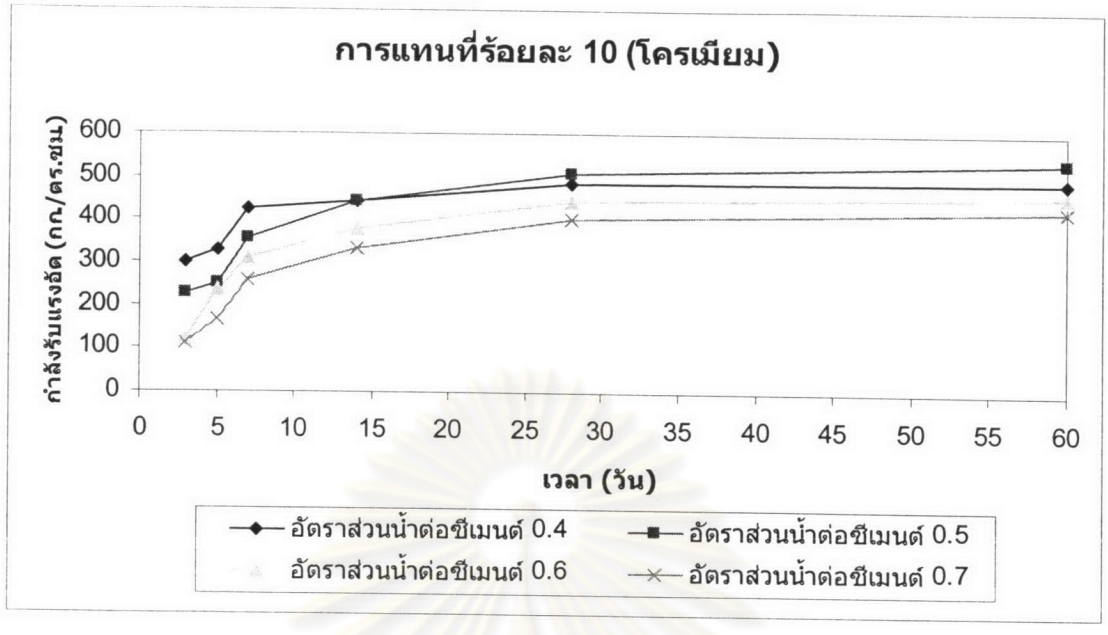


รูปที่ 4.6 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และระยะเวลาบ่มค่าต่างๆ ไม่มีการแทนที่เถ้าลอยชานอ้อย

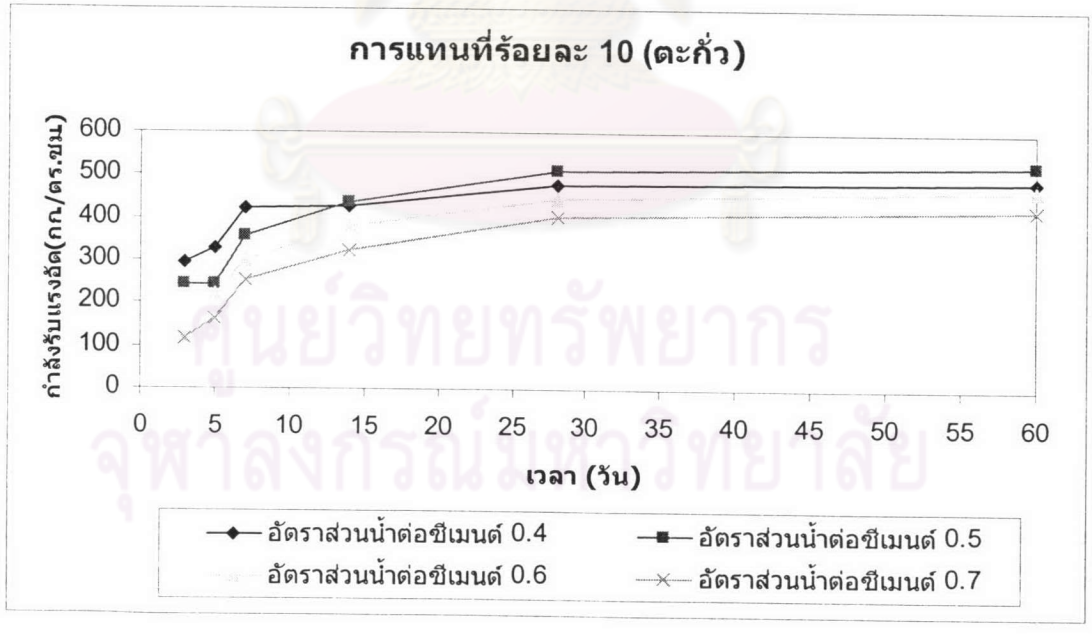


รูปที่ 4.7 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และระยะเวลาบ่มค่าต่างๆ ใส่เถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่มีการดูดซับโลหะหนักร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

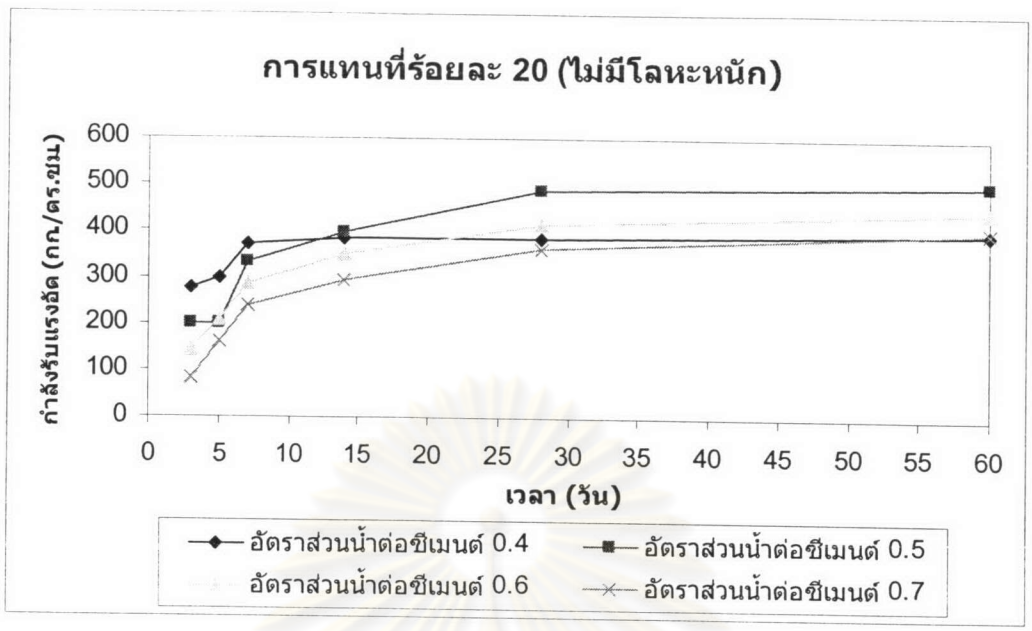


รูปที่ 4.8 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และระยะเวลาบ่มค่าต่างๆ ใส่เถ้าลอยชานอ้อยที่มีการดูดซับโครเมียมร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

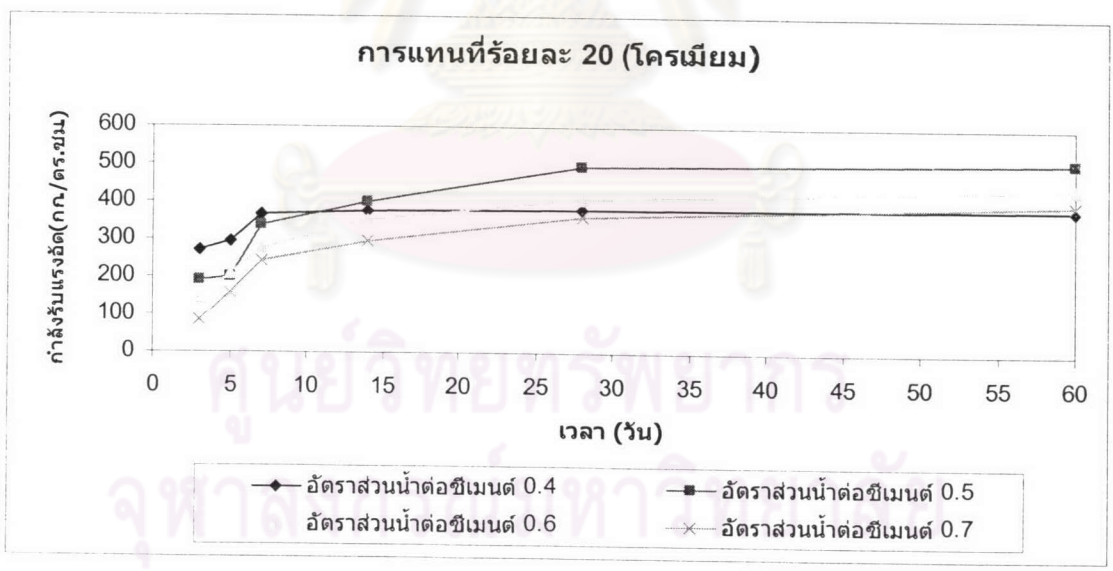


รูปที่ 4.9 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และระยะเวลาบ่มค่าต่างๆ ใส่เถ้าลอยชานอ้อยที่มีการดูดซับตะกั่วร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

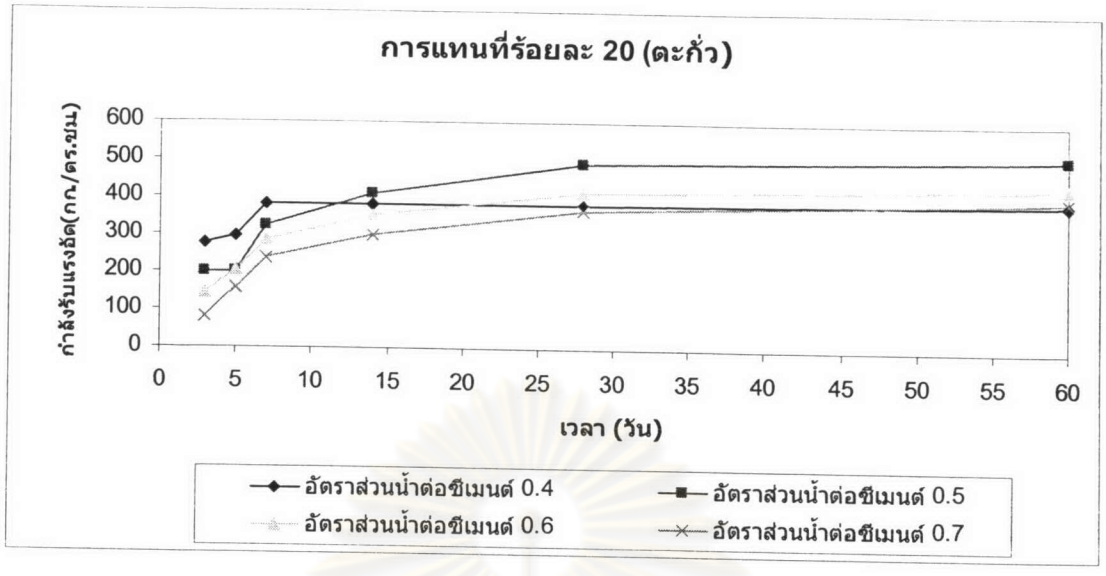
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



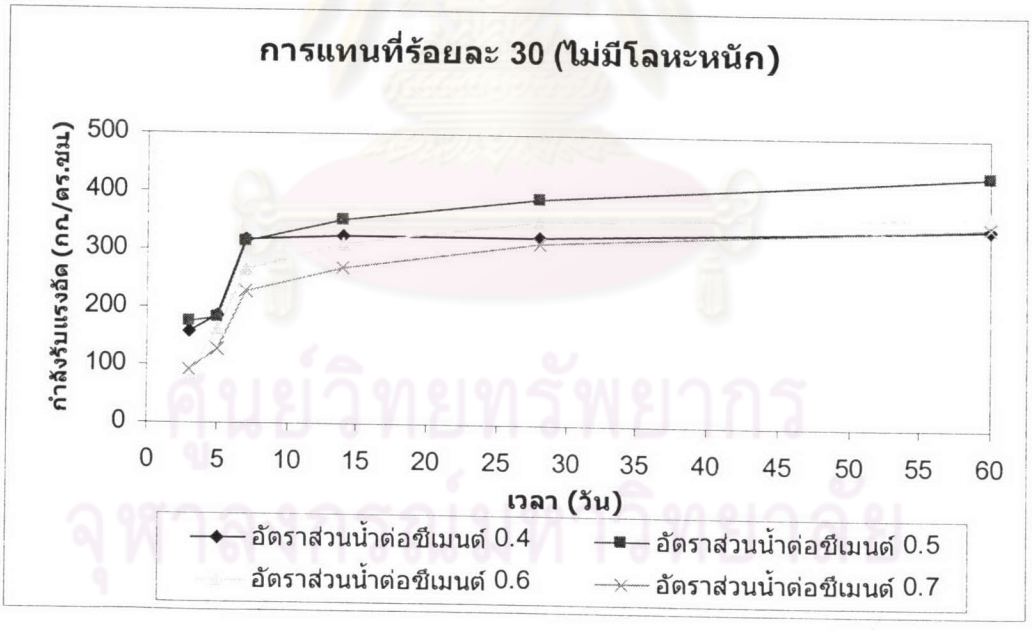
รูปที่ 4.10 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และระยะเวลาบ่มค่าต่างๆ ใส่เถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่มีการดูดซับโลหะหนักร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก



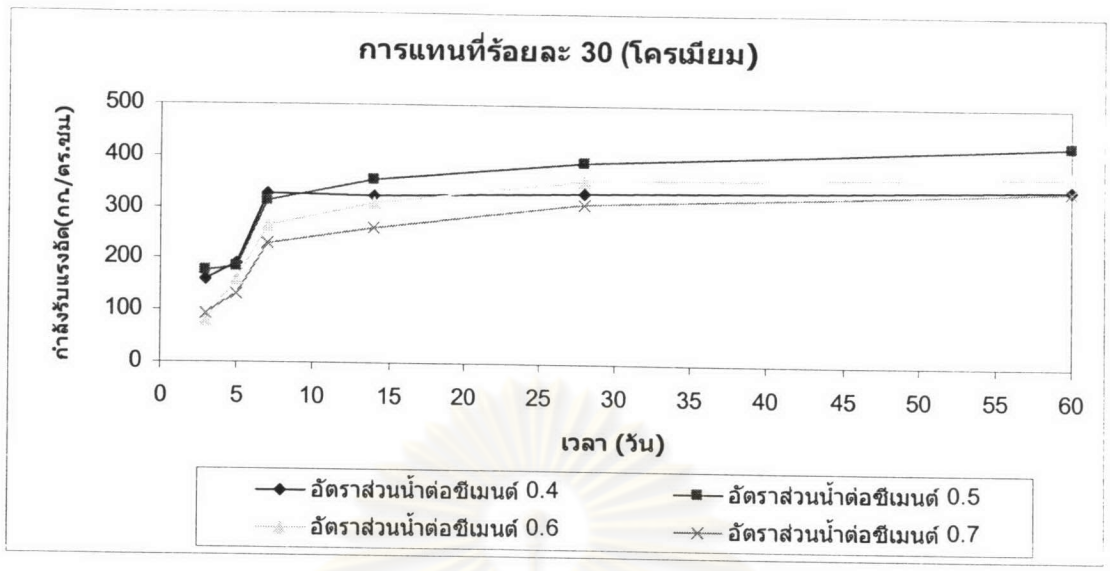
รูปที่ 4.11 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และระยะเวลาบ่มค่าต่างๆ ใส่เถ้าลอยชานอ้อยที่มีการดูดโครเมียมร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก



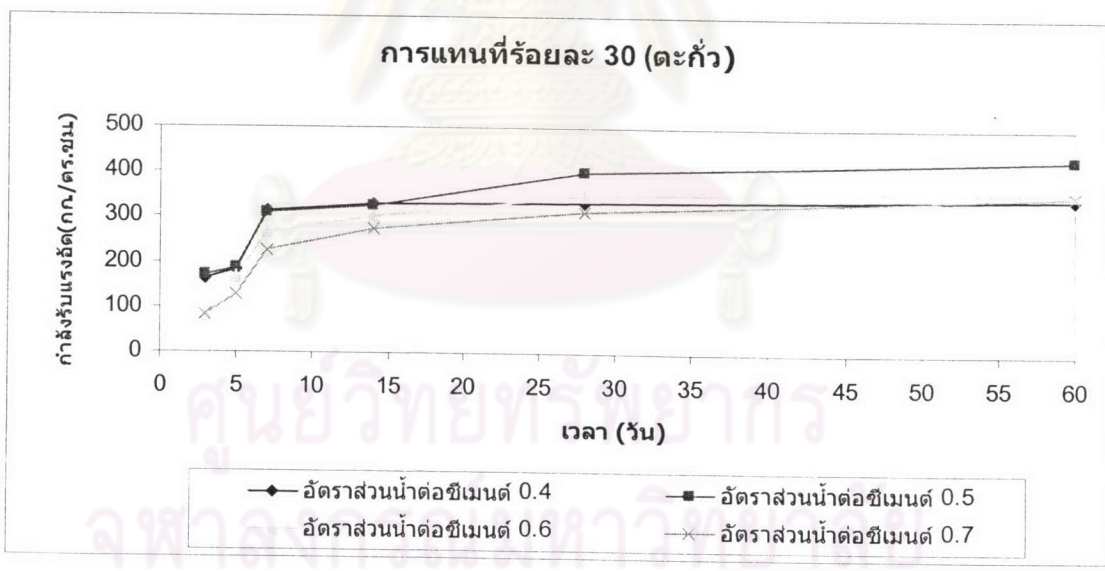
รูปที่ 4.12 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และระยะเวลาบ่มค่าต่างๆ ใส่เถ้าลอยชานอ้อยที่มีการดูดตะกั่วร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.13 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และระยะเวลาบ่มค่าต่างๆ ใส่เถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่มีการดูดซับโลหะหนักร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.14 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และระยะเวลาบ่มค่าต่างๆ ใส่เถ้าลอยชานอ้อยที่มีการดูดซับโครเมียมร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.15 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และระยะเวลาบ่มค่าต่างๆ ใส่เถ้าลอยชานอ้อยที่มีการดูดซับตะกั่วร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราการแทนที่ร้อยละ 10

จากผลการทดลองดังแสดงกราฟรูปที่ 4.7 – 4.9 ที่อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ถูกดูดซับโลหะหนัก ที่ดูดซับโครเมียม และที่ดูดซับตะกั่วต่อซีเมนต์ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก แปรค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ค่า 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 และ แปรค่าระยะเวลาบ่มที่ 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน พบว่าเมื่อมีการแทนที่ของเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ดูดซับโลหะหนัก ที่ดูดซับโครเมียม และที่ดูดซับตะกั่วต่อซีเมนต์ที่ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 กำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยที่เถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ดูดซับโลหะหนักมีค่าเท่ากับ 294, 320, 426, 455, 481 และ 489 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ และเถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับโครเมียมและตะกั่ว มีค่าเท่ากับ 299, 325, 424, 444, 486 และ 490 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 297, 330, 421, 426, 477 และ 486 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ กำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 7 วันทั้ง 3ชุด แต่ทว่าสัดส่วนผสมลักษณะค่อนข้างที่จะแห้งแต่ไม่มาก สามารถก่อตัวได้เนื่องมีน้ำที่เพียงพอต่อการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 ค่ากำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ถูกดูดซับโลหะหนัก ที่ดูดซับโครเมียม และที่ดูดซับตะกั่ว มีค่าเท่ากับ 221, 245, 365, 445, 512 และ 530 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 225, 248, 355, 441, 508 และ 555 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 244, 245, 357, 437, 510 และ 525 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ กำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 14 วัน แต่เมื่อเปรียบอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 กับ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 ที่ระยะเวลาบ่ม 28 วัน กำลังรับแรงอัดของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 มีค่าสูงกว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 ซึ่งอาจเป็นได้ว่า อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 ในการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นไม่เพียงพอจึงทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดไม่สูงขึ้นมาก

ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 ค่ากำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ถูกดูดซับโลหะหนัก ที่ดูดซับโครเมียม และที่ดูดซับตะกั่ว มีค่าเท่ากับ 121, 220, 305, 373, 449 และ 462 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 143, 209, 278, 351, 410 และ 444 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 142, 203, 284, 350, 414 และ 435 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ กำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 28 วัน

ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7 กำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ถูกดูดซับโลหะหนัก ที่ดูดซับโครเมียม และที่ดูดซับตะกั่ว มีค่าเท่ากับ 114, 161, 256, 330, 398 และ 425 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 110, 164, 260.7, 331, 399 และ 426 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 115, 163, 252, 325, 404 และ 421 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ กำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 60 วัน จากการทดลองอาจสรุปได้ว่า การแทนที่ของเถ้าลอยชานอ้อยที่ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดตามเถ้าลอยชานอ้อยแต่ละชนิดพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้สรุปได้ว่าเถ้าลอยชานอ้อยได้ทำการดูดซับโครเมียมและตะกั่วเอาไว้ โครเมียมและตะกั่วจึงไม่สามารถรบกวนการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นได้ และเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ทั้ง 4 ค่า อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 เพราะเมื่อดูลักษณะสัดส่วนผสมไม่แห้งจนเกินไปสามารถนำไปเทลงแบบหล่อได้ กำลังรับแรงอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 14 วัน ส่วนอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 และ 0.7 จะมีปริมาณน้ำมากเกินไปทำให้กำลังรับแรงอัดต่ำ และผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ระยะเวลาบ่มที่นานกว่า

อัตราการแทนที่ร้อยละ 20

จากผลการทดลองดังแสดงกราฟรูปที่ 4.10 – 4.12 ที่อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ถูกดูดซับโลหะหนัก ที่ดูดซับโครเมียม และที่ดูดซับตะกั่ว ต่อซีเมนต์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก แปรค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ค่า 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 และ แปรค่าระยะเวลาบ่มที่ 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน พบว่า อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 มีกำลังรับแรงอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ที่เถ้าลอยชานอ้อยแต่ละแบบ และระยะเวลาบ่มใดๆ เนื่องจากปริมาณเถ้าลอยชานอ้อยที่ใส่ลงไปทำการรบกวนการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น และตัวอย่างที่ผสมได้นั้นจะมีลักษณะ ร่วน แห้ง เกาะตัวกันไม่ดี ทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าต่ำ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 ค่ากำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ถูกดูดซับโลหะหนัก ที่ดูดซับโครเมียม และที่ดูดซับตะกั่ว มีค่าเท่ากับ 196, 197, 334, 398, 489 และ 500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 191, 201, 337, 401, 493 และ 508 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 201, 198, 325, 408, 448 และ 510 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ กำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 28 วัน อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 ค่ากำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มีค่าเท่ากับ 141, 208, 283, 350,

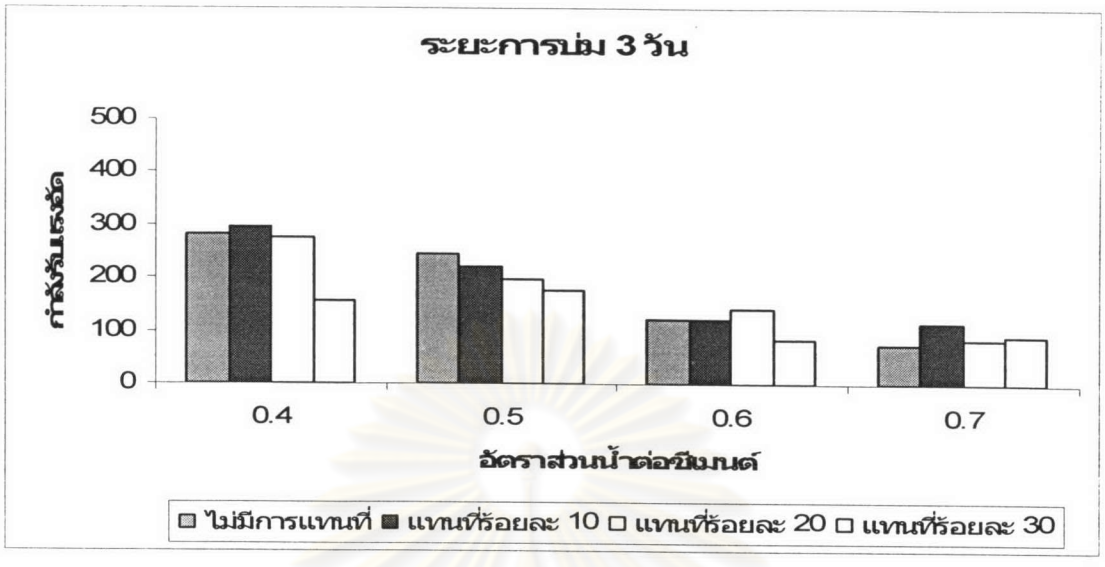
415 และ 443 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 143, 209, 278, 351, 410 และ 444 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 142, 203, 284, 350, 414 และ 435 ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ กำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 28 วัน อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7 ค่ากำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ถูกดูดซับโลหะหนัก ที่ดูดซับโครเมียม และที่ดูดซับตะกั่ว มีค่าเท่ากับ 84, 160, 239, 294, 360 และ 402 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 83, 155, 242, 294, 362 และ 400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 82, 157, 236, 299, 366 และ 398 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่เถ้าลอยชานอ้อยแต่ละแบบ และระยะเวลาบ่มใดๆ กำลังรับแรงอัดมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม เนื่องจากปริมาณเถ้าลอยชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มีปริมาณมากจนเกินไป ทำให้สัดส่วนไปตกตะกอนอยู่ข้างล่างก้อนลูกบาศก์ สัดส่วนผสมมีการกระจายตัวกันไม่ทั่วทั้งก้อนลูกบาศก์ ทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าค่อนข้างต่ำ จากการทดลองสรุปได้ว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มากเกินไปหรือน้อยเกินไปจะทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าค่อนข้างต่ำ และการแทนที่ของเถ้าลอยชานอ้อยที่ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ทั้ง 4 ค่า อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 เพราะว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 และ 0.7 ค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ส่วนอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 มีกำลังรับแรงอัดน้อยกว่าค่าที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5

อัตราการแทนที่ร้อยละ 30

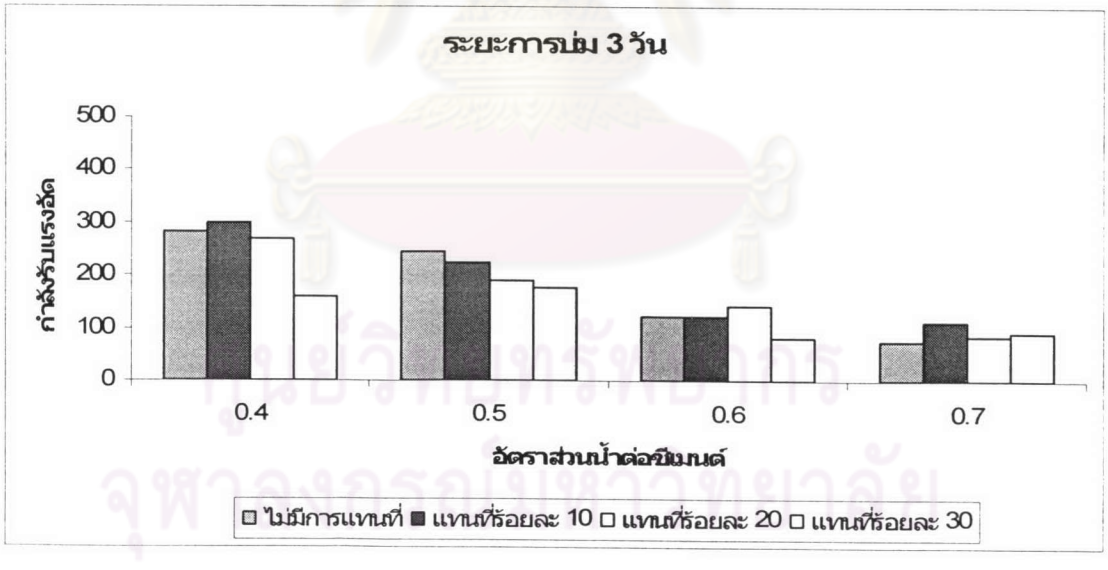
จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.13 – 4.15 ที่อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อยทั้งสามชนิด ต่อซีเมนต์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก แปรค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ค่า 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 และ แปรค่าระยะเวลาบ่มที่ 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน พบว่า อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.6 และ 0.7 ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ส่วนอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 ค่ากำลังรับแรงอัดมีอัตราการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มีค่าเท่ากับ 175, 182, 314, 353, 390 และ 434 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 175, 183, 312, 355, 387 และ 428 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 171, 185, 311, 326, 399 และ 433.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 5, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ ค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาบ่มอย่างน้อย 60 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานมาก ในทางการผลิตจริงหากระยะในการผลิตสินค้าใช้เวลานานเกินไป สินค้าจะผลิตได้น้อย ทำให้สินค้ามีต้นทุนที่สูงขึ้นกว่าสินค้าที่ใช้ระยะเวลาในการผลิตที่สั้นกว่า ที่

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 และ 0.7 สัดส่วนผสมที่ผสมได้มีลักษณะ เป็นน้ำเหลวมาก ถึงแม้จะมีน้ำมากพอให้การทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นก็ตาม แต่ปริมาณน้ำที่มากจนเกินไปก็ทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลงได้ จากการทดลองสรุปได้ว่า อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยที่ถูกใช้ในการดูดซับโลหะหนักต่อซีเมนต์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ไม่มีสัดส่วนของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ใช้ได้เลย เนื่องจากปริมาณเถ้าลอยชานอ้อยมีมากเกินไปทำให้มีปริมาณซีเมนต์ที่ทำปฏิกิริยามีไม่พอ

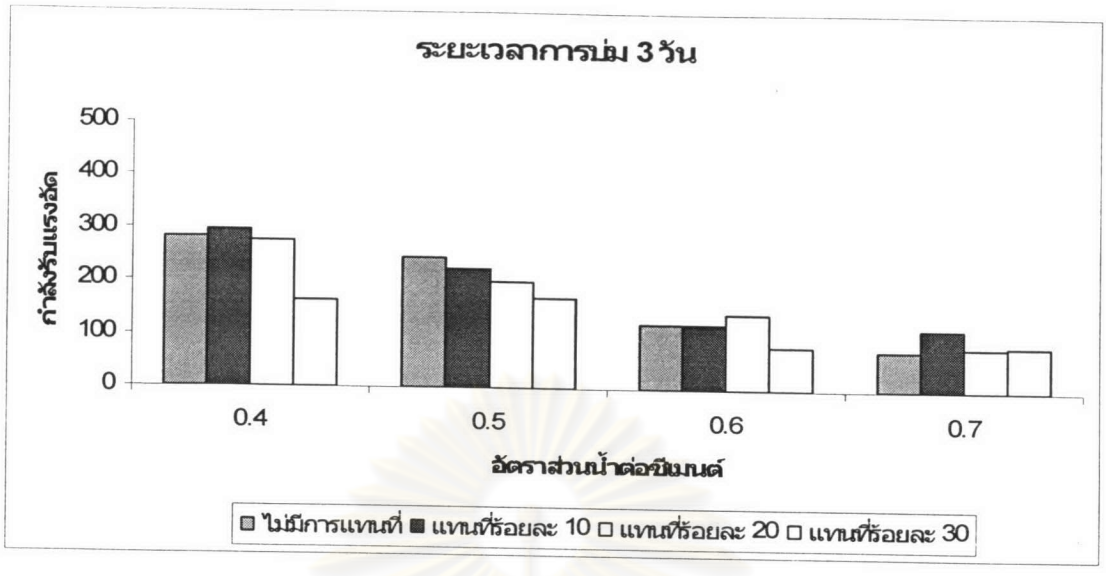
แต่เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ในช่วงระยะเวลาการบ่มที่เท่ากัน โดยแปรอัตราการแทนที่ พบว่าที่ระยะเวลาการบ่ม 3 วัน ช่วงอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4, 0.7 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่แทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยชานอ้อยร้อยละ 10 มีค่าสูงกว่าตัวควบคุม ช่วงอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่แทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยชานอ้อยร้อยละ 20 มีค่าสูงกว่าตัวควบคุม ซึ่งจากทฤษฎี Packing effect (Jatuphon, 2004) ทำให้สามารถอธิบายได้ว่า เถ้าลอยชานอ้อยมีขนาดที่เล็กและละเอียดกว่าหินและทราย ทำให้สามารถเข้าไปแทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างหินและทราย ทำให้ช่องว่างลดลงคอนกรีตจึงสามารถรับกำลังแรงอัดได้มากขึ้น โดยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.4 เนื้อคอนกรีตมีลักษณะแห้ง น้ำน้อยทำให้หินและทรายผสมตัวกันได้ยาก เกิดช่องว่างได้มาก เถ้าลอยชานอ้อยจึงเข้าไปแทรกตัวอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ทำให้ช่องว่างลดลง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 มีปริมาณน้ำพอดีที่ทำให้หินและทรายมีการผสมตัวกันเกิดช่องว่างน้อยทำให้การแทรกตัวในช่องว่างของเถ้าลอยชานอ้อยไม่แสดงผลออกมาอย่างชัดเจน ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 และ 0.7 ปริมาณน้ำมีมากเกินไป ทำให้เนื้อคอนกรีตมีลักษณะเหลว ดังนั้นเวลาเทลงแบบทำให้เกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำกับเนื้อคอนกรีต เมื่อมีการใส่เถ้าลอยชานอ้อยทำให้เถ้าลอยชานอ้อยไปแทรกตัวอยู่ระหว่างหินและทรายเกิดเป็นการพยุงเนื้อคอนกรีตไม่ให้เกิดการแยกชั้น และเป็นการลดช่องว่างที่เกิดจากการระเหยของน้ำ ทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีค่าสูงขึ้น จากรูปที่ 4.16 – 4.18 พบว่าเถ้าลอยชานอ้อยทั้งที่ดูดซับตะกั่ว โครเมียมและไม่ดูดซับโลหะหนัก ได้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกัน เนื่องจากลักษณะรูปร่างของเถ้าลอยชานอ้อยที่นำมาทดลองมีลักษณะใกล้เคียงกัน เพราะก่อนการทดลองต้องนำเถ้าลอยชานอ้อยผ่านตะแกรงคัดขนาด และการดูดซับโลหะหนักไม่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ระยะเวลาการบ่มที่ 5 และ 7 วัน พบว่ากำลังรับแรงอัดจะลดลงเมื่อทำการแทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยชานอ้อยมากขึ้น และไม่สามารถแทนที่ได้มากกว่าร้อยละ 30 เพราะการแทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยชานอ้อยมากกว่าร้อยละ 30 ทำให้ปริมาณซีเมนต์มีไม่เพียงพอกับการทำปฏิกิริยา เนื้อคอนกรีตจึงไม่เกิดการจับตัวกับหินและทราย ไม่สามารถก่อตัวเป็นก้อนได้ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มค่าลดลง



รูปที่ 4.16 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และอัตราการแทนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ดูดซับโลหะหนักร้อยละต่างๆ ที่ระยะการบ่ม 3 วัน



รูปที่ 4.17 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และอัตราการแทนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับโครเมียมร้อยละต่างๆ ที่ระยะการบ่ม 3 วัน



รูปที่ 4.18 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และอัตราการแทนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับตะกั่วร้อยละต่างๆ ที่ระยะการบ่ม 3 วัน

จากผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดพบว่า อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ถูกดูดซับโลหะหนัก ที่ดูดซับโครเมียม และที่ดูดซับตะกั่ว ต่อซีเมนต์ร้อยละในค่าต่างๆ โดยน้ำหนัก ปริมาณเถ้าลอยชานอ้อยแทนที่ซีเมนต์จะแปรผกผันกับค่ากำลังรับแรงอัด เนื่องจากเถ้าลอยชานอ้อยมีส่วนประกอบของแมกนีเซียมออกไซด์อยู่เป็นจำนวนมากทำให้เมื่อนำไปผสมกับซีเมนต์แล้วได้คอนกรีตที่ได้ไม่คงตัว ทั้งซิลิกาออกไซด์ของเถ้าลอยชานอ้อยยังมีลักษณะโครงร่างเป็นผลึกที่ไม่ทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ (กฤษณ์ จารุทะวัย, 2545) และยังมีส่วนประกอบที่ยังเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ซึ่งส่วนประกอบนี้ก็ไม่ทำปฏิกิริยากับซีเมนต์เช่นเดียวกัน จากการทดลองเถ้าลอยชานอ้อยแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 10 มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าเถ้าลอยชานอ้อยแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 20 และ 30 เมื่อใช้เถ้าลอยชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มากขึ้น เพราะเถ้าลอยชานอ้อยไปรบกวนการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น แต่การดูดซับโครเมียมและตะกั่วของเถ้าลอยชานอ้อย ไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงอัด เนื่องจากไม่มีการหลุดของตะกั่วและโครเมียมมาขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น เพราะค่ากำลังรับแรงอัดของเถ้าลอยชานอ้อยที่ไม่ได้ถูกดูดซับโลหะหนัก ที่ดูดซับโครเมียม และที่ดูดซับตะกั่ว มีค่าใกล้เคียงกันมาก

ลักษณะของส่วนผสมที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.4 มีลักษณะร่วน แห้ง เกาะตัวกันไม่ดี ผิวหน้าไม่เรียบ ส่วนอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.6 และ 0.7 มีปริมาณน้ำที่มากส่วนผสมมีลักษณะเหลวค่อนข้างมาก ทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.5 และมีค่ากำลังรับแรงอัดที่สูง ลักษณะผิวของก้อนตัวอย่างเรียบไม่ค่อยมีรูพรุน เถ้าลอยชานอ้อยที่ใช้แทนที่ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีปริมาณ ซิลิกา (SiO_2)ร้อยละ 51.96 ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างสูง แต่อยู่ใน

รูปของผลึก (Quartz) (กฤษณ์ จารุทะวัย, 2545) จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานน้อยได้ สังเกตจากระยะเวลาบ่มที่ค่าต่างๆ ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับตัวควบคุม

4.3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด,ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์, ค่าอัตราการแทนค่าเถ้าลอยซานอ้อยที่ดูดซับด้วยโลหะหนักต่อซีเมนต์

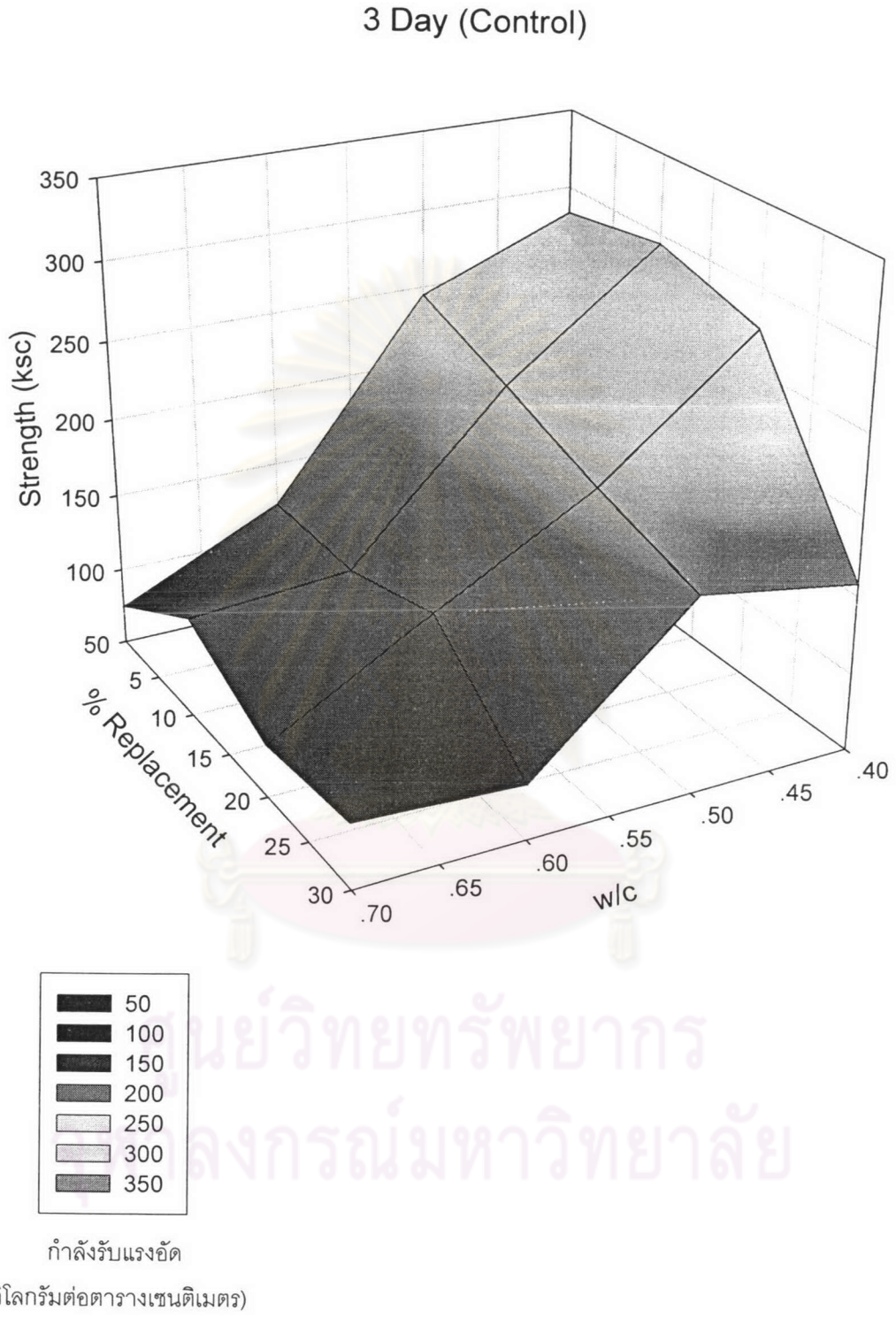
นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาอัตราส่วนของเถ้าลอยซานอ้อย ที่ใช้ในการดูดซับโลหะหนักต่อซีเมนต์ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และการแปรค่าระยะเวลาบ่มที่ ไปวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม SigmaPlot โดยนำกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และอัตราการแทนค่าเถ้าลอยซานอ้อยที่ดูดซับด้วยโลหะหนัก มาวาดเป็นกราฟในระบบ 3 มิติ เพื่อหาออกมาในรูปของสมการ

ผลการการวิเคราะห์ผลความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการแทนที่เถ้าลอยซานอ้อยที่ดูดซับด้วยโลหะหนักต่อซีเมนต์ โดยการวิเคราะห์ผลความสัมพันธ์หนึ่งกราฟ จะใช้ข้อมูลจำนวน 48 ข้อมูล ดังได้ผลดังแสดงตารางที่ 4.8-4.9 และแสดงรูปกราฟที่ 4.19-4.27

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการในแต่ละชนิดของเถ้าลอยซานอ้อยและระยะเวลาการบ่มต่างกัน

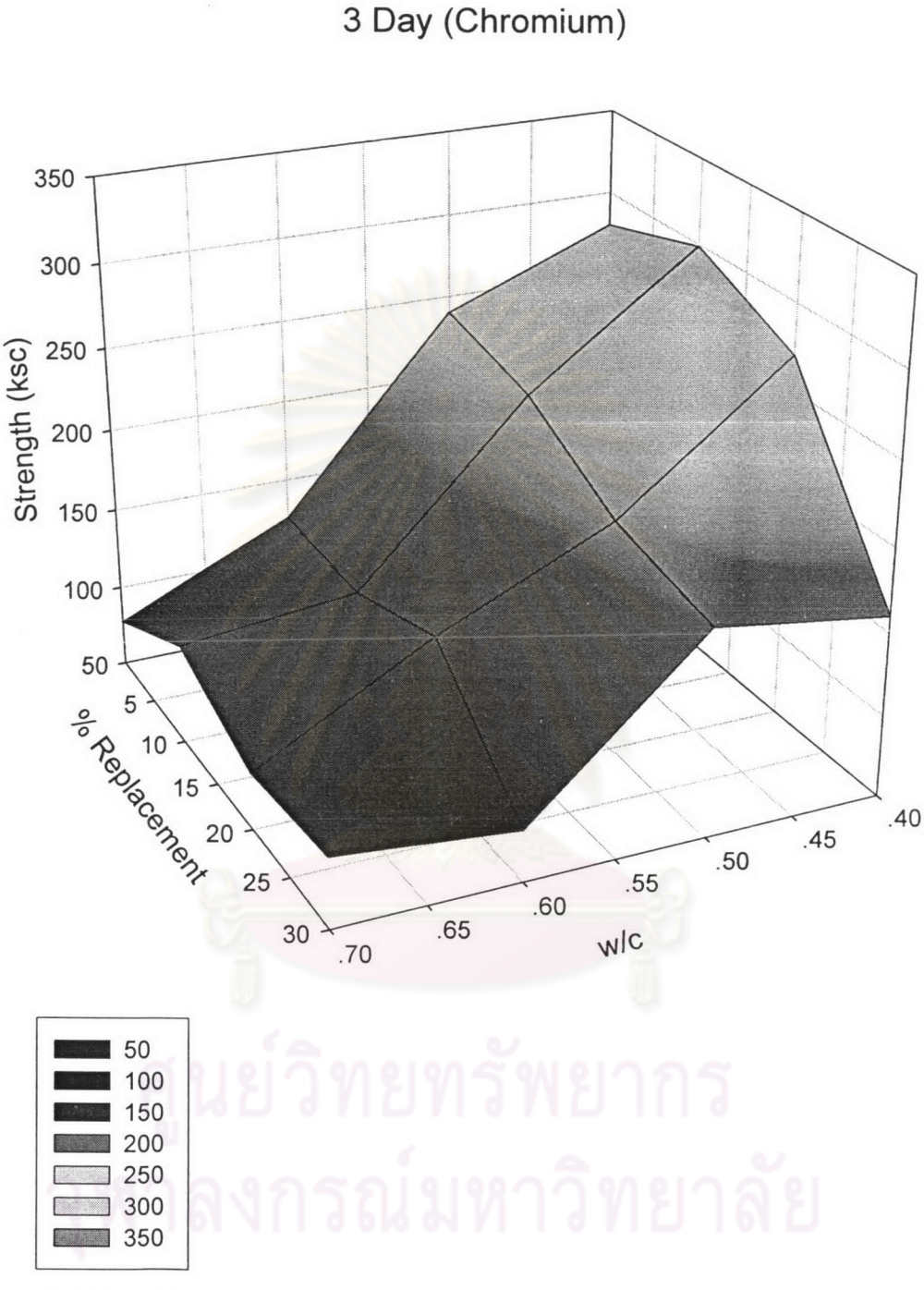
สมการ	สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ			
	Plane*	Paraboloid*	Gaussian*	Lorentzian*
3 – ตัวควบคุม	0.836	0.873	0.924	0.908
3 – โครเมียม	0.841	0.878	0.930	0.916
3 – ตะกั่ว	0.848	0.888	0.936	0.922
5 – ตัวควบคุม	0.865	0.870	0.920	0.892
5 – โครเมียม	0.863	0.869	0.920	0.893
5 – ตะกั่ว	0.844	0.851	0.905	0.874
7 – ตัวควบคุม	0.961	0.967	0.971	0.962
7 – โครเมียม	0.966	0.972	0.977	0.971
7 – ตะกั่ว	0.955	0.962	0.966	0.955

หมายเหตุ : * กราฟทั้งสี่แบบเป็นกราฟในระบบ 3 มิติ

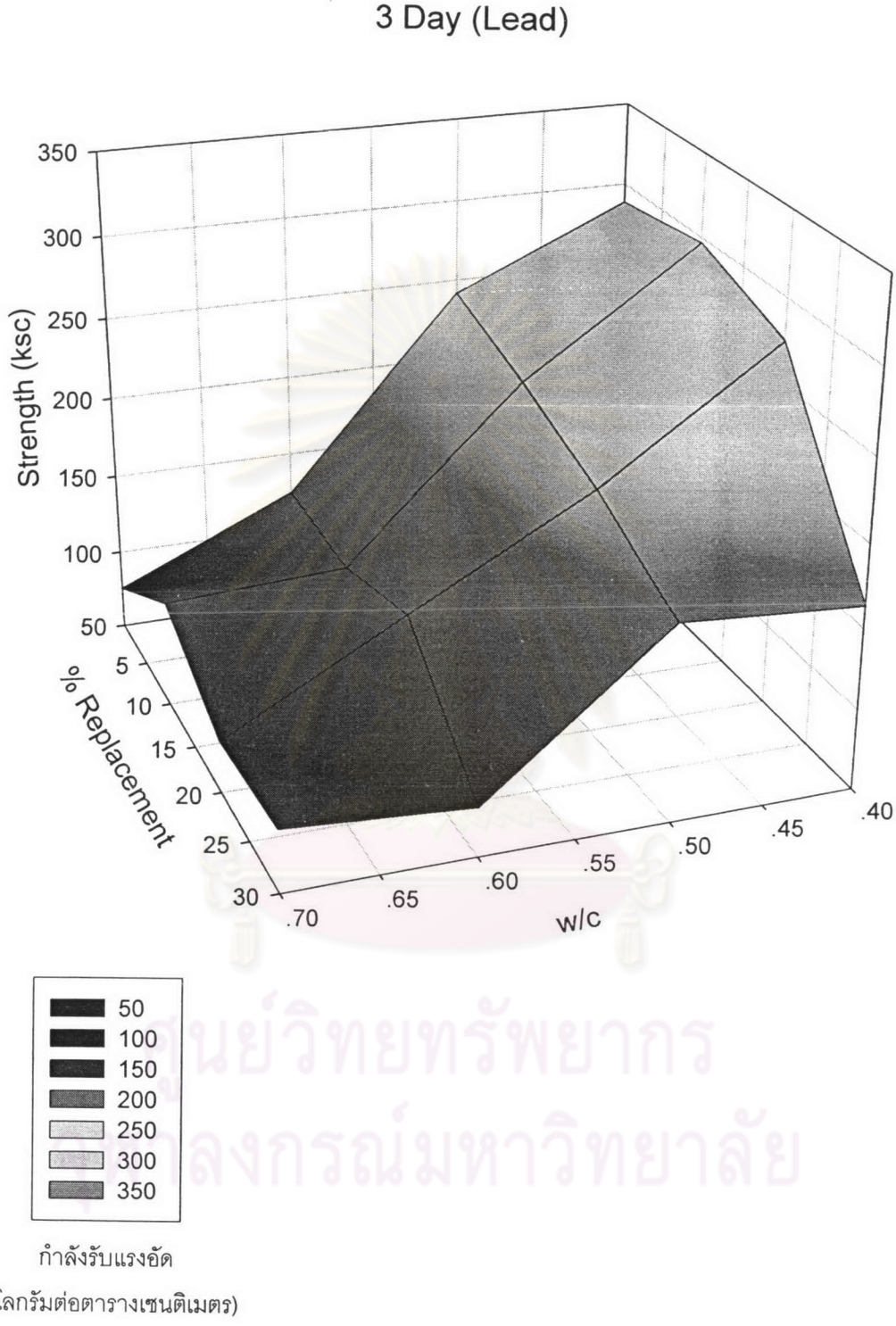


รูปที่ 4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการแทนที่เถ้าลอยชานอ้อยต่อซีเมนต์ ที่ระยะเวลาบ่ม 3 วัน

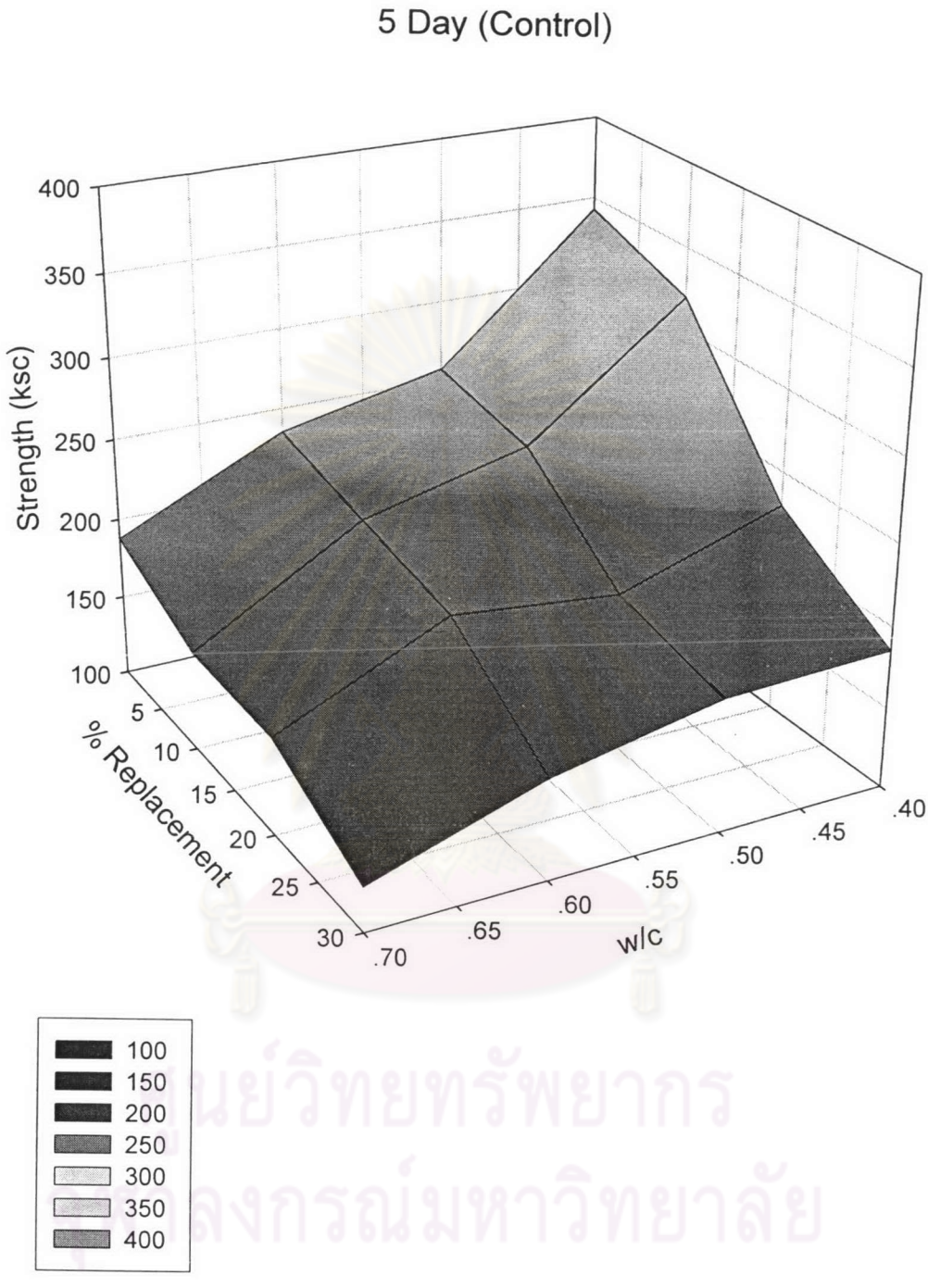
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



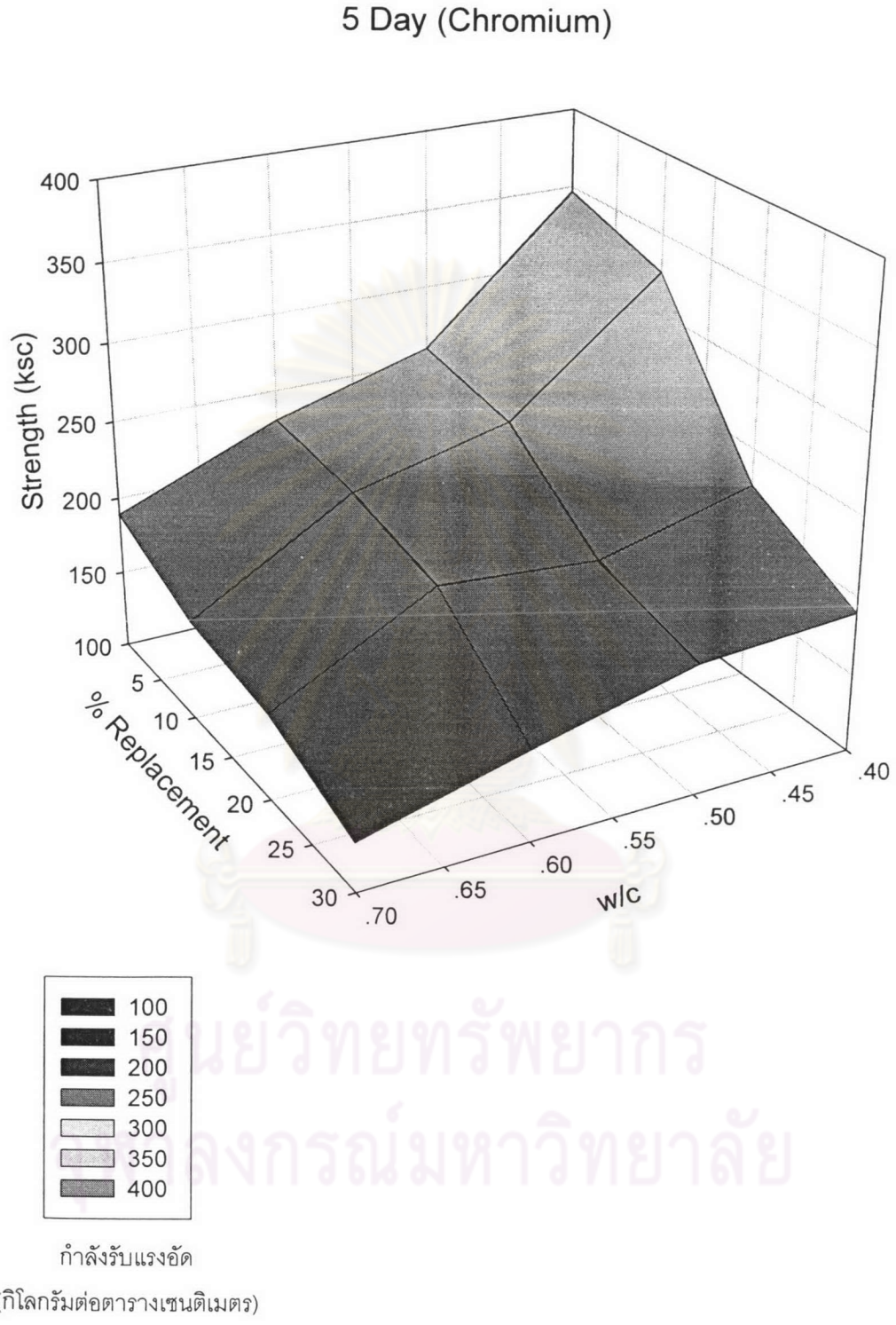
รูปที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ,อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ,อัตราการแทนเถ้าลอยซานอ้อยที่ดูดซับด้วยโครเมียมต่อซีเมนต์ ที่ระยะเวลาบ่ม 3 วัน



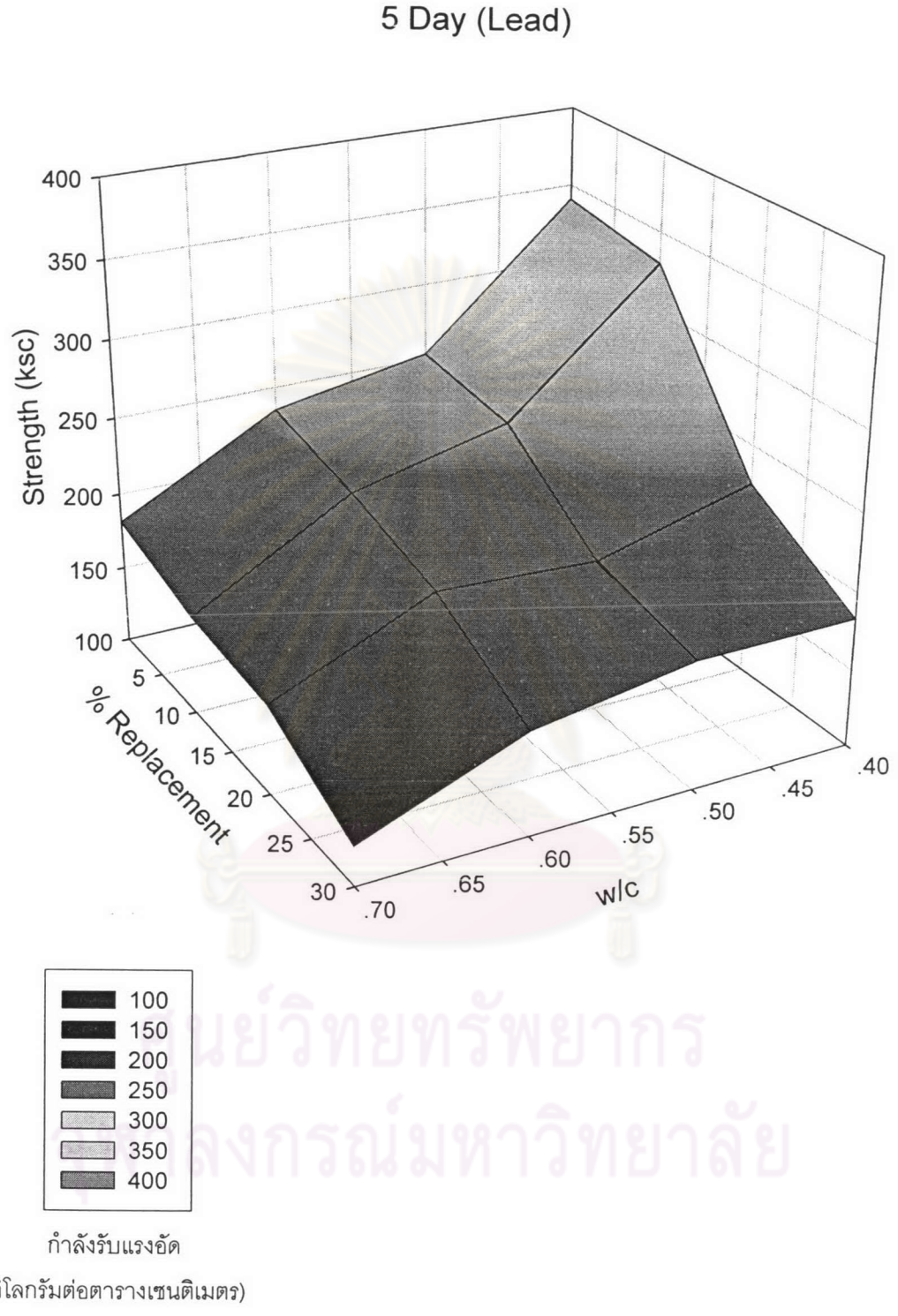
รูปที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการแทนเถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับด้วยตะกั่วต่อซีเมนต์ ที่ระยะเวลาบ่ม 3 วัน



รูปที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการแทนเถ้าลอยชานอ้อยต่อซีเมนต์ ที่ระยะเวลาบ่ม 5 วัน

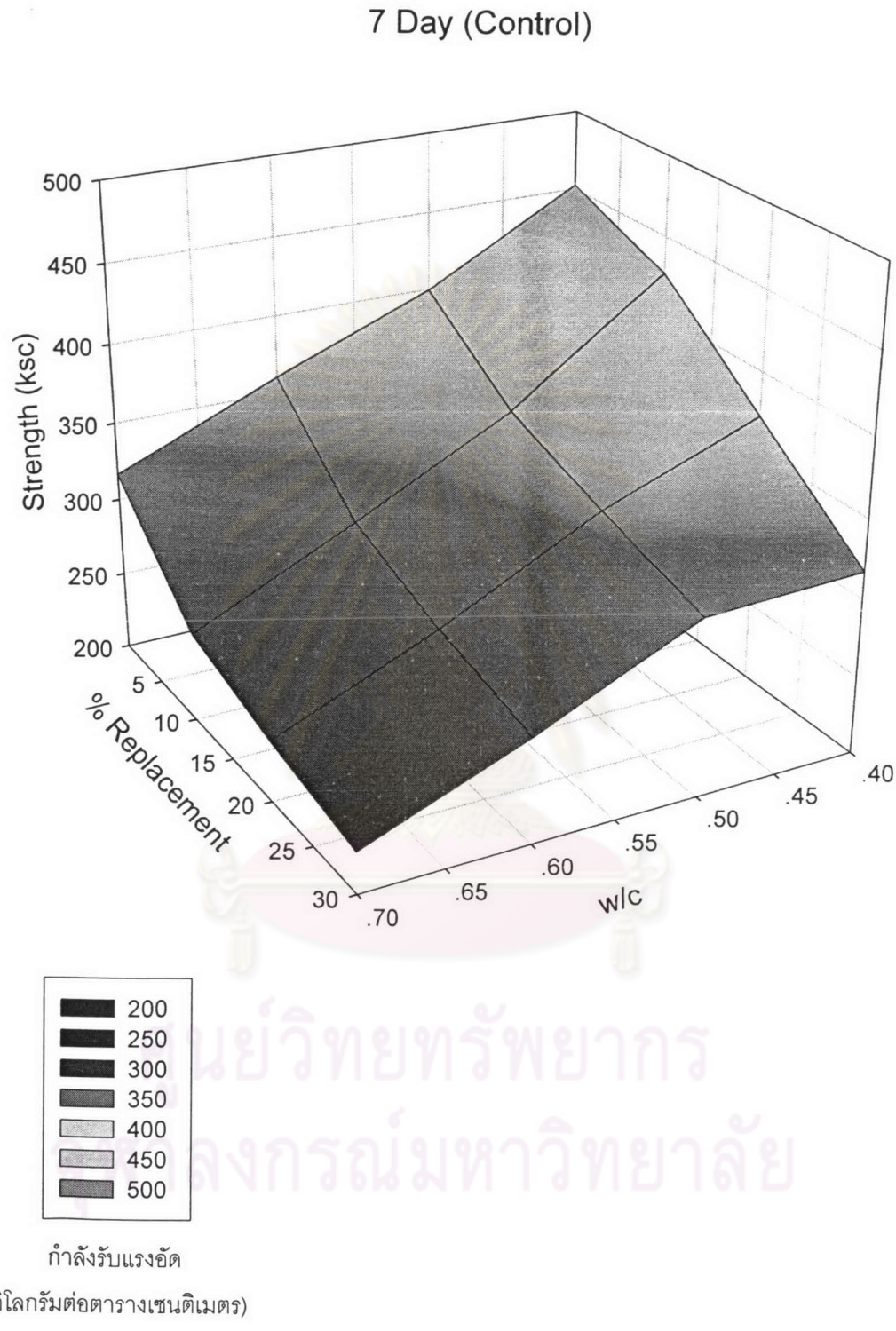


รูปที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการแทนเถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับโครเมียมต่อซีเมนต์ ที่ระยะเวลาบ่ม 5 วัน



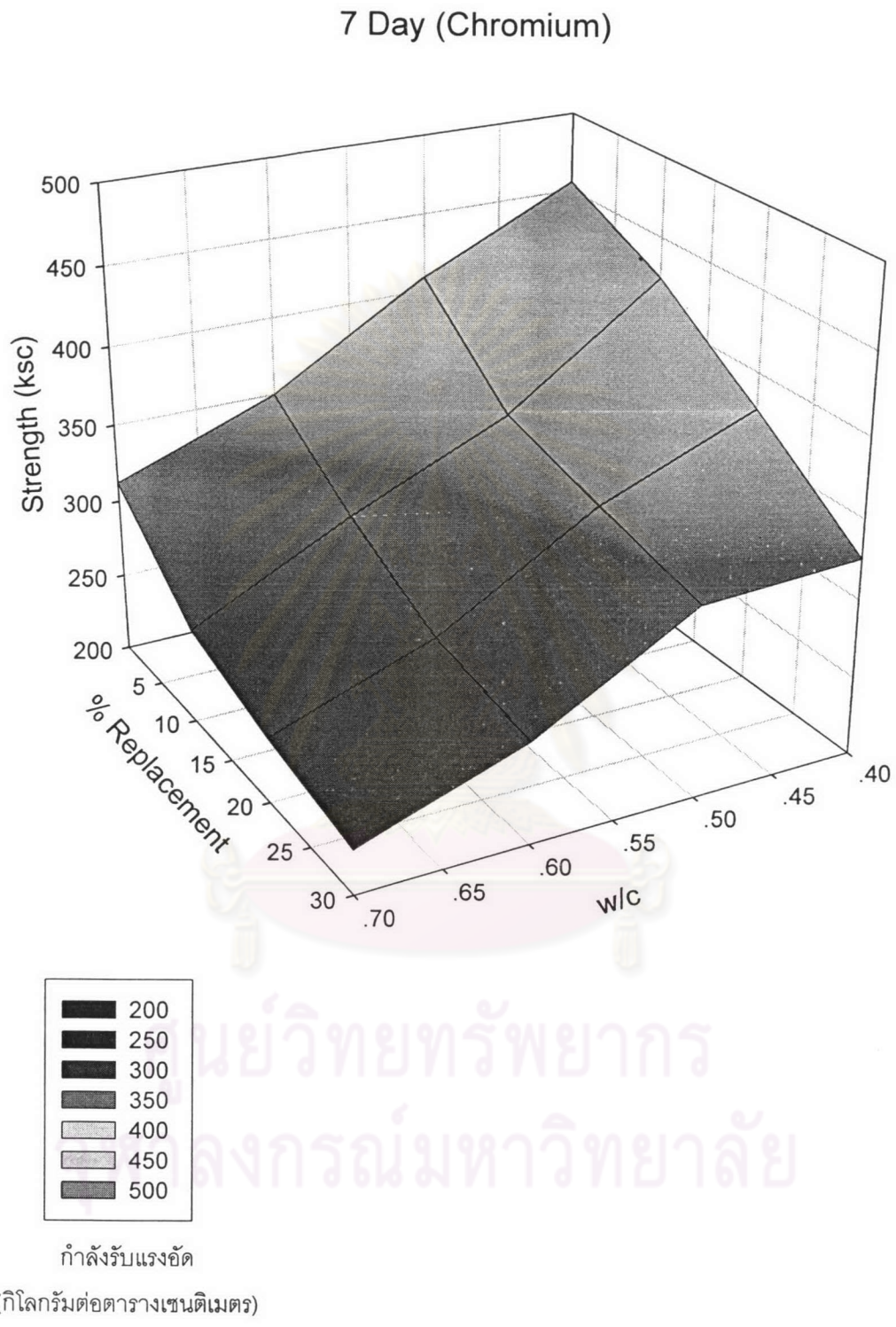
รูปที่ 4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการแทนเถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับตะกั่วต่อซีเมนต์ ที่ระยะเวลาบ่ม 5 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

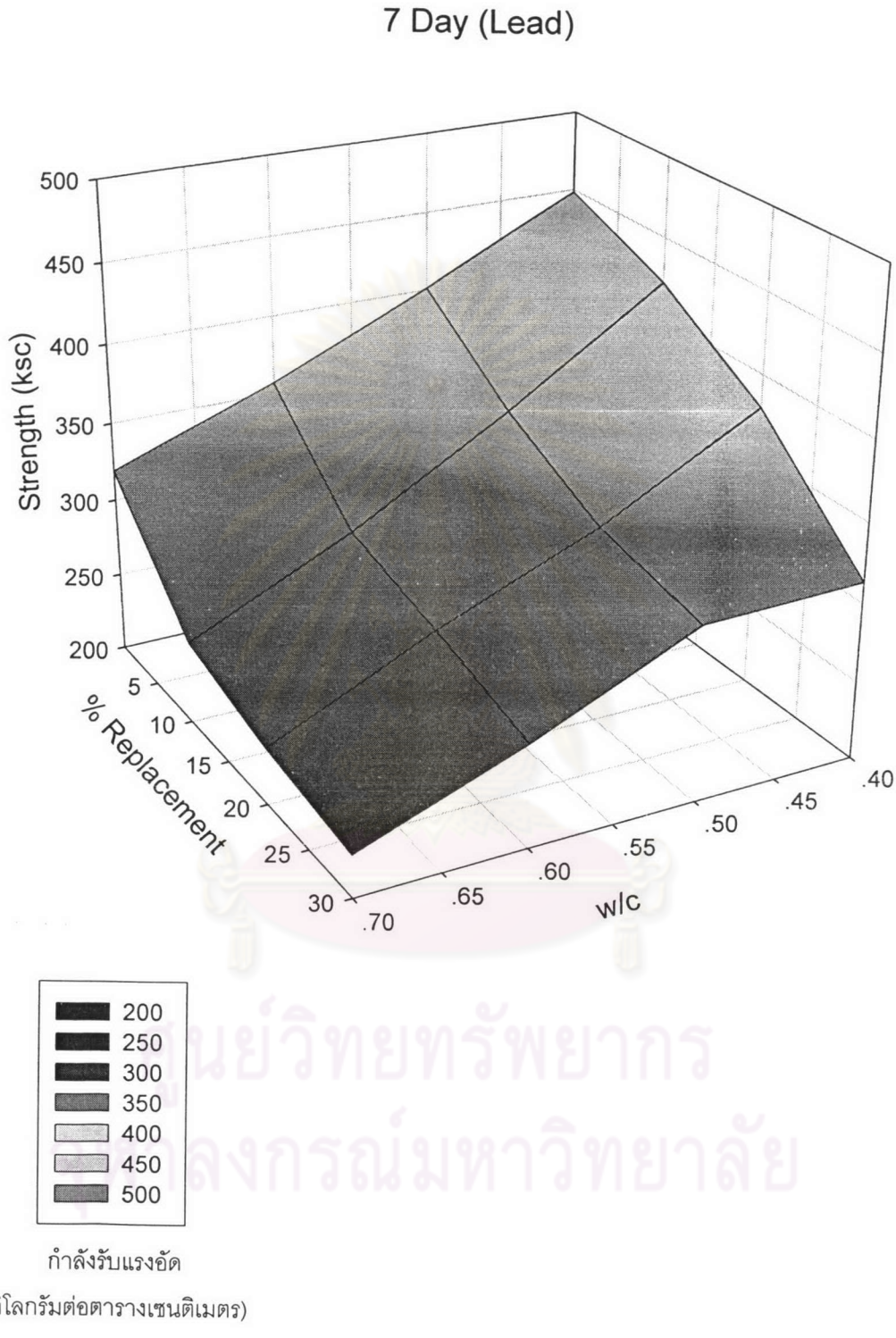


รูปที่ 4.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการแทนเถ้าลอยซานอ้อยต่อซีเมนต์ ที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.26 กราฟความ**สัมพันธ์**ระหว่างกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการแทนเถ้าลอยซาน**อ้อย**ที่ดูดซับโครเมียมต่อซีเมนต์ ที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน



รูปที่ 4.27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการแทนเถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับตะกั่วต่อซีเมนต์ ที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการวิเคราะห์ดังแสดง พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการแทนเถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับโครเมียมหรือตะกั่วต่อซีเมนต์สามารถหาออกมาได้ในรูปแบบสมการ โดยสมการของ Gaussian ตามตารางที่ 4.8 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงสุด รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ของเถ้าลอยชานอ้อย(ตัวควบคุม) ที่ระยะการบ่ม 3 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.924 รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์เถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับโครเมียม ที่ระยะการบ่ม 3 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.930 รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์เถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับตะกั่ว ที่ระยะการบ่ม 3 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.936 รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์เถ้าลอยชานอ้อย(ตัวควบคุม) ที่ระยะการบ่ม 5 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.920 รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์เถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับโครเมียม ที่ระยะการบ่ม 5 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.920 รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์เถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับตะกั่ว ที่ระยะการบ่ม 5 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.905 รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์เถ้าลอยชานอ้อย(ตัวควบคุม) ที่ระยะการบ่ม 7 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.971 รูปที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ เถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับโครเมียม ระยะการบ่ม 7 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.977 รูปที่ 4.27 แสดงความสัมพันธ์เถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับตะกั่ว ระยะการบ่ม 7 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.966

ตารางที่ 4,9 สมการในแต่ละชนิดของเถ้าลอยชานอ้อยและระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน

รูปแบบ	สมการ
Gaussian	$f = a*\exp(-0.5*((x-x_0)/b)^2 + ((y-y_0)/c)^2)$
3 วัน ตัวควบคุม	$f = 358.193*\exp(-0.5*((x-0.224)/0.290)^2 + ((y-7.663)/23.689)^2)$
3 วัน โครเมียม	$f = 365.930*\exp(-0.5*((x-0.210)/0.297)^2 + ((y-7.811)/23.241)^2)$
3 วัน ตะกั่ว	$f = 375.610*\exp(-0.5*((x-0.205)/0.296)^2 + ((y-7.669)/23.379)^2)$
5 วัน ตัวควบคุม	$f = 835.076*\exp(-0.5*((x+0.819)/0.900)^2 + ((y+9.451)/39.295)^2)$
5 วัน โครเมียม	$f = 828.342*\exp(-0.5*((x+0.773)/0.874)^2 + ((y+8.717)/38.636)^2)$
5 วัน ตะกั่ว	$f = 788.698*\exp(-0.5*((x+0.747)/0.865)^2 + ((y+6.059)/36.454)^2)$
7 วัน ตัวควบคุม	$f = 1554.84*\exp(-0.5*((x+0.104)/0.688)^2 + ((y+201.477)/145.149)^2)$
7 วัน โครเมียม	$f = 2471.00*\exp(-0.5*((x+0.169)/0.711)^2 + ((y+292.559)/176.864)^2)$
7 วัน ตะกั่ว	$f = 2450.59*\exp(-0.5*((x+0.185)/0.730)^2 + ((y+277.328)/167.836)^2)$

โดยที่ f = ค่ากำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

x = อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (กรัมต่อกรัม)

y = อัตราการแทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยชานอ้อย (กรัมต่อกรัม)

a, b, c = ค่าคงที่

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาในรูปของสมการของ Gaussian พบว่าสมการที่อยู่ในช่วงระยะเวลาการบ่มที่เท่ากัน จะมีสมการใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากในช่วงระยะเวลาการบ่มเท่ากัน กำลังรับแรงอัดจะมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะโครเมียมและตะกั่วได้ถูกดูดซับอยู่กับเถ้าลอยชานอ้อยทำให้ในช่วงการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นไม่สามารถหลุดออกมารบกวนได้ จึงทำให้สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าไม่มีการหลุดของโครเมียมและตะกั่วออกมาจากคอนกรีต

4.3.4 ขั้นตอนการศึกษาความเหมาะสมของสมการที่ศึกษา

เนื่องจากในการผลิตคอนกรีตบล็อกในโรงงานทั่วไป ทำการผลิตในชั่วระยะเวลาที่สั้น ทำให้การผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนัง ถูกจำกัดด้วยระยะเวลาในการบ่ม ดังนั้นจึงทำการทดลองที่ 3, 5 และ 7 วัน โดยนำสมการที่ได้มาจากขั้นตอนที่ 4.3.3 ทำการกำหนดอัตราส่วนเถ้าลอยชานอ้อยต่อซีเมนต์ และกำลังรับแรงอัด โดยตัวควบคุมกำหนดกำลังรับแรงอัด 200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ร้อยละ 15 กำหนดกำลังรับแรงอัด 200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ การแทนที่ร้อยละ 35 กำหนดกำลังรับแรงอัด160 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แล้วคำนวณหาอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เพื่อนำมาทำการผสมทำเป็นคอนคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนัง ได้ผลดังแสดงข้อมูลในภาคผนวก ง. และ จ. โดยกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบจริงกับที่กำหนดไว้ ได้ผลดังนี้

ช่วงระยะเวลาการบ่ม 3 วัน

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับโครเมียม กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 198, 194 และ 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำลังรับแรงอัดที่การแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงเท่ากับ 193, 202 และ 208 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่ามีค่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้ แต่ที่การแทนที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ไม่สามารถวัดกำลังรับแรงอัดได้ เนื่องจากเนื้อคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นไม่มีการเกาะตัวกัน แตกตัวออกจากกันได้ง่าย

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับตะกั่ว กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 203, 195 และ 209 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำลังรับแรงอัดที่การ

แทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 190, 208 และ 197 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่ที่การแทนที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ ไม่สามารถวัดกำลังรับแรงอัดได้เช่นกัน

คอนกรีตบล็อกก่อผนังที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับโครเมียม กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 217, 207 และ 201 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 192, 202 และ 199 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่ที่การแทนที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ ไม่สามารถวัดกำลังรับแรงอัดได้ เพราะเนื้อคอนกรีตไม่เกาะตัวกันและแบบหล่อคอนกรีตบล็อกก่อผนังเป็นแบบต้องถอดทั้งไส้และกรอบนอก ดังนั้นเวลาถอดไส้ต้องใช้แรงดึงทำให้เกิดการแตกหัก

คอนกรีตบล็อกก่อผนังที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับตะกั่ว กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 209, 219 และ 201 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 196, 198 และ 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่ที่การแทนที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ ไม่สามารถวัดกำลังรับแรงอัดได้เช่นกัน

ช่วงระยะเวลาการบ่ม 5 วัน

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับโครเมียม กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 203, 196 และ 202 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 192, 200 และ 195 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ แต่ที่ ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ กำลังรับแรงอัดมีค่าเท่ากับ 31, 24 และ 21 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ เนื่องจากเนื้อคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นไม่มีการเกาะตัวกัน แตกตัวออกจากกันได้ง่าย แต่ยังสามารถหากำลังรับแรงอัดได้เนื่องจากการบ่มที่ระยะ 5 วัน เพราะปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดเพียงที่จะทำให้คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแข็งตัวได้

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับตะกั่ว กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 195, 201 และ 208 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 205, 192 และ 194 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีกำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดไว้ ที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ กำลังรับแรงอัดมีค่าเท่ากับ 26, 24 และ 27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีกำลังรับแรงอัดไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้เช่นเดียวกับเถ้าลอยชานอ้อยที่ดูดซับโครเมียม

คอนกรีตบล็อกก่อผนังที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับโครเมียม กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 194, 207 และ 199 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 205, 195 และ 203 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีกำลังรับแรงอัด

ใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ ที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ ไม่สามารถวัดค่ากำลังรับแรงอัดได้ เช่นเดียวกับที่ระยะเวลาการบ่มที่ 3 วัน

คอนกรีตบล็อกก่อผนังที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับตะกั่ว กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 207, 195 และ 188 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 190, 198 และ 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ ไม่สามารถวัดกำลังรับแรงอัดได้เช่นกัน

ช่วงระยะเวลาการบ่ม 7 วัน

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับโครเมียม กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 216, 201 และ 192 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 212, 208 และ 209 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ แต่ที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ กำลังรับแรงอัดมีค่าเท่ากับ 69, 61 และ 56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ เนื่องจากเนื้อคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นไม่มีการเกาะตัวกัน แตกตัวออกจากกันได้ง่าย แต่ยังสามารถหาค่ากำลังรับแรงอัดได้เนื่องจากการบ่มที่ระยะ 7 วัน ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดขึ้นเพียงที่จะทำให้คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแข็งตัวได้

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับตะกั่ว กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 194, 190 และ 199 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 207, 200 และ 190 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีกำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดไว้ ที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ กำลังรับแรงอัดมีค่าเท่ากับ 64, 77 และ 56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งกำลังรับแรงอัดไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้เช่นกัน

คอนกรีตบล็อกก่อผนังที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับโครเมียม กำลังรับแรงอัดของตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 204, 203 และ 207 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 197, 208 และ 204 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีกำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ ที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ ไม่สามารถวัดกำลังรับแรงอัดได้เช่นกัน

คอนกรีตบล็อกก่อผนังที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยดูดซับตะกั่ว กำลังรับแรงอัดตัวควบคุม มีค่าเท่ากับ 193, 207 และ 185 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่การแทนที่ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 193, 196 และ 193 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ร้อยละ 35 การแทนที่ซีเมนต์ ไม่สามารถวัดกำลังรับแรงอัดได้เช่นกัน

การใช้งานสมการที่วิเคราะห์ออกมาได้นั้น สามารถใช้งานได้หลากหลายตามความต้องการ เช่น ต้องการกำหนดกำลังรับแรงอัด เพียงแค่กำหนดค่าที่ต้องการลงในสมการ แล้วทำการ

ปรับการแทนที่และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ จะได้ปริมาณส่วนผสมที่ใช้หล่อคอนกรีตบล็อก แต่ควรทำการแทนค่าที่อยู่ในช่วงข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ จึงจะทำให้ได้ค่าที่เหมาะกับการนำไปใช้

4.3.5 การศึกษาผลการชะละลาย

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) ระบุไว้ว่า วัสดุที่ผ่านการปรับเสถียร (Stabilization) และการทำให้เป็นก้อนแข็ง (Solidification) แล้ว จะต้องนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำชะของวัสดุนั้น โดยวิธีการสกัดสาร (Leachate extraction procedure)

ผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำสกัดจากการทดสอบการชะละลายสำหรับคอนกรีต ขนาด 50*50*50 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ซึ่งจะมีการแทนที่ด้วยเถ้าลอยซานอ้อย ในปริมาณ ไม่มีการแทนที่และร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.7 อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน ที่ 1 : 1.1 : 1.9 และทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 3 วัน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ผลการชะละลายโลหะหนักจากคอนกรีตผสมเถ้าลอยซานอ้อยที่ดูดซับโลหะหนัก

โลหะหนัก	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ร้อยละการแทนที่	เกณฑ์มาตรฐาน* (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ลิตร)
โครเมียม	3	0	5.000	N.D.
	3	30	5.000	0.179
ตะกั่ว	3	0	5.000	N.D.
	3	30	5.000	0.210

หมายเหตุ : N.D. = เครื่องมือไม่สามารถทำการวิเคราะห์ค่าได้

* = มาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการแทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยซานอ้อยที่ดูดซับโลหะหนักจะทำให้พบการชะละลายของโลหะหนักออกมา แต่ค่าโลหะหนักที่ออกมาพบว่าปริมาณทั้งโครเมียมและตะกั่วในน้ำชะมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดซึ่งไม่เกิน 5 มก./ล. ดังนั้นจึงสามารถแน่ใจได้ว่าคอนกรีตบล็อกที่ทำจากเถ้าลอยซานอ้อยที่ดูดซับโลหะหนักในปริมาณเดียวกับการทดลองนี้นั้นนำไปใช้งานจริงได้ โดยการทดสอบการชะละลายนี้ได้ทำที่สภาวะที่เลวร้ายที่สุด ใช้อัตราน้ำต่อซีเมนต์ 0.7 และระยะเวลาการบ่ม 3 วัน ซึ่งถ้าปริมาณอัตราน้ำต่อซีเมนต์ยิ่งมากและเวลาการบ่มน้อย จะยิ่งทำให้การชะละลายของโลหะหนักออกมาได้มาก

4.3.6 ขั้นตอนการศึกษาการประมาณค่าใช้จ่ายเบื้องต้น

จากผลการวิจัยในเรื่องการศึกษาความเหมาะสมของสมการ จะเห็นว่า สมการมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำมาใช้งานได้ จึงทำการแทนค่ากำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานของทั้งคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนัง และค่าอัตราการแทนที่ ที่ร้อยละ 15 ซึ่งเป็นการแทนที่ ที่สูงที่สุด ที่ทำการหล่อเป็นคอนกรีตและสามารถนำไปใช้งานได้ดี เพื่อหาอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ซึ่งคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีค่ากำลังแรงอัดตามมาตรฐานอยู่ที่ 407 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จึงได้ใช้ระยะเวลาการบ่มที่ 7 วัน จากสมการได้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.374 และคอนกรีตก่อผนังมีค่ากำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานอยู่ที่ 20.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ได้ค่าอัตราการแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 30 และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 โดยนำข้อมูลดังกล่าวไปเป็นส่วนหนึ่งในคำนวณค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการผลิตคอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 4.12-4.13 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนัง 1 ก้อน โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน และโดยใช้เถ้าลอยชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในปริมาณร้อยละ 15 และ 30 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ในส่วนผสมสำหรับอัตราส่วนผสมของวัสดุในการทำคอนกรีตบล็อก ใช้อัตราส่วน ซีเมนต์ : ทราย : หิน เท่ากับ 1 : 1.9 : 1.1 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.374 และ 0.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 รายละเอียดค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อก

ส่วนประกอบ	ราคา(บาท/หน่วย)	น้ำหนัก/หน่วย(กก.)	ราคา(บาท/กก.)
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	102[1]	50	2.4
ทราย	350[1]	2650	0.132
น้ำ	10.50[2]	1000	0.01
หิน	380[1]	2700	0.141
เถ้าลอยชานอ้อย	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ : [1] ข้อมูลจากกรมการค้าภายใน ราคา ณ 25 เมษายน 2548

[2] ข้อมูลจากการประปานครหลวง ราคา ณ 25 เมษายน 2548

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของวัสดุในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น 1 ก้อน

ส่วนประกอบในการผลิต	ไม่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต่อเถ้าลอยชานอ้อย		อัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต่อเถ้าลอยชานอ้อยร้อยละ15	
	ปริมาณที่ใช้ (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปริมาณที่ใช้ (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	0.875	2.100	0.744	1.780
ทราย	0.962	0.127	0.962	0.127
น้ำ	0.404	0.004	0.404	0.004
หิน	1.662	0.234	1.662	0.234
รวมค่าใช้จ่าย		2.465		2.145

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของวัสดุในการผลิตคอนกรีตบล็อกก่อผนัง 1 ก้อน

ส่วนประกอบในการผลิต	ไม่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต่อเถ้าลอยชานอ้อย		อัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต่อเถ้าลอยชานอ้อยร้อยละ 30	
	ปริมาณที่ใช้ (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปริมาณที่ใช้ (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	1.875	4.500	1.312	3.149
ทราย	2.062	0.272	2.062	0.272
น้ำ	1.108	0.011	1.108	0.011
หิน	3.562	0.502	3.562	0.502
รวมค่าใช้จ่าย		5.285		3.934

การคิดค่าใช้จ่ายของเครื่องมือในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนัง

ข้อมูลพื้นฐาน

- ค่าไฟฟ้าคิดราคาเฉลี่ย 3 บาทต่อหน่วย (อ้างอิงข้อมูลจากการไฟฟ้านครหลวง)
- กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ เครื่องผสม 0.75 กิโลวัตต์
  ตู้อบ 1.0 กิโลวัตต์
  เครื่องคัดขนาด 0.3 กิโลวัตต์

การคิดราคาค่าใช้จ่ายต่อหน่วยกิโลกรัม

- เครื่องผสม (0.75 กิโลวัตต์) x (4/60 ชั่วโมง) x (3 บาทต่อกิโลกรัม-ชั่วโมง) x (1/3.5 ครั้งต่อกิโลกรัม) = 0.043 บาทต่อกิโลกรัม
- ตู้อบ (1.0 กิโลวัตต์) x (3 ชั่วโมง) x (3 บาทต่อกิโลกรัม-ชั่วโมง) x (1/1 ครั้งต่อกิโลกรัม) = 9 บาทต่อกิโลกรัม
- เครื่องคัดขนาด (0.3 กิโลวัตต์) x (1 ชั่วโมง) x (3 บาทต่อกิโลกรัม-ชั่วโมง) x (1/5 ครั้งต่อกิโลกรัม) = 0.18 บาทต่อกิโลกรัม

การคิดราคาค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อนผนัง

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีน้ำหนักประมาณ 3.5 กิโลกรัม

- ค่าใช้จ่ายต่อก้อนของเครื่องผสม = (0.043 บาทต่อกิโลกรัม) x (3.5 กิโลกรัม)
  = 0.15 บาทต่อก้อน
- ค่าใช้จ่ายต่อก้อนของตู้อบ = (9 บาทต่อกิโลกรัม) x (0.13 กิโลกรัม)
  = 1.17 บาทต่อก้อน
- ค่าใช้จ่ายต่อก้อนของเครื่องคัดขนาด = (0.18 บาทต่อกิโลกรัม) x (0.13 กิโลกรัม)
  = 0.02 บาทต่อก้อน

คอนกรีตบล็อกก่อผนังมีน้ำหนักประมาณ 7.5 กิโลกรัม

- ค่าใช้จ่ายต่อก้อนของเครื่องผสม = (0.043 บาทต่อกิโลกรัม) x (7.5 กิโลกรัม)
  = 0.32 บาทต่อก้อน
- ค่าใช้จ่ายต่อก้อนของตู้อบ = (9 บาทต่อกิโลกรัม) x (0.56 กิโลกรัม)
  = 5.04 บาทต่อก้อน
- ค่าใช้จ่ายต่อก้อนของเครื่องคัดขนาด = (0.18 บาทต่อกิโลกรัม) x (0.56 กิโลกรัม)
  = 0.10 บาทต่อก้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น 1 ก้อน

= ค่าใช้จ่ายของวัสดุ (อ้างอิงข้อมูลจากตารางที่4.12) + ค่าใช้จ่ายของเครื่องผสม + ค่าใช้จ่ายของตู้อบ + ค่าใช้จ่ายของเครื่องคัดขนาด

= 2.14 + 0.15 + 1.17 + 0.02

= 3.48 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตคอนกรีตก่อผนัง 1 ก้อน

= ค่าใช้จ่ายของวัสดุ (อ้างอิงข้อมูลจากตารางที่4.13) + ค่าใช้จ่ายของเครื่องผสม + ค่าใช้จ่ายของตู้อบ + ค่าใช้จ่ายของเครื่องคัดขนาด

= 3.934 + 0.32 + 5.04 + 0.10

= 9.39 บาท

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ค่าใช้จ่ายของวัสดุในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น 1 ก้อน เท่ากับ 2.46 บาท เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน และเท่ากับ 2.14 บาท เมื่อใช้เถ้าลอยชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก สามารถลดต้นทุนการผลิตในส่วนของวัตถุดิบได้ ร้อยละ 13 และจากตารางที่ 4.13 ค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบในการผลิตคอนกรีตบล็อกก่อผนัง 1 ก้อน เท่ากับ 5.28 บาท เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน และเท่ากับ 3.93 บาท เมื่อใช้เถ้าลอยชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก สามารถลดต้นทุนการผลิตในส่วนของวัตถุดิบได้ ร้อยละ 25.57

และเมื่อคิดค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนังที่ใช้เถ้าลอยชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์จะเท่ากับก้อนละ 3.48 และ 9.39 บาท ตามลำดับ (ไม่รวมค่าขนส่งและแรงงาน) ในขณะที่ราคาตามตลาดอุตสาหกรรมของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคอนกรีตบล็อกก่อผนังเท่ากับก้อนละ 6 และ 11 บาท ตามลำดับ(ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่มและค่าขนส่ง) จากการวิจัยพบว่า การลดต้นทุนของวัตถุดิบมีสูงเพราะมีการใช้วัตถุดิบที่เหลือทิ้งและมีการทดลองแล้วว่าไม่เป็นอันตราย มาใช้แทนที่ซีเมนต์ส่วนหนึ่งซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีราคาสูง การนำวัตถุดิบที่ไม่มีราคามาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการผลิตจะคุ้มกว่า สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงและยังผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรมด้วย อีกทั้งยังเป็นการจัดการกับเถ้าลอยชานอ้อยจำนวนมากที่โรงงานผลิตน้ำตาลทำการจัดการโดยวิธีการนำไปถมที่ ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาการชะเอาเถ้าลอยชานอ้อยซึ่งมีความเป็นด่างสูงลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้ และลดค่าใช้จ่ายต่างๆในการจัดการเถ้าลอยชานอ้อยลงได้บ้าง