บทที่ 5
ผลการทดลองและวิจารณ์

5.1 ลักษณะสมบัติของกากตะกรัน จากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า

ลักษณะสมบัติของกากตะกรัน จากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ที่ใช้ในศึกษาในงานวิจัยนี้มีดังนี้

1. สมบัติทางด้านกายภาพ

จากการศึกษาสมบัติทางด้านกายภาพของกากตะกรัน จากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าได้ผลดังแสดงในตารางที่5.1

1.1 การดูดซึม (ร้อยละ)

จากการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน ASTM C 127-80 เป็นการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง พบว่ากากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า มีการดูดซึมโดยเฉลี่ยร้อยละ 5.50 โดยน้ำหนัก

1.2 ความหนาแน่นรวม (Bulk density)

จากการทดสอบหาความหนาแน่นรวมของกากตะกรัน จากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าจำนวน 3 ครั้ง พบว่าความหนาแน่นรวม ของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.27 ตันต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่5.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางด้านกายภาพของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า

สมบัติทางด้านกายภาพ	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1.1 การดูดซึมร้อยละ	5.45	5.50	5.55	5.50	0.0500
1.2 ความหนาแน่นรวม(ตัน /ลบ.ม.)	1.25	1.21	1.31	1.27	0.0503

2. สมบัติทางด้านเคมี

2.1 วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) และเครื่อง Energy Dispersive X-ray Spectrometer

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในกากตะกรันซึ่งอยู่ในรูปของออกไซด์ของธาตุต่างๆ ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) และเครื่อง Energy Dispersive X-ray Spectrometer ได้ผลดังตารางที่5.2 พบว่า กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า มีองค์ประกอบของธาตุตะกั่วเป็นส่วนมาก คือประมาณร้อยละ 77.99

ตารางที่5.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบของธาตุในกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) และเครื่อง Energy Dispersive X-ray Spectrometer

องค์ประกอบของธาตุ	ปริมาณองค์ประกอบของธาตุ (ร้อยละ)
Al	3.24
Si	7.56
S	0.41
Ca	2.25
Fe	1.33
Pb	77.99
Sb	6.40
Sn	0.33
Cr	0.01
Na	0.49
Total	100.00

2.2 วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกรัน ด้วยวิธีการย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้น

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกรันด้วยวิธีการย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้นตามมาตรฐาน ของ U.S.EPA. แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง AA นั้น เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AA สามารถวิเคราะห์ตะกั่วได้ที่ความเข้มข้นต่ำสุด 0.1 มก./ ล. และความเข้มข้นสูงสุด 999.9 มก./ ล. ดังนั้นจึงทำการเจือจางก่อนการวัดด้วยเครื่อง โดยทำการเจือจางด้วยอัตราส่วน 1:10 และ 1:100 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วด้วยเครื่อง AA แสดงดังตารางที่5.3

ตารางที่5.3 ผลการวิเคราะห์ตะกั่วในกากตะกรันด้วยวิธีการย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้นโดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer(AA)

วัด Pb ของตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตะกั่วที่อัตราส่วนเจือจางต่างๆ (มก. / ล.)	
	1:10	1:100
ตัวอย่างที่ 1	Over	52.82
ตัวอย่างที่ 2	Over	54.85
ตัวอย่างที่ 3	Over	54.93
ค่าเฉลี่ย	-	54.20

จากตารางที่5.3 จะเห็นว่าที่อัตราส่วนเจือจาง 1:10 เครื่อง AA วิเคราะห์ค่าความเข้มข้นตะกั่วออกมาได้ Over แสดงว่าความเข้มข้นของตะกั่วที่อัตราส่วนเจือจาง 1:10 มีค่ามากกว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดที่เครื่องวิเคราะห์จะวัดได้ ดังนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากอัตราส่วนเจือจาง 1:100 ซึ่งเท่ากับ 54.20 มก. /ล. ซึ่งในการวิเคราะห์ตัวอย่าง จะใช้กากตะกรันแห้ง 1 กรัม ย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้น แล้วปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 100 มล. ดังนั้นอัตราส่วน 1:100 ความเข้มข้นของตะกั่ว

=	54.20	มก. /ล.	(เจือจาง 1:100)
=	5,420	มก. /ล.	(ค่าจริง)
=	542.0	มก. /100มล.	
=	542.0	มก. /1กรัมแห้ง	
=	542,000	มก. /น้ำหนักกิโลกรัมแห้ง	

และจากตารางที่5.4 เป็นผลการวิเคราะห์โครเมียมด้วยเครื่อง AA และด้วยวิธีการคำนวณเดียวกัน จะได้ปริมาณโครเมียมเท่ากับ 8.3 มก. /น้ำหนักกิโลกรัมแห้ง

ตารางที่5.4 ผลการวิเคราะห์โครเมียมในกากตะกรันด้วยวิธีการย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้น โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer(AA)

วัด Cr ของตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโครเมียม (มก. /ล.)
ตัวอย่างที่ 1	0.08
ตัวอย่างที่ 2	0.08
ตัวอย่างที่ 3	0.09
ค่าเฉลี่ย	0.083

จากผลการทดลองข้างต้น การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกรันด้วยวิธีการย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้นตามมาตรฐาน U.S.EPA. ผลที่ได้จะแสดงดังตารางที่5.5 พบว่ากากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่ามีปริมาณตะกั่วและโครเมียมโดยเฉลี่ยเท่ากับ 542,000 และ 8.3 มก. /กก. ตามลำดับ ส่วนปริมาณอาร์เซนิค แคดเมียม และปรอทมีค่าต่ำกว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องวิเคราะห์จะวัดได้ คือ อาร์เซนิคน้อยกว่า 0.01 มก. /ล. แคดเมียมน้อยกว่า 0.02 มก. /ล. และปรอทน้อยกว่า 0.02 มก. /ล.

ตารางที่5.5 ผลวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าด้วยวิธีการย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้น ตามมาตรฐาน U.S.EPA.

โลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนักในกากตะกรัน (มก. /น้ำหนักกิโลกรัมแห้ง)				
	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อาร์เซนิค (As)	nd	nd	nd	Nd	-
แคดเมียม (Cd)	nd	nd	nd	Nd	-
โครเมียม (Cr)	8	8	9	8.3	0.5774
ปรอท (Hg)	nd	nd	nd	Nd	-
ตะกั่ว (Pb)	528,200	548,500	549,300	542,000	11,958

(nd = not detectable ; As < 0.01 มก./ ล. Cd < 0.02 มก./ ล. และ Hg < 0.02 มก./ ล.)

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดโดยใช้วิธีการสกัดสารตามวิธีของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่6 (พ.ศ. 2540)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดด้วยวิธีการสกัดสารตามวิธีของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) ดังแสดงผลในตารางที่5.6 พบว่าน้ำสกัดมีค่าพีเอชสุดท้ายประมาณ 6.22 ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำสกัดจากกากตะกรันเท่ากับ 32.8 มก. /ล. (ค่ามาตรฐาน; ตะกั่ว≤ 5 มก. /ล.) ส่วนค่าความเข้มข้นของอาร์เซนิค, แคดเมียม, โครเมียม และปรอท ในน้ำสกัดจากกากตะกรันมีค่าต่ำกว่า 0.01, 0.02, 0.06 และ 0.02 มก. /ล. ตามลำดับ

ตารางที่5.6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำสกัดจากกากตะกรัน ของโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าโดยใช้วิธีการสกัดสารตามวิธีของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ.2540)

ลักษณะสมบัติ	ค่ามาตรฐาน* (มก. /ล.)	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
พีเอช	-	6.25	6.10	6.30	6.22	0.1041
อาร์เซนิค(มก. /ล.)	5	nd	nd	nd	nd	-
แคดเมียม(มก. /ล.)	1	nd	nd	nd	nd	-
โครเมียม(มก. /ล.)	5	nd	nd	nd	nd	-
ปรอท(มก. /ล.)	0.2	nd	nd	nd	nd	-
ตะกั่ว(มก. /ล.)	5	34.24	31.74	32.38	32.8	1.2987

*ค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ.2540)

เมื่อพิจารณาปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดจากกากตะกรัน พบว่ามีความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำสกัดอยู่สูงถึง 32.8 มก. /ล. ซึ่งเมื่อเทียบกับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) ที่ได้กำหนดมาตรฐานสำหรับสมบัติของสารพิษซึ่งเมื่อนำมาสกัดด้วยวิธีการสกัดสารและวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดไว้ จะเห็นได้ว่าปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดจากกากตะกรันมีค่าเกินค่ามาตรฐานตามที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นจึงถือว่ากากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นกากของเสียอันตราย ต้องได้รับการจัดการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

5.2 ผลการศึกษา การหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น ในการทำเสถียรกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า

จากการศึกษาการทำเสถียรกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ด้วยการทำให้เป็นก้อน เพื่อหาชนิดวัสดุประสาน และอัตราส่วนของวัสดุประสานเบื้องต้น โดยใช้วัสดุประสานคือ ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ 20% ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% และ ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.5 และทำการบ่มก้อนตัวอย่างเป็นเวลา 7 และ 28 วัน จากนั้นนำก้อนตัวอย่างมาทดสอบหากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. กำลังรับแรงอัด

จากการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด ซึ่งทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C109-86 ของก้อนตัวอย่างที่ผ่านการบ่มเป็นเวลา 7 และ 28 วัน ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่5.7 รูปที่5.1 และรูปที่5.2

1.1 ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน

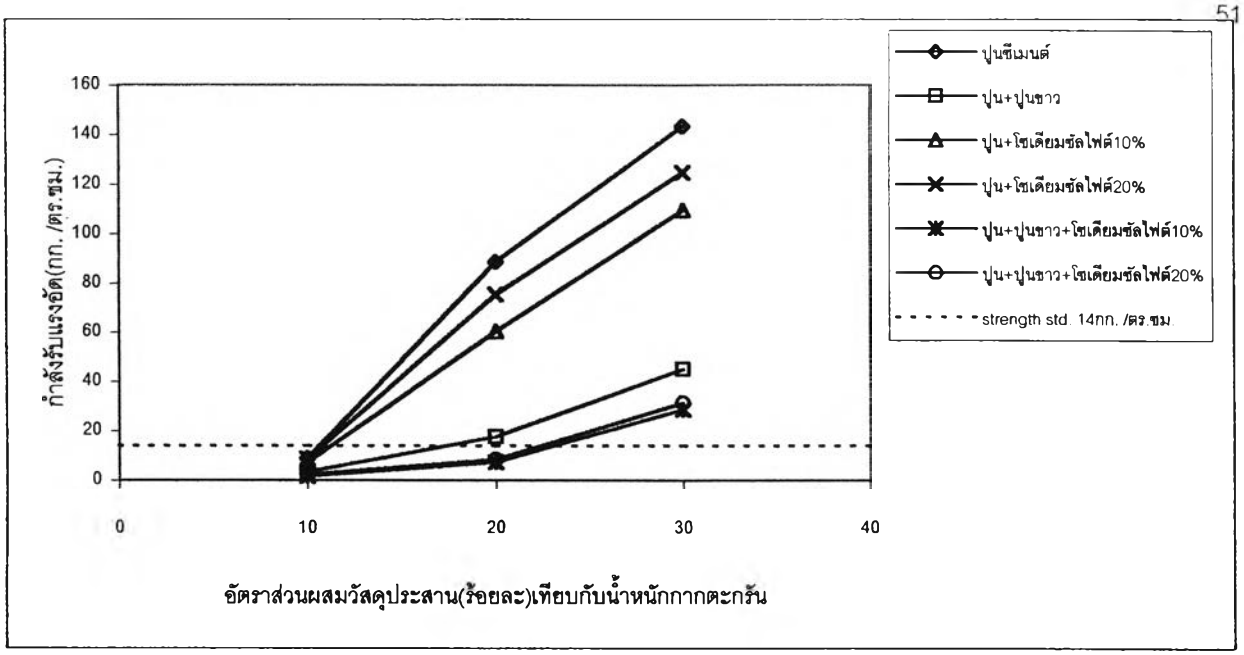
ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 10 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน หลังจากทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่ม 7 และ 28 วัน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 9.00 และ 9.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่า กากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็ง และนำไปฝังกลบได้จะต้องมีค่ากำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 14 กก. /ตร.ซม. แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์เป็นร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้เมื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน มีค่าเฉลี่ย 88.67 และ 92.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ และที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน มีค่าเฉลี่ย 143.33 และ 150.00 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อกากตะกรันเท่ากับร้อยละ 20 และ 30 นี้ มีค่ากำลังรับแรงอัดมากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

ตารางที่5.7 ค่ากำลังรับแรงอัด และความหนาแน่น ของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ที่ทำให้เป็นก้อนด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ จากการทดลองหาอัตราส่วนวัสดุประสานเบื้องต้น

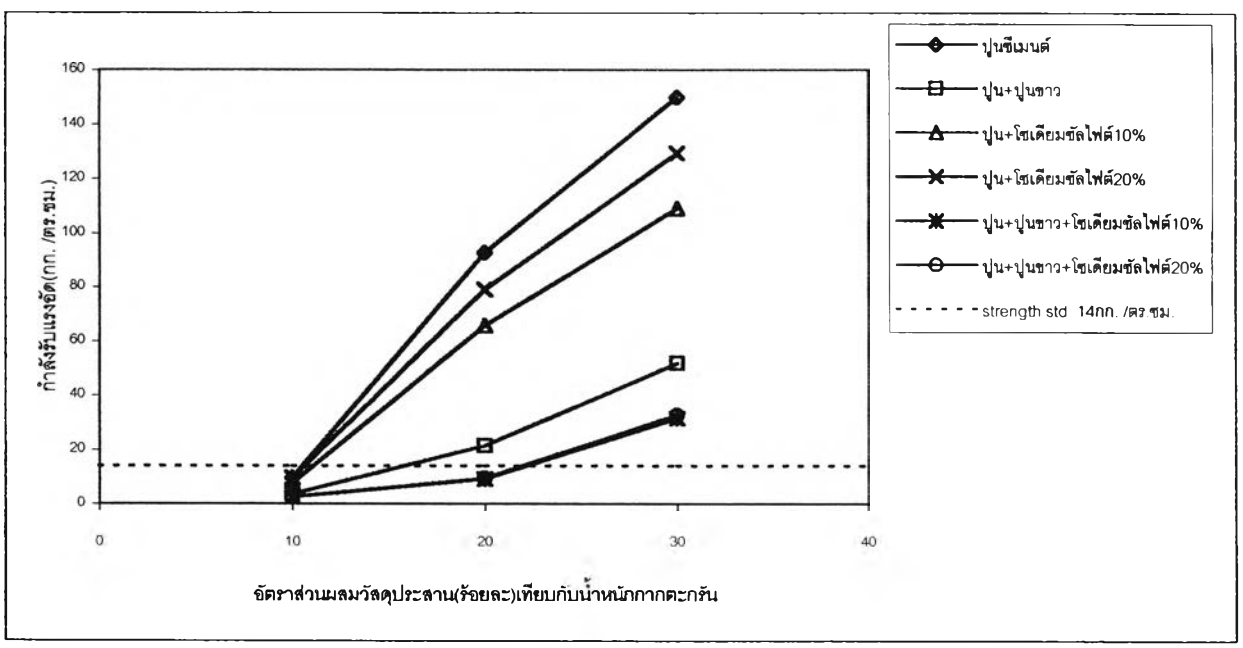
วัสดุประสานและอัตราส่วนผสม(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน	กำลังรับแรงอัด(กก. /ตร.ซม.)		ความหนาแน่น(ตัน /ลบ.ม.)	
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน
1.ปูนซีเมนต์				
ร้อยละ 10	9.00	9.67	3.49	3.47
ร้อยละ 20	88.67	92.67	3.41	3.38
ร้อยละ 30	143.33	150.00	3.38	3.31
2.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1 โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 10	3.33	3.67	3.43	3.41
ร้อยละ 20	17.67	21.33	3.40	3.39
ร้อยละ 30	45.00	51.67	3.32	3.33
3.ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (10% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 10	7.33	7.67	3.46	3.50
ร้อยละ 20	60.33	65.67	3.40	3.42
ร้อยละ 30	109.33	109.00	3.35	3.34
4.ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (20% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 10	8.67	9.67	3.44	3.46
ร้อยละ 20	75.33	79.00	3.41	3.44
ร้อยละ 30	124.67	129.33	3.34	3.40
5.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (10% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 10	1.67	2.33	3.44	3.43
ร้อยละ 20	7.33	9.00	3.42	3.41
ร้อยละ 30	28.67	31.33	3.31	3.37
6.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (20% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 10	2.33	2.67	3.43	3.50
ร้อยละ 20	8.33	9.33	3.42	3.44
ร้อยละ 30	31.33	32.67	3.30	3.28
ค่ามาตรฐาน	> 14 กก. /ตร.ซม.*		> 1.15 ตัน /ลบ.ม.**	

* เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1(พ.ศ.2531)

** เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6(พ.ศ.2540)



รูปที่5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7วัน และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น



รูปที่5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 28วัน และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาอัตราส่วนวัสดุประสานเบื้องต้น

1.2 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(อัตราส่วน1:1โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวต่อกากตะกรันเท่ากับร้อยละ 10 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน หลังจากทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน มีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 14 กก. /ตร.ซม. แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว ต่อกากตะกรันเป็นร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เป็น 17.67 และ 21.33 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ และที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวต่อกากตะกรัน เท่ากับร้อยละ 30 จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เท่ากับ 45.00 และ 51.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งทั้งอัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมปูน-ขาว ต่อกากตะกรัน ร้อยละ 20 และ ร้อยละ 30 จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

1.3 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%เทียบกับน้ำหนักปูนซีเมนต์)เป็นวัสดุประสานที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันเท่ากับร้อยละ 10 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาปมตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 7.33 และ 7.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 14 กก. /ตร.ซม. แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนวัสดุประสานเป็นร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 60.33 และ 65.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่นเดียวกับที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ 30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 109.33 และ 109.00 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ

1.4 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%เทียบกับน้ำหนักปูนซีเมนต์)เป็นวัสดุประสานที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ10เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 8.67 และ 9.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 14 กก. /ตร.ซม. แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของวัสดุประสานต่อกากตะกรันเป็น

ร้อยละ 20 และร้อยละ 30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ ที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันเท่ากับร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันจะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วันเป็น 75.33 และ 79.00 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ และที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันเท่ากับร้อยละ 30 จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วันเป็น 124.67 และ 129.33 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ

1.5 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก) เป็นวัสดุประสาน

เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%เทียบกับน้ำหนักปูน-ซีเมนต์ผสมปูนขาว)เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนวัสดุประสานร้อยละ10 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลา 7 และ 28 วัน พบว่ามีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 1.67 และ 2.33 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 14 กก. /ตร.ซม. เมื่อเพิ่มอัตราส่วนวัสดุประสานเป็นร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน กำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่ม 7 และ 28 วัน มีค่าเฉลี่ย 7.33 และ 9.00 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งยังคงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนวัสดุประสานเป็นร้อยละ 30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ ที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.67 กก. /ตร.ซม. และที่ระยะเวลาบ่มตัว 28 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.33 กก. /ตร.ซม.

1.6 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก) เป็นวัสดุประสาน

เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%เทียบกับน้ำหนักปูน-ซีเมนต์ผสมปูนขาว)เป็นวัสดุประสาน พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานร้อยละ10 เทียบกับน้ำหนักกาก-ตะกรัน เมื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.33 และ 2.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนวัสดุประสานเป็นร้อยละ20เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ค่ากำลับรับแรงอัดที่ได้ก็ยังคงต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 วันมีค่าเฉลี่ย 8.33 กก. /ตร.ซม. และที่ระยะเวลาบ่มตัว 28 วันมีค่าเฉลี่ย 9.33 กก. /ตร.ซม. แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเป็นร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน

ค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.33 และ32.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

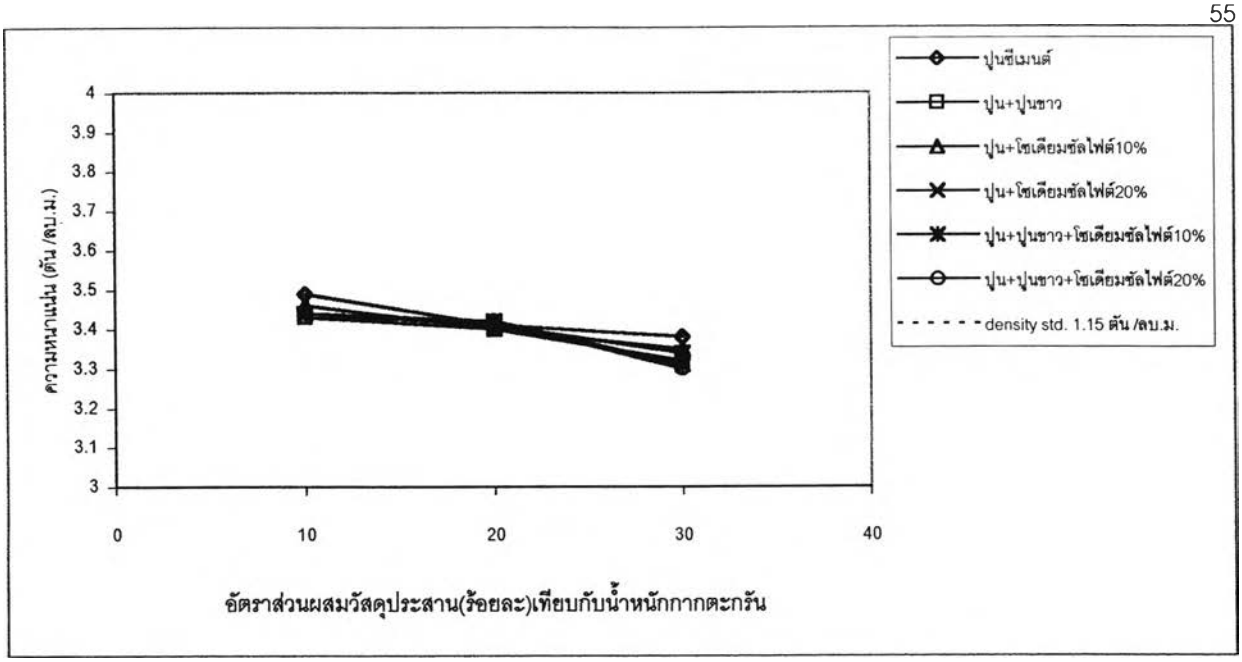
จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดพบว่า การใช้ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% และปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% เป็นวัสดุประสานในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง ด้วยอัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก็จะสามารถทำให้ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดอยู่ในช่วง 17.67 ถึง 92.67 กก. /ตร.ซม. ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่ากากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็ง และนำไปฝังกลบจะต้องมีค่ากำลังรับแรงอัดมากกว่า 14 กก. /ตร.ซม. ส่วนการใช้ ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% เป็นวัสดุประสานจะต้องใช้อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จึงจะสามารถทำให้ก้อนตัวอย่างมีค่ากำลังรับแรงอัดเกินค่ามาตรฐาน ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ได้นี้ จะนำไปพิจารณาร่วมกับค่าความหนาแน่น และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด เพื่อหาอัตราส่วนวัสดุประสานเบื้องต้นไปใช้ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

2. ความหนาแน่น

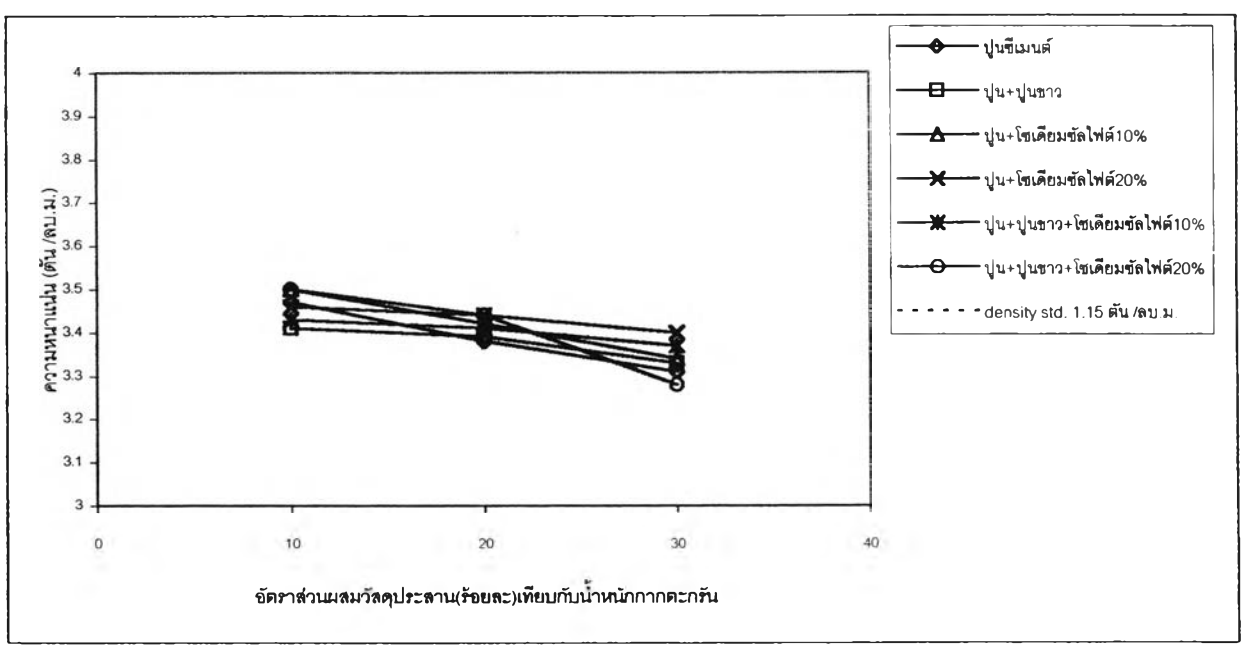
จากการหาค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7 และ 28 วัน ผลการหาค่าความหนาแน่นของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่5.7 รูปที่5.3 และรูปที่5.4 จะเห็นว่าที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ร้อยละ10 ร้อยละ20 และร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะมีค่าความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกัน โดยเมื่ออัตราส่วนผสมวัสดุประสานเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างจะมีค่าลดลง

2.1 ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อกากตะกรันร้อยละ10 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะมีค่าความหนาแน่นที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 3.49 และ 3.47 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะมีค่าความหนาแน่นหลังจาก



รูปที่5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นที่ระยะเวลาบ่มตัว 7วัน และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น



รูปที่5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นที่ระยะเวลาบ่มตัว 28วัน และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาอัตราส่วนวัสดุประสานเบื้องต้น

บ่มก้อนตัวอย่างเป็นเวลา 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 3.41 และ 3.38 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ และถ้าอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อกากตะกรันเป็นร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก็จะมีความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 และ 3.31 ตัน /ลบ.ม. ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วันตามลำดับ ซึ่งที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันทั้ง 3 ค่านี้ จะมีค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม.

2.2 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวเป็นวัสดุประสาน

ความหนาแน่นของกากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็ง โดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวเป็นวัสดุประสาน หลังจากบ่มก้อนตัวอย่างครบ 7 วัน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรัน ร้อยละ 10, ร้อยละ20 และร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.43, 3.40 และ3.32 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ ส่วนที่ระยะเวลาบ่มตัว 28 วัน ความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรัน ร้อยละ10, ร้อยละ20 และร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.41, 3.39, และ3.33 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันทั้ง 3 ค่านี้ จะมีค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่าง เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม.

2.3 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรัน ร้อยละ10, ร้อยละ20 และร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 3.46,3.40 และ3.35 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ ส่วนที่ระยะเวลาบ่มตัว 28 วัน มีค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่าง โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.50, 3.42 และ3.34 ตัน /ลบ.ม.ตามลำดับ ซึ่งความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันต่างๆ นี้ จะมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม.

2.4 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ10, ร้อยละ20 และร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 3.44, 3.41 และ3.34 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ ส่วนที่ระยะเวลาบ่มตัว 28 วัน จะมีความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.46, 3.44 และ3.40 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันต่างๆนี้ จะมีค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม.

2.5 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1เป็นวัสดุประสาน) ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก) เป็นวัสดุประสาน

ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 วัน อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ10, ร้อยละ20, และร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะมีความหนาแน่นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.44, 3.42, และ 3.31 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ ส่วนที่ระยะเวลาบ่มตัว 28 วัน เมื่อใช้อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ10, ร้อยละ20, และร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.43, 3.41, และ3.37 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างที่ได้ มีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม.

2.6 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1เป็นวัสดุประสาน) ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก) เป็นวัสดุประสาน

ความหนาแน่นของกากตะกรันที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ10เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.43 และ3.50 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ ส่วนที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน มีค่าเฉลี่ย 3.42 และ 3.44 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ และที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ระยะเวลาบ่ม 7 และ 28 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 และ 3.28 ตัน /ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งค่าความหนาแน่นที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานเทียบกับน้ำหนักกากตะกรันต่างๆนี้ จะมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม.

จากผลความหนาแน่นของก้อนตัวอย่าง พบว่าการใช้อัตราส่วนวัสดุประสานชนิดต่างๆเพียงร้อยละ10 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง ก็จะสามารถทำให้ก้อนตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 3.41 ถึง 3.50 ตัน /ลบ.ม. ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่า กากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็ง และนำไปฝังกลบได้ จะต้องมีค่าความหนาแน่นมากกว่า 1.15 ตัน /ลบ.ม. ผลของค่าความหนาแน่นที่ได้นี้ จะนำไปพิจารณาร่วมกับค่ากำลังรับแรงอัด และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด เพื่อหาอัตราส่วนวัสดุประสานเบื้องต้นไปใช้ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนวัสดุประสานที่เหมาะสมต่อไป

3. ลักษณะสมบัติของน้ำสกัด

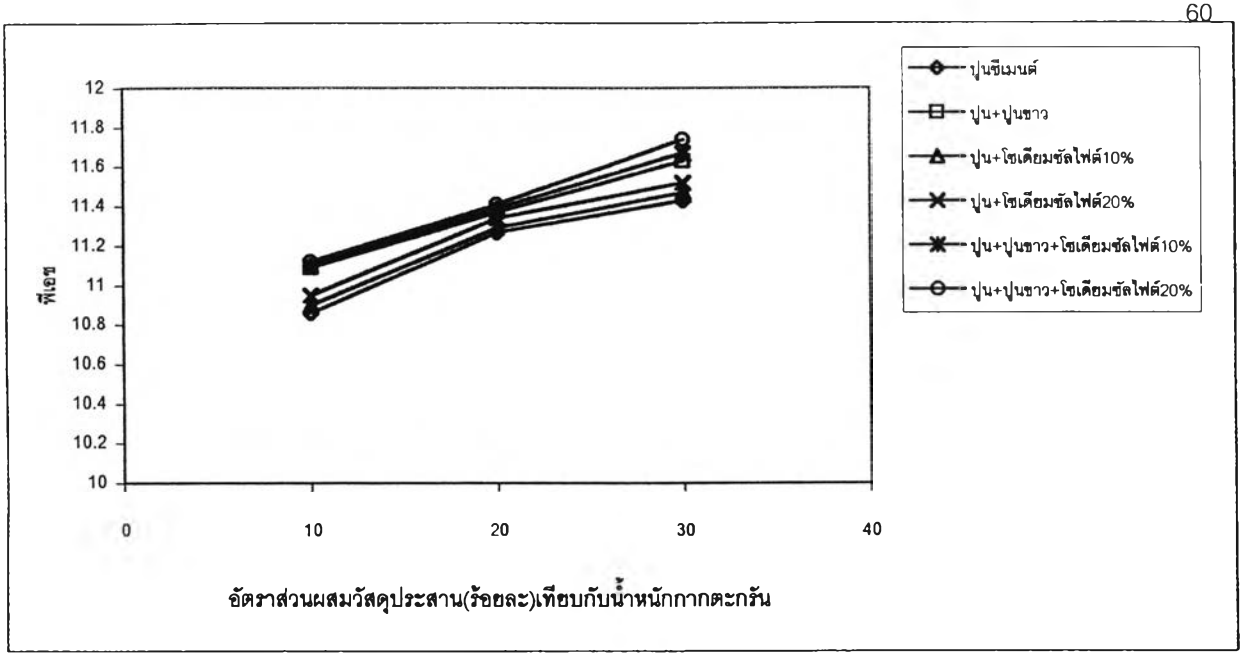
การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัด ของก้อนตัวอย่างที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7 และ 28 วัน ด้วยวิธีการสกัดสารตามวิธีของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AA) เนื่องจากผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำสกัดจากกากตะกรันของโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าในขั้นตอนการศึกษาลักษณะสมบัติของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า พบว่าค่าความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำสกัดจากกากตะกรันเท่ากับ 32.8 มก. /ล. (ค่ามาตรฐาน;ตะกั่ว<5มก. /ล.) ส่วนค่าความเข้มข้นของอาร์เซนิค, แคดเมียม, โครเมียม และปรอท ในน้ำสกัดจากกากตะกรันมีค่าต่ำกว่า 0.01, 0.02, 0.06 และ 0.02 มก. /ล. ตามลำดับ ดังนั้นในขั้นตอนการทดลองนี้ พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์มีดังนี้คือ พีเอช และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด โดยในการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วด้วยเครื่อง AA จะใช้ความยาวคลื่น 217.0 nm

จากการศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำสกัดจากกากตะกรันที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ ได้แก่ ปูนซีเมนต์, ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1), ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ 10%, ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์20%, ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% โดยใช้อัตราส่วนผสมวัสดุประสานเทียบกับน้ำหนักกากตะกรันร้อยละ10 20 และ30 และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ0.5 ผลที่ได้แสดงในตารางที่5.8 รูปที่5.5 รูปที่5.6 รูปที่5.7 และรูปที่5.8

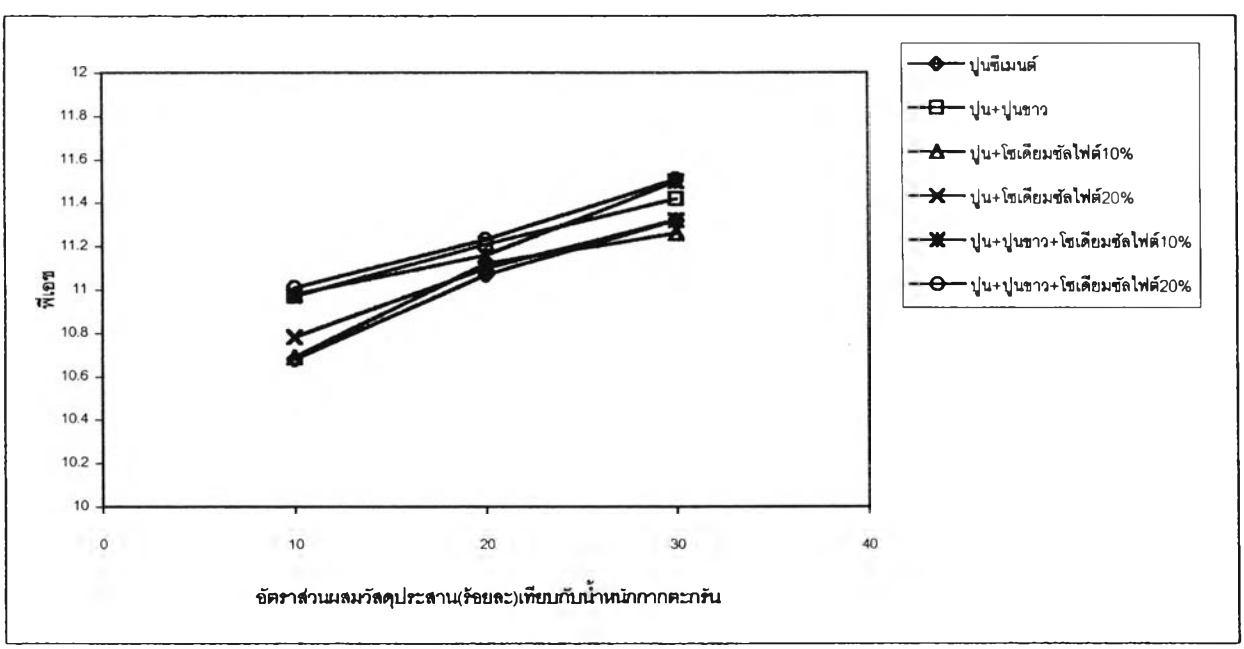
ตารางที่ 5.8 ลักษณะสมบัติของน้ำสกัดจากกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ จากการทดลองหาอัตราส่วนวัสดุประสานเบื้องต้น

วัสดุประสานและอัตราส่วนผสม(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน	พีเอช		ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด(มก. /ล.)	
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน
1.ปูนซีเมนต์				
ร้อยละ 10	10.86	10.68	12.46	12.31
ร้อยละ 20	11.27	11.07	7.23	7.21
ร้อยละ 30	11.43	11.32	3.61	3.60
2.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1 โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 10	11.09	10.97	18.70	18.56
ร้อยละ 20	11.37	11.21	11.48	11.41
ร้อยละ 30	11.63	11.42	5.90	5.79
3.ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (10% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 10	10.90	10.69	10.17	10.09
ร้อยละ 20	11.29	11.12	5.25	5.17
ร้อยละ 30	11.47	11.26	2.63	2.60
4.ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (20% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 10	10.95	10.78	9.51	9.47
ร้อยละ 20	11.34	11.10	4.59	4.48
ร้อยละ 30	11.52	11.32	2.62	2.60
5.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (10% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 10	11.10	10.98	17.06	16.98
ร้อยละ 20	11.39	11.16	10.17	10.04
ร้อยละ 30	11.67	11.50	5.25	5.20
6.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (20% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 10	11.12	11.01	16.07	15.94
ร้อยละ 20	11.41	11.23	9.51	9.42
ร้อยละ 30	11.74	11.51	4.26	4.21
ค่ามาตรฐาน	-		< 5 มก. /ล.*	

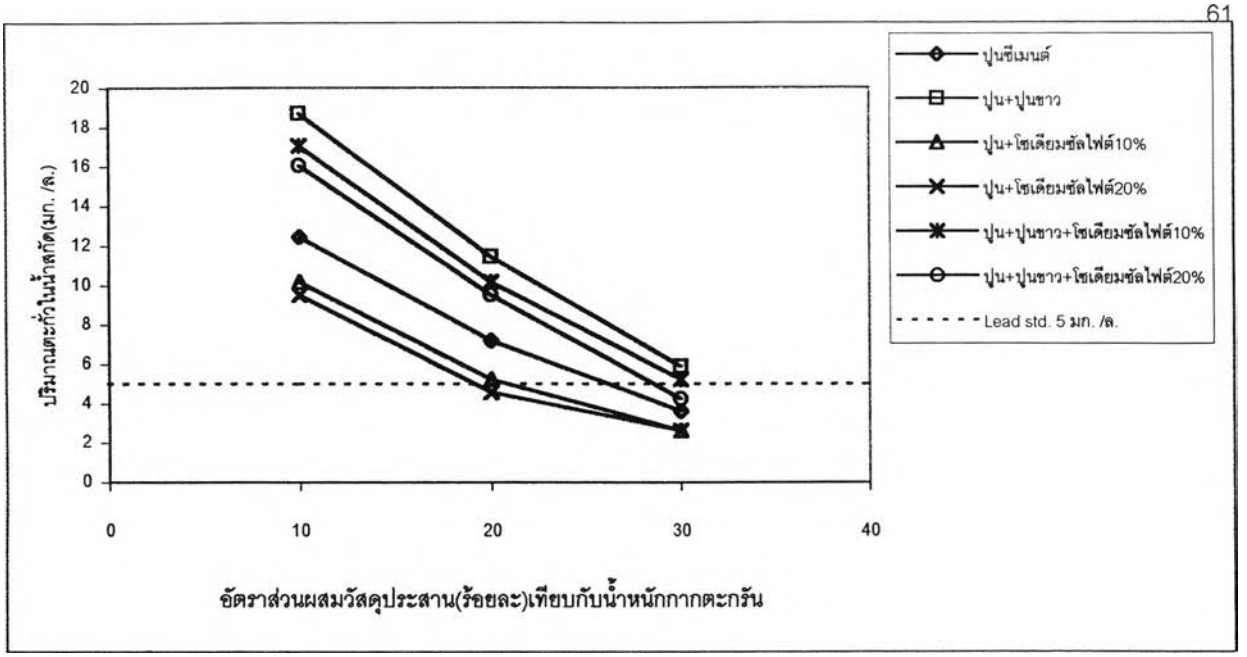
* เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6(พ.ศ.2540)



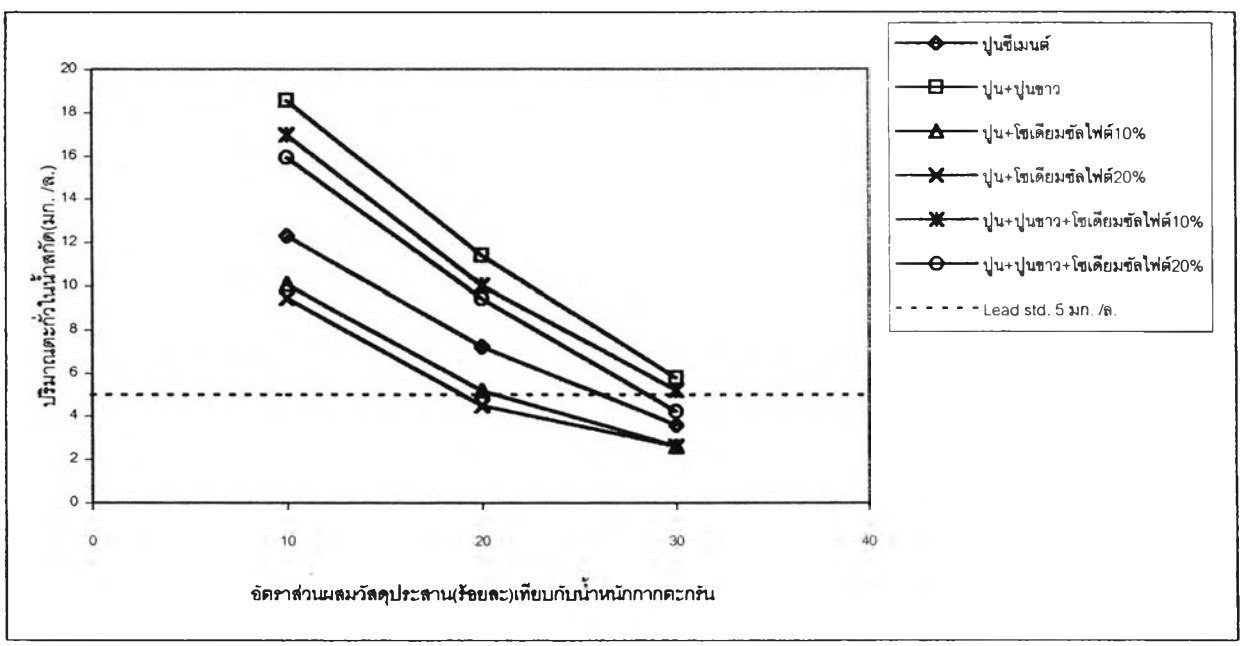
รูปที่5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่ระยะเวลาบ่มตัว 7วัน และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น



รูปที่5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่ระยะเวลาบ่มตัว 28วัน และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาอัตราส่วนวัสดุประสานเบื้องต้น



รูปที่5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7วัน และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น



รูปที่5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 28วัน และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาอัตราส่วนวัสดุประสานเบื้องต้น

3.1 พีเอช

กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งและผ่านการบ่มตัว 7 และ 28 วัน วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำสกัด ด้วยวิธีการสกัดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) พบว่าค่าพีเอชของน้ำสกัดมีค่าระหว่าง 10.68 ถึง 11.74 ซึ่งแสดงว่าน้ำสกัดมีลักษณะเป็นด่าง เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ เมื่อใช้ปูน-ซีเมนต์ผสมปูนขาวเป็นวัสดุประสานค่าพีเอชของน้ำสกัดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบออกไซด์ของปูนขาวซึ่งรวมกับน้ำกลายเป็นรูปไฮดรอกไซด์ ส่วนก้อนตัวอย่างที่เติมโซเดียมซัลไฟต์ในวัสดุประสานมีค่าพีเอชใกล้เคียงกับก้อนตัวอย่างที่ไม่ได้เติม และเมื่ออัตราส่วนผสมของวัสดุประสานเพิ่มขึ้นค่าพีเอชของน้ำสกัดจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการละลายที่เพิ่มขึ้นของไฮดรอกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

3.2 ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด โดยใช้อัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆต่อกาก-ตะกรันทุกส่วนผสม ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน สรุปได้ดังนี้

3.2.1 ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 3.61 และ 3.60 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 5 มก. /ล. สาเหตุเนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูง ทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย จึงทำให้สามารถยึดจับอยู่กับวัสดุประสานได้ดี

3.2.2 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกาก-ตะกรัน มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาปมตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 5.90 และ 5.79 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน(5 มก. /ล.)เพียงเล็กน้อย จึงจะนำค่าอัตราส่วน

ผสมปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) ต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันนี้ ไปแปรค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเพิ่มขึ้นเพื่อหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดต่อไปในการทดลองที่2

3.2.3 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)ต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 2.63 และ 2.60 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ 5 มก. /ล. สาเหตุเนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูง ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย จึงทำให้สามารถยึดจับอยู่กับวัสดุประสานได้ดี

3.2.4 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)ต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 4.59 และ 4.48 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ 5 มก. /ล. สาเหตุเนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูง ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย จึงทำให้สามารถยึดจับอยู่กับวัสดุประสานได้ดี

3.2.5 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก) เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 5.25 และ 5.20 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน(5 มก. /ล.)เพียงเล็กน้อย จึงจะนำค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันนี้ ไปแปรค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเพิ่มขึ้น เพื่อหาอัตราส่วนวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดต่อไปในการทดลองที่2

3.2.6 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก) เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 4.26 และ 4.21 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ 5 มก. /ล. สาเหตุเนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูง ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย จึงทำให้สามารถยึดจับอยู่กับวัสดุประสานได้ดี

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำสกัด พบว่าการใช้ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก) และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน ในอัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน สามารถมีเสถียรภาพยึดเกาะตะกั่วที่มีอยู่ในกากตะกรันไม่ให้ถูกชะละลายออกมาได้ และการใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน ในอัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก็สามารถมีเสถียรภาพยึดเกาะตะกั่วที่มีอยู่ในกากตะกรันไม่ให้ถูกชะละลายออกมาได้ ส่วนการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก) และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันจะมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน ซึ่งจะนำอัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันนี้ ไปแปรค่าเพิ่มขึ้นในขั้นตอนการหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดต่อไป ผลของลักษณะสมบัติของน้ำสกัดที่ได้นี้จะนำไปพิจารณาร่วมกับค่ากำลังรับแรงอัด และค่าความหนาแน่น เพื่อหาอัตราส่วนวัสดุประสานเบื้องต้น ไปใช้ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนวัสดุประสาน ที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

สรุปผลการศึกษา การหาชนิดวัสดุประสาน และอัตราส่วนของวัสดุประสานเบื้องต้น

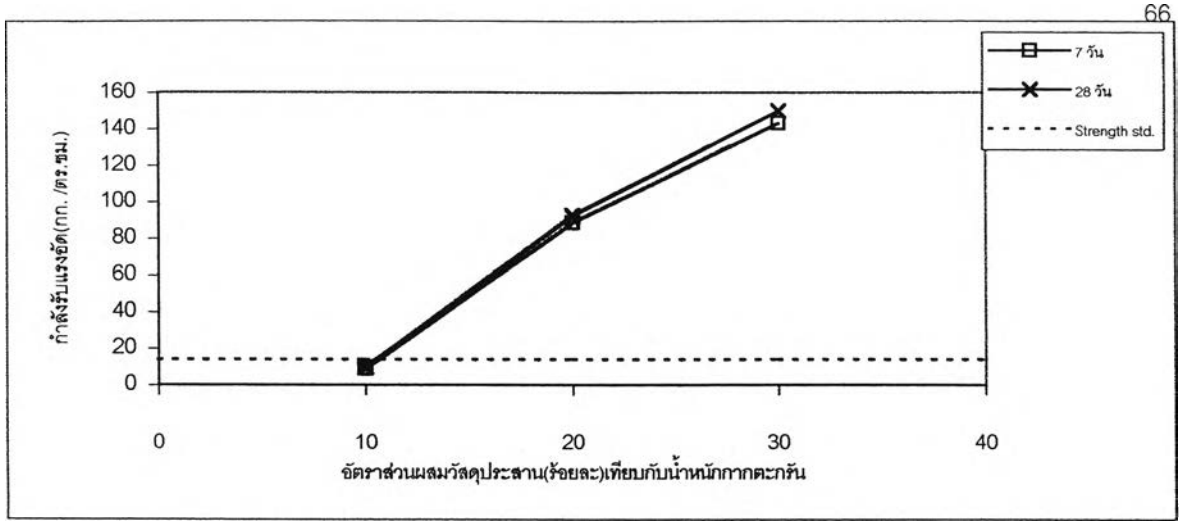
จากผลการวิเคราะห์ ค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด เพื่อพิจารณาหาอัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันเบื้องต้น ไปใช้ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด ผลการพิจารณาสรุปได้ดังนี้

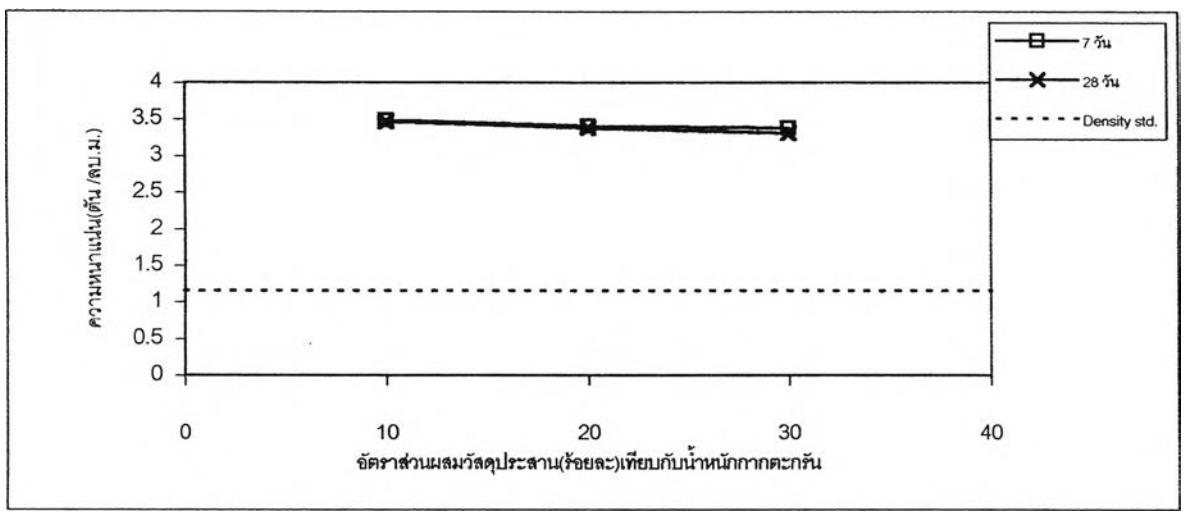
1. ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน

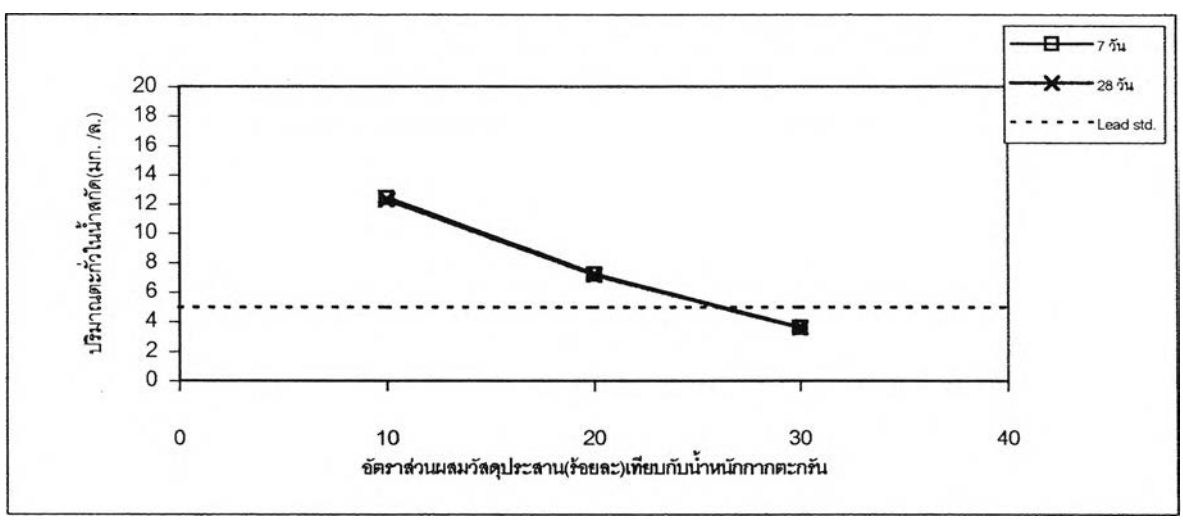
จากการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.9 พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างจะมีค่ากำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่เนื่องจากที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างถึงจะมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดน้อยกว่าค่ามาตรฐานคือ 5 มก. /ล. ดังนั้นจึงใช้ค่าอัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันไปใช้ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด โดยแปรค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันอีก 4 ค่าคือ ร้อยละ 30 27 25 และ23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน

2. ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

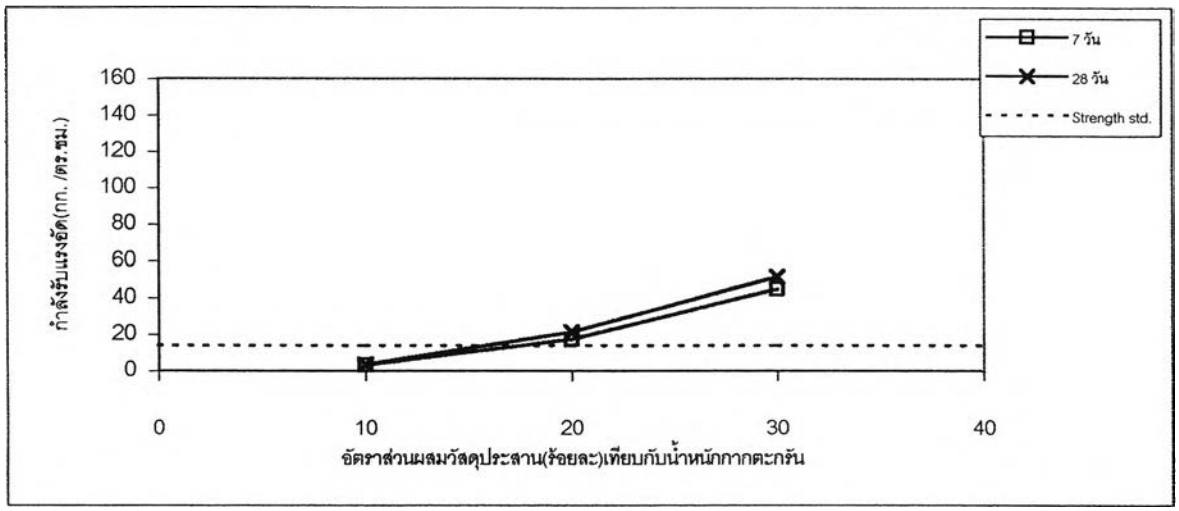
จากการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.10 พบว่าที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างจะมีค่ากำลังรับแรงอัด และความหนาแน่น สูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่เนื่องจากที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างถึงจะมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานคือ 5 มก. /ล. ดังนั้นจึงใช้ค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับกับน้ำหนักกากตะกรัน ไปใช้ในการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด โดยแปรค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันอีก 4 ค่าคือ ร้อยละ 30 33 35 และ37 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน

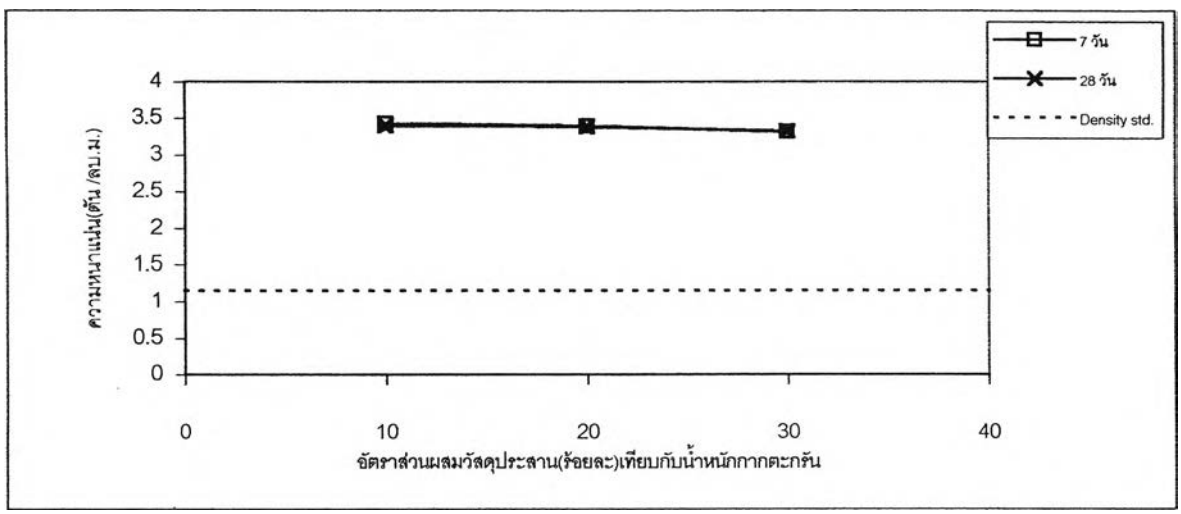


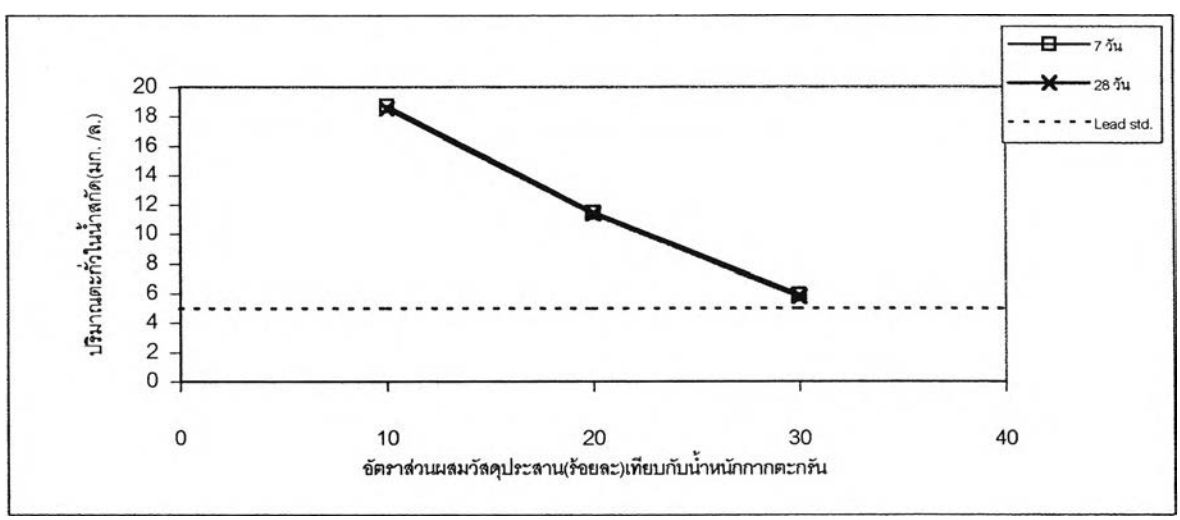




รูปที่5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น







รูปที่5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น

3. ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

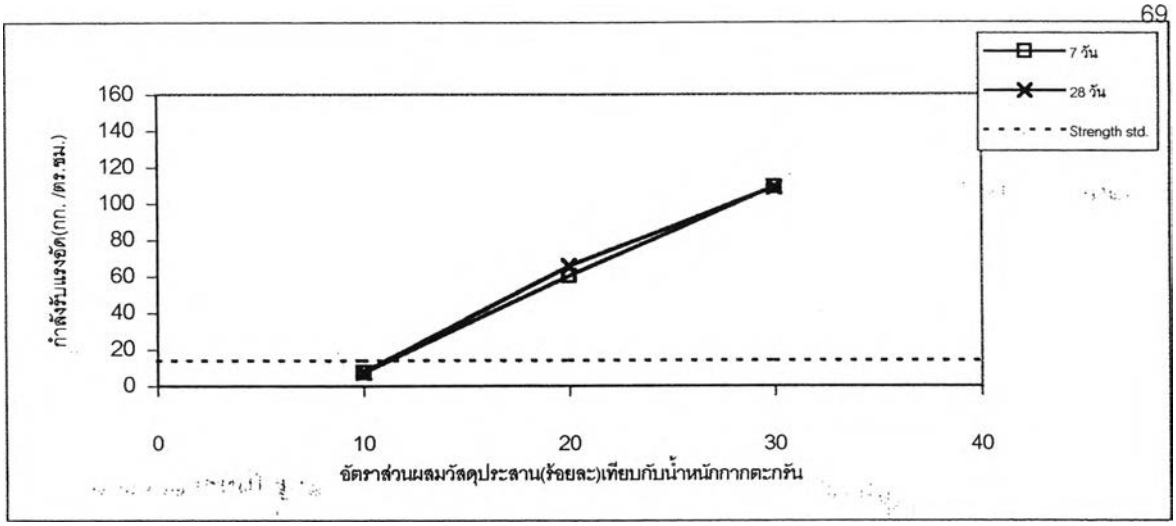
จากการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.11 พบว่าที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างจะมีค่ากำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่เนื่องจากที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างถึงจะมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดน้อยกว่าค่ามาตรฐานคือ 5 มก. /ล. ดังนั้นจึงใช้ค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ไปใช้ในขั้นตอนการหาชนิด และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด โดยแปรค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันอีก 4 ค่าคือ ร้อยละ 30 27 25 และ23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน

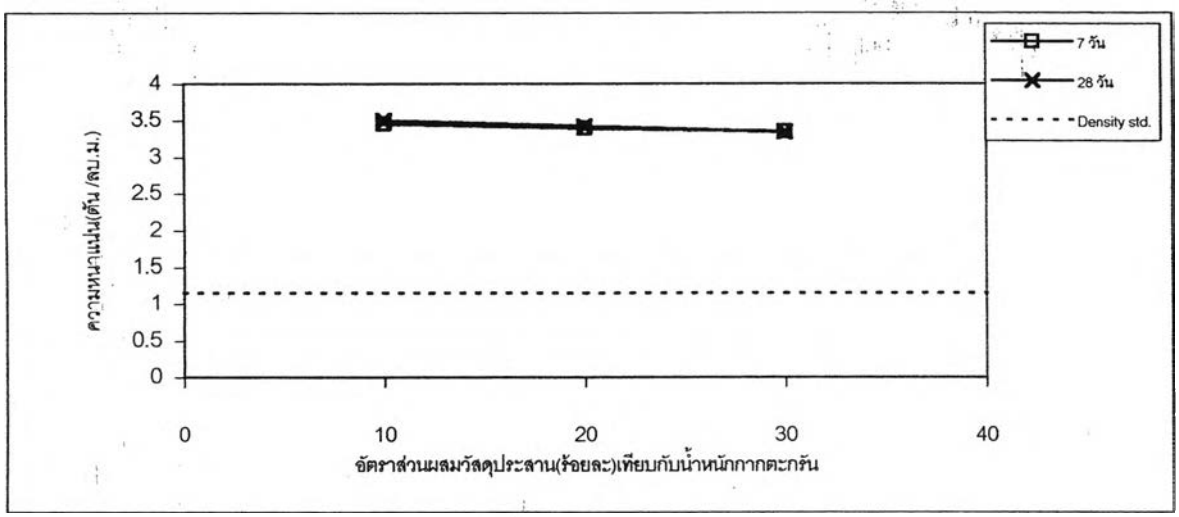
4. ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

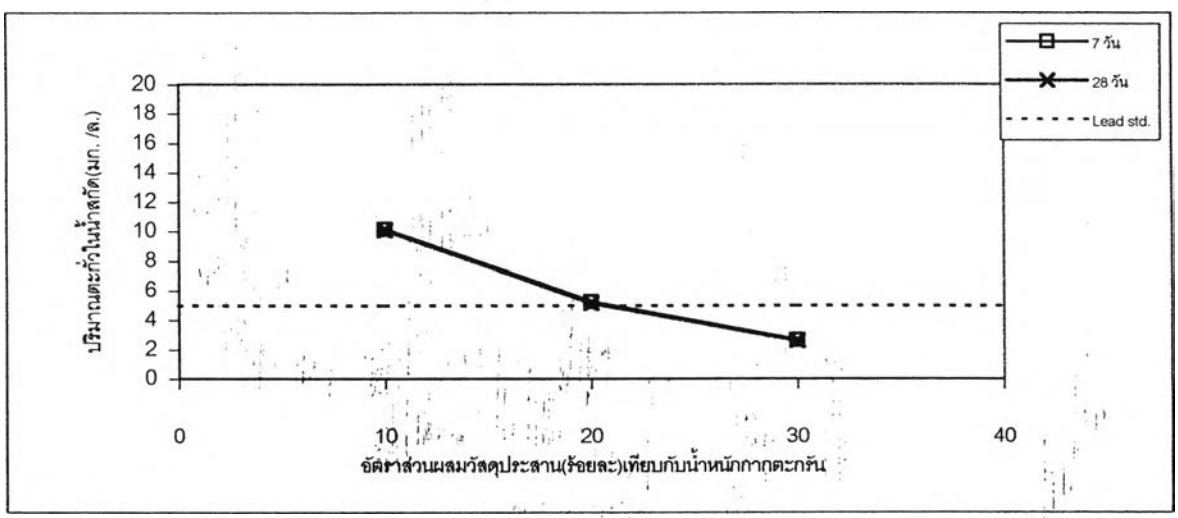
จากการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.12 พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างจะมีค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงใช้ค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ไปใช้ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด โดยแปรค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันอีก 4 ค่าคือ ร้อยละ 20 17 15 และ13 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน

5. ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก) ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

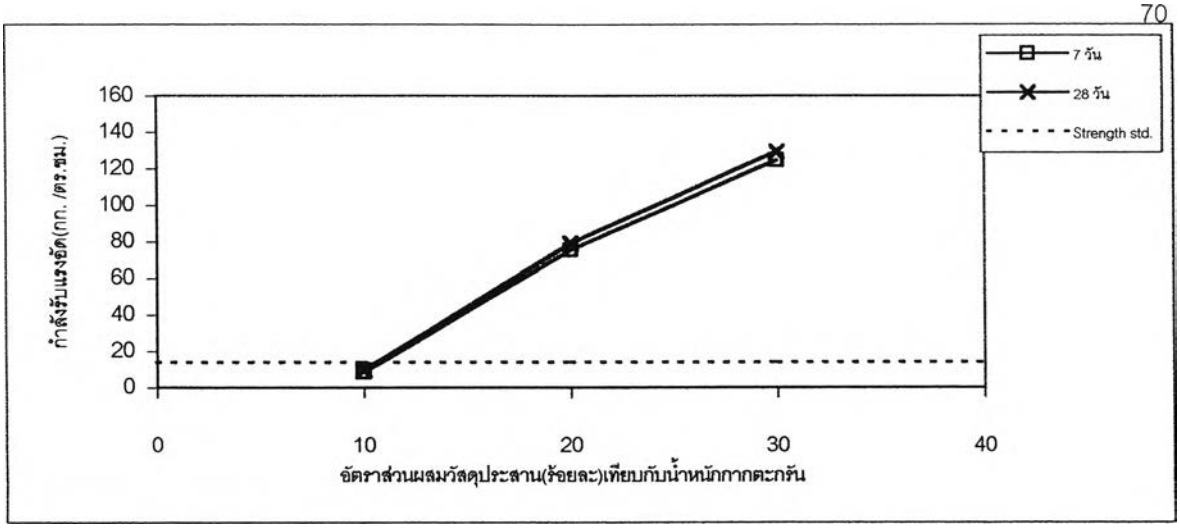
จากการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.13 พบว่าที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างจะมีค่ากำลังรับแรงอัด และความหนาแน่น เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนปริมาณ

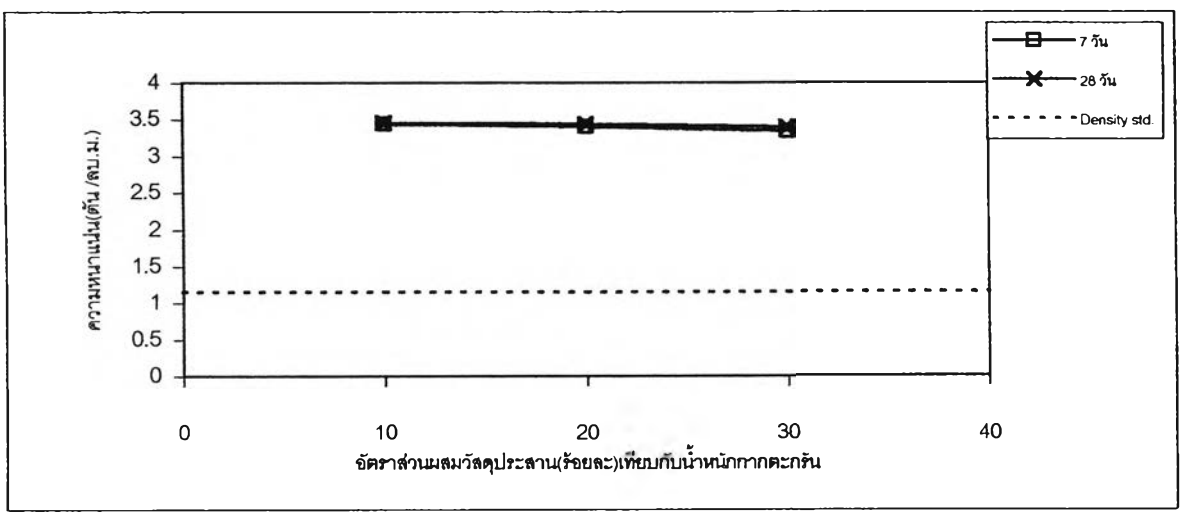


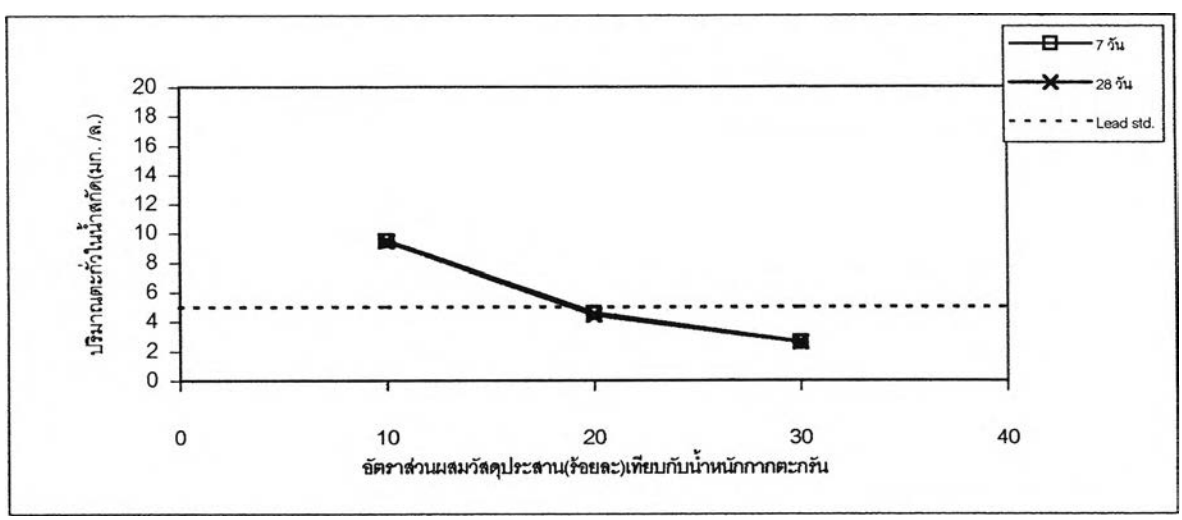




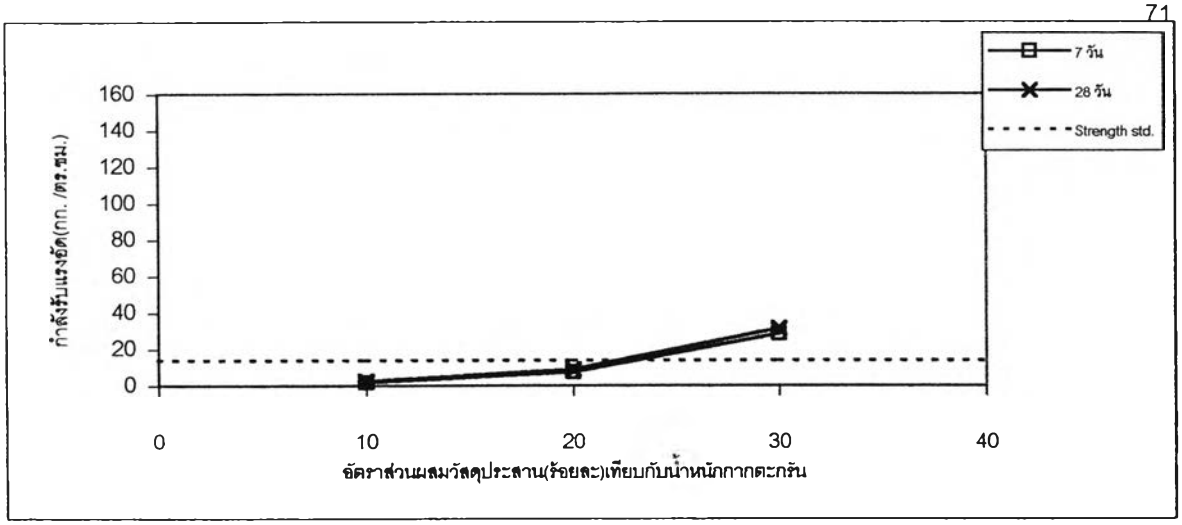
รูปที่5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์10%เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น

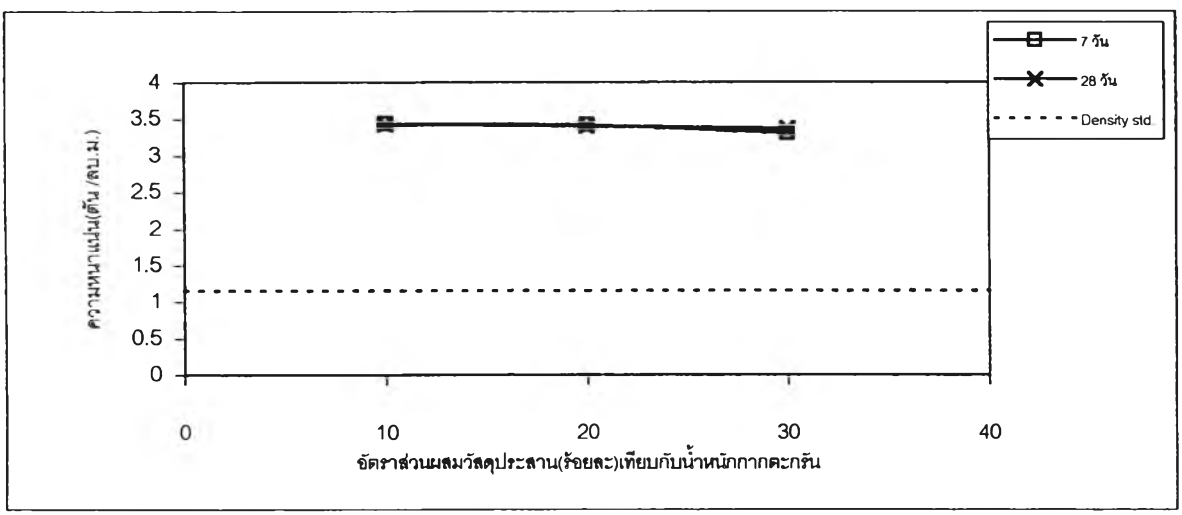


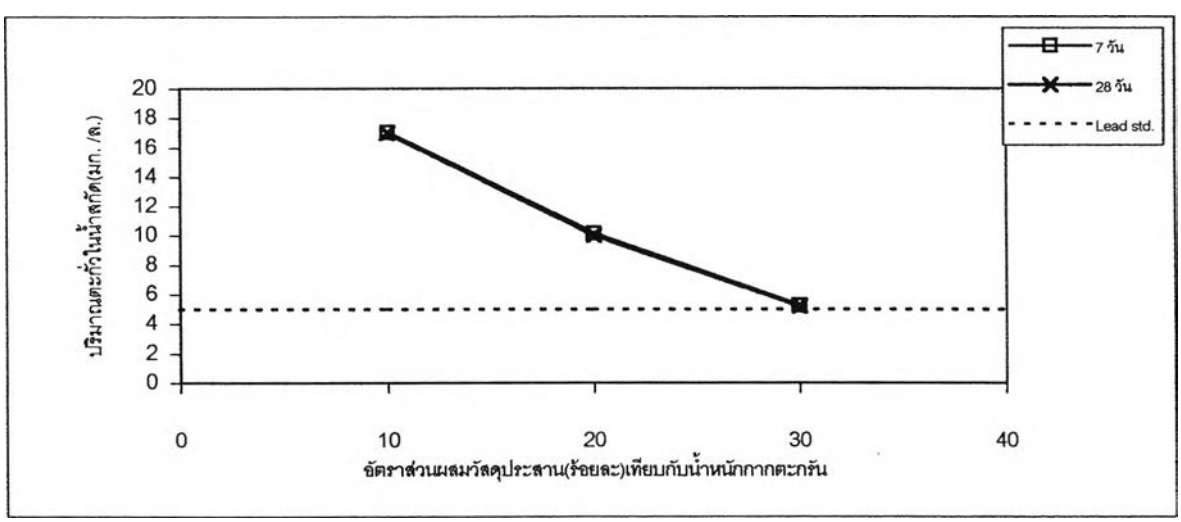




รูปที่5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์20%เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น





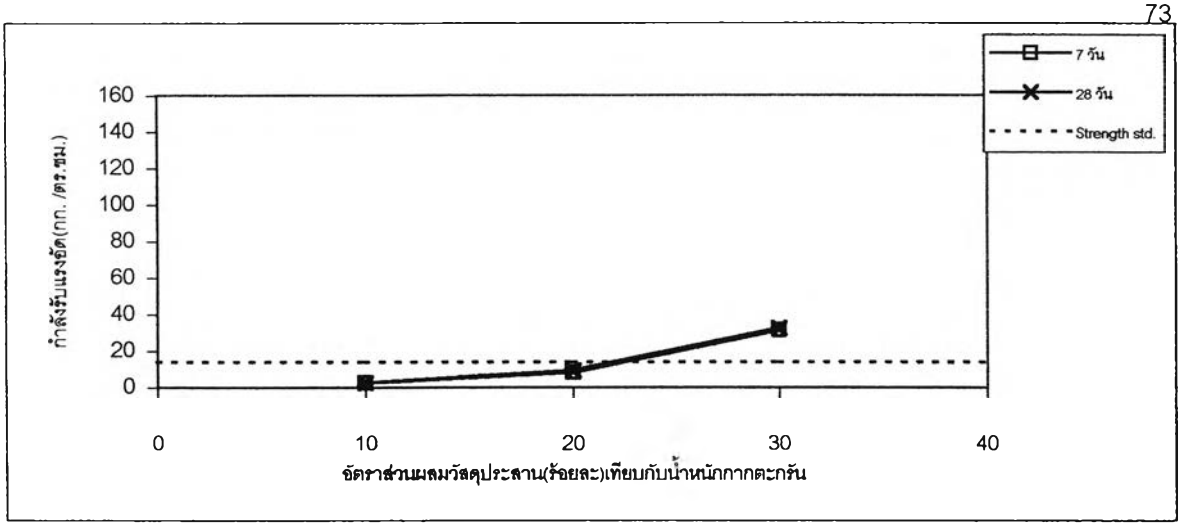


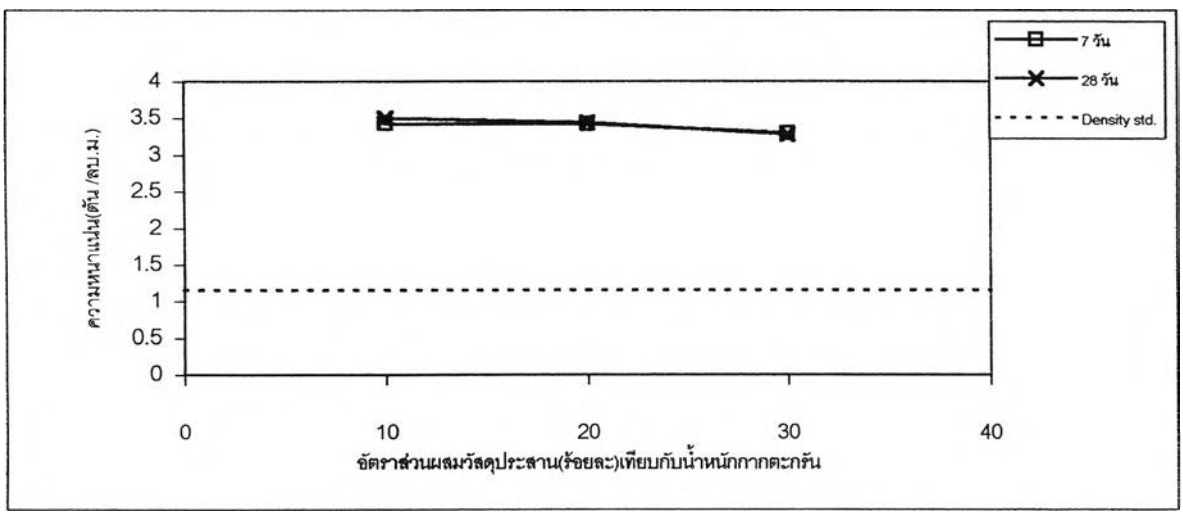
รูปที่5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์10%เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น

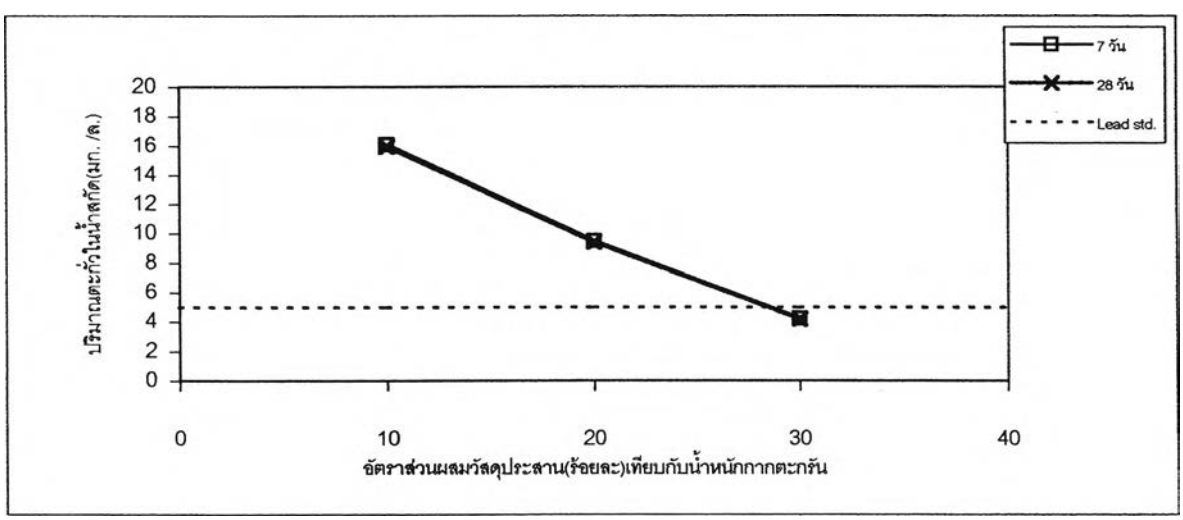
ตะกั่วในน้ำสกัดก็จะมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานคือ 5 มก. /ล. ดังนั้นจึงใช้ดังนั้นจึงใช้ค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ไปใช้ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด โดยแปรค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันอีก 4 ค่าคือ ร้อยละ 30 33 35 และ37 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน

6. ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก) ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

จากการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.14 พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างจะมีค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงใช้ค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ไปใช้ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด โดยแปรค่าอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันอีก 4 ค่าคือ ร้อยละ 30 27 25 และ23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน







รูปที่5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์20%เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้น

5.3 ผลการศึกษา การหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด ในการทำเสถียรกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า

จากการศึกษาการทำเสถียรกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ด้วยการทำให้เป็นก้อนเพื่อหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด โดยการนำอัตราส่วนผสมวัสดุประสานของแต่ละชนิดวัสดุประสานที่ได้จากผลการศึกษาการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเบื้องต้นมาทำการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนผสม เพื่อให้ได้ชนิดและอัตราส่วนผสมของวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด โดยการใช้ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ23 25 27 และ30 การใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ30 33 35 และ37 การใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ 20% เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ13 15 17 และ20 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.5 และทำการบ่มก้อนตัวอย่างเป็นเวลา 7 และ 28 วัน จากนั้นนำก้อนตัวอย่างมาทดสอบกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. กำลังรับแรงอัด

จากการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด ซึ่งทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 109-86 ของก้อนตัวอย่างที่ผ่านการบ่มเป็นเวลา 7 และ 28 วัน ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของกากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่5.9 และรูปที่5.15

1.1 ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน

กากตะกรันที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยการใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 106.33 และ 108.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์เป็นร้อยละ25 27 และ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน กำลังรับแรงอัดยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งค่ากำลังรับแรงอัดทั้งหมดที่ได้นี้มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 14 กก. /ตร.ซม.

ตารางที่5.9 ค่ากำลังรับแรงอัด และความหนาแน่น ของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ที่ทำให้เป็นก้อนด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ จากการทดลองหาชนิด และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

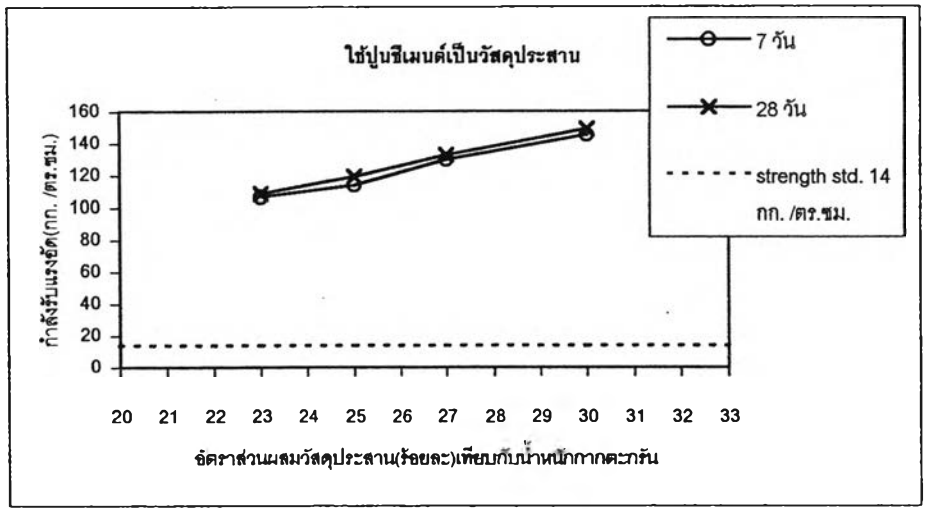
วัสดุประสานและอัตราส่วนผสม(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน	กำลังรับแรงอัด(กก. /ตร.ซม.)		ความหนาแน่น(ตัน /ลบ.ม.)	
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน
1.ปูนซีเมนต์				
ร้อยละ 23	106.33	108.67	3.40	3.36
ร้อยละ 25	114.00	119.33	3.40	3.35
ร้อยละ 27	129.67	132.67	3.39	3.33
ร้อยละ 30	145.33	149.00	3.38	3.30
2.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1 โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 30	44.67	49.67	3.32	3.32
ร้อยละ 33	51.00	56.33	3.31	3.33
ร้อยละ 35	55.33	58.67	3.31	3.32
ร้อยละ 37	59.00	62.67	3.30	3.29
3.ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (10% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 23	76.00	78.67	3.39	3.40
ร้อยละ 25	80.67	87.33	3.39	3.38
ร้อยละ 27	94.67	95.00	3.37	3.35
ร้อยละ 30	108.33	109.67	3.35	3.34
4.ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (20% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 13	37.00	38.00	3.43	3.45
ร้อยละ 15	49.00	50.67	3.43	3.41
ร้อยละ 17	62.33	62.67	3.42	3.42
ร้อยละ 20	73.67	79.33	3.41	3.41
5.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (10% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 30	29.33	32.00	3.31	3.33
ร้อยละ 33	35.67	38.67	3.30	3.29
ร้อยละ 35	38.67	40.33	3.30	3.28
ร้อยละ 37	42.33	44.00	3.29	3.27

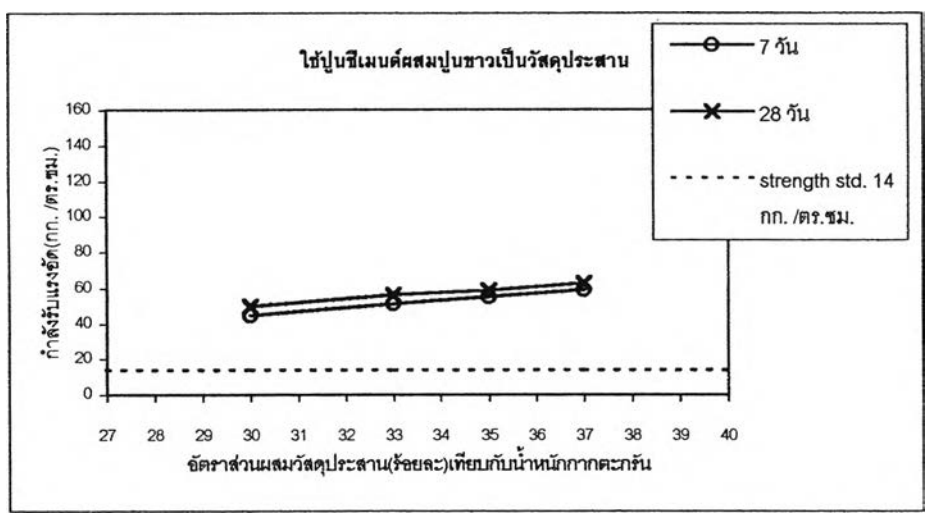
ตารางที่5.9 (ต่อ)

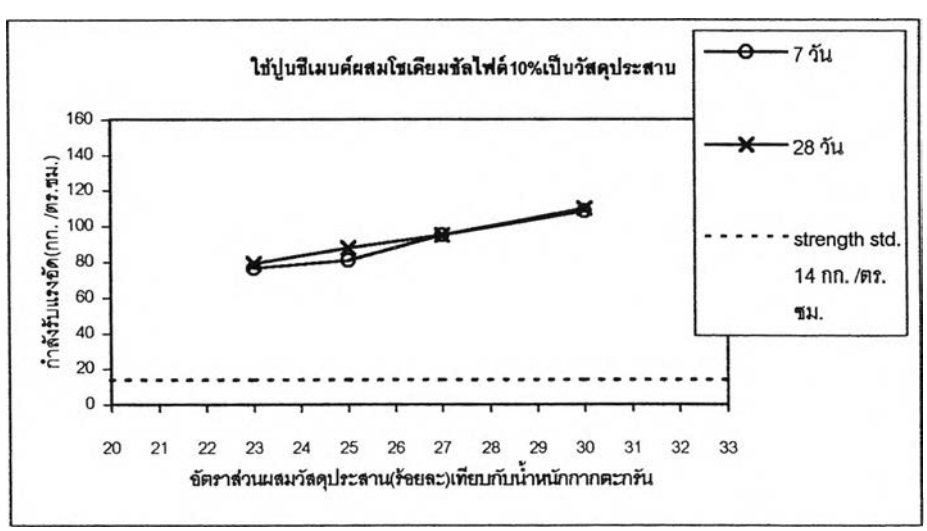
วัสดุประสานและอัตราส่วนผสม(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน	กำลังรับแรงอัด(กก. /ตร.ซม.)		ความหนาแน่น(ตัน /ลบ.ม.)	
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน
6.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (20% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 23	15.67	16.33	3.39	3.39
ร้อยละ 25	19.67	20.33	3.36	3.35
ร้อยละ 27	24.33	25.67	3.34	3.33
ร้อยละ 30	30.67	33.00	3.30	3.31
ค่ามาตรฐาน	> 14 กก. /ตร.ซม. *		> 1.15 ตัน /ลบ.ม. **	

* เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1(พ.ศ.2531)

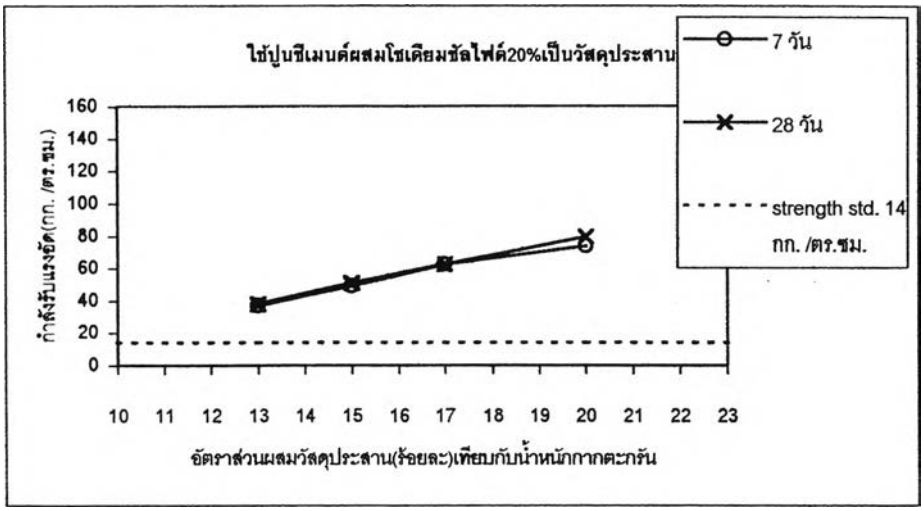
** เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6(พ.ศ.2540)

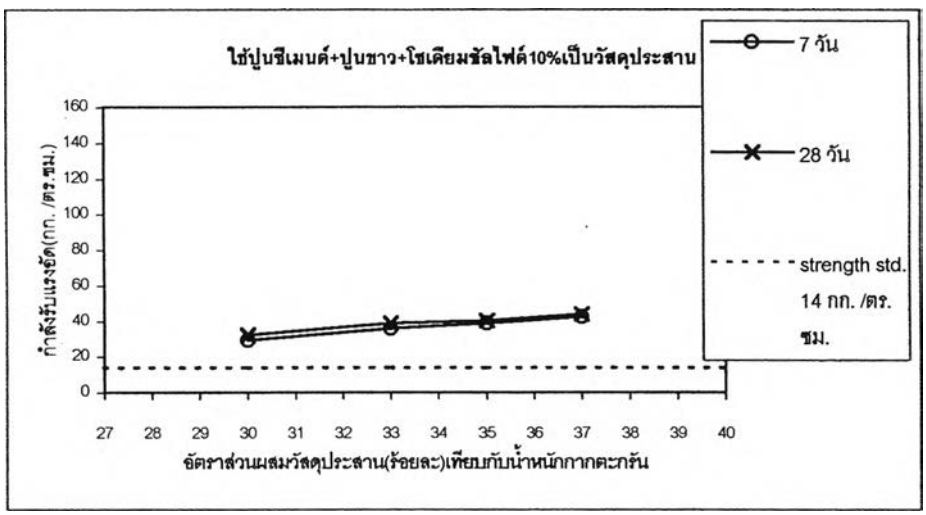


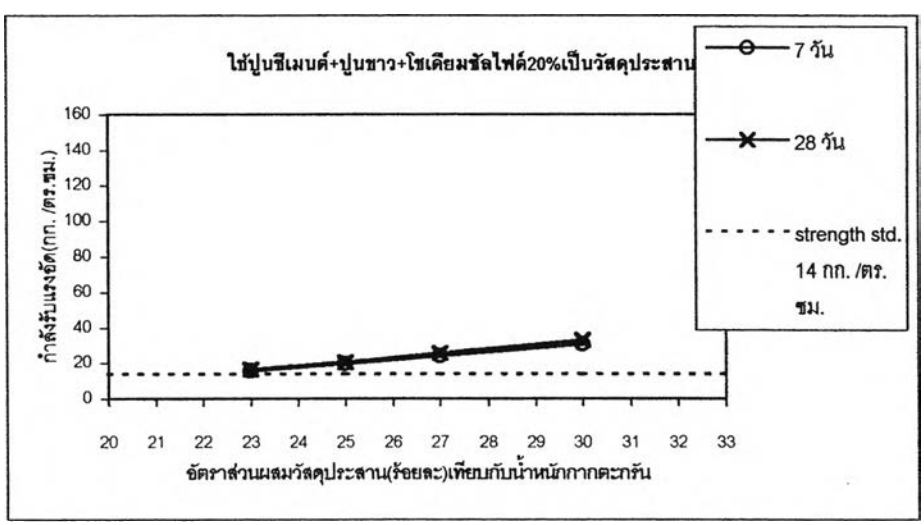




รูปที่5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด







รูปที่5.15(ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็งในการทดลองหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

1.2 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(อัตราส่วน1:1โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

กากตะกรันที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวเป็นวัสดุประสาน โดยใช้อัตราส่วนผสมวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 44.67 และ 49.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์เป็นร้อยละ33 35 และ37 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน กำลังรับแรงอัดยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งค่ากำลังรับแรงอัดทั้งหมดที่ได้นี้มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 14 กก. /ตร.ซม.

1.3 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

กากตะกรันที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยการใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%เทียบกับน้ำหนักปูนซีเมนต์)เป็นวัสดุประสาน โดยใช้อัตราส่วนผสมวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 76.00 และ 78.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์เป็นร้อยละ25 27 และ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน กำลังรับแรงอัดยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งค่ากำลังรับแรงอัดทั้งหมดที่ได้นี้มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 14 กก. /ตร.ซม.

1.4 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

กากตะกรันที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยการใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%เทียบกับน้ำหนักปูนซีเมนต์)เป็นวัสดุประสาน โดยใช้อัตราส่วนผสมวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 13 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 37.00 และ 38.00 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์เป็นร้อยละ15 17 และ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน กำลังรับแรงอัดยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งค่ากำลังรับแรงอัดทั้งหมดที่ได้นี้มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 14 กก. /ตร.ซม.

1.5 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก) เป็นวัสดุประสาน

กากตะกรันที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%เทียบกับน้ำหนักปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว)เป็นวัสดุประสาน โดยใช้อัตราส่วนผสมวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 29.33และ 32.00 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์เป็นร้อยละ33 35 และ37 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน กำลังรับแรงอัดยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งค่ากำลังรับแรงอัดทั้งหมดที่ได้นี้มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 14 กก. /ตร.ซม.

1.6 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก) เป็นวัสดุประสาน

กากตะกรันที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%เทียบกับน้ำหนักปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว)เป็นวัสดุประสาน โดยใช้อัตราส่วนผสมวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 15.67และ 16.33กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์เป็นร้อยละ25 27 และ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน กำลังรับแรงอัดยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งค่ากำลังรับแรงอัดทั้งหมดที่ได้นี้มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 14 กก. /ตร.ซม.

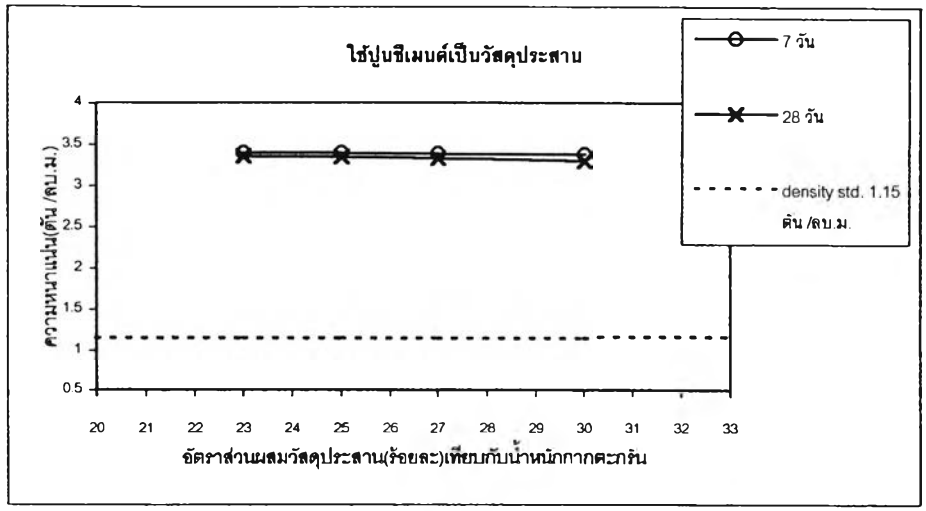
จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดพบว่า การใช้ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ 10% และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% เป็นวัสดุประสานในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง ด้วยอัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก็จะสามารถทำให้ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดอยู่ในช่วง 15.67 ถึง 108.67 กก. /ตร.ซม. ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 14 กก. /ตร.ซม. และการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวและปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์10%เป็นวัสดุประสานด้วยอัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก็จะสามารถทำให้ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้เช่นเดียวกัน ส่วนการใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% เป็นวัสดุประสาน ด้วยอัตราส่วนผสมวัสดุประสานเพียงร้อยละ13 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก็จะสามารถทำ

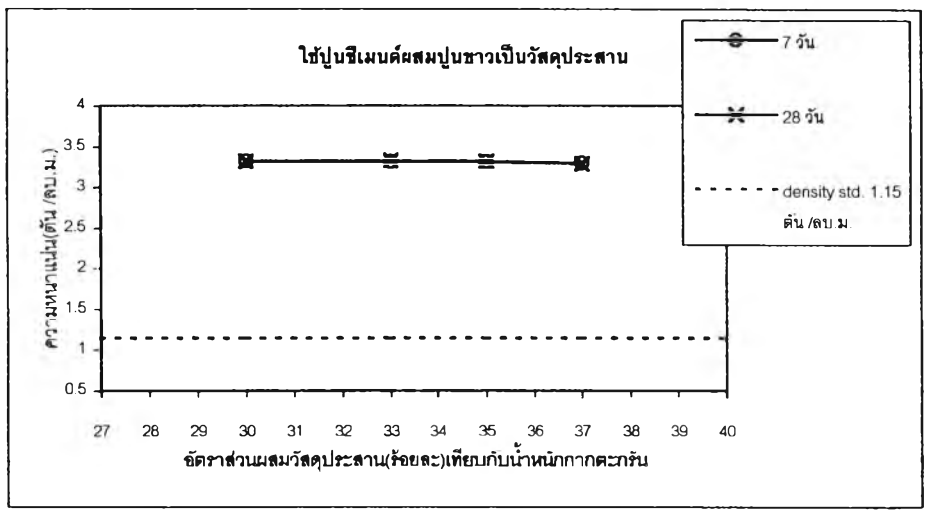
ให้ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ได้นี้ จะนำไปพิจารณาร่วมกับค่าความหนาแน่น และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด เพื่อหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด ในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง

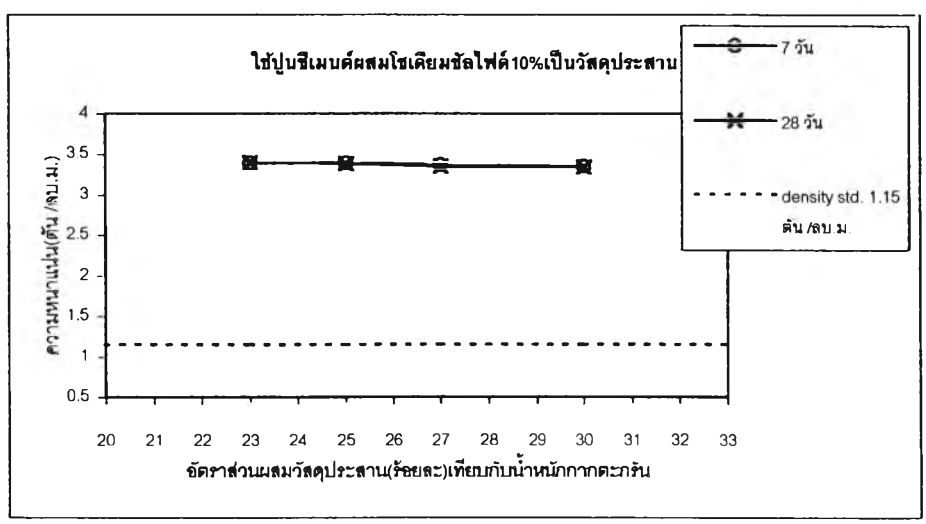
2. ความหนาแน่น

จากการหาค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7 และ 28 วัน ผลการหาค่าความหนาแน่นของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่5.9 และรูปที่5.16 พบว่าที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่างๆ ของแต่ละชนิดวัสดุประสาน ก้อนตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 3.27 ถึง 3.45 ตัน /ลบ.ม. ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐาน คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม. โดยเมื่ออัตราส่วนผสมวัสดุประสานเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างจะมีค่าลดลง

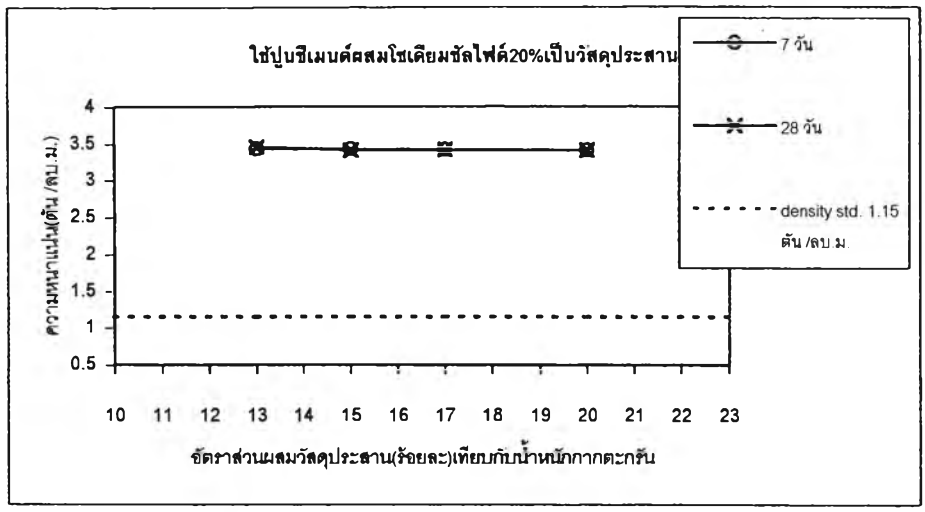
ดังนั้น การทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง โดยใช้ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะทำให้ก้อนตัวอย่างมีความหนาแน่นเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ การใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวและปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว (1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก็จะทำให้ก้อนตัวอย่างมีความหนาแน่นเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนการใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานเพียงร้อยละ13 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก็จะทำให้ก้อนตัวอย่างมีความหนาแน่นเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้เช่นเดียวกัน ผลของความหนาแน่นที่ได้นี้จะนำไปพิจารณาร่วมกับ ค่ากำลังรับแรงอัด และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด เพื่อหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด ในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง

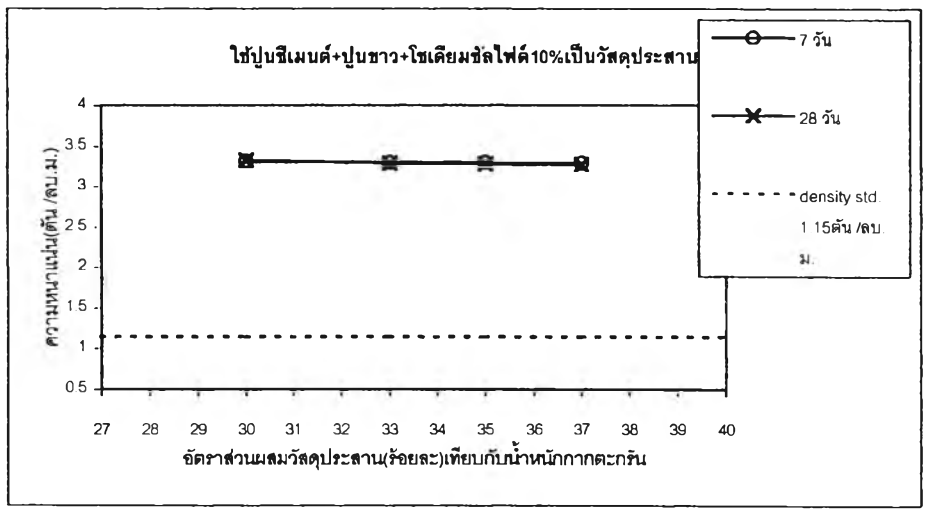


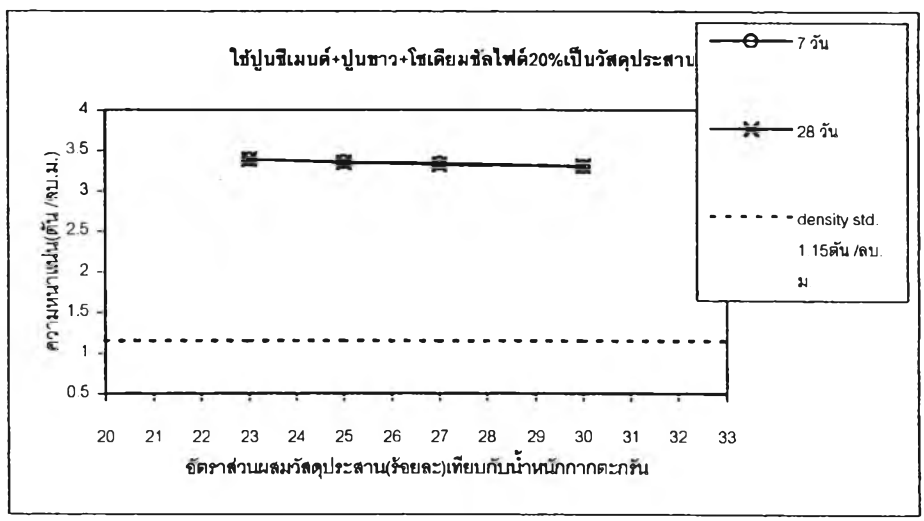




รูปที่5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด







รูปที่5.16(ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

3. ลักษณะสมบัติของน้ำสกัด

จากการศึกษาการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง โดยใช้ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ23 25 27 และ30 การใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ30 33 35 และ37 การใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ13 15 17 และ20 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.5 และทำการบ่มก้อนตัวอย่างเป็นเวลา 7 และ 28 วัน เพื่อนำมาหาลักษณะสมบัติของน้ำสกัด โดยวิธีการสกัดสารพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ คือ พีเอช และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด โดยในการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer(AA) จะใช้ความยาวคลื่น 217.0 nm

ลักษณะสมบัติของน้ำสกัดจากกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยชนิด และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่างๆ แสดงดังตารางที่5.10

3.1 พีเอช

กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งและผ่านการบ่มตัว 7 และ 28 วัน วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำสกัด ด้วยวิธีการสกัดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) พบว่าพีเอชของน้ำสกัดมีค่าระหว่าง 10.87 ถึง 11.80 ซึ่งแสดงว่าน้ำสกัดมีลักษณะเป็นด่าง เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวเป็นวัสดุประสานค่าพีเอชของน้ำสกัดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบออกไซด์ของปูนขาวซึ่งรวมกับน้ำกลายเป็นรูปไฮดรอกไซด์ ส่วนก้อนตัวอย่างที่เติมโซเดียมซัลไฟต์ในวัสดุประสานมีค่าพีเอชใกล้เคียงกับก้อนตัวอย่างที่ไม่ได้เติม และเมื่ออัตราส่วนผสมของวัสดุประสานเพิ่มขึ้นค่าพีเอชของน้ำสกัดจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่5.17 เนื่องจากการละลายที่เพิ่มขึ้นของไฮดรอกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

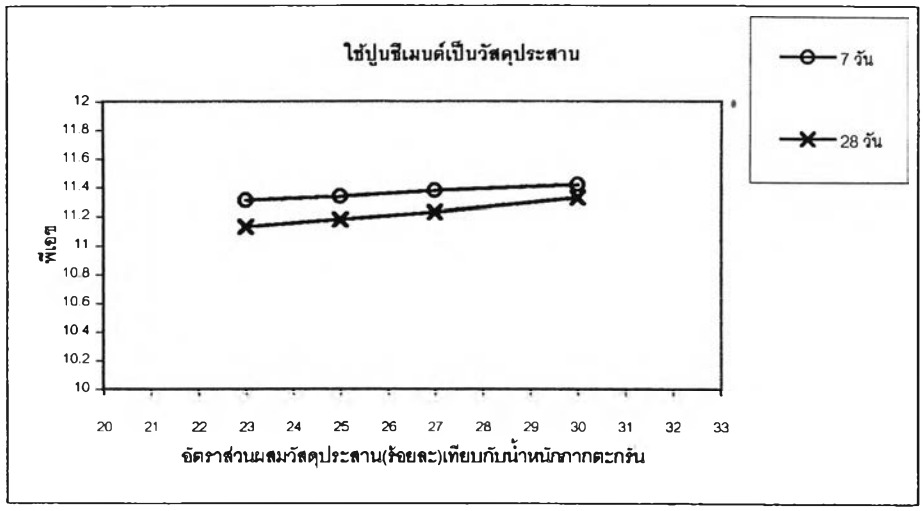
ตารางที่5.10 ลักษณะสมบัติของน้ำสกัดจากกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ จากการทดลองหาชนิด และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

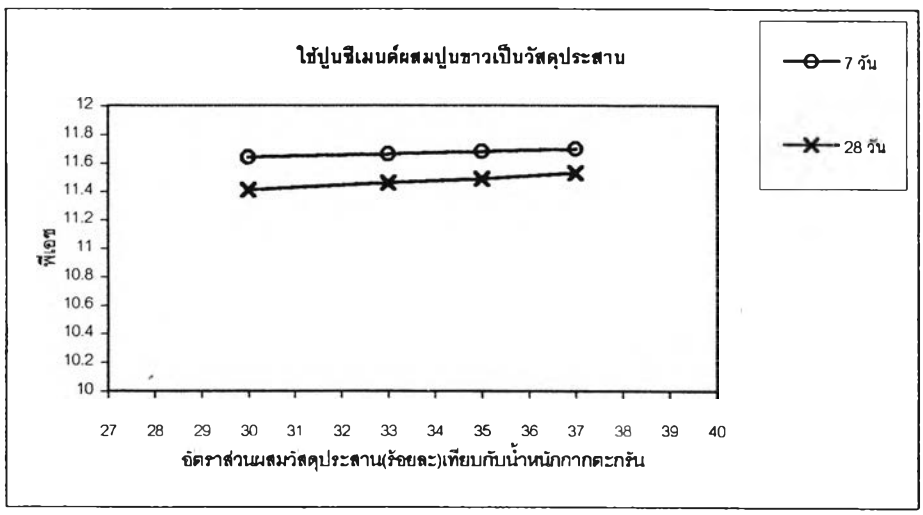
วัสดุประสานและอัตราส่วนผสม(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน	พีเอช		ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด(มก. /ล.)	
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน
1.ปูนซีเมนต์				
ร้อยละ 23	11.31	11.13	5.57	5.53
ร้อยละ 25	11.34	11.18	4.78	4.77
ร้อยละ 27	11.38	11.23	4.18	4.19
ร้อยละ 30	11.42	11.33	3.66	3.63
2.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1 โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 30	11.64	11.41	5.87	5.84
ร้อยละ 33	11.66	11.46	4.70	4.68
ร้อยละ 35	11.68	11.49	4.13	4.12
ร้อยละ 37	11.70	11.53	3.80	3.78
3.ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (10% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 23	11.34	11.17	4.07	4.08
ร้อยละ 25	11.37	11.18	3.50	3.45
ร้อยละ 27	11.41	11.21	3.10	3.07
ร้อยละ 30	11.49	11.29	2.68	2.71
4.ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (20% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 13	11.04	10.87	7.45	7.41
ร้อยละ 15	11.09	10.91	6.33	6.30
ร้อยละ 17	11.18	10.98	5.43	5.41
ร้อยละ 20	11.36	11.12	4.54	4.49
5.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (10% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 30	11.69	11.50	5.32	5.28
ร้อยละ 33	11.72	11.54	4.34	4.30
ร้อยละ 35	11.76	11.56	3.82	3.79
ร้อยละ 37	11.80	11.59	3.49	3.47

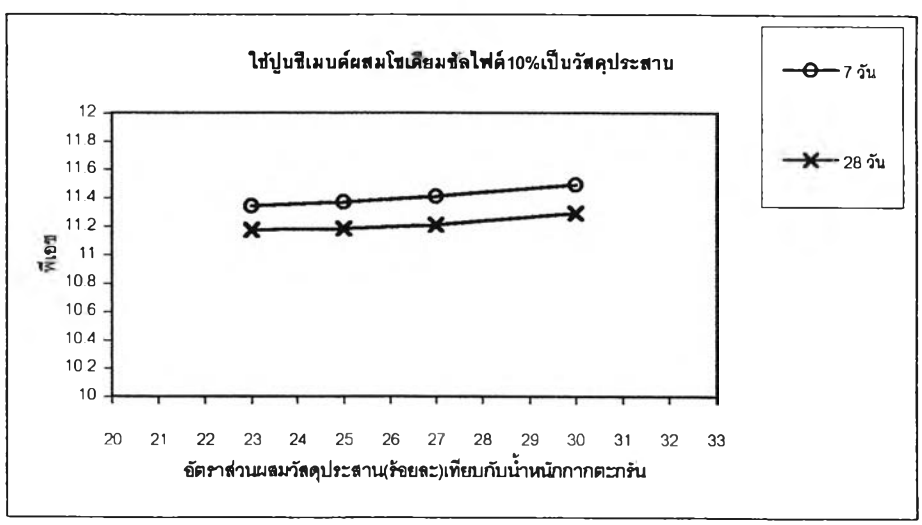
ตารางที่5.10 (ต่อ)

วัสดุประสานและอัตราส่วนผสม(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน	พีเอช		ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด(มก. /ล.)	
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน
6.ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1) ผสมโซเดียมซัลไฟต์ (20% โดยน้ำหนัก)				
ร้อยละ 23	11.49	11.32	7.14	7.07
ร้อยละ 25	11.54	11.35	5.96	5.93
ร้อยละ 27	11.61	11.43	5.20	5.16
ร้อยละ 30	11.74	11.49	4.35	4.29
ค่ามาตรฐาน	-		< 5 มก. /ล. *	

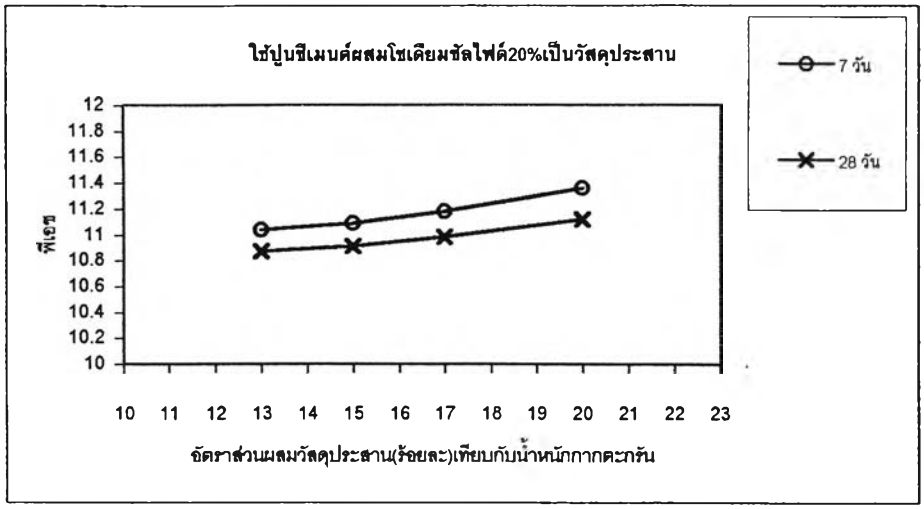
* เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6(พ.ศ.2540)

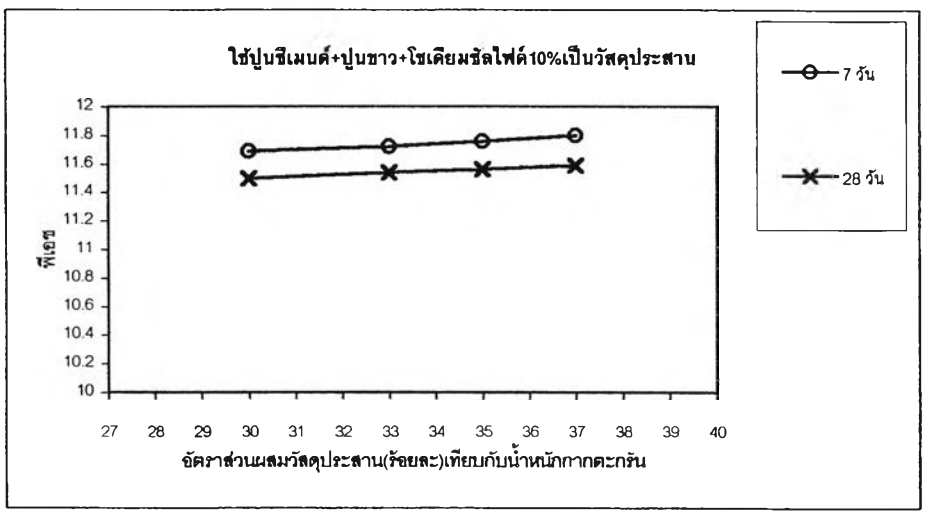


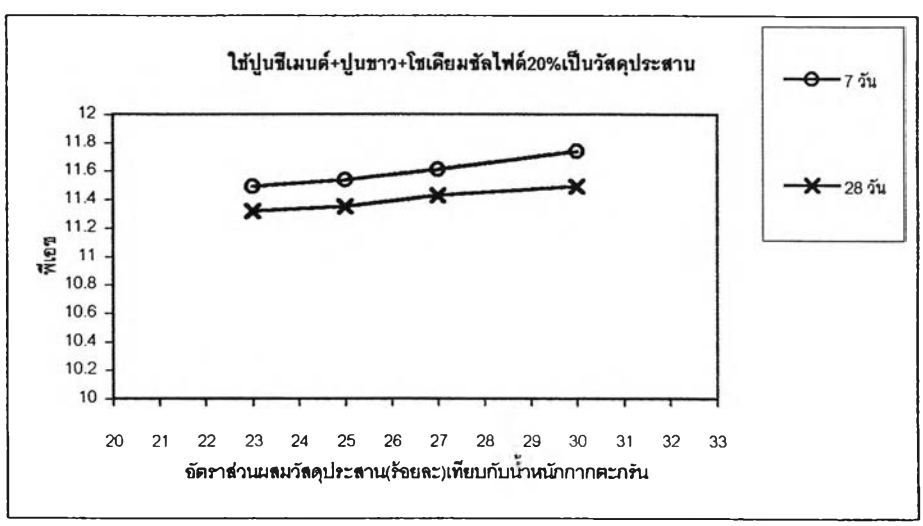




รูปที่5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีเอช และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด







รูปที่5.17(ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีเอช และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

3.2 ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด โดยใช้อัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆต่อกากตะกรันทุกส่วนผสม ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน สรุปได้ดังนี้

3.2.1 ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อกากตะกรันร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 4.78 และ 4.77 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 5 มก. /ล. สาเหตุเนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูง ทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย จึงทำให้สามารถยึดจับอยู่กับวัสดุประสานได้ดี และเมื่ออัตราส่วนผสมวัสดุประสานเพิ่มขึ้น ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดจะมีค่าลดลง เนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูงขึ้น จึงทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย และยึดจับกับวัสดุประสานได้ดีขึ้น

3.2.2 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)

ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ33 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และ 4.68 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 5 มก. /ล. สาเหตุเนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูง ทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย จึงทำให้สามารถยึดจับอยู่กับวัสดุประสานได้ดี และเมื่ออัตราส่วนผสมวัสดุประสานเพิ่มขึ้น ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดจะมีค่าลดลง เนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูงขึ้น จึงทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย และยึดจับกับวัสดุประสานได้ดีขึ้น

3.2.3 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 4.07 และ 4.08 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 5 มก. /ล. สาเหตุเนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูง ทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย จึงทำให้สามารถยึดจับอยู่กับวัสดุประสานได้ดี และเมื่ออัตราส่วนผสมวัสดุประสาน

เพิ่มขึ้น ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดจะมีค่าลดลง เนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูงขึ้น จึงทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย และยึดจับกับวัสดุประสานได้ดีขึ้น

3.2.4 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 4.54 และ 4.49 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 5 มก. /ล. สาเหตุเนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูง ทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย จึงทำให้สามารถยึดจับอยู่กับวัสดุประสานได้ดี และเมื่ออัตราส่วนผสมวัสดุประสานเพิ่มขึ้น ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดจะมีค่าลดลง เนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูงขึ้น จึงทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย และยึดจับกับวัสดุประสานได้ดีขึ้น

3.2.5 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก) เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ33 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 4.34 และ 4.30 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 5 มก. /ล. สาเหตุเนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูง ทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย จึงทำให้สามารถยึดจับอยู่กับวัสดุประสานได้ดี และเมื่ออัตราส่วนผสมวัสดุประสานเพิ่มขึ้น ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดจะมีค่าลดลง เนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูงขึ้น จึงทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย และยึดจับกับวัสดุประสานได้ดีขึ้น

3.2.6 ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก) เป็นวัสดุประสาน

ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 4.35 และ 4.29 มก. /ล. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 5 มก. /ล. สาเหตุเนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูง ทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย จึงทำให้สามารถยึดจับอยู่กับวัสดุประสานได้ดี และเมื่ออัตราส่วนผสมวัสดุประสาน

เพิ่มขึ้น ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดจะมีค่าลดลง เนื่องจากน้ำสกัดมีค่าพีเอชสูงขึ้น จึงทำให้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย และยึดจับกับวัสดุประสานได้ดีขึ้น

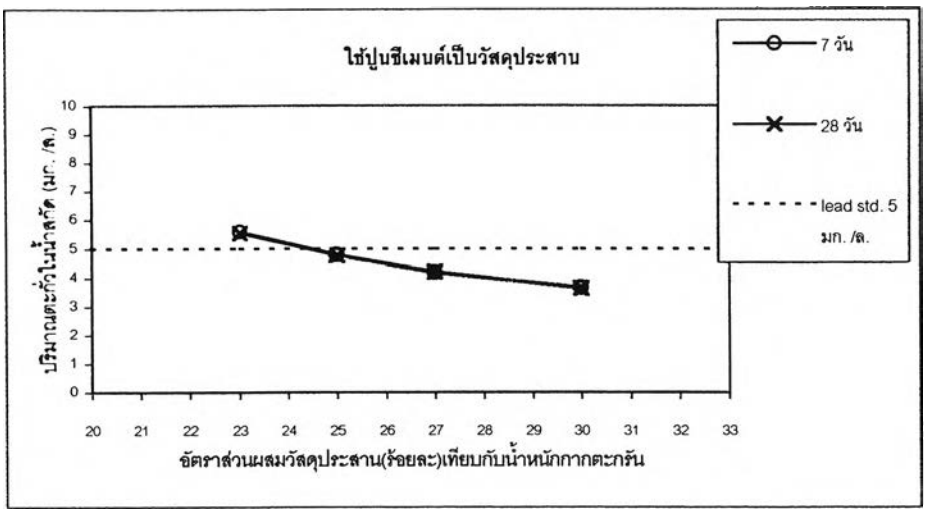
จากผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำสกัด พบว่าการใช้ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว (1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์10% และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์20% เป็นวัสดุประสาน ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ 25 33 23 20 33 และ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันตามลำดับ สามารถมีเสถียรภาพในการยึดเกาะตะกั่วที่มีอยู่ในกากตะกรันไม่ให้ถูกชะละลายออกมาเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 5 มก. /ล. ดังแสดงในรูปที่5.18 ผลของลักษณะสมบัติของน้ำสกัดที่ได้นี้จะนำไปพิจารณาร่วมกับ ค่ากำลังรับแรงอัด และความหนาแน่น เพื่อหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด ในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง

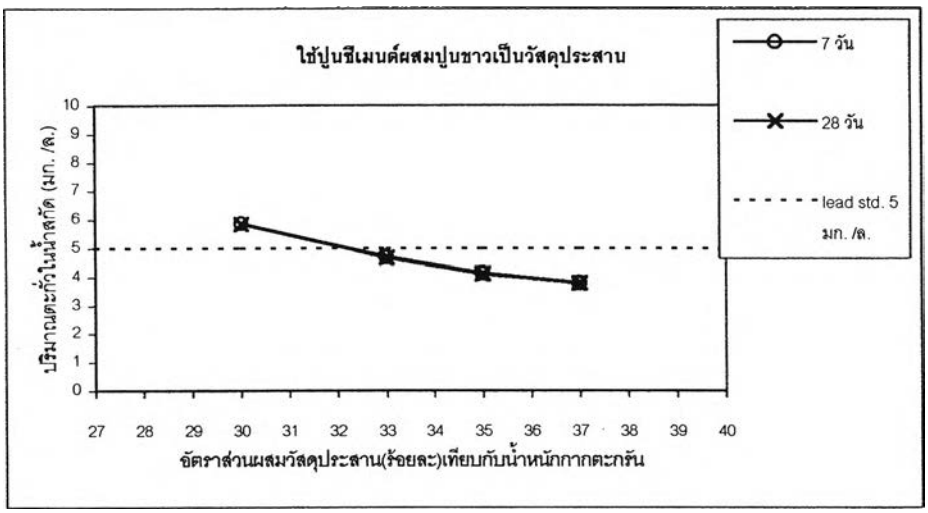
สรุปผลการศึกษา การหาชนิด และอัตราส่วนวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

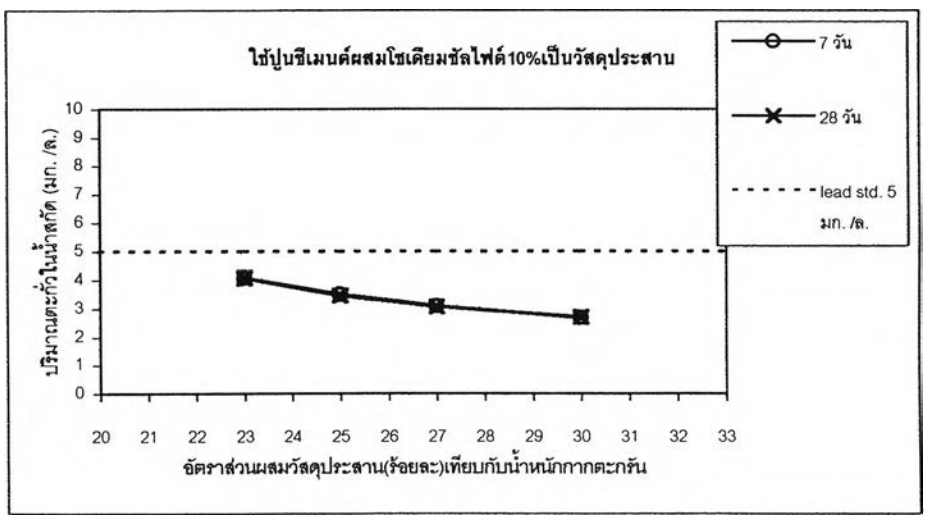
จากผลการวิเคราะห์ ค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด เพื่อพิจารณาหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด ผลการพิจารณาสรุปได้ดังนี้

1. ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน

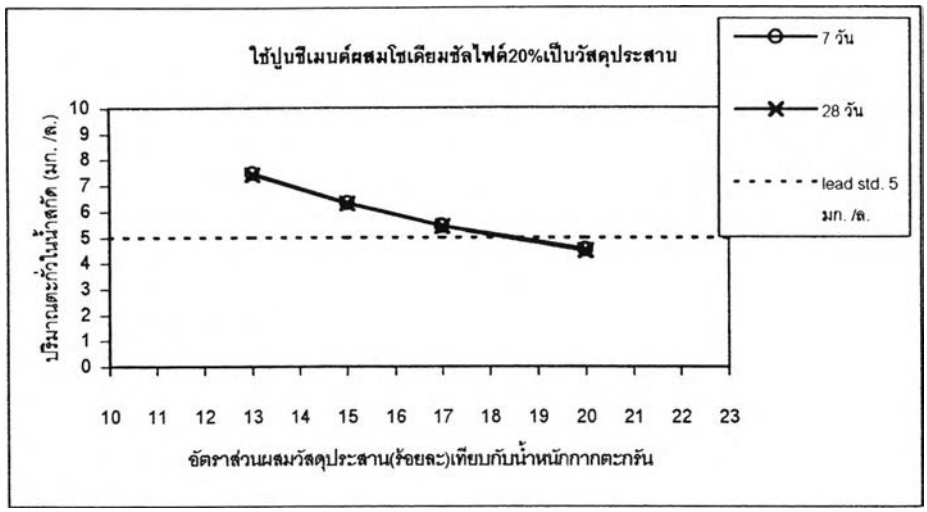
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.19 พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1 (พ.ศ. 2531) คือ 14 กก. /ตร.ซม. มีความหนาแน่นเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม. และมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 5 มก. /ล. ซึ่งจะนำอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันนี้ ไปพิจารณาค่าใช้จ่ายในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง เพื่อหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

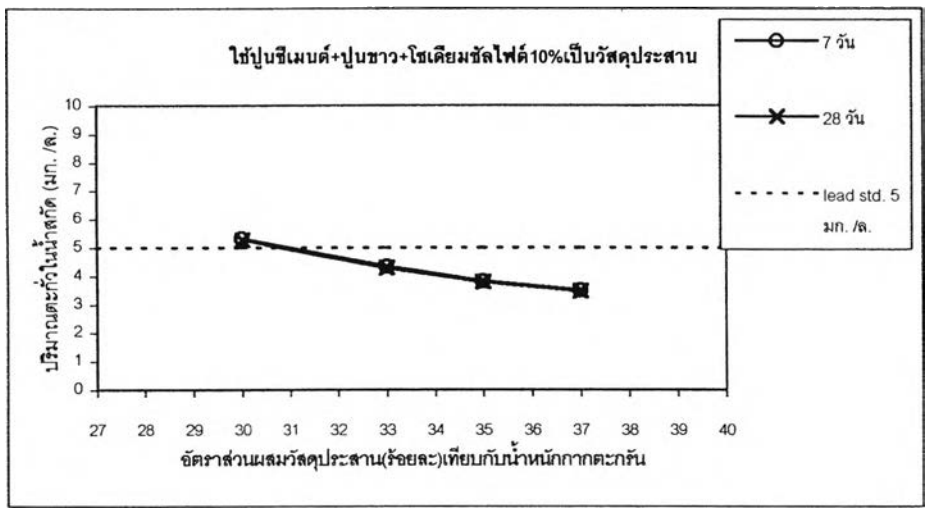


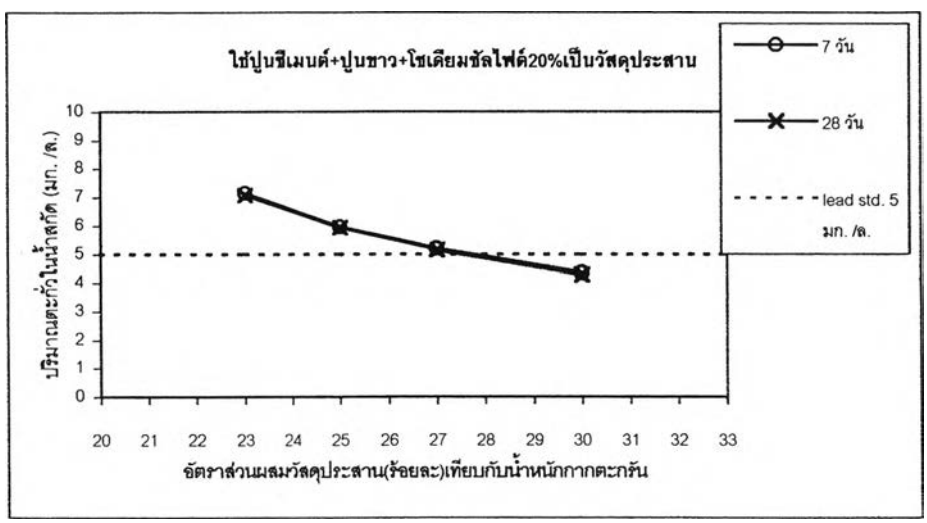




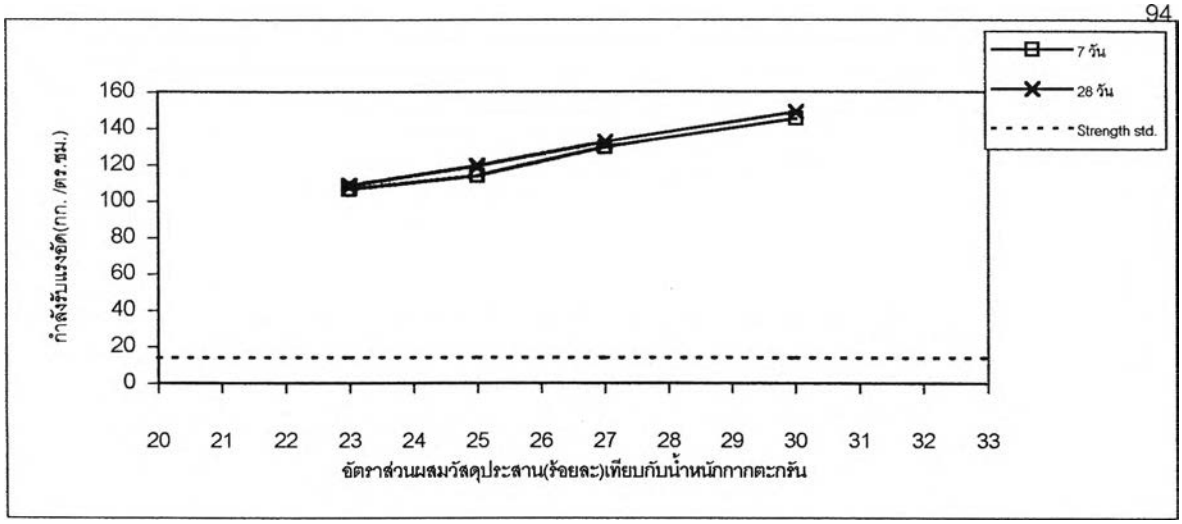
รูปที่5.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

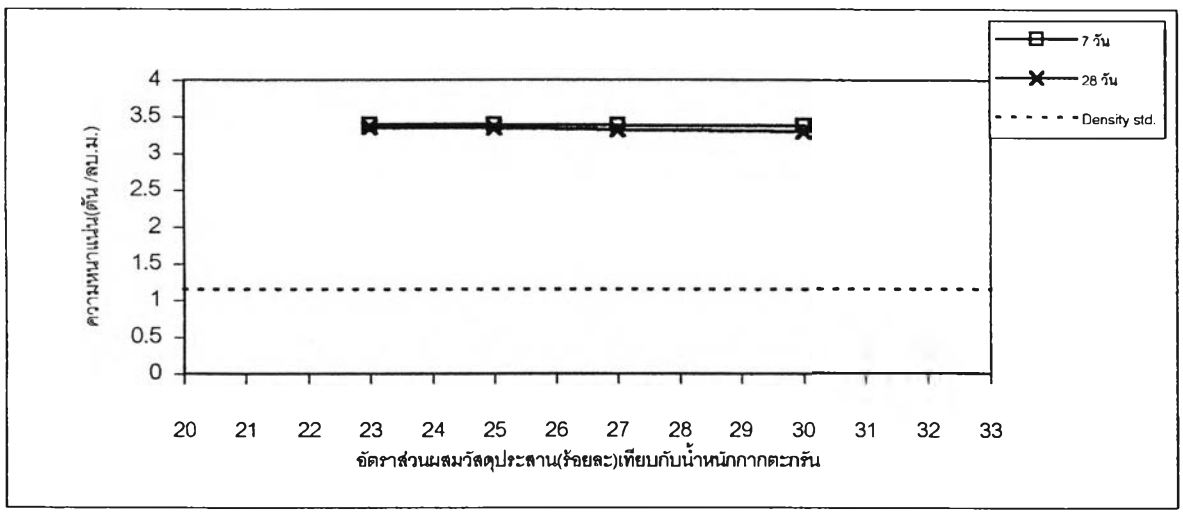


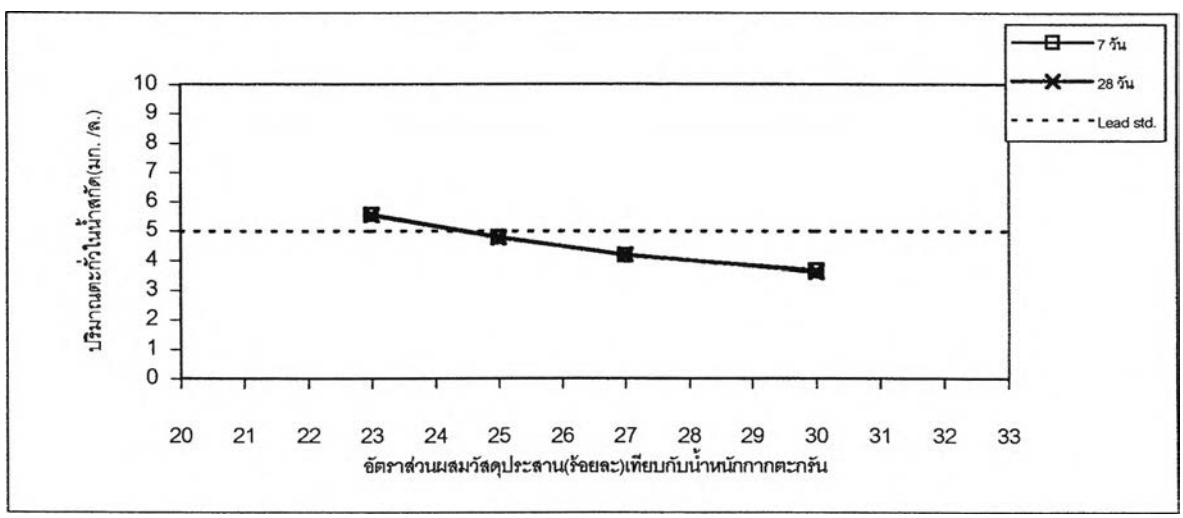




รูปที่5.18(ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด และอัตราส่วนผสมวัสดุประสานชนิดต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ในการทดลองหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด







รูปที่5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

2. ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

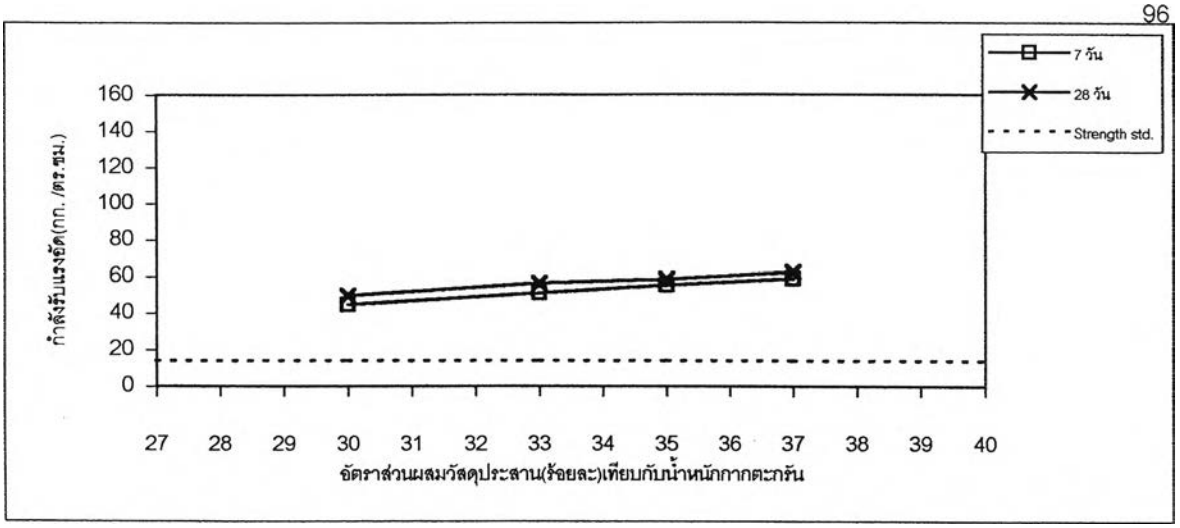
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.20 พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ33 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1 (พ.ศ. 2531) คือ 14 กก. /ตร.ซม. มีความหนาแน่นเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม. และมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 5 มก. /ล. ซึ่งจะนำอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ33 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันนี้ ไปพิจารณาค่าใช้จ่ายในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง เพื่อหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

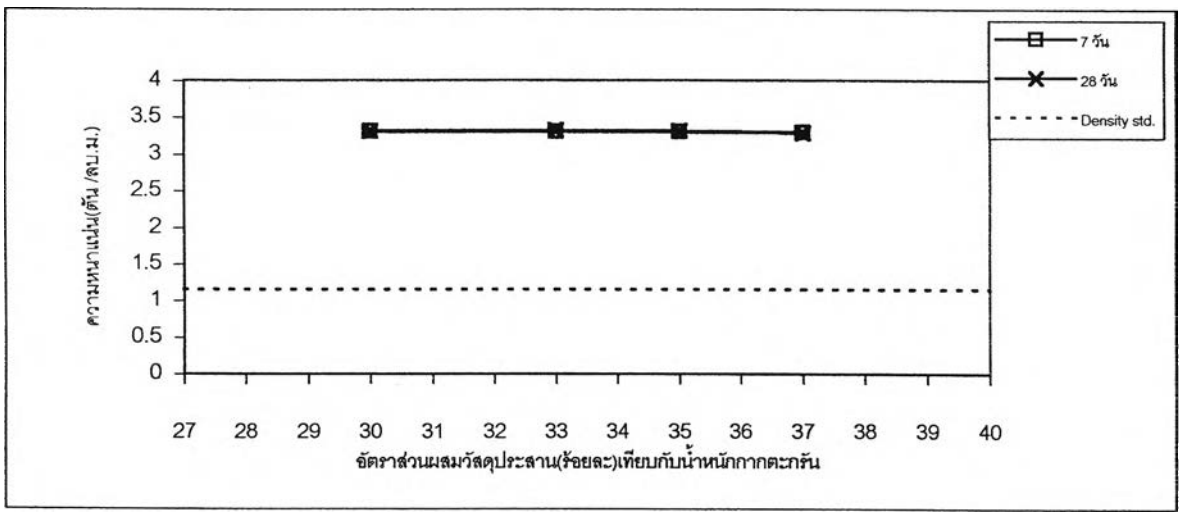
3. ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

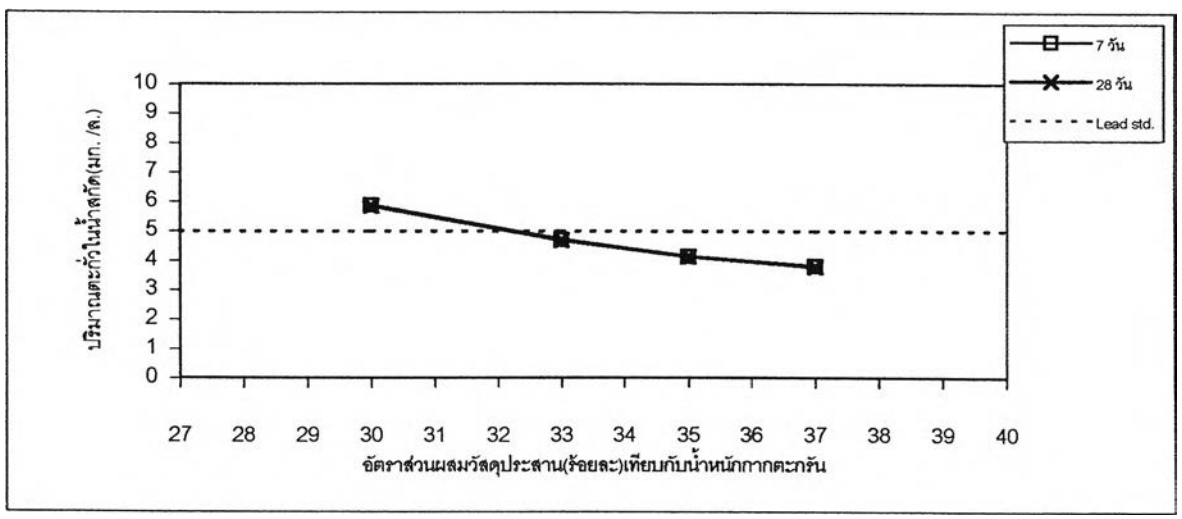
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.21 พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1 (พ.ศ. 2531) คือ 14 กก. /ตร.ซม. มีความหนาแน่นเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม. และมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 5 มก. /ล. ซึ่งจะนำอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ23 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันนี้ ไปพิจารณาค่าใช้จ่ายในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง เพื่อหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

4. ใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

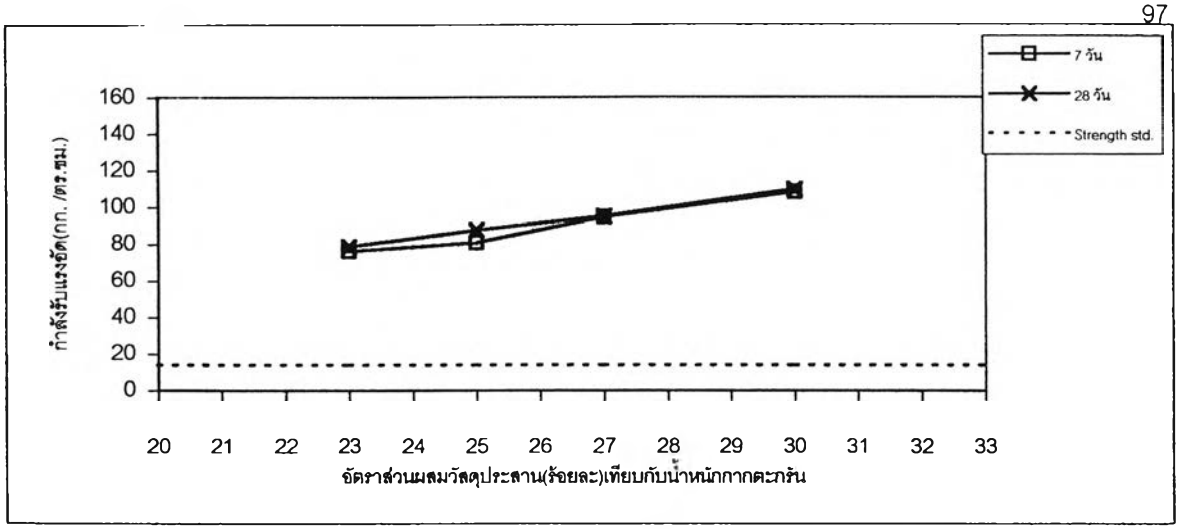
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.22 พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างมี

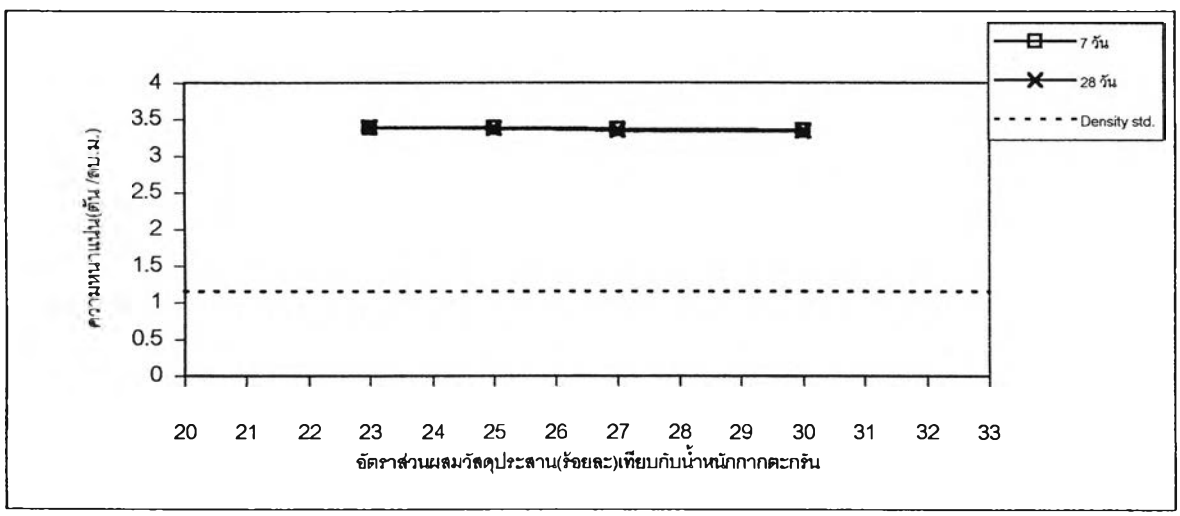


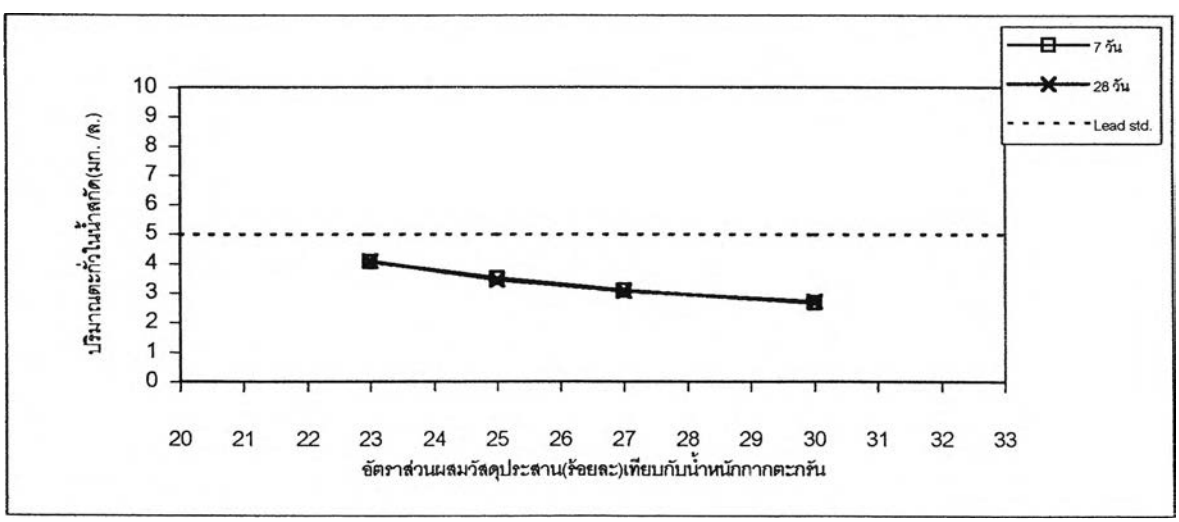




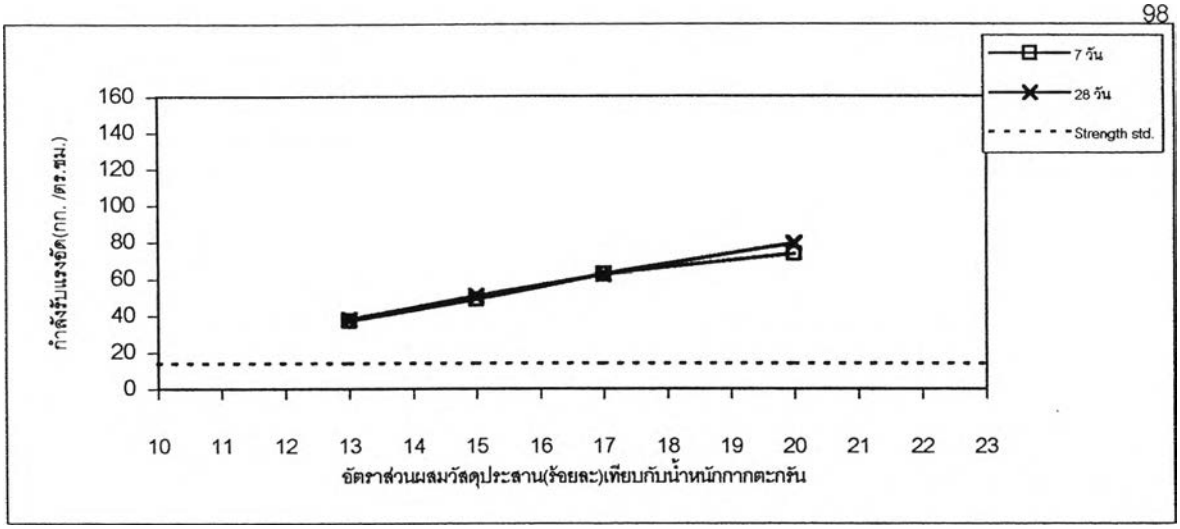
รูปที่5.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

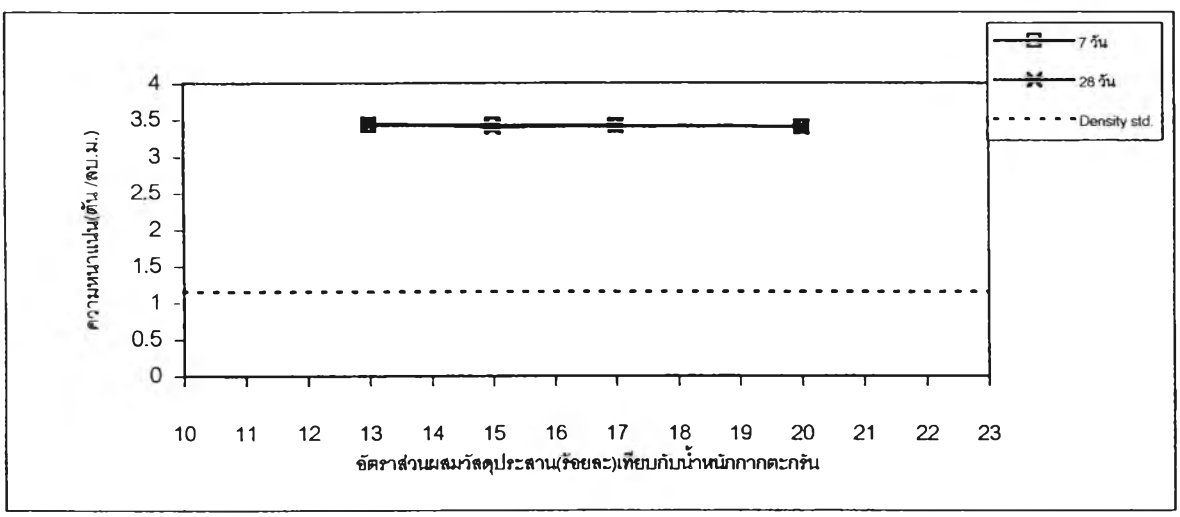


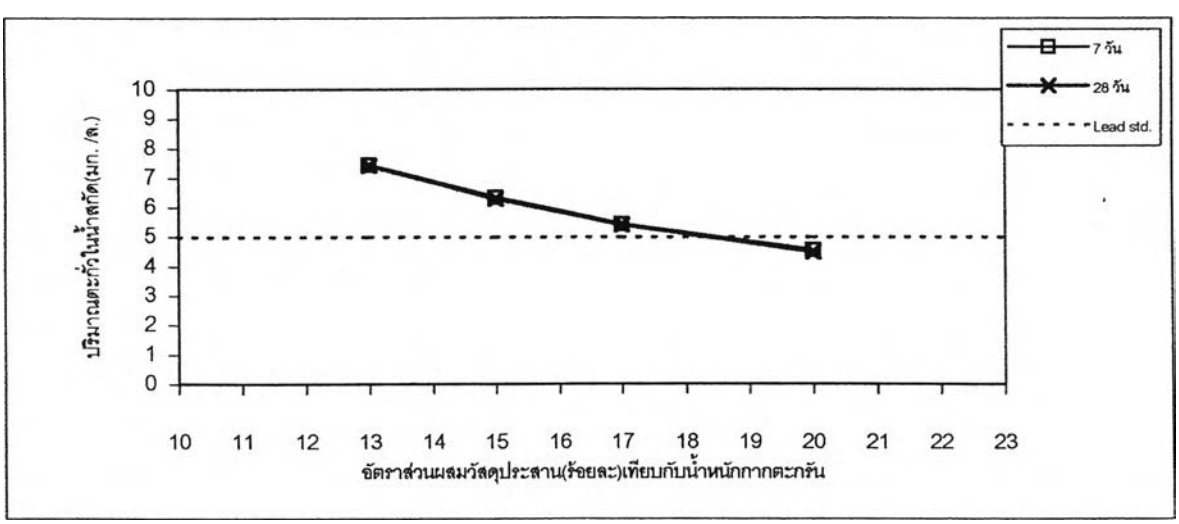




รูปที่5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์10%เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด







รูปที่5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซัลไฟต์20%เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

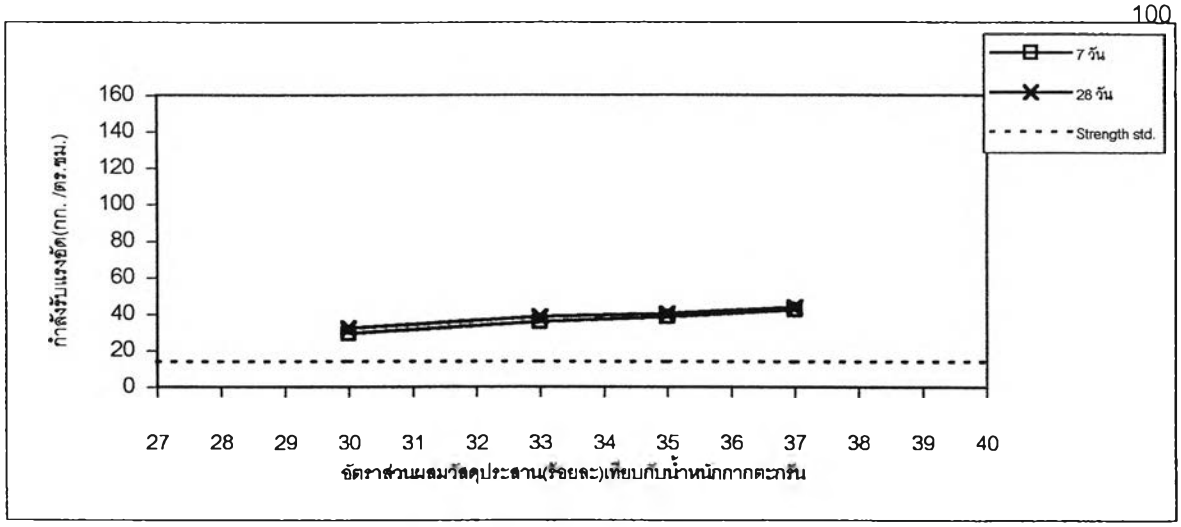
กำลังรับแรงอัดเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1 (พ.ศ. 2531) คือ 14 กก. /ตร.ซม. มีความหนาแน่นเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม. และมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 5 มก. /ล. ซึ่งจะนำอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ20 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันนี้ ไปพิจารณาค่าใช้จ่ายในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง เพื่อหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

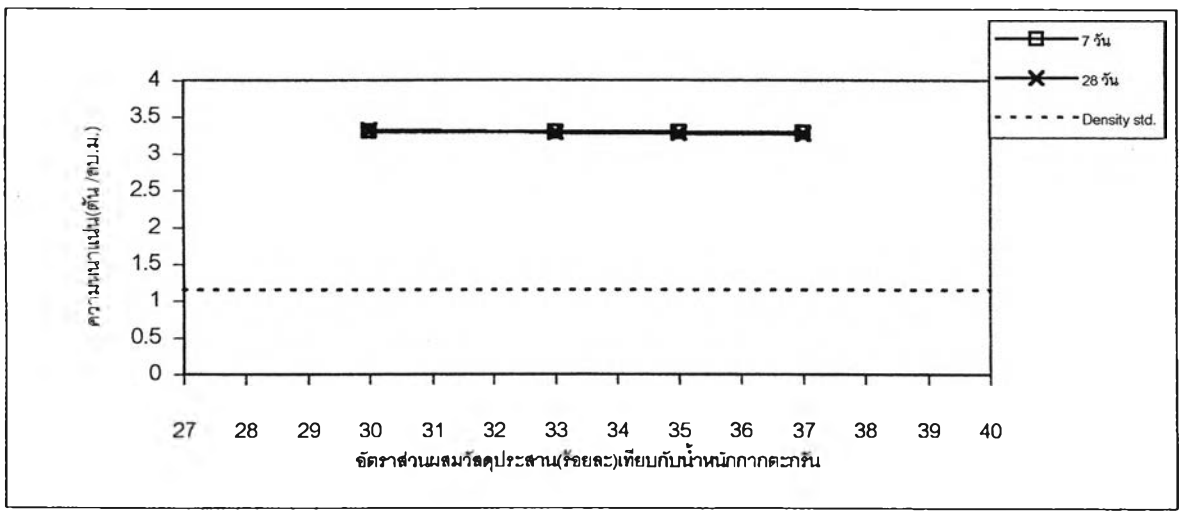
5. ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก) ผสมโซเดียมซัลไฟต์(10%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

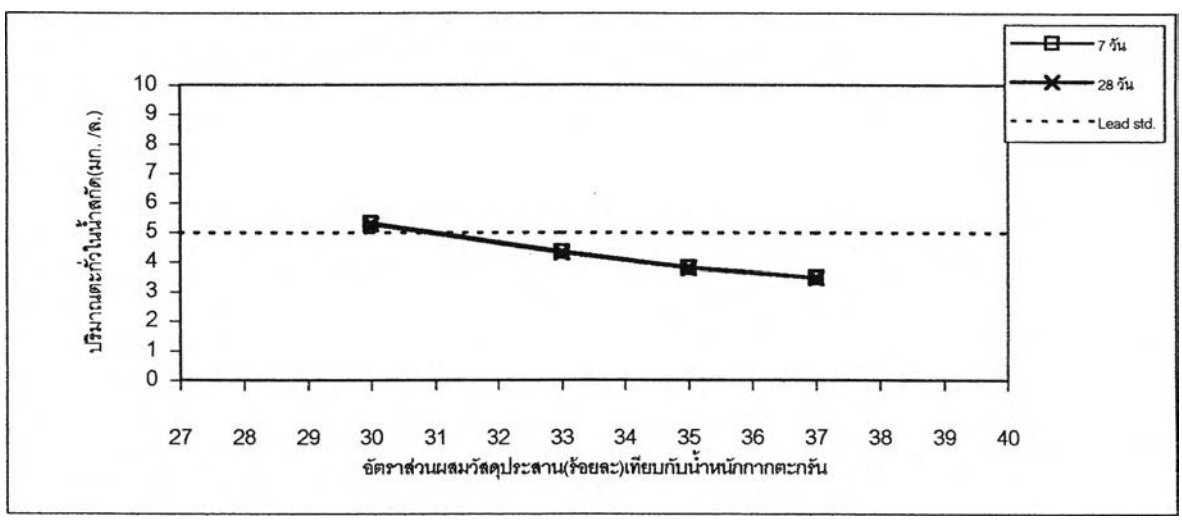
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.23 พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ33 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1 (พ.ศ. 2531) คือ 14 กก. /ตร.ซม. มีความหนาแน่นเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม. และมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 5 มก. /ล. ซึ่งจะนำอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ33 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันนี้ ไปพิจารณาค่าใช้จ่ายในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง เพื่อหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

6. ใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1โดยน้ำหนัก) ผสมโซเดียมซัลไฟต์(20%โดยน้ำหนัก)เป็นวัสดุประสาน

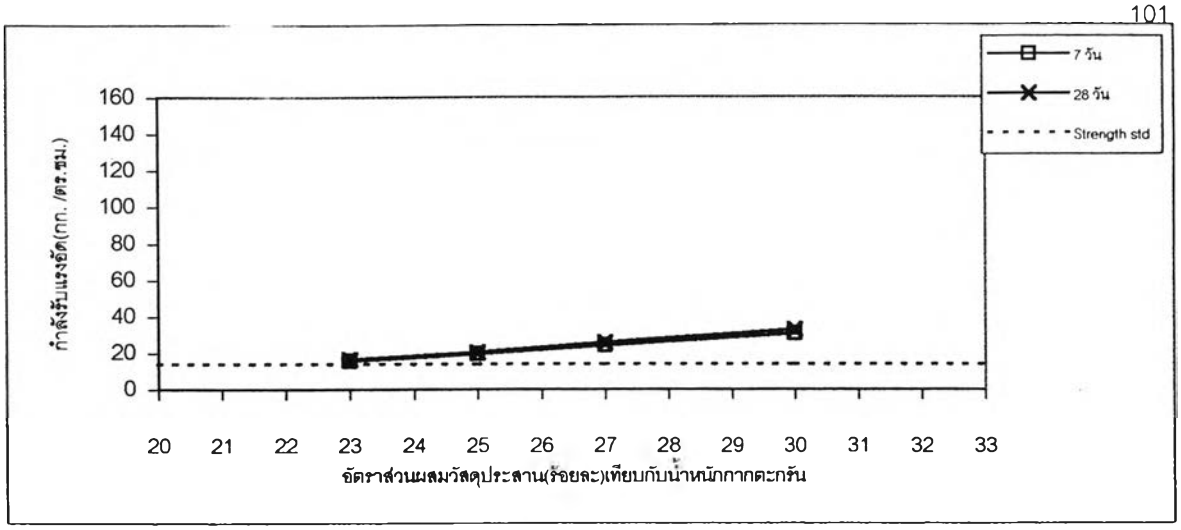
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ)เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ดังแสดงในรูปที่5.24 พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1 (พ.ศ. 2531) คือ 14 กก. /ตร.ซม. มีความหนาแน่นเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 1.15 ตัน /ลบ.ม. และมีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรม

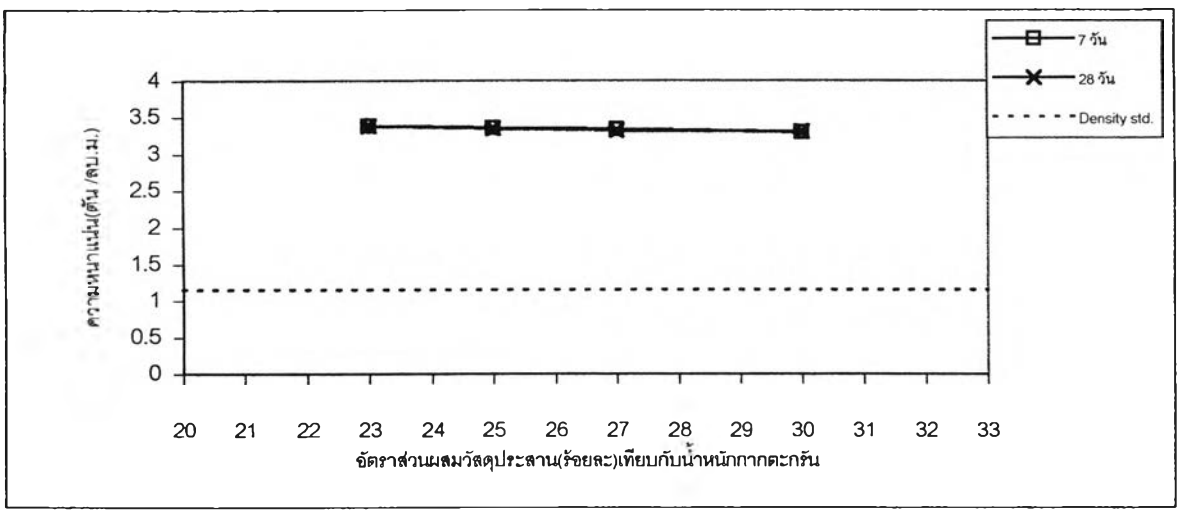


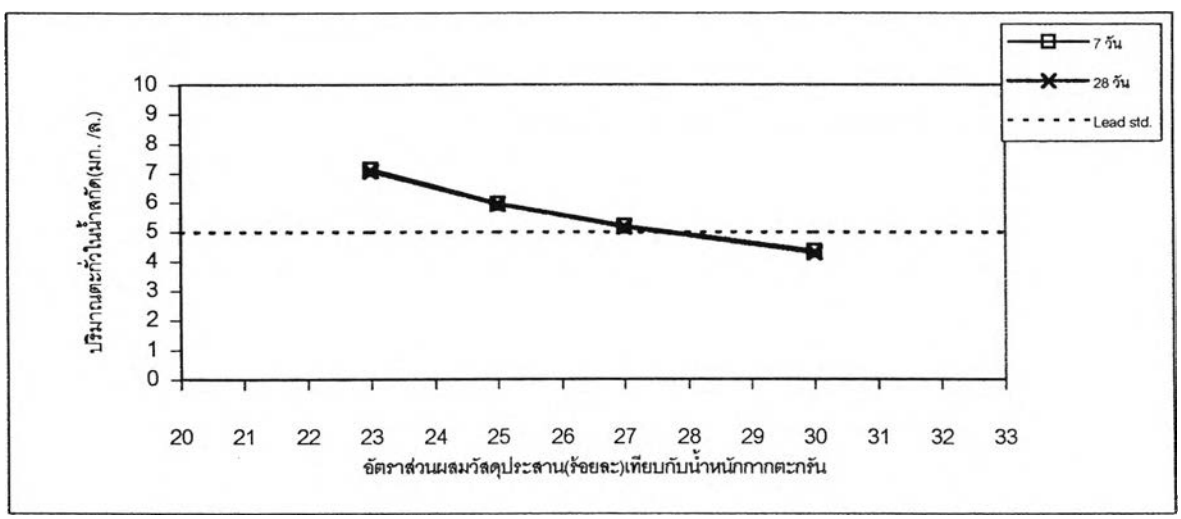




รูปที่5.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์10%เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด







รูปที่5.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดกับอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จากการใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว(1:1)ผสมโซเดียมซัลไฟต์20%เป็นวัสดุประสาน ในขั้นตอนการชนิดและหาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด

โรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) คือ 5 มก. /ล. ซึ่งจะนำอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่อกากตะกรันร้อยละ30 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันนี้ ไปพิจารณาค่าใช้จ่ายในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็ง เพื่อหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

จากการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็งดังตารางที่5.11 พบว่าการใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะมีค่าใช้จ่ายในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าเป็นก้อนแข็งน้อยที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง ที่อัตราส่วนผสมวัสดุประสานร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน(ปูนซีเมนต์)ในขั้นตอนการศึกษาต่อไป

ตารางที่5.11 ตารางเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ในการทำให้กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า เป็นก้อนแข็ง ที่ชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานต่างๆ

ชนิดของวัสดุประสาน	อัตราส่วนผสมวัสดุประสาน	ส่วนประกอบของวัสดุประสาน						รวมค่าใช้จ่าย (บาท/ตัน)
		ปูนซีเมนต์		ปูนขาว		Na_2S		
		Kg	บาท*	Kg	บาท*	Kg	บาท*	
1.ปูนซีเมนต์	25%	250	630.50	-	-	-	-	630.50
2.ปูนซีเมนต์ + ปูนขาว	33%	165	416.13	165	247.50	-	-	663.63
3.ปูนซีเมนต์ + Na_2S 10%	23%	230	580.06	-	-	23	1150	1,730.06
4.ปูนซีเมนต์ + Na_2S 20%	20%	200	504.40	-	-	40	2000	2,504.40
5.ปูนซีเมนต์ + ปูนขาว + Na_2S 10%	33%	165	416.13	165	247.50	33	1650	2,313.63
6. ปูนซีเมนต์ + ปูนขาว + Na_2S 20%	30%	150	378.30	150	225.00	60	3000	3,603.30

* ข้อมูลจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายใน ซึ่งได้กำหนดราคาในส่วนกลางประจำเดือนมกราคม พ.ศ.2543 ไว้ดังนี้ ราคาปูนซีเมนต์ = 2.52 บาท/กิโลกรัม

ปูนขาว = 1.50 บาท/กิโลกรัม

Na_2S = 50.00 บาท/กิโลกรัม

5.4 ผลการศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อน โดยในขั้นตอนการหาชนิดและอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด พบว่าการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง เป็นวัสดุประสาน ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันนั้นเหมาะสมในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง และได้นำผลการศึกษานี้มาใช้ในการศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ซึ่งจะทำการหล่อก้อนตัวอย่างโดยทำการผสมกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่ากับปูนซีเมนต์ ในอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อกากตะกรันร้อยละ 25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน และทำการแปรอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 4 ค่า ดังนี้คือ 0.3 0.4 0.6 และ 0.7 ทำการบ่มก้อนตัวอย่างเป็นเวลา 7 และ 28 วัน นำก้อนตัวอย่างมาพิจารณา กำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. กำลังรับแรงอัด

จากการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด ซึ่งทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 109-86 ของก้อนตัวอย่างที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7 และ 28 วัน ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนน้ำต่างๆแสดงดังตารางที่5.12 และรูปที่5.25

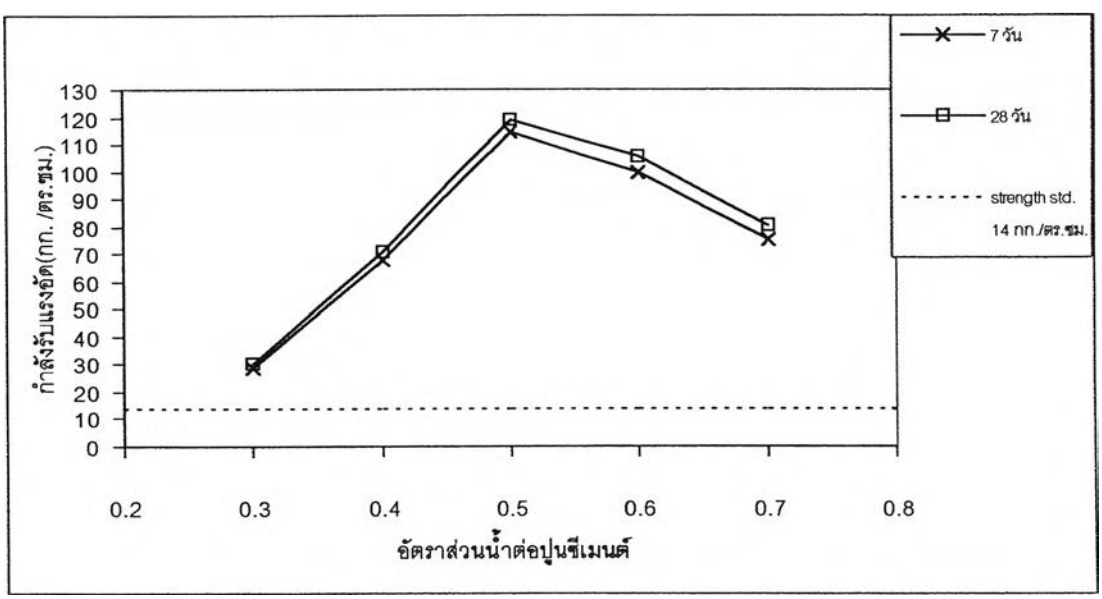
กากตะกรันที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยการใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ0.3 ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 28.67 และ 30.33 กก. /ตร.ซม.ตามลำดับ เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ0.4 ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 67.67 และ 70.67 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ส่วนที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ0.5 ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงที่สุดคือ114.33 และ 118.67 กก. /ตร.ซม.ตามลำดับ และเมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ0.6 ที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงคือเท่ากับ 99.67 และ 105.33 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ เช่นเดียวกับการใช้อัตรา

ตารางที่5.12 ค่ากำลังรับแรงอัดและความหนาแน่น ของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์อัตราส่วนผสมร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานต่างๆ จากการศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

อัตราส่วนน้ำต่อ วัสดุประสาน(ปูนซีเมนต์)	กำลังรับแรงอัด(กก. /ตร.ซม.)		ความหนาแน่น(ตัน /ลบ.ม.)	
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน
0.3	28.67	30.33	3.23	3.19
0.4	67.67	70.67	3.31	3.28
0.5	114.33	118.67	3.41	3.37
0.6	99.67	105.33	3.38	3.33
0.7	75.67	80.33	3.34	3.29
ค่ามาตรฐาน	> 14 กก. /ตร.ซม. *		> 1.15 ตัน /ลบ.ม. **	

* เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1(พ.ศ.2531)

** เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6(พ.ศ.2540)



รูปที่5.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อน ในการศึกษาหาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

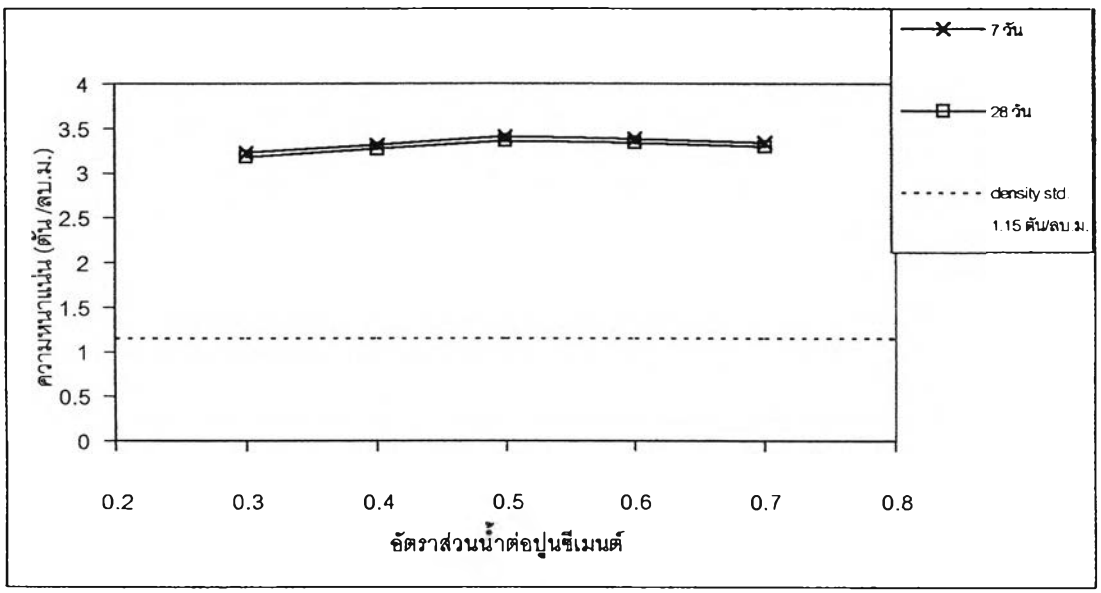
ส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ0.7 ก้อนตัวอย่างก็จะมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงคือเท่ากับ 75.67 และ 80.33 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งก้อนตัวอย่างทั้งหมดนี้มีกำลังรับแรงอัดเกินค่ามาตรฐานคือ 14 กก. /ตร.ซม.

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดพบว่า การใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ กำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้น โดยเมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ0.5 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างจะสูงที่สุด คือ 118.67 กก. /ตร.ซม. แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เป็น 0.6 และ 0.7 กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างจะมีค่าลดลง เนื่องจากการที่มีน้ำเหลือจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ และน้ำที่เหลือนี้จะทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในก้อนตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้ก้อนตัวอย่างมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลง ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ได้นี้ จะนำไปพิจารณาร่วมกับค่าความหนาแน่น และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด เพื่อหาอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง

2. **ความหนาแน่น**

จากการหาความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7 และ 28 วัน ผลการหาค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์อัตราส่วนผสมร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่อัตราส่วนน้ำต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.12 และรูปที่5.26 พบว่า ที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่างๆ ก้อนตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 3.19 ถึง 3.41 ตัน /ลบ.ม. ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานคือ 1.15 ตัน /ลบ.ม. โดยเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ก้อนตัวอย่างจะมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น และเมื่ออัตราส่วนน้ำเท่ากับ0.5 ก้อนตัวอย่างจะมีความหนาแน่นสูงที่สุดคือเท่ากับ 3.41 ตัน /ลบ.ม. แต่เมื่ออัตราส่วนน้ำเท่ากับ 0.6 และ 0.7 ก้อนตัวอย่างจะมีความหนาแน่นลดลง เนื่องจากการที่มีน้ำเหลือจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ และน้ำที่เหลือนี้จะทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในก้อนตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้ก้อนตัวอย่างมีความหนาแน่นลดลง

ผลของความหนาแน่นที่ได้นี้จะนำไปพิจารณาร่วมกับ ค่ากำลังรับแรงอัด และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด เพื่อหาอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง



รูปที่5.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อน ในการศึกษาหาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

3. ลักษณะสมบัติของน้ำสกัด

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อน ซึ่งทำการหล่อก้อนตัวอย่างโดยทำการผสมกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่ากับปูนซีเมนต์ ในอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อกากตะกรันร้อยละ 25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน และทำการแปรอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 4 ค่า ดังนี้คือ 0.3 0.4 0.6 และ 0.7 ทำการบ่มก้อนตัวอย่างเป็นเวลา 7 และ 28 วัน นำก้อนตัวอย่างมาหาลักษณะสมบัติของน้ำสกัด โดยวิธีการ

สกัดสาร พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ คือ พีเอช และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด โดยในการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer(AA) จะใช้ความยาวคลื่น 217.0 nm

ลักษณะสมบัติของน้ำสกัดจากกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง อัตราส่วนผสมร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่างๆ แสดงดังตารางที่5.13

3.1 พีเอช

กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งและผ่านการบ่มตัว 7 และ 28 วัน วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำสกัด ด้วยวิธีการสกัดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) พบว่าค่าพีเอชที่อัตราส่วนน้ำ 0.3 0.4 0.5 0.6 และ0.7 สำหรับระยะเวลาบ่มตัว 7 วัน มีค่าเท่ากับ 11.33 11.36 11.33 11.35 และ11.34 ตามลำดับ ส่วนที่ระยะเวลาบ่มตัว 28 วัน มีค่าพีเอชเท่ากับ 11.22 11.25 11.21 11.24 และ11.23 ตามลำดับ

จากรูปที่5.27 แสดงให้เห็นว่า น้ำสกัดจากกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์ร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่อัตราส่วนน้ำต่างๆ มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 11.21 ถึง 11.36 และการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน(ปูนซีเมนต์)มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชน้อยมาก

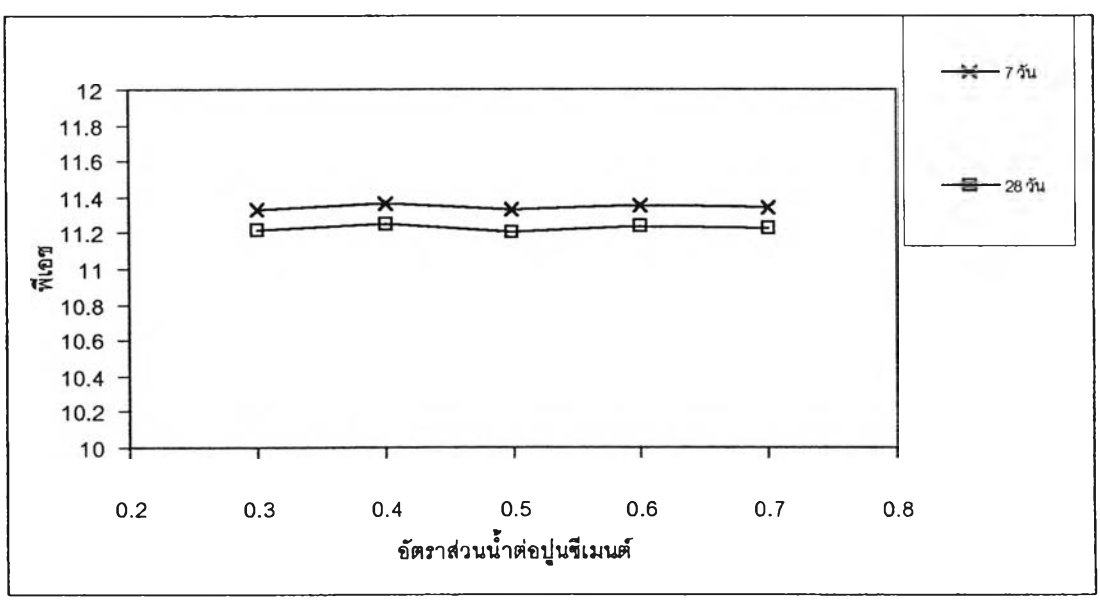
3.2 ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด

ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดจากกากตะกรันที่ทำให้เป็นก้อนแข็งที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งและผ่านการบ่มตัว 7 และ 28 วัน วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำสกัด ด้วยวิธีการสกัดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) พบว่าปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่อัตราส่วนน้ำต่อปูน-ซีเมนต์ 0.3 0.4 0.5 0.6 และ0.7 สำหรับระยะเวลาบ่มตัว 7 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 4.75 4.76 4.77 และ4.80 มก. /ล. ตามลำดับ ส่วนที่ระยะเวลาบ่มตัว 28 วัน ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 4.73 4.72 4.74 และ4.75 มก. /ล. ตามลำดับ

ตารางที่5.13 ลักษณะสมบัติของน้ำสกัดจากกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์อัตราส่วนผสมร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานต่างๆ จากการศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

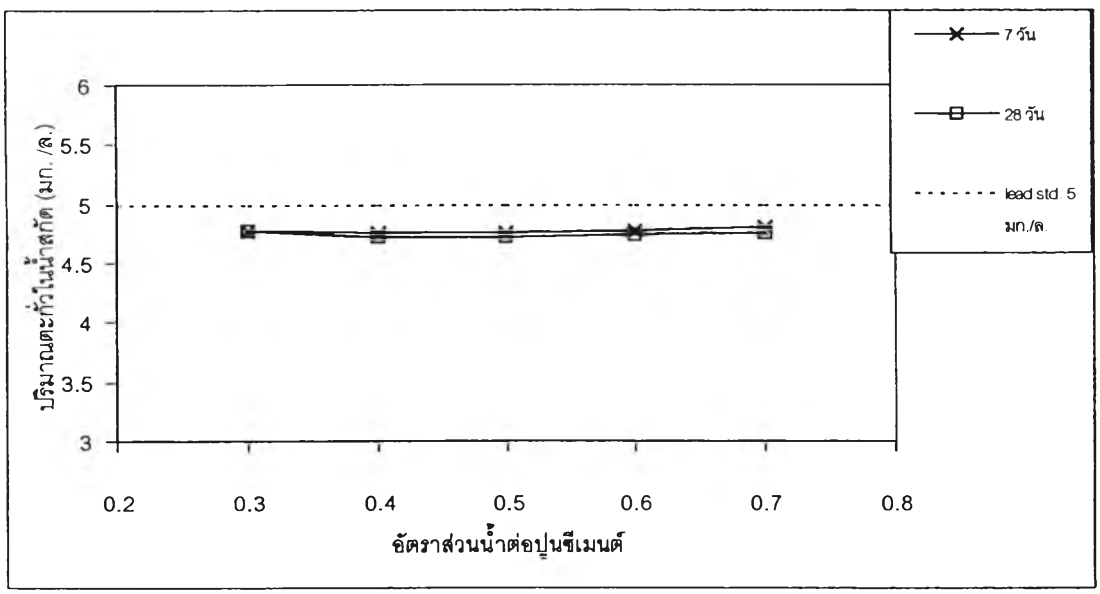
อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน(ปูนซีเมนต์)	พีเอช		ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด(มก. /ล.)	
	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน	ระยะเวลาบ่ม 7 วัน	ระยะเวลาบ่ม 28 วัน
0.3	11.33	11.22	4.78	4.77
0.4	11.36	11.25	4.75	4.73
0.5	11.33	11.21	4.76	4.72
0.6	11.35	11.24	4.77	4.74
0.7	11.34	11.23	4.80	4.75
ค่ามาตรฐาน	-		< 5 มก. /ล. *	

* เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6(พ.ศ.2540)



รูปที่5.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชของน้ำสกัด และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อน ในการศึกษาหาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

จากรูปที่5.28 แสดงให้เห็นว่า น้ำสกัดจากกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์ร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่อัตราส่วนน้ำต่างๆ มีปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดอยู่ในช่วง 4.72 ถึง 4.80 มก. /ล.ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ 5 มก. /ล. เมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มมากขึ้นปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดลดลง และการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน(ปูน-ซีเมนต์)มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดน้อยมาก ผลของลักษณะสมบัติของน้ำสกัดที่ได้นี้จะนำไปพิจารณาร่วมกับ ค่ากำลังรับแรงอัด และความหนาแน่น เพื่อหาอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง

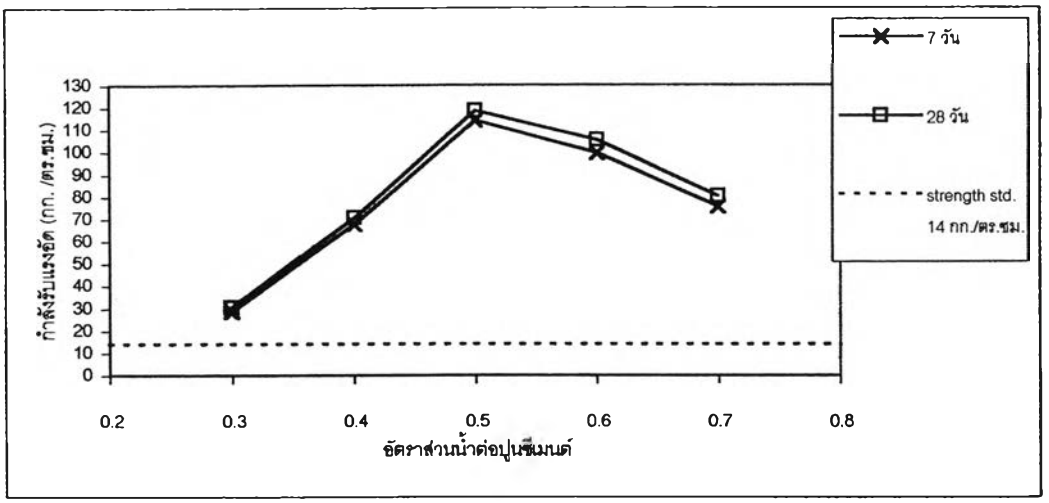


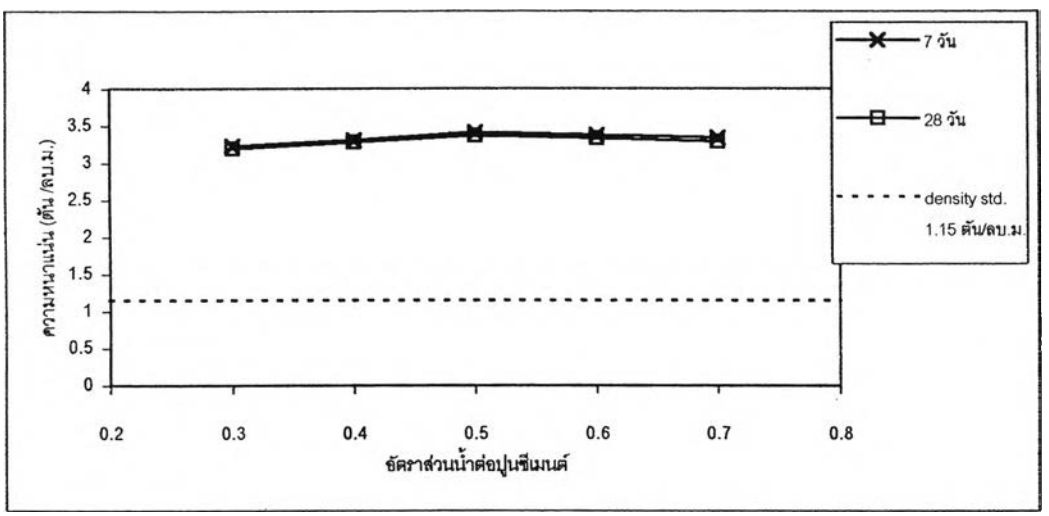
รูปที่5.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อน ในการศึกษาหาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

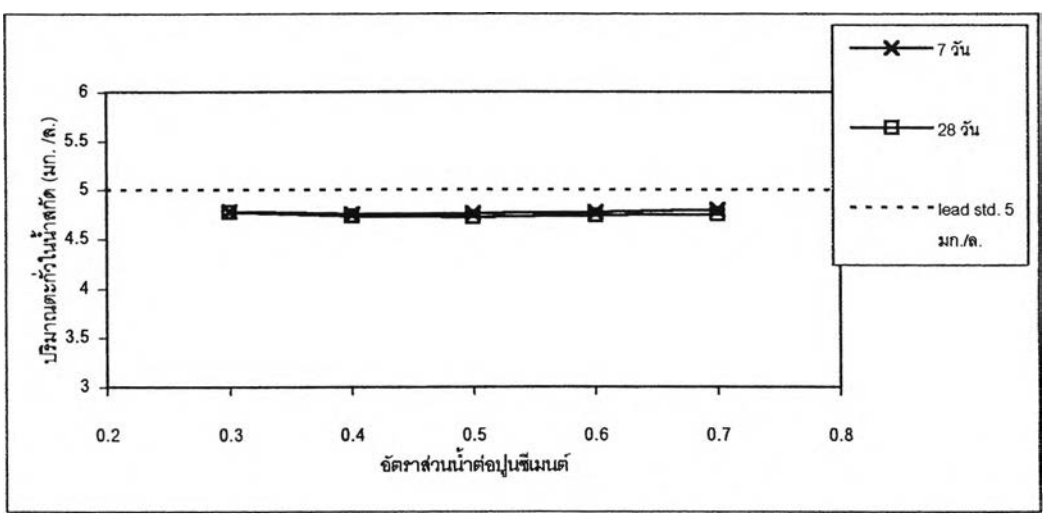
สรุปผลการศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน เมื่อพิจารณาค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และลักษณะสมบัติของน้ำสกัด เพื่อพิจารณาหาอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็ง ผลการพิจารณาสรุปได้ดังนี้

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานดังแสดงในรูปที่5.29 พบว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.3 0.4 0.5 0.6 และ0.7 ก้อนตัวอย่างมีค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานมีผลต่อกำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างคือ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานตั้งแต่ 0.3 ถึง 0.5 ก้อนตัวอย่างจะมีค่ากำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากน้ำที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเป็น 0.6 และ 0.7 ก้อนตัวอย่างจะมีค่ากำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นลดลง เนื่องจากการที่มีน้ำเหลือจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูน-ซีเมนต์ และน้ำที่เหลือนี้จะทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในก้อนตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชของน้ำสกัด และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดของก้อนตัวอย่าง นอกจากนี้ยังพบว่า ที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ0.5 ก้อนตัวอย่างจะมีกำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นสูงที่สุดอีกด้วย ดังนั้นในการทำเสถียรกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ด้วยการทำให้เป็นก้อนแข็ง จึงเลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง อัตราส่วนผสมร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน และใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ0.5







รูปที่5.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด กับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานต่างๆ ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์อัตราส่วนผสมร้อยละ25เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันในการศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน

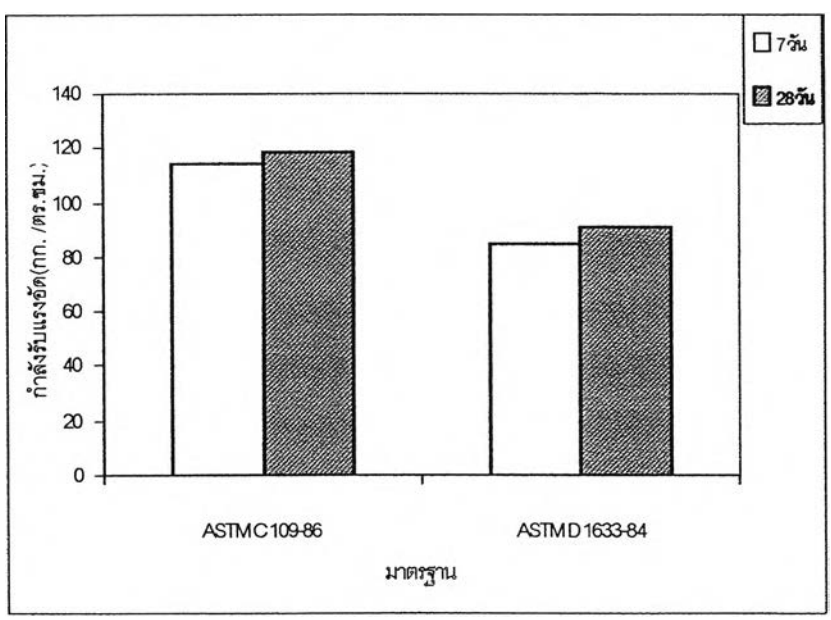
5.5 การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัด วิธีทดสอบตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1(พ.ศ. 2531) กับ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6(พ.ศ. 2540)

เนื่องจากการศึกษานี้เริ่มดำเนินการก่อนที่จะมีประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) ดังนั้นการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีทดสอบตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่1 (พ.ศ. 2531) โดยกำหนดใช้ค่า Unconfined compressive strength โดยกำหนดการทดสอบจากก้อนตัวอย่างลูกบาศก์ขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 109-86 โดยเครื่องมือทดสอบกำลังรับแรงอัด และได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานกำลังรับแรงอัดไว้ไม่น้อยกว่า 14 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (กก. /ตร.ซม.) ส่วนการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) กำหนดใช้ค่า Unconfined compressive strength โดยกำหนดการทดสอบจากก้อนตัวอย่างทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.8 นิ้ว(71.1 ม.ม.) และสูง 5.6 นิ้ว(142.2 ม.ม.) ตามมาตรฐาน ASTM D 1633-84 โดยเครื่องมือทดสอบกำลังรับแรงอัด และกำหนดเกณฑ์มาตรฐานกำลังรับแรงอัดไว้ไม่น้อยกว่า 3.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร(กก. /ตร.ซม.)

ผลการเปรียบเทียบการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดทั้ง 2 วิธี ของกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ทำให้เป็นก้อนแข็ง ด้วยการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งเป็นวัสดุประสาน โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อกากตะกรันเท่ากับร้อยละ 25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.5 แสดงดังตารางที่5.14 และรูปที่5.30 พบว่า กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน เมื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6 (พ.ศ. 2540) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 1633-84 มีค่ากำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาบ่มตัว 7 และ 28 วัน เท่ากับ 85.42 และ 91.04 กก. /ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการทดสอบตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรมฉบับที่1(พ.ศ. 2531) แต่ก็ยังคงมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือ 3.5 กก. /ตร.ซม. (ตามมาตรฐาน ASTM D 1633-84)

ตารางที่5.14 การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัด วิธีทดสอบตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับ1 (พ.ศ. 2531) กับ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่6(พ.ศ. 2540); ASTM C 109-86 กับ ASTM D 1633-84

วัสดุประสาน และอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน(ร้อยละ) เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน	กำลังรับแรงอัด (กก. /ตร.ซม.)			
	มาตรฐาน ASTM C 109-86		มาตรฐาน ASTM D 1633-84	
	ระยะเวลาบ่ม 7วัน	ระยะเวลาบ่ม 28วัน	ระยะเวลาบ่ม 7วัน	ระยะเวลาบ่ม 28วัน
ปูนซีเมนต์ ร้อยละ25	114.33	118.67	85.42	91.04
ค่ามาตรฐาน	> 14 กก. /ตร.ซม.		> 3.5 กก. /ตร.ซม.	



รูปที่5.30 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด โดยใช้วิธีมาตรฐาน ASTM C 109-86 และ ASTM D 1633-84

5.6 การประมาณค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า

จากการศึกษาการทำเสถียรกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าในงานวิจัยนี้ พบว่าการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งเป็นวัสดุประสาน ในอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน สามารถทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็งได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุด ดังนั้นในการทำเสถียรกากตะกรันด้วยการทำให้เป็นก้อนแข็ง เมื่อน้ำหนักกากตะกรันเท่ากับ 1 ตัน จะต้องใช้ปูนซีเมนต์เท่ากับ 1x25/100 = 0.25 ตัน

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า สามารถแบ่งออกได้เป็น

- ค่าใช้จ่ายในการทำกากตะกรันให้เป็นก้อนแข็ง
- ค่าขนส่งกากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็ง จากโรงงานฯไปยังหลุมฝังกลบ
- ค่าใช้จ่ายในการฝังกลบกากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็ง

ค่าใช้จ่ายในการทำกากตะกรันให้เป็นก้อนแข็ง

ราคาปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง(ตราช้างของ บ.ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด)ตามราคาในส่วนกลาง จากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายใน เดือน มกราคม 2543 ราคาตันละ 2,522 บาท คิดเป็นราคาปูนซีเมนต์ในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็งเท่ากับ 0.25 x 2,522 = 630.50 บาท ซึ่งโดยปรกติค่าแรงในการผสมคอนกรีตคิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของราคาวัสดุหรือเท่ากับ 0.20 x 630.50 = 126 บาท ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการทำกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์อัตราส่วนร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรันจึงมีค่าประมาณ 630.50 + 126 = 756.50 บาทต่อน้ำหนักตันของกากตะกรัน

ค่าขนส่งกากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็ง จากโรงงานฯไปยังหลุมฝังกลบ

กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการทำเสถียรด้วยการทำให้เป็นก้อนแข็งแล้ว จะถูกนำไปฝังกลบที่ศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรม จังหวัดราชบุรี โดยราคาค่าขนส่งเท่ากับ 2.75 บาทต่อตันต่อกิโลเมตร ซึ่งระยะทางจากโรงงานฯไปยังหลุมฝังกลบของศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรม จังหวัด

ราชบุรีประมาณ 200 กิโลเมตร ดังนั้น ค่าขนส่งกากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งแล้ว จากโรงงานฯไปยังหลุมฝังกลบจะประมาณเท่ากับ 550 บาทต่อน้ำหนักตันของกากตะกรัน

ค่าใช้จ่ายในการฝังกลบกากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็ง

กากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์ร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน เมื่อถูกขนส่งมายังที่ศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรม จังหวัดราชบุรี จะถูกนำไปฝังกลบยังหลุมฝังกลบที่ทางศูนย์ฯกำหนดไว้ โดยค่าใช้จ่ายในการฝังกลบกากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งที่ศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรม จังหวัดราชบุรี เท่ากับ 875 บาทต่อน้ำหนักตันของกากตะกรัน(ข้อมูลจากฝ่ายการตลาดของ GENCO)

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า จะเท่ากับ

= ค่าใช้จ่ายในการทำกากตะกรันให้เป็นก้อนแข็ง + ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งจากโรงงานฯไปยังหลุมฝังกลบ + ค่าใช้จ่ายในการฝังกลบกากตะกรันที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็ง

= 756.50 + 550 + 875

= 2,181.50 บาท /ตัน

ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ด้วยวิธีการทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์ร้อยละ25 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน จะมีค่าประมาณเท่ากับ 2,181.50 บาทต่อน้ำหนักตันของกากตะกรัน

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า ต่อหน่วยการผลิต

ในการผลิตตะกั่วแท่ง(Lead ingot) 1 ตัน จะเกิดกากตะกรันทั้งหมดประมาณ 0.85 ตัน ดังนั้นในการกำจัดกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่าต่อกำลังการผลิตตะกั่วแท่ง 1 ตัน จึงมีค่าประมาณเท่ากับ 2,181.50 x 0.85 = 1,855 บาท

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า เปรียบเทียบกับราคาตะกั่วแท่ง

ราคาตะกั่วแท่ง จากฝ่ายข้อมูลราคา กรมทรัพยากรธรณี เดือนเมษายน 2543 ราคาโดยเฉลี่ยตันละ 12,056 บาท ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกรันที่เกิดขึ้นต่อกำลังการผลิตตะกั่วแท่ง 1 ตัน เท่ากับ 1,855 บาท ซึ่งเท่ากับร้อยละ 15.4 ของราคาตะกั่วแท่ง

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกรันจากโรงหลอมแบตเตอรี่เก่า เปรียบเทียบกับค่าบริการในการกำจัดของศูนย์กำจัดกากแสมดำ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าบริการในการกำจัดของศูนย์กำจัดกากแสมดำ พบว่า ของแข็งปนเปื้อนโลหะหนักที่จัดเป็นของเสียอันตรายมีราคาในการกำจัดซึ่งรวมค่าใช้จ่ายต่างๆ ประมาณไม่ต่ำกว่า 5,000 บาท(ข้อมูลจากฝ่ายการตลาดของ GENCO) โดยแยกเป็น ราคาในการบำบัดไม่ต่ำกว่า 2,000 บาทต่อน้ำหนักตันของกากตะกรัน(ซึ่งจะต้องพิจารณาจากลักษณะสมบัติของของเสีย) ราคาค่าขนส่งกากตะกรันประมาณ 550 บาทต่อตันกากตะกรัน ราคาค่าขนถ่ายกากตะกรันขึ้นลง 300 บาทต่อตันกากตะกรัน และค่าฝังกลบอีก 875 บาทต่อตันกากตะกรัน ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วการทำเสถียรกากตะกรันแล้วทำให้เป็นก้อนแข็งในบริเวณโรงงาน แล้วนำไปฝังกลบยังศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมจังหวัดราชบุรี น่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า