คอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย

FLY ASH - CONCRETE BLOCK

โดย

นายนเรศ เชื้อกลาง

นายโชคดี สุขลิ้ม

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการ

033278

FLY ASH - CONCRETE BLOCK

MR. NARASE CHUAKLANG
MR. CHOKDEE SUKLIM

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENTS FOR THE DEGREE
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ คอนกรีบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย
FLY ASH - CONCRETE BLOCK

นักศึกษา นายนเรศ เชื้อกลาง รหัสประจำตัว 33100175
นายโชคดี สุขลิ้ม รหัสประจำตัว 32100086

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ

คณะกรรมการสอบหัวข้อโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อ. อำนวย พานิชกุลพงศ์	----------
ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ	----------
อ. จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง	----------

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นายสุรัตน์ หวังเจริญ)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 14 เดือน ม.ค. ปี 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย
FLY ASH - CONCRETE BLOCK

โดย นายนเรศ เชื้อกลาง
นายโชคดี สุขลิ้ม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ

บทคัดย่อ

การจัดทำโครงงานนี้ ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล๊อก ที่ผสมขี้เถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยอัตราส่วนขี้เถ้าลอย และ W/C ต่าง ๆกันได้ทั้งหมด 12 ส่วนผสม และยังศึกษาเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาด โดยคุณสมบัติที่ทดสอบคือ 1)กำลังรับแรงอัด 2)ความทนไฟ 3)อัตราการดูดซึม 4)การยึดเกาะ 5)การกันเสียง ซึ่งผลได้บ่งชี้ว่าคอนกรีตบล๊อกผสมขี้เถ้าลอยมีกำลังอัดอยู่ในเกณฑ์ดี ความทนไฟ และอัตราการดูดซึมไม่แตกต่างจากท้องตลาด การรับแรงยึดเกาะได้เป็นอย่างดี ใกล้เคียงกับยี่ห้อที่ได้มาตรฐาน มอก.การกันเสียงดีกว่าคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาด

ABSTRACT

This project is to study the property of fly ash - concrete block with differential of percent fly ash and W/C ratio so we have 12 mixtures to study and compare with others concrete block for these properties : 1)Compressive Strength 2)Compressive Strength after burn at 500 C 3)Absorption 4)Bonding 5)Sound Transsmision The results indicate that its compressive strength and sound transmission of fly ash - concreteblock wall are better than generals concrete blocks but strength after burn and absorption are similar and bonding is quite good

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานพิเศษ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ศิริวัฒน์ ไชยชนะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำต่างๆ ในระหว่างในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนได้กรุณาตรวจสอบโครงงานพิเศษนี้ จนสำเร็จเป็นที่เรียบร้อย และผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ ที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ อันทำให้โครงงานพิเศษนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รศ.วันชัย โพธิวิจิตร อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำการทดสอบการกันเสียงของผนังทดสอบรวมทั้งให้ความสะดวกในด้านอาคารสถานที่ และการดำเนินการวิจัย

พี่ อลงกต สง่า วิศวกรการไฟฟ้าฝ่ายผลิต แม่เมาะ ลำปาง ที่ให้ความสะดวกในการเอาขี้เถ้าลอยมาใช้ในการดำเนินการวิจัย

ห้างหุ้นส่วนจำกัด เจริญชัย ค้าไม้ อนุเคราะห์การอัดก้อนคอนกรีตบล็อก

ภาควิชาศิลปอุสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุเคราะห์เตาเผาเพื่อทดสอบความทนไฟของคอนกรีตบล็อก

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ อารีรัตน์ สุทธิ พี่วาสนา จันทร์เจริญ เพื่อนๆ น้องๆ บ้าน 62 ที่ได้ช่วยเหลือทั้งด้านสมองแรงงาน และด้านกำลังใจจนกระทั่งโครงงานพิเศษนี้สำเร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำโครงงาน

นายนเรศ เชื้อกลาง

นายโชคดี สุขลิ้ม

พฤษภาคม 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	IX
สัญญลักษณ์	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ทฤษฎีและความเป็นมาของปัญหา	1
1.1.1 คุณสมบัติทางเคมีของขี้เถ้าลอย	3
1.1.2 ขี้เถ้าลอยกับปฏิกิริยาปัชโซลานของงานคอนกรีต	7
1.1.3 ผลงานการศึกษาและวิจัยของขี้เถ้าลอย	8
1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย	28
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	28
บทที่ 2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	30
2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	30
2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	31
บทที่ 3 การดำเนินการทดสอบ	32
3.1 ส่วนผสมคอนกรีต	32
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	43
3.3 รูปภาพประกอบการดำเนินการทดลอง	47
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	64
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ	112
บทที่ 6 สรุปผลการทดสอบ	119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสม

ภาคผนวก ข. ปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต

ภาคผนวก ค. การคำนวณค่าใช้จ่ายในการทำคอนกรีตบล็อก
จากส่วนผสมขี้เถ้าลอย

ภาคผนวก ง. วิธีการหาค่า Sound Transmission Class (STC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. มาตรฐาน ASTM C 618-85 สารวัสดุซีเมนต์ธรรมชาติ 4
2. ข้อกำหนด ASTM C-618 เปรียบเทียบกับขี้เถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะ 5
3. ส่วนผสมทางเคมีของขี้เถ้าลอยในต่างประเทศ KOKUBU (1968) 20
4. แสดงส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อก เมื่อค่า W/C = 0.23 ที่ 1.0 $ม^3$ 40
5. แสดงส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อก เมื่อค่า W/C = 0.33 ที่ 1.0 $ม^3$ 40
6. แสดงส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อก เมื่อค่า W/C = 0.43 ที่ 1.0 $ม^3$ 41
7. แสดงส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อก เมื่อค่า W/C = 0.23 ที่ 0.2 $ม^3$ 41
8. แสดงส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อก เมื่อค่า W/C = 0.33 ที่ 0.2 $ม^3$ 42
9. แสดงส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อก เมื่อค่า W/C = 0.43 ที่ 0.2 $ม^3$ 42
10. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 7 วัน W/C = 0.23 65
11. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 7 วัน W/C = 0.33 65
12. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 7 วัน W/C = 0.43 66
13. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 14 วัน W/C = 0.23 66
14. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 14 วัน W/C = 0.33 67
15. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 14 วัน W/C = 0.43 67
16. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 28 วัน W/C = 0.23 68
17. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 28 วัน W/C = 0.33 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ หน้า

18. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 28 วัน W/C = 0.43 69

19. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 60 วัน W/C = 0.23 69

20. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 60 วัน W/C = 0.33 70

21. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 60 วัน W/C = 0.43 70

22. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 90 วัน W/C = 0.23 71

23. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 90 วัน W/C = 0.33 71

24. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ที่อายุ 90 วัน W/C = 0.43 72

25. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากร้านค้าวัสดุก่อสร้าง 72

26. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.23 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง 73

27. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.33 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง 73

28. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.43 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง 74

29. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.23 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง 74

30. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.33 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง 75

31. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.43 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ หน้า

32. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.23 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง 76
33. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.33 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง 76
34. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.43 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง 77
35. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.23 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง 77
36. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.33 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง 78
37. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C = 0.43 หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง 78
38. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากร้านค้าวัสดุก่อสร้าง หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง 79
39. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากร้านค้าวัสดุก่อสร้าง หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง 80
40. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากร้านค้าวัสดุก่อสร้าง หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง 81
41. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากร้านค้าวัสดุก่อสร้าง หลังจากถูกเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง 82
42. อัตราการดูดซึมของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.23 83
43. อัตราการดูดซึมของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.33 83
44. อัตราการดูดซึมของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.43 84
45. อัตราการดูดซึมของคอนกรีตบล๊อกจากร้านค้าวัสดุก่อสร้าง 84
46. ค่าการยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.23 85
47. ค่าการยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.33 85
48. ค่าการยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.43 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ หน้า

49. ค่าการยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อกจากร้านค้าวัสดุก่อสร้าง 86

50. สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย 87

51. สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย เมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ระยะเวลาในการเผา 0.5 ชั่วโมง 88

52. สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย เมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ระยะเวลาในการเผา 1.5 ชั่วโมง 89

53. สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย เมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ระยะเวลาในการเผา 2.5 ชั่วโมง 90

54. สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย เมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ระยะเวลาในการเผา 3.5 ชั่วโมง 91

55. สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาด เมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ระยะเวลาในการเผา 0.5 ชั่วโมง 92

56. สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาด เมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ระยะเวลาในการเผา 1.5 ชั่วโมง 93

57. สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาด เมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ระยะเวลาในการเผา 2.5 ชั่วโมง 94

58. สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาด เมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ระยะเวลาในการเผา 3.5 ชั่วโมง 95

59. สรุปอัตราการดูดซึมและความสามารถในการรับแรงยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อก 96

60. TRANSMISSION LOSS in dB of CONCRETE BLOCK WALLS 98

61. เปรียบเทียบราคาของคอนกรีตบล๊อกที่ได้จากการทดลองกับตามท้องตลาด 99

62. Sound transmission class (STC) for representative wall construction (1 in.= 2.54 cm) 111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.	ตัวอย่าง หินฝุ่น, ทราย, ปูนซีเมนต์, ขี้เถ้าลอย ที่ใช้อัดคอนกรีตบล๊อก	47
2.	เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกไฮดรอลิก	48
3.	การลำเลียงส่วนผสมตามสายพานสู่กะบะวัสดุ	49
4.	ส่วนผสมจากกะบะวัสดุปล่อยลงสู่แบบหล่อคอนกรีตบล๊อกด้านล่างของเครื่อง	50
5.	การเกลี่ยส่วนผสมลงสู่แบบหล่อคอนกรีตบล๊อก	50
6.	การอัดส่วนผสมในแบบหล่อคอนกรีตบล๊อกให้แน่นด้วยเครื่องไฮดรอลิก	51
7.	ก้อนคอนกรีตบล๊อกหลังอัดด้วยเครื่องไฮดรอลิกถูกยกออกจากแบบหล่อ	51
8.	แขนเหล็กเข้าไปรับคอนกรีตบล๊อกแล้วหมุนออกจากตัวเครื่อง	52
9.	ขนคอนกรีตบล๊อกไปยังเครื่องกลับบนลงล่าง	52
10.	วางคอนกรีตบล๊อกลงที่เครื่องกลับบนลงล่างแล้วปัดทำความสะอาดก่อน	53
11.	วางแผ่นกระเบื้องด้านบนแล้วพลิกกลับเอาแผ่นกระเบื้องด้านล่างออก	53
12.	ยกคอนกรีตบล๊อกที่กลับด้านล่างขึ้นและทำความสะอาดแล้วไปวางเป็นชั้น ๆ	54
13.	คอนกรีตบล๊อกที่อัดเสร็จแล้ว	54
14.	การบ่มคอนกรีตบล๊อก	55
15.	แบบหล่อกำมะถัน CAPPING	55
16.	การ CAP คอนกรีตบล๊อกด้วยกำมะถัน	56
17.	คอนกรีตบล๊อกที่ CAP เสร็จแล้ว	56
18.	การทดสอบหากำลังอัด ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine	57
19.	การแตกของคอนกรีตบล๊อกหลังถูกกดทดสอบ	57
20.	เตาเผาแก๊สที่ใช้ในการทดสอบการทนไฟ	58
21.	คอนกรีตบล๊อกที่ก่อด้วยลวดตาข่ายกันการระเบิด	58
22.	การลำเลียงคอนกรีตบล๊อกเข้าเตาเผาโดยรางเลื่อน	59
23.	การจุดไฟเผาแก๊สในเตาเผาโดยผ่านวาล์วด้านล่างของเตา	59
24.	คอนกรีตบล๊อกหลังจากเผาด้วยอุณหภูมิ 500 C นาน 3.5 ชั่วโมง	60
25.	พุกระเบิด, น๊อต และแหวนรองที่ใช้ในการทดสอบการยึดเกาะ	60
26.	การทดสอบการยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อก	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ หน้า

27. การยึดคอนกรีตบล็อกไม่ให้ล้มเมื่อถูกดึงทดสอบ 62

28. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการกันเสียง 63

29. ผนังทดสอบการกันเสียง 63

FIGURE

1. กำลังและส่วนผสม อายุ 7 วัน (ประจิต 2525) 10

2. กำลังและส่วนผสม อายุ 28 วัน (ประจิต 2525) 10

3. กำลังและส่วนผสม อายุ $2^{1}/_{2}$ เดือน (ประจิต 2525) 11

4. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.23 100

5. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.33 101

6. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.43 102

7. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.23 หลังจากเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 103

8. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.33 หลังจากเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 104

9. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย W/C=0.43 หลังจากเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 105

10. แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากร้านที่ขายตามท้องตลาด หลังจากเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 106

11. กราฟแสดงการหาค่า STC ของคอนกรีตบล็อก MIXTURE 8 107

12. กราฟแสดงการหาค่า STC ของคอนกรีตบล็อก MIXTURE 12 108

13. กราฟแสดงการหาค่า STC ของคอนกรีตบล็อก จากร้านพัฒนาค้าวัสดุ 109

14. กราฟเปรียบเทียบค่า STC ของคอนกรีตบล็อก MIXTURE 8,12 และจากร้านพัฒนาค้าวัสดุ 110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

FA	:	FLY ASH (ขี้เถ้าลอย)
CB 1	:	คอนกรีตบล๊อกจากร้าน มีนบุรีค้าวัสดุภัณฑ์
CB 2	:	คอนกรีตบล๊อกจากร้าน พัฒนาค้าวัสดุ
CB 3	:	คอนกรีตบล๊อกจากร้าน พิชิตค้าไม้
CB 4	:	คอนกรีตบล๊อกของ CPAC
CB 5	:	คอนกรีตบล๊อกของ DETAC
MIXTURE 1	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 0% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.23
MIXTURE 2	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 20% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.23
MIXTURE 3	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 30% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.23
MIXTURE 4	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 40% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.23
MIXTURE 5	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 0% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.33
MIXTURE 6	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 20% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.33
MIXTURE 7	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 30% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.33
MIXTURE 8	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 40% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.33
MIXTURE 9	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 0% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.43
MIXTURE 10	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 20% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.43
MIXTURE 11	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 30% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIXTURE 12	:	ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่ใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณซีเมนต์ 40% โดยน้ำหนัก ที่ w/c = 0.43
SPEC. NO. 1	:	คอนกรีตบล็อคตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบก้อนที่ 1
SPEC. NO. 2	:	คอนกรีตบล็อคตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบก้อนที่ 2
SPEC. NO. 3	:	คอนกรีตบล็อคตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบก้อนที่ 3
DIMENSION A	:	ขนาดด้านกว้างของคอนกรีตบล็อก (cm)
DIMENSION B	:	ขนาดด้านยาวของคอนกรีตบล็อก (cm)
DIMENSION C	:	ขนาดความสูงของคอนกรีตบล็อก (cm)
AREA	:	พื้นที่หน้าตัดรวมของคอนกรีตบล็อก (ไม่หักส่วนกลวงออก)
WET WEIGHT	:	น้ำหนักเปียกอิ่มตัวผิวแห้งของคอนกรีตบล็อก แช่น้ำ 24 ชั่งโมง
DRY WEIGHT	:	น้ำหนักอบแห้งของคอนกรีตบล็อก เวลาในการอบ 24 ชั่วโมง
ABSORPTION	:	อัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก
SHEAR LOAD	:	น้ำหนักดึงด้านข้างสูงสุดที่น็อต และพุกระเบิดซึ่งฝังในกรีตบล็อกสามารถรับได้
ULTIMATE LOAD	:	น้ำหนักกดสูงสุดที่กระทำต่อคอนกรีตบล็อก
COMPRESSIVE STRENGTH	:	ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล็อก
AVERAGE	:	ค่าเฉลี่ย
TEMP.	:	TEMPERATURE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ทฤษฎีและความเป็นมาของปัญหา

การผลิตพลังงานไฟฟ้า ส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่ง ในขบวนการผลิต ก็คือ เชื้อเพลิงและการเผาไหม้เพื่อให้เกิดพลังงานความร้อน นำไปใช้ในขบวนการผลิตขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไป ทั้งนี้หากมีการนำวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ก็จะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และทำให้กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างมีคุณภาพ

เชื้อเพลิง คือ สารที่เผาไหม้ได้และใช้ผลิตพลังงานความร้อนโดยการเผาไหม้ เชื้อเพลิงที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า คือ เชื้อเพลิงจาก fossil ซึ่งได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ เชื้อเพลิงเหล่านี้ในทะเลได้ตายลงไป และซากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะทับถมกันเป็นชั้น ๆ การทับถมกันต่อ ๆ มา ทำให้ซากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ถูกกดด้วยความดันสูงเป็นเวลานานจนกลายเป็นถ่านหิน,น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติในที่สุด เชื้อเพลิง fossil เกิดขึ้นตามธรรมชาติในรูปต่างๆ กัน โดยทั่วไปมีการจำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง,ของเหลว และก๊าซ

- เชื้อเพลิงแข็งคือ ถ่านหิน ได้แก่ Peat, Lignite, Bituminous และ Anthracite แต่ละชนิดอยู่ในแต่ละช่วงเวลาของการพัฒนามาเป็นถ่านหิน Peat เป็นถ่านหินที่มีอายุน้อยที่สุด และ Anthracite เป็นถ่านหินที่เก่าแก่ที่สุด ถ่านหินทุกชนิดดังกล่าวใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ แต่ Bituminous เป็นถ่านหินที่นิยมใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าที่สุด เนื่องจากหาง่าย มีความแข็งพอที่จะขนส่งระยะทางไกล ๆ ได้โดยไม่แตกหัก แต่ยังอ่อนพอที่จะบดได้ง่าย (ส่วนใหญ่เชื้อเพลิงแข็งจะถูกบดเป็นผงละเอียดก่อนเผาไหม้ เพื่อที่จะผสมกับ Oxygen ได้ทั่วถึงทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ)

สำหรับ Peat กับ Lignite บดง่ายแต่อ่อนเกินกว่าที่จะขนส่งระยะไกล ๆ จำกัดการใช้เฉพาะในท้องถิ่นที่พบ Anthracite เป็นถ่านที่แข็งมาก ขนส่งได้ง่าย ไม่เสียหาย แต่การบดต้องใช้โม่ที่มีราคาแพงซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการผลิตกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิง, น้ำมันก๊าด (kerosone) และน้ำมันเบนซิน (gasoline) เชื้อเพลิงเหลวมักจะถูกทำให้เป็นละออง (atomized) ก่อนการเผาไหม้

- เชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ ส่วนใหญ่คือ ก๊าซธรรมชาติซึ่ง pump โดยตรงจากพื้นดินไปยังโรงงานไฟฟ้า ในปัจจุบัน ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เช่น propane และ butane ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบก็มีการนำมาใช้เช่นกัน

ภายหลังจากที่เผาถ่านหินบดแล้ว แร่ธาตุซึ่งเป็นส่วนประกอบของถ่านหิน ก็จะเปลี่ยนสภาพไปกลายเป็นขี้เถ้า (Ash) เชื้อเพลิงที่มีขี้เถ้ามากที่สุดคือ ถ่านหิน แม้ว่าจะพบในน้ำมันและก๊าซธรรมชาติบ้าง เนื่องจากในการเผาไหม้ อุณหภูมิภายในเตามิได้เท่ากันทั้งหมด บริเวณที่มีความร้อนสูงก็จะทำให้ขี้เถ้าหลอมเหลวได้ แม้ว่าขี้เถ้าจะไม่ติดไฟก็ตาม ดังนั้น ขี้เถ้าจึงมีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

1. ขี้เถ้าตะกอน (Slag) เป็นขี้เถ้าที่หลอมละลายเกาะเป็นตะกรัน (Slag) ก้อนโตจับตามผนังเตาหรือหม้อน้ำ

2. ขี้เถ้าก้นเตา (Bottom ash) มีขนาดใหญ่ จึงตกสะสมอยู่ก้นเตามีจำนวนประมาณ 18 % ของขี้เถ้าทั้งหมด

3. ขี้เถ้าลอย (Fly ash) มีขนาดเม็ดเล็ก ละเอียดมาก สามารถลอยไปกับไอร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ออกไปทางปล่องไฟได้ ก่อนที่ไอร้อนจะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศจะถูกแยกเอา Fly ash ออกโดยเครื่องจับขี้เถ้า (eletrostatic precipitators) Scrubbers หรือ Fabric filter (ผ้ากรอง) จำนวนขี้เถ้าลอยมีอยู่ประมาณ 82% ของขี้เถ้าทั้งหมด

ในปัจจุบัน เถ้าถ่านหินที่ผลิตได้มีปริมาณที่สูงถึง 9,000 ตันต่อวัน ทำให้ในแต่ละปีมีขี้เถ้าเกิดขึ้นจำนวนมหาศาล และเพิ่มขึ้นทุกปี เป็นภาระอย่างมากต่อการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ซึ่งต้องใช้งบประมาณเกือบ 10,000 ล้านบาท ในการขนส่งเพื่อนำไปทิ้ง ทั้งนี้เพราะว่าขี้เถ้าลอยมีลักษณะเป็นฝุ่นละเอียด หากอยู่ในสภาพแห้งเมื่อโดนลมจะปลิวกระจายไประยะทางไกล ซึ่งทำให้ประชาชนที่อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง มีความรู้สึกว่าถูกรบกวน ซึ่งอาจทำได้ โดยผสมสารที่มีแคลเซียมออกไซด์ เช่น ปูนซีเมนต์ ปูนขาว จากนั้นใส่น้ำบางส่วนและบดอัดให้แน่น ก็จะสามารถลดปัญหาการปลิวกระจายไปได้ แต่ปัญหายังไม่หมดไปเพราะว่าในขี้เถ้าลอยมีสารจำพวกโลหะหนักอยู่ด้วยซึ่งหากมีการแพร่กระจายหรือละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงสู่น้ำใต้ดินจนเกินปริมาณที่ยอมได้ก็จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคน้ำเหล่านั้นอย่างมาก ปัญหานี้เป็นปัญหาที่สำคัญมากอันหนึ่งของขี้เถ้าลอย ทำให้การนำขี้เถ้าลอยไปทิ้งมีค่าใช้จ่ายมาก ในสหรัฐอเมริกาการกำจัดทิ้งของขี้เถ้าลอยในช่วงปี ค.ศ. 1960 ถึง 1970 มีราคาตันละประมาณ 25 บาท พอถึงช่วง ค.ศ. 1970 ถึง 1980 มีราคาการกำจัดทิ้งเพิ่มขึ้นมากกว่าเท่าตัวเป็นตันละ 50 ถึง 125 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเริ่มมีกฎเกณฑ์ที่เข้มงวดมากขึ้นในการทิ้งขี้เถ้าลอย และเนื่องจากกฎเกณฑ์ที่เข้มงวดขึ้นเรื่อย ๆ ในทศวรรษนี้เอง ทางองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ของสหรัฐอเมริกา (The Environmental Protection Agency หรือ EPA) ประเมินว่าในปี ค.ศ. 1988 เป็นต้นไป ราคาในการกำจัดทิ้งขี้เถ้าลอยจะมีราคาประมาณ 300 ถึง 500 บาทต่อตัน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการกำจัดทิ้งมีราคาสูงกว่าอดีตมาก ดังนั้นในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ แคนาดา เยอรมัน เนเธอร์แลนด์ ญี่ปุ่น ได้เล็งเห็นความสำคัญของการนำขี้เถ้าลอยมาใช้ประโยชน์ โดยอาศัยคุณสมบัติเป็นสารปอซโซลานของขี้เถ้าลอย สามารถนำมาใช้แทนปูนซีเมนต์ และนำข้อดีของขี้เถ้าลอย ไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานวิจัย และมีมาตรฐานในการกำหนดชนิดและคุณสมบัติของขี้เถ้าลอย ในการนำไปใช้เป็นของตนเอง แต่สำหรับประเทศไทย ยังไม่มีการทำเช่นนั้น ทั้งนี้เพราะการนำขี้เถ้าลอยมาใช้ประโยชน์ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย หากได้รับการส่งเสริมในการวิจัย และส่งเสริมการนำขี้เถ้าลอยมาใช้ในปริมาณมาก ก็จะเป็นการลดปัญหาทั่วไป เรื่องการกำจัดทิ้ง และการก่อมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการประหยัดทั้งทรัพยากร และพลังงานไปพร้อม ๆ กันด้วย

1.1.1 คุณสมบัติทางเคมีของขี้เถ้าลอย

ขี้เถ้าลอยจะมีขนาดเล็กมาก พื้นที่ผิว ต่อหน่วยน้ำหนักอาจจะสูงถึง 2 เท่า ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ลักษณะทั่วไปจะเป็นรูปทรงกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่เล็กกว่า 1 ไมโครเมตร(0.001 มิลลิเมตร) จนถึง 150 ไมโครเมตร (0.15 มิลลิเมตร) ความละเอียดของขี้เถ้าลอยที่ได้นั้น ขึ้นอยู่กับการบดถ่านหินที่จะนำไปเผา, ชนิดของถ่านหิน และชนิดของเตาเผา โดยทั่วไปแล้ว ขี้เถ้าลอยจะมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ส่วนประกอบโดยทั่วไปจะเป็น SiO_2 + Al_2O_3 และ Fe_2O_3 เป็นส่วนใหญ่ (หรือเรียกง่าย ๆ ว่า ซิลิก้าอลูมินา และเหล็ก) เนื่องจากส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมทางเคมี และวิธีการเกิดคล้ายคลึงกับการเกิดของขี้เถ้าภูเขาไฟ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นวัสดุซีเมนต์ธรรมชาติ มีคุณลักษณะปัซโซลาน (Puzzolanic activity) ขี้เถ้าลอยซึ่งมีคุณลักษณะปัซโซลานเช่นกัน วัสดุที่มีคุณลักษณะปัซโซลาน คือ"วัสดุที่เมื่อถูกกับน้ำ จะสามารถรวมตัวได้กับปูนขาว(Lime) ที่เกิดจากไฮเดรชั่นของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์"

การแบ่งประเภทของขี้เถ้าลอยตามมาตรฐาน ASTM C 618 แบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

TABLE 1 มาตรฐาน ASTM C 618-85 สารวัสดุซีเมนต์ธรรมชาติ

		ชั้นของวัสดุผสม		
		N	C	F
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$	%น้อยที่สุด	70.0	70.0	50.0
SO_3	%มากที่สุด	4.0	5.0	5.0
Pozzolanic Index	%น้อยที่สุด	75.0	75.0	75.0
ปริมาณน้ำที่ต้องการ	%มากที่สุด	115.0	105.0	105.0

Class F นั้นโดยทั่วไป จะได้จากการเผาถ่านหิน Anthracite หรือ Bituminous Class C มักได้จากการเผาถ่านหินพวกลิกไนต์

อย่างไรก็ตาม ขี้เถ้าลอยที่ได้จะเป็น Class F หรือ Class C ก็ดีต่างก็มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้ในงานคอนกรีตได้

ถ่านหินที่ใช้ในโรงจักรไฟฟ้าแม่เมาะเป็นถ่านลิกไนต์ ซึ่งเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับที่ใช้กันส่วนใหญ่ในต่างประเทศ

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของขี้เถ้าลอยแม่เมาะ ของประจิต จิรัปปภา (2523) เปรียบเทียบกับข้อกำหนดของ ASTM C-618 (TABLE 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 2 ข้อกำหนด ASTM C-618 เปรียบเทียบกับขี้เถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะ

ส่วนผสมทางเคมี		ASTM C-618	โรงไฟฟ้าแม่เมาะ (ก.ฟ.ผ.)	โรงไฟฟ้าบางกรวย ประจิต (2523)
$SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$	ไม่น้อยกว่า	70.0	54	46.0
SO_3	ไม่เกิน	5.0	-	2.8
การสูญเสียเมื่อเผาไหม้	ไม่เกิน	12.0	0.9	1.6
ความชื้น	ไม่เกิน	3.0	-	1.0
อัลคาไลที่เปลี่ยนได้ (Exchangeable alkalies as Na_2O)	ไม่เกิน	1.5	-	-
CaO		ไม่กำหนด	34	43.0
MgO		-	6.9	3.2
Na_2O		-	-	0.7
K_2O		-	-	1.2

จะเห็นว่าว่าขี้เถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะมีผลรวมของ SiO_2,Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ต่ำกว่ามาตรฐาน ASTM และมี CaO สูง ในขณะที่ ASTM ไม่กำหนดปริมาณของ CaO ขี้เถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะจึงไม่อยู่ในข่ายที่จะนำไปใช้ได้ แต่จากรายงานของ Davis และคณะ (1937) ได้ใช้ขี้เถ้าลอยซิลิกา 2 ส่วน ปูนขาว (Hydrated lime) 1 ส่วน ผสมกับทรายอ๊อตตาวา 9 ส่วน สามารถทำเป็นมอร์ต้าก้อนทรงกระบอก และทดสอบความแข็งแรงต้านแรงต้านแรงอัดได้ และจากการพิจารณาส่วนผสมนี้เปรียบเทียบกับขี้เถ้าลอยของลิกไนต์แม่เมาะ และได้สรุปความเห็นว่าขี้เถ้าลอยของลิกไนต์แม่เมาะ จะต้องมีลักษณะปัซโซลาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปัซโซลาน (Portland-Puzzolan Cement) เป็นซีเมนต์ที่ได้จากการผสมของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับหินซิลิเกตที่มีคุณลักษณะปัซโซลาน (Puzzolanic Activity) หินหรือวัสดุที่มีคุณลักษณะปัซโซลาน คือ วัสดุที่เมื่อมีน้ำจะมีคุณสมบัติที่รวมตัวได้กับน้ำปูนขาว (Lime) ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทั่วไปแล้วเชื่อว่าสารประกอบที่ได้จากการรวมตัวของปัซโซลานกับน้ำปูนขาวนี้ คือ โมโนแคลเซียมซิลิเกต สารประกอบนี้เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ไม่ละลายในน้ำ ทำให้ความแข็งแรงของคอนกรีตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามกาลเวลา วัสดุธรรมชาติที่มีคุณลักษณะปัซโซลานมากพอสมควรคือหินทุมไมซ์ (Pumicite) หินขี้เถ้าภูเขาไฟ (Trasses หรือ Tuffs) ดินเบา (Diatomaceous earth) หินเชล (Shales) ปกติแล้วสามารถผสมวัสดุธรรมชาติเหล่านี้เข้าไปบดพร้อมกับปูนเม็ด (Clinker) ของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หรืออาจจะบดแล้วใช้ผสมแทนบางส่วนของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยผสมเข้าไปในขณะผสมคอนกรีตหรืออาจจะมีโรงผสมทำซีเมนต์ผสมก่อนก็ได้ ปริมาณวัสดุปัซโซลานที่ใช้แทนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เฉลี่ยแล้วประมาณร้อยละ 25

ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปัซโซลาน ซึ่งมีส่วนผสมของปัซโซลานธรรมชาติ ในอัตราที่เหมาะสมจะมีคุณสมบัติดีกว่าซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เช่นคอนกรีตที่ใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปัซโซลาน จะมีสภาพใช้งาน (workability) ดีกว่า มีความต้านทานต่อการเกิดแยกกลุ่ม (Seggregation) ได้ดีกว่าเมื่อใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ถึงแม้ว่าซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปัซโซลาน จะให้กำลังความแข็งแรงเมื่อแรกเริ่มต่ำแต่ระยะยาวแล้วก็สูงและอาจจะสูงกว่าด้วย นอกจากนี้แล้วคอนกรีตจากซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปัซโซลานยังมีคุณสมบัติด้านการซึมผ่านของน้ำ (Permeability) ต่ำ และมีคุณสมบัติด้านการกัดกร่อนจากน้ำได้ดี

ส่วนประกอบหลักทางเคมีของเถ้าลอย คือออกไซด์ของซิลิกา อลูมินา และเหล็กออกไซด์ของซิลิกา และอลูมินา หากมีขนาดที่เล็กเพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยากับด่างที่อุณหภูมิปกติได้สารประกอบตัวใหม่ขึ้นมา ที่มีคุณสมบัติคล้ายกับปูนซีเมนต์ กล่าวคือ มีความแข็งแรง และยึดเกาะกันได้ดี ปฏิกิริยานี้เรียกว่า ปฏิกิริยาปัซโซลาน (Pozzolanic Reaction) และสารที่สามารถทำปฏิกิริยานี้ได้ เรียกว่า สารปัซโซลาน (Pozzolan) สารเหล่านี้ที่รู้จักกันทั่วๆ ไปเช่น เถ้าลอย ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าถ่านไม้ ขี้เถ้าของสารอินทรีย์เกือบทุกชนิด เถ้าถ่านจากภูเขาไฟและดินบางชนิด เป็นต้น อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญอย่างมาก สำหรับสารปัซโซลาน คือ จะต้องมีความละเอียดสูง เพราะถ้ามีความละเอียดต่ำจะทำให้ปฏิกิริยาปัซโซลานไม่เกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นในปริมาณที่น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2 ขี้เถ้าลอยกับปฏิกิริยาปัซโซลานของงานคอนกรีต

เมื่อปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration)ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนออกมา ผลที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ($3CaO.2SiO_2.3H_2O$ หรือ C-S-H) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ {$Ca(OH)_2$} ดังสมการที่ (1) และ (2)

$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \text{ --------} > 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3Ca(OH)_2 \text{----- (1)}$$

$$2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \text{ --------} > 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2 \text{ ----- (2)}$$

ปฏิกิริยาตามสมการที่ (1) และ (2) ยังไม่สิ้นสุด หากส่วนผสมของปูนซีเมนต์หรือคอนกรีตมีสารปัซโซลานเช่นมีเถ้าลอยผสมอยู่ กล่าวคือ ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งมีอยู่ในเถ้าลอยจะเข้าทำปฏิกิริยากับด่าง คือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ {$Ca(OH)_2$} ดังสมการที่ (3) และ (4)

$$Ca(OH_2) + SiO_2 + H_2O \text{ --------} > xCaO.ySiO_2.zH_2O \text{ ---------- (3)}$$

$$Ca(OH_2) + Al_2O_3 + H_2O \text{ --------} > xCaO.yAl_2O_3.zH_2O \text{ ---------- (4)}$$

ผลที่ได้จากปฏิกิริยาในสมการที่ (3) คือ $xCaO.ySiO_2.zH_2O$ หรือเรียกรวมว่าแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตC-S-Hค่าx,y,z เป็นค่าที่แปรไปตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ผลที่ได้จากปฏิกิริยาในสมการที่ (4) คือ แคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต C-A-H ทั้ง C-S-H และ C-A-H จะทำให้กำลังอัดคอนกรีตหรือปูนซีเมนต์สูงขึ้น และลดช่องว่างระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์ลง ทำให้อัตราการซึมของน้ำ ผ่านคอนกรีตลดลงตามไปด้วย

ดังได้กล่าวแล้วว่า ปฏิกิริยาปัซโซลานมีองค์ประกอบสำคัญอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนแรกต้องมีสารที่เป็นออกไซด์ของซิลิกาหรืออลูมินาอยู่ ซึ่งสารเหล่านี้จะมีคุณสมบัติทางด้านซีเมนต์น้อยมากหรือแทบไม่มีเลยและมีความละเอียดสูง ส่วนนี้จะตรงกับคุณลักษณะของเถ้าลอยหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เถ้าถ่านหินพอดี ส่วนที่สองคือ สารเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับด่างที่อุณหภูมิปกติ ซึ่งด่างนี้จะมาจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์กับน้ำ คือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ $\{Ca(OH)_2\}$ ปฏิกิริยาปัซโซลานนี้จะเกิดขึ้นเรื่อย ๆ และช้า ๆ จากการทดลองโดย Fray, Bijen และ de Haan พบว่าปฏิกิริยาปัซโซลาน ที่ทดสอบที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะเริ่มเกิดปฏิกิริยาในซีเมนต์เพสต์ได้เมื่ออายุระหว่าง 7 ถึง 14 วัน และสามารถทำปฏิกิริยาได้เรื่อย ๆ จนถึงอายุมากกว่า 3 ปีครึ่ง

1.1.3 ผลงานการศึกษาและวิจัยของขี้เถ้าลอย

1. การศึกษาการใช้ขี้เถ้าลอยในประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2523 ประจิต จิรัปปภา นำขี้เถ้าลอยจากโรงงานไฟฟ้าบางกรวย นนทบุรี ซึ่งเป็นขี้เถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินลิกไนต์แม่เมาะ ทำการศึกษาเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1. ส่วนประกอบทางเคมี ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขี้เถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินลิกไนต์แม่เมาะ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของขี้เถ้าลอยแม่เมาะมีคุณภาพต่ำกว่าข้อกำหนดมาตรฐาน ASTM C-618 แต่ขี้เถ้าลอยแม่เมาะมีคุณสมบัติปัซโซลาน

2. นำขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มาอัดเป็นก้อนทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.54 เซนติเมตร ยาว 7.75 เซนติเมตร การอัดใช้แบบสถิตย์(Static Compaction) โดยแบ่งส่วนผสม และวิธีการเป็น 3 อย่าง คือ ทำการอัดก้อนขี้เถ้าล้วน ๆ, ก้อนขี้เถ้าผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และ ก้อนขี้เถ้าผสมปูนขาว นำก้อนตัวอย่างที่อัดแล้วนี้ทำการทดสอบกำลังอัด เมื่ออายุได้ 1,2,3,...,30 เดือน พบว่า ทุก ๆ ก้อนมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่ม ก้อนที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์จะมีความแข็งแรงสูงขึ้นตามปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น และก้อนขี้เถ้าล้วน ๆ จะมีความแข็งแรงสูงขึ้นตามความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นส่วนก้อนที่ผสมปูนขาวกำลังอัดจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก้อนขี้เถ้าล้วน ๆ และลดลงมากยิ่งขึ้นเมื่อปริมาณปูนขาวเพิ่มขึ้น แสดงว่า ปูนขาวไม่ให้ประโยชน์ในด้านการเพิ่มกำลังอัดแก่ก้อนทดสอบ

ดังนั้นสรุปได้ว่า ขี้เถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินลิกไนต์แม่เมาะจากโรงไฟฟ้าบางกรวย มีคุณสมบัติปัซโซลานสูงเมื่อใช้กำลังอัดเป็นดัชนี แต่การผสมปูนขาวเข้าไปในขี้เถ้าลอยจะทำให้คุณสมบัติปัซโซลานลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำขี้เถ้าลอยที่ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 ผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 แล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

(1) ความต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าซีเมนต์ผสมขี้เถ้า จะมากขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น แต่ลดลงเมื่ออัตราส่วนระหว่างขี้เถ้าต่อซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ผสมเพิ่มขึ้น

(2) ความต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมน้ำ (Nest Cement) จะลดลง เมื่ออัตราส่วนระหว่างขี้เถ้าต่อซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สูงขึ้น และกำลังแรงดึงจะมากขึ้นตามอายุ

(3) เมื่ออัตราส่วนของขี้เถ้าลอยต่อซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สูงขึ้น จะทำให้ค่าความข้นเหลวปกติสูงขึ้นเล็กน้อย เวลาเริ่มก่อตัวมากขึ้น และค่าความอยู่ตัวออโตเคลฟก็จะมากขึ้นเล็กน้อยด้วย

ถ้าพิจารณาเรื่องกำลังอัดของมอร์ต้าเป็นหลักใหญ่ แล้วจะเห็นว่า ซีเมนต์ผสมที่มีขี้เถ้าลอยสูงตั้งแต่ร้อยละ 0-25 มีคุณภาพดีกว่าซีเมนต์ตราเสือ การนำขี้เถ้าลอยมาผสมทำเป็นซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปัซโซลานาเพื่อใช้ในงานคอนกรีตจึงเป็นสิ่งที่เป็นไปได้

ในปี พ.ศ. 2525 ประจิต จิรัปปภา ทำการผสมขี้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เข้าไปในคอนกรีต โดยมีอัตราส่วนระหว่างขี้เถ้าลอยต่อซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็น 0,0.1,0.2,0.3,0.4 และ 0.5 ปริมาณซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็น 250, 300, 350 และ 400 กิโลกรัม ต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เป็น 0.5, 0.75,1.00 และ 1.25 เป็นคอนกรีตตามส่วนผสมนี้ 96 ส่วนผสม แต่ละส่วนผสมหล่อเป็นก้อนทดสอบ 35 ก้อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว สูง 6 นิ้ว ทำการทดสอบกำลังอัดเมื่อมีอายุได้ 3,7,28 วัน และ 2,4,6,8 เดือน พบว่าสามารถเติมขี้เถ้าลอยเข้าไปในคอนกรีต เพื่อทดแทนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้สูงถึงร้อยละ 25 และ 29 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ในคอนกรีตอายุ 28 วัน และ 2.5 เดือนตามลำดับ โดยยังให้กำลังอัดของคอนกรีตเท่าเดิมได้สร้างกราฟ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ขี้เถ้าลอย ดัง FIGURE 1, 2, 3

กรกฎ วิจิตรพงศ์ (พ.ศ. 2530) พบว่า ความสามารถทำงานได้ในปูนซีเมนต์ผสมขี้เถ้าลอย ในรูปของการยุบตัว การไหล และการทำให้แน่น จะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับปริมาณขี้เถ้าในส่วนผสม และขี้เถ้ามีคุณสมบัติลดน้ำ โดยการเติมขี้เถ้าลอยทุก ๆ 10% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จะสามารถลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลงได้ 0.03% และระยะเวลาก่อตัวที่เพิ่มขึ้นจะขึ้นกับปริมาณขี้เถ้าลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
033278

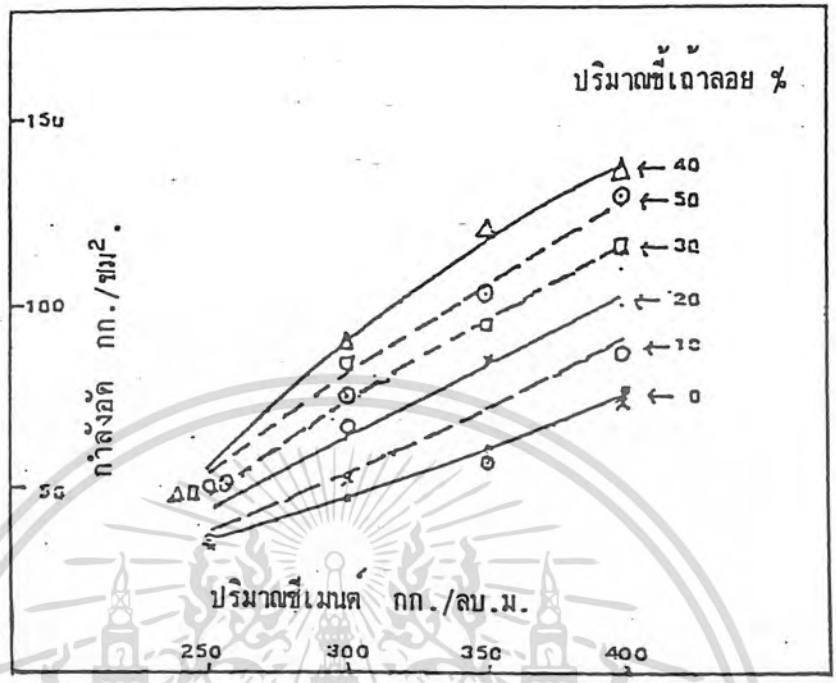


FIGURE 1 กำลังและส่วนผสม อายุ 7 วัน (ประจิต 2525)

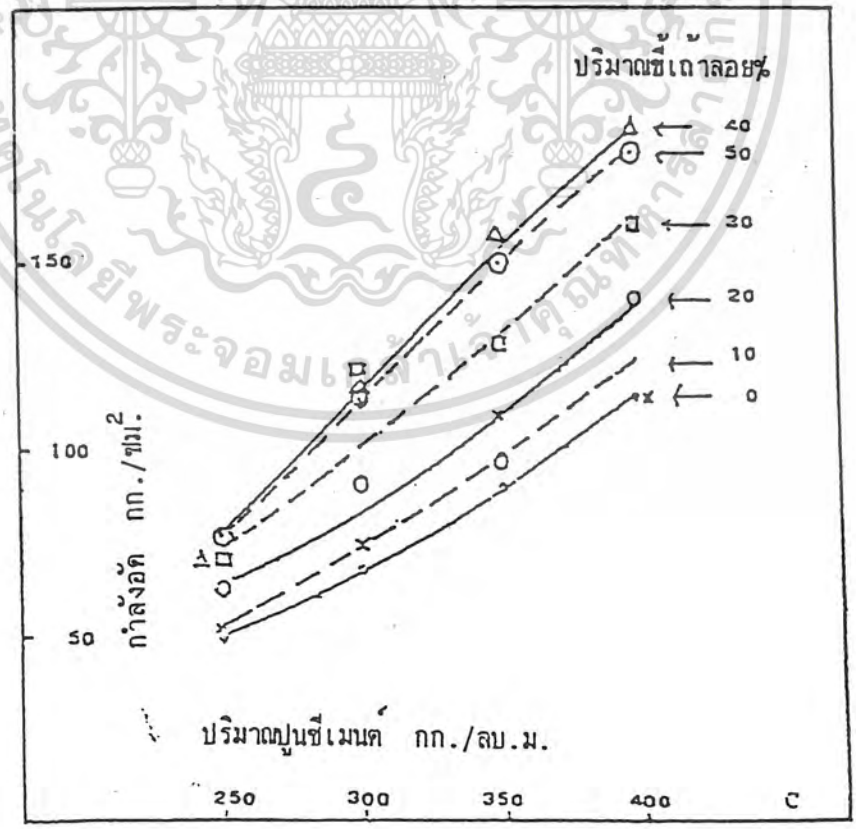


FIGURE 2 กำลังและส่วนผสมอายุ 28 วัน (ประจิต 2525)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

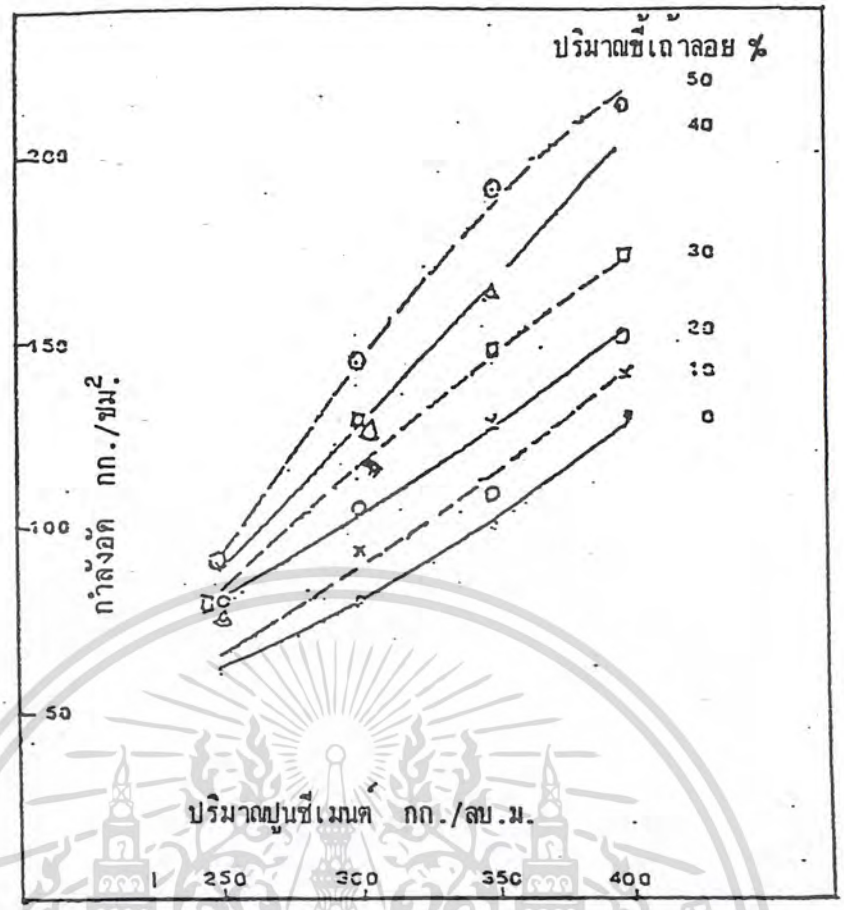


FIGURE 3 กำลังและส่วนผสมอายุ $2\frac{1}{2}$ เดือน (ประจิต 2525)

ในปี พ.ศ. 2527 Makoto Ashino ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลกระทบขององค์ประกอบทางเคมี, คุณสมบัติทางกายภาพของขี้เถ้าลอย, ปูนก่อขี้เถ้าลอยและคอนกรีตขี้เถ้าลอย ที่ได้จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยใช้ปูนก่อขี้เถ้าลอย 3 ตัวอย่าง และสำหรับคอนกรีตขี้เถ้าลอยได้ใช้น้ำเป็นตัวกำหนดค่าการยุบตัว 5.08 ถึง 7.62 เซนติเมตร นำไปทดสอบคุณสมบัติทางกล อันได้แก่ กำลังอัดประลัย, กำลังต้านทานแรงดึง และการต่อต้านสารละลายกรด สรุปว่าขี้เถ้าลอยที่ได้จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะนั้น มีปริมาณของซิลิกอนไดออกไซด์รวมกับอลูมินาในปริมาณต่ำมาก และข้อบกพร่องนี้เป็นสาเหตุให้การพัฒนาค่ากำลังอัดของปูนก่อขี้เถ้าลอย และคอนกรีตขี้เถ้าลอยเป็นไปอย่างช้า ๆ ขี้เถ้าลอยสามารถทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ถึงร้อยละ 35โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ผลการทดสอบครั้งสุดท้ายแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตขี้เถ้าลอยมีค่ากำลังดึงดีกว่าคอนกรีตธรรมดา

ในปี พ.ศ. 2528 ปริญญา จินดาประเสริฐ และ อินทรชัย หอวิจิตร ได้ทำการวิจัยเพื่อหาคุณสมบัติของขี้เถ้าลอย และศึกษาคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผสมขี้เถ้าลอยการทดสอบได้ใช้ขี้เถ้าลอยจากไซโลของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และ 2 ที่โรงผลิตไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่าขี้เถ้าลอยแม่เมาะทั้ง 2 ตัวอย่าง มีผลรวมของ SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ต่ำเท่ากับร้อยละ 35.2 และ 41.4 ปริมาณ CaO สูงเท่ากับร้อยละ 39.5 และ33.0 โดยน้ำหนักของขี้เถ้าลอย ปริมาณ SO_3 สูงเท่ากับร้อยละ 11.5 และ 14.0 โดยน้ำหนักของขี้เถ้าลอย การสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ปานกลางเท่ากับร้อยละ 6.3 และ 3.4 โดยน้ำหนักของขี้เถ้าลอย ความละเอียดปานกลางเท่ากับ 2550 และ 3580 ซม.^{2}/กรัม ความถ่วงจำเพาะสูงเท่ากับ 2.90 และ 3.00 และมีคุณสมบัติเป็นปัซโซลาน โดยมีดัชนีความเป็นปัซโซลานเท่ากับร้อยละ 75.9 และ 83.7 โดยน้ำหนักของขี้เถ้าลอย เมื่อเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

การทดแทนขี้เถ้าลอยในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ไม่ค่อยมีผลต่อการก่อตัวในระยะต้น แต่เวลาสำหรับการก่อตัวระยะปลายจะเพิ่มขึ้นมาก การใช้ขี้เถ้าลอยผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะทำให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีการคายน้ำน้อยลง กำลังอัดระยะต้นของปูนซีเมนต์ผสมขี้เถ้าลอยลดลงตามปริมาณขี้เถ้าลอย เพราะปฏิกิริยาปัซโซลานยังไม่เกิดขึ้น กำลังอัดระยะปลายจะดีขึ้น เพราะปฏิกิริยาปัซโซลาน และวิธีการบดร่วมสามารถเพิ่มกำลังอัดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมขี้เถ้าลอย

การผสมขี้เถ้าลอยทำให้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมขี้เถ้าลอย มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟูริคดีขึ้น แต่ทำให้การขยายตัวเมื่อแช่ในน้ำ และการหดตัวเมื่อตากแห้งสูงขึ้น

ผดุง จุลทะเกาศัลย์ (พ.ศ. 2528) ขี้เถ้าจากถ่านหินลิกไนต์โรงไฟฟ้าแม่เมาะมี 3 ลักษณะ

1. ขี้เถ้าตะกรันจำนวนเล็กน้อย
2. ขี้เถ้าก้นเตา 18%
3. ขี้เถ้าลอย 82%

ในปี พ.ศ. 2530 ปริญญา จินดาประเสริฐ และ อินทรชัย หอวิจิตร ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ขี้เถ้าแกลบดำ และขี้เถ้าลอย การทดสอบใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง ขี้เถ้าแกลบเทาขาว ขี้เถ้าแกลบดำ และขี้เถ้าลอยแม่เมาะ วิธีการผสมใช้ 2 แบบ คือการผสมธรรมดา (Blending) และการบดร่วม (Intergrinding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ผสมที่ศึกษาได้แก่ ระยะเวลาการก่อตัวความข้นเหลวปกติ การคายน้ำ กำลังอัด กำลังดิง การขยายตัวเมื่อเปียก การหดตัวเมื่อแห้ง และความทนทานต่อสภาพกรด

จากการทดสอบพบว่า คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ผสม ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมขี้เถ้าแกลบที่มีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และขี้เถ้าลอย ส่วนผสมที่มีขี้เถ้าแกลบมากจะมีความต้องการน้ำสูงขึ้น ส่วนผสมที่มีขี้เถ้าแกลบและขี้เถ้าลอยอยู่มากจะมีระยะเวลาการก่อตัวมากขึ้น การคายน้ำลดลง การขยายตัวเมื่อเปียก และการหดตัวเมื่อแห้งเพิ่มขึ้น ส่วนผสมที่มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อยู่ร้อยละ 20-40 โดยน้ำหนักของมวลทั้งหมดจะให้ความต้านทานต่อการกัดกร่อนของกรดดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยขี้เถ้าแกลบและขี้เถ้าลอยทำให้กำลังดิงของแท่งมอร์ต้าดีขึ้น

2.การศึกษาขี้เถ้าลอยในต่างประเทศ

ในปี 1934 F.R. McMillan and T.C.Powers ได้ศึกษาวิธีการหาคุณค่าของวัสดุผสมเพิ่ม (Admixtures)ในคอนกรีต โดยพิจารณาวัสดุหลายชนิด ซึ่งมีขี้เถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินในโรงไฟฟ้ารวมอยู่ด้วย วัสดุที่เติมเข้าไปในการผสมทำคอนกรีตหลายชนิดช่วยให้คอนกรีตดีขึ้น เช่น ไปลดอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ หรือทำให้สภาพใช้งาน (workability) ดีขึ้น หรือทำให้เนื้อคอนกรีตดีขึ้น หรือมีผลทำให้ราคาถูกลงก็นับว่าเป็นส่วนดีที่นำมาพิจารณาทั้งนั้น วัสดุผสมอาจทำให้คอนกรีตดีขึ้นโดยหลักการ ดังนี้

1. เพิ่มคุณภาพทางฟิสิกส์ เช่น ทำให้เนื้อคอนกรีตดีขึ้น โดยสามารถทำให้เนื้อซีเมนต์ (Cement-paste) เหนียวดีขึ้นทำให้คอนกรีตไม่แยกเป็นชั้นๆ ทั้งนี้เพราะคอนกรีตทั่ว ๆ ไป ถ้าใส่น้ำมาก ๆ แล้วมวลหยาบเม็ดโต ๆ มักจะตกจมลงสู่ด้านล่าง มวลละเอียดและซีเมนต์ซึ่งละเอียดกว่ามักจะลอยอยู่ตอนบน แยกเป็นกลุ่มเป็นพวก ไม่มีเนื้อประสานกัน ทำให้เกิดบริเวณกลุ่มที่ไม่แข็งแรงเป็นตอน ๆ เมื่อทำการทดทดสอบกำลังอัดก็มักจะแตกหักในบริเวณกลุ่มอ่อนเหล่านี้ การเพิ่มซีเมนต์ให้มากขึ้นหรือการเติมวัสดุผสมเข้าไป จะช่วยให้ส่วนผสมคอนกรีตเหนียวดีขึ้นและไม่เกิดการแยกเป็นกลุ่มเป็นชั้นดังกล่าว

2.วัสดุผสมเติมมีคุณสมบัติ เป็นซีเมนต์ในตัวมันเอง วัสดุชนิดนี้จะให้กำลังความแข็งแรงแก่คอนกรีตเพิ่มขึ้นสูงกว่าเมื่อใช้ซีเมนต์อย่างเดียว วัสดุชนิดนี้ยังสามารถเพิ่มคุณค่าในด้านฟิสิกส์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.คุณสมบัติปัซโซลาน (Puzzolan)วัสดุผสมเติมบางอันอาจไม่มีคุณสมบัติเป็นซีเมนต์ในตัวมันเอง แต่สามารถมีปฏิกริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเกิดในขบวนการแข็งตัวของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทำให้เกิดสารผสมใหม่ที่เพิ่มความแข็งแรงกับคอนกรีตได้ วัสดุเช่นนี้เรียก ปัซโซลานา วัสดุเหล่านี้ยังให้คุณค่าแก่คอนกรีตในด้านฟิสิกส์ได้อีกด้วย

ในปี 1937 F.R. McMillan and T.C. Powers ได้ทดลองใช้วัสดุผสมเติมหลายชนิดมี Bentonite, Tripoli Silica, California Pumicite, Diatomaceous Earth, Crystalline Talc, Hydrated Lime, Kansan Punicite, Magnolia Cement, Blast Furnace Slag และ Precipitator Ash โดยคงปริมาณส่วนผสมของซีเมนต์ไว้ที่ 4,4.5,5 และ 6 ถุงต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์หลา และแปรค่าวัสดุผสมเติมในปริมาณต่าง ๆ บ่มตัวอย่างด้วยความชื้นและทดสอบหากำลังเมื่ออายุ 7,28 และ 180 วัน สรุปผลไว้ดังนี้

1. วัสดุผสมเติมทำให้เกิดผลขึ้นได้ทั้งนี้โดยขึ้นอยู่กับ ปริมาณความเค็มของซีเมนต์ชนิด และปริมาณของวัสดุผสมเติมและที่สำคัญคือ อายุของคอนกรีต

2. เมื่อเปรียบเทียบในคอนกรีตที่มีสภาพการใช้งานเท่ากัน เมื่อไม่ได้ใส่วัสดุผสมเติมจะได้คอนกรีตที่มีกำลังดีกว่า แต่ยกเว้นวัสดุผสมเติมเพียงอย่างเดียวคือ ขี้เถ้าลอย (Precipitator Ash)

3. ปฏิกริยาปัซโซลาน (Puzzolanic action) จะเพิ่มกำลังความแข็งแรงแก่คอนกรีต และยังสามารถใช้กำลังความแข็งแรง เป็นดัชนีของปฏิกริยาปัซโซลานได้โดยกล่าวว่าถ้าวัสดุผสมชนิดใด ๆ สามารถทำให้อัตราเพิ่มความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามเวลาจนมากกว่า เมื่อคอนกรีตนั้นไม่ได้ใส่วัสดุผสมเติมก็แสดงว่ามีปฏิกิริยาปัซโซลานเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์จะไม่ทำให้กำลังเพิ่มตามอายุ

4. พบวัสดุผสมเติมที่ให้ปฏิกิริยาปัซโซลานภายหลังอายุ 7 วัน คือ ขี้เถ้าลอย (Precipitator Ash) หินพุมไมซ์ (California Pumicite)วัสดุอื่นนอกนั้นไม่ชัดแจ้ง

ในปี 1937 R.E. Davis และคณะ ได้ศึกษาซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปัซโซลานซึ่งได้จากการผสมขี้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้า 15 แห่งเข้ากับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา การผสมใช้วิธีการคลุกเข้ากันกับวิธีการบดรวมกัน ผลการศึกษาพอสรุปได้ดังนี้

1. พบว่า ขี้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าหลายแห่งมีส่วนประกอบทางเคมีไม่ต่างกันมาก ยกเว้นปริมาณถ่านเท่านั้นที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทั่วไปแล้วขี้เถ้าลอยจะละเอียดกว่าซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดามาก บางเม็ดจะเล็กกว่าไมครอนเสียด้วยซ้ำ และโดยทั่วไปเม็ดเหล่านี้มักจะกลม

3. ขี้เถ้าลอยให้คุณลักษณะปัซโซลานสูง เมื่อพิจารณาในแง่ความสามารถที่มันจะรวมตัวกับน้ำปูนขาวทำให้เกิดสารประกอบที่ทำให้กำลังสูงขึ้น ทั่วไปแล้วขี้เถ้าลอยที่มีความละเอียดสูงและมีปริมาณถ่านต่ำจะมีคุณลักษณะปัซโซลานสูง

4. ขี้เถ้าลอยที่มีความละเอียดสูงและมีปริมาณถ่านต่ำ สามารถใช้แทนที่ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาได้สูงถึง 30% ทั้งนี้ในกรณีที่ทำการบ่มด้วยความชื้นธรรมดา และสามารถใช้แทนได้สูงขึ้นไปถึง 50% ในสภาพการบ่มคอนกรีตหลา (Mass concrete)

5. ทั่วไปแล้วจะได้ผลดีที่สุด เมื่อใช้ขี้เถ้าลอยผสมเข้าไปในซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดธรรมดาหรือชนิดความละเอียดสูง และหรือชนิดที่มีส่วนผสมปูนขาว (Lime) สูง

6. การผสมขี้เถ้าลอยโดยการคลุกในซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มักจะได้ผลเท่ากับหรือดีกว่าวิธีการบดรวมกัน

7. ซีเมนต์ผสมขี้เถ้าลอยมีระยะก่อตัว (Set) ช้ากว่าซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แต่ถึงจะช้าก็ยังอยู่ในพิกัดที่กำหนดไว้

Davis และคณะ ได้รายงานผลการศึกษาเพิ่มเติมเฉพาะขี้เถ้าลอยชนิดมีถ่านน้อยถึงค่อนข้างน้อย และมีความละเอียดสูงถึงค่อนข้างสูง ผสมรวมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดธรรมดาถึงชนิดความละเอียดสูง และชนิดธรรมดาถึงชนิดปูนขาวสูง และได้สรุปผลไว้ดังนี้

1. เมื่อเปรียบเทียบที่ความข้นเหลว (consistency) เดียวกัน คอนกรีตที่ได้จากขี้เถ้าลอยผสมซีเมนต์ และคอนกรีตที่ได้จากซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต้องการน้ำใกล้เคียงกัน ในขณะที่คอนกรีตจากซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปัซโซลานธรรมชาติจะต้องการน้ำมากกว่า

2. เมื่อผสมขี้เถ้าลอยเข้าแทนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สูงถึง 30% เมื่อบ่มตามสภาพมาตรฐาน จะได้กำลังความแข็งแรงต่ำเมื่ออายุน้อยแต่จะค่อนไปทางข้างมากกว่าเมื่ออายุมาก ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อย่างเดียว และถ้าบ่มในสภาพคอนกรีตหลาจะสามารถผสมขี้เถ้าเข้าไปแทนได้ถึง 50% โดยที่ยังมีกำลังสูงกว่าเมื่ออายุแค่ 28 วัน

3. ถ้าแทนที่ด้วยขี้เถ้าลอยถึง 20% และใช้วิธีผสมแบบบดรวมกันจะได้ซีเมนต์ ซึ่งเมื่อทำเป็นคอนกรีตแล้วจะได้กำลังเมื่ออายุ 3 วัน ใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ได้จากซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปอร์ตแลนด์แข็งเร็ว (High early strength portland cement) เมื่อใช้พลังงานในการบดเท่ากัน

4. ปริมาณร้อยละของขี้เถ้าลอยที่ใส่เข้าไปมีส่วนเกี่ยวพันกับการเพิ่ม หรือลดลงของกำลังของคอนกรีต แต่ไม่เกี่ยวโดยตรงกับความเค็ม (Richness) ของส่วนผสม

5. คอนกรีตที่ผสมด้วยขี้เถ้าลอยจะมีค่าโมดูลัส E_c ต่ำเมื่ออายุน้อย แต่จะสูงเมื่ออายุมากเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตจากซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน แต่ผลแตกต่างก็ไม่มากจนมีผลในด้านการออกแบบ

6. พิจารณาคอนกรีตที่มีความหนาปกติ เช่น แผ่นพื้นถนน (Highway slab) ผนัง (wall) และโครงอาคาร (Frame building) การหดตัวเนื่องจากการแห้งที่ผิวภายนอกเมื่ออายุ 1 ปี ของคอนกรีตผสมขี้เถ้าลอย จะเท่ากับ หรือน้อยกว่าคอนกรีตผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน แต่ถ้าเป็นส่วนของคอนกรีตที่บางมากผลจะกลับกัน

7. คอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยต้านโซเดียมซัลเฟตได้ดีกว่า คอนกรีตจากซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน

8. คอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยเกิดความร้อนเนื่องจากไฮเดรชั่นน้อยกว่าคอนกรีตจากซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน

ในปี 1953 G.W. Washa และ N.H. Withey ทำการศึกษากำลังและความทนทานของคอนกรีตผสมด้วยขี้เถ้าลอยชิคาโก ซึ่งเป็นขี้เถ้าลอยชนิดถ่านน้อยคือต่ำกว่า 2% มีความละเอียดสูงโดยมีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักระหว่าง 3200 ถึง 4200 ตร.ซม. ต่อน้ำหนักหนึ่งกรัม สรุปผลการทดลองไว้ดังนี้

1. ขี้เถ้าลอยที่ใส่เข้าไปจะต้องมากกว่าซีเมนต์ที่ลดลง ถ้าต้องการให้กำลังที่ 28 วัน คงเดิม

2. ที่อายุ 1 ปี คอนกรีตที่มีขี้เถ้าลอย 20% โดยน้ำหนักของซีเมนต์จะมีกำลังแข็งแรงสูงกว่าเมื่อไม่ใส่ขี้เถ้าลอย

3. เมื่อผสมขี้เถ้าลอยเข้าไปแล้วบ่มไม่ดี คือไม่ถูกต้อง จะทำให้กระบวนการไฮเดรชั่นและปฏิกริยาปัซโซลานา ช้าลง

4. ขี้เถ้าลอยช่วยต้านทานปฏิกริยาของกรดซัลฟุริคที่มีต่อคอนกรีต

5. คอนกรีตที่ผสมด้วยขี้เถ้าลอย 70 ถึง 188 ปอนด์ต่อลูกบาศก์หลาจะใช้น้ำน้อยลง 1 ถึง 2.5 แกลลอนต่อลูกบาศก์หลา โดยที่สลั้มยังคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คอนกรีตกักฟองอากาศ (air entrained concrete) จะต้องการสารกระจายกักฟองอากาศ (Air entraining ahent) มากขึ้นเมื่อมีการผสมขี้เถ้าลอยเข้าไป

ในปี 1956 A.G. Tinms และ W.E. Grieb ได้ศึกษาการใช้ขี้เถ้าลอยในงานคอนกรีต ใช้ขี้เถ้าลอย 4 ชนิด มีปริมาณถ่านในขี้เถ้า 0.2,0.6,5.0 และ 11.2% ศึกษากำลัง ความทนทาน การเปลี่ยนปริมาตรและผลต่อแคลเซี่ยมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ให้ผลสรุปที่สำคัญดังนี้

1. เมื่ออายุ 7 วัน คอนกรีตผสมขี้เถ้าลอย จะให้กำลังน้อยกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสม และเมื่ออายุ 28 วัน ก็จะให้ผลเช่นเดียวกันเพียงแต่มีข้อยกเว้นในบางกรณี ซึ่งขึ้นกับชนิดของซีเมนต์และชนิดของขี้เถ้าลอย

2. คอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยชนิดมีปริมาณถ่านสูง จะให้กำลังความแข็งแรงต่ำ

3. กำลังเมื่ออายุ 1 ปีของคอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยชนิดถ่านต่ำจะสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสม ในบางกรณีอาจมากกว่าถึง 20%

ในปีเดียวกันคือ 1956 นี้ R.H. Brink และ W.J. Halstead ได้ศึกษาการทดสอบขี้เถ้าลอยเพื่อใช้ในงานคอนกรีต โดยศึกษาขี้เถ้าลอย 34 ตัวอย่าง แบ่งเป็น 4 พวกตามปริมาณร้อยละของถ่าน คือ 0-4,4-8,8-12 และ 12-15.6 สรุปผลไว้ดังนี้

1. กำลังของก้อนมอร์ต้าที่ผสมขี้เถ้าลอยเข้าไปจะแปรเปลี่ยนตามชนิดของซีเมนต์

2. กำลังของก้อนมอร์ต้าผสมขี้เถ้าลอยจะได้ผลมากเมื่อใช้ซีเมนต์ต่ำ(Lean mix)

3. ปริมาณของถ่านในขี้เถ้าลอยจะทำให้กำลังของมอร์ต้าผสมขี้เถ้าลอยลด ทั้งนี้เพราะเมื่อถ่านมากส่วนผสมที่มีคุณลักษณะปัซโซลานจะลดลง และเมื่อมีถ่านมากก็ต้องการน้ำมากด้วย

4. ไม่พบความสัมพันธ์อันใดระหว่าง กำลังของมอร์ต้าผสมขี้เถ้าลอย กับความละเอียดของขี้เถ้าลอยที่หาโดยวิธีอากาศซึมผ่าน (Air permeability) แต่โดยทั่วไปแล้ว กำลังนี้จะแปรตามความละเอียดของขี้เถ้าลอยที่หาโดยตะแกรงเบอร์ 325*

5. เมื่อผสมขี้เถ้าลอยกำลังของก้อนมอร์ต้าจะแปรผันกลับกับปริมาณน้ำ

6. ไม่พบความสัมพันธ์อันใด ระหว่างปฏิกริยาปัซโซลานากับส่วนผสมของอนินทรีย์วัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. วิธีการอาศัยปฏิกริยาของซิลิกากับโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อหาปริมาณของวัสดุปัซโซลานา ซึ่งเคยได้ผลพอสมควรนั้น การศึกษาเรื่องนี้กลับพบว่าไม่เหมาะสมที่จะใช้กับขี้เถ้าลอยเพราะมีน้ำปูนขาว และแคลเซียมซัลเฟตในขี้เถ้าลอย ซึ่งทำให้ปฏิกริยาไม่เกิดอย่างปกติ

8. การทดสอบการดูดน้ำปูนขาว (Lime absorption) โดยให้มีปฏิกริยากับขี้เถ้าลอยในสารละลายน้ำปูนขาว (Lime solution) พบว่าไม่สามารถให้ข้อมูลที่พอจะทำนายคุณลักษณะปัซโซลานของขี้เถ้าลอยได้

ในปี 1958 C.E. Lovewell และ G.W. Washa ได้ศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตเมื่อเติมด้วยขี้เถ้าลอย ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตที่ผสมขี้เถ้าลอยเข้าไป จะให้กำลังแข็งแรงดีเมื่ออายุมากกว่า 28 วันถึง 6 เดือน แต่ในการใช้งานจริง มักจะกำหนดความแข็งแรงเมื่ออายุ 14 วันหรือ 28 วัน จึงจำเป็นที่จะต้องหาส่วนผสมซึ่งสามารถให้กำลังที่ต้องการในการกำหนดอายุที่ต้องการด้วย การศึกษานี้พบว่า

1. เพื่อให้ได้กำลังเมื่ออายุ 3-28 วันใกล้เคียงกับเมื่อใช้ซีเมนต์ล้วน ๆ คอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยจะต้องมีน้ำหนักของซีเมนต์บวกขี้เถ้าลอยมากกว่าน้ำหนักของซีเมนต์เมื่อใช้ซีเมนต์ล้วน ๆ

2. ในคอนกรีตธรรมดาชนิดปูนซีเมนต์ 4 ถุงต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์หลา ใช้ขี้เถ้าลอย 175 ปอนด์แทนปูนซีเมนต์ 1 ถุง (94 ปอนด์) ซึ่งจะเหลือปูนซีเมนต์ 3 ถุง และคอนกรีตธรรมดาชนิดปูนซีเมนต์ 6 ถุง จะใช้ขี้เถ้าลอย 100 ปอนด์แทนปูนซีเมนต์ 3 ใน 4 ของถุง อนึ่งจำนวนที่แท้จริงจะขึ้นอยู่กับชนิดของขี้เถ้าลอย มวลหยาบ และปริมาณความเค็ม (Richness) ของส่วนผสม

3. อัตราส่วนของทรายต่อมวลรวมทั้งหมด (Sand/Total Aggregate) เมื่อผสมด้วยขี้เถ้าลอย จะลดลงประมาณ 0.02-0.4 ต่ำกว่าเมื่อไม่ใช้ขี้เถ้าลอย

Cannon (1968) อธิบายว่า ขี้เถ้าลอยให้กำลังเพิ่มสูงขึ้นได้ 3 ลักษณะคือ

1. ทำให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยลง

2. เพิ่มปริมาณสารเชื่อมประสานในส่วนผสม

3. โดยปฏิกิริยาปัซโซลาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองลักษณะแรกเป็นผลต่อกำลังในอายุช่วงแรก ลักษณะที่สามช่วยให้กำลังเพิ่มสูงขึ้นในช่วงอายุมากขึ้น

Kawahara และ Denzai (อ้างถึงใน KoKubu 1968) พบว่าปริมาณน้ำที่ต้องการลดลงในการผสมขี้เถ้าลอยเข้าไปนั้น ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของคอนกรีต สัดส่วนคละของมวลละเอียด ความละเอียดและปริมาณของขี้เถ้าลอยจากการทดลองใช้ขี้เถ้าลอย 25% พบว่าปริมาณน้ำที่ต้องการลดลง ประมาณ 7%

Ravina (1980) พบว่าค่าดัชนีความเป็นปัชโซลาน เพิ่มขึ้น เมื่อความละเอียดเพิ่มขึ้น

Watt และ Thorne (อ้างถึงใน KoKabu 1963) พบว่าค่าดัชนีความเป็นปัชโซลานเพิ่มขึ้นเมื่อความละเอียดเพิ่มขึ้น

Sokurai (อ้างถึงใน Kokubu 1968) สารประกอบของขี้เถ้าลอยที่สำคัญมี ควอทซ์ (Quartz) มูลไลต์ (Mullite) และกล๊าส (Glass) ซึ่งซิลิก้าจะอยู่ในรูปของควอทซ์และกล๊าส ส่วนอลูมิเนียมอยู่ในรูปของมูลไลต์ ออกไซด์ และกล๊าส เขาพบว่าส่วนที่เป็นกล๊าส เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาปัชโซลาน ส่วนสารประกอบอื่น ๆ คือควอทซ์และมูลไลต์อยู่ในสภาพของผลึก (Crystal) ช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาน้อยมาก

Kovas (1975) ได้ศึกษาพฤติกรรมและผลิตผล จากการไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และปูนซีเมนต์ผสมขี้เถ้าลอยโดยวิธีเอ็กซเรย์ (X-Ray Diffraction) และการวิเคราะห์โดยใช้ความร้อน (Thermal Analysis) พบว่ารูปแบบของการไฮเดรชั่นของปฏิกิริยาปัชโซลานคล้ายกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แต่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาช้ากว่า โดยทั่วไปปฏิกิริยาปัชโซลานของขี้เถ้าลอยจะสิ้นสุดเมื่ออายุประมาณ 3 เดือน และอาจล่าช้าถึง 1 ปี ซึ่งปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับชนิดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และขี้เถ้าลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kokubu (1968) ได้รวบรวมส่วนประกอบทางเคมีของขี้เถ้าลอย ที่พบในต่างประเทศ ดังตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าส่วนประกอบส่วนใหญ่คือ ซิลิก้า (SiO_2) และอลูมีน่า (Al_2O_3) ซึ่งเมื่อผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แล้ว จะทำปฏิกิริยากับแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์ [$Ca(OH)_2$] ที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในช่วงแรก

TABLE 3 ส่วนประกอบทางเคมีของขี้เถ้าลอยในต่างประเทศ KOKUBU (1968)

ส่วนประกอบ (%)	ขี้เถ้าลอย (%)	ปูนซีเมนต์ (%)
CaO	3-6	60-70
SiO_2	41-48	17-25
Al_2O_3	21-27	3-8
Fe_2O_3	4-17	0.5-0.6
MgO	1.6-2.5	0.1-4.0
SO_3	0.3-1.6	1-3
Na_2O	0.6-1.5	-
K_2O	1.9-2.9	0.2-1.3
การสูญเนื่องจากการเผา	0.7-9.7	0.5-3
ความละเอียด	3090-5180 cm^2/gm	2800 cm^2/gm
ความถ่วงจำเพาะ	2.1-2.4	3.15

หมายเหตุ ค่าต่างๆ ของขี้เถ้าลอย เป็นค่าเฉลี่ยของขี้เถ้าลอยจากประเทศญี่ปุ่น รัสเซีย อเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศษ และ เยอรมัน

ในปี คศ. 1982 Lane และ Best ได้สรุปผลงานนวิจัยเกี่ยวกับการใช้ขี้เถ้าลอย ที่ทั้งสองได้ร่วมกันวิจัยมาเป็นเวลากว่า 20 ปี มีใจความพอสรุปได้ว่า เมื่อใช้ขี้เถ้าลอยในงานคอนกรีตจะมีข้อดีคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เพิ่มความสามารถในการเทได้ของคอนกรีต

2. ลดผลกระทบจากการแยกตัวเนื่องจากการเทคอนกรีต

3. เพิ่มความต้านทานของคอนกรีตต่อการกัดกร่อน

4. ลดความร้อนที่เกิดขึ้นในคอนกรีต

5. ลดการหดตัว

6. ลดอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตและที่สำคัญคือ

7. เพิ่มกำลังอัดและกำลังดึงประลัยของคอนกรีตเมื่อคอนกรีตมีอายุมากขึ้น

ส่วนข้อเสียที่ Lane และ Best สรุปไว้สำหรับการใช้เถ้าลอย ในการแทนที่ปูนซีเมนต์ เพื่อผสมในคอนกรีตมีเพียง 3 ข้อคือ

1. ทำให้อัตราการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตต่ำลง ในช่วงอายุต้น ๆ

2. ลดความต้านทานต่อสภาวะ Freezing and Thawing

3. ต้องใช้สารเพื่อเพิ่มฟองอากาศมากขึ้น เพื่อให้ได้คอนกรีต ที่มีปริมาณฟองอากาศตามต้องการในระดับเดียวกับคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าลอยผสมอยู่

ข้อเสียของการใช้เถ้าลอยในงานคอนกรีตสำหรับข้อ 2 และข้อ 3 เกือบไม่มีผลเลยสำหรับสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย เนื่องจากลักษณะ Freezing and Thawing นั้นเกิดในประเทศเขตอบอุ่นหรือเขตหนาวเท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้นในข้อ 3 การใช้สารเพิ่มฟองอากาศก็เพื่อเพิ่มความต้านทานต่อสภาพ Freezing and Thawing ในเมืองหนาวเช่นกัน ดังนั้นข้อเสียของการใช้เถ้าลอยในงานคอนกรีตข้อ 2 และ ข้อ 3 จึงไม่ใช่ปัญหาในการนำเถ้าลอยไปใช้งานสำหรับประเทศไทย

ข้อเสียข้อเดียวและเป็นข้อสำคัญที่สุด คือการทำให้การพัฒนากำลังอัดคอนกรีตต่ำลงในช่วงอายุต้น ๆ ข้อเสียข้อนี้ทำให้การใช้เถ้าลอยถูกจำกัดลงอย่างมาก เนื่องจากในการก่อสร้างจะระบุกำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เป็นมาตรฐาน แต่ในการถอดแบบงานคอนกรีตจะกระทำที่อายุ 7 ถึง 14 วัน เพื่อเคลื่อนย้ายแบบไปใช้หล่อคอนกรีตในบริเวณอื่นต่อไป คอนกรีตที่อายุ 7 ถึง 14 วัน โดยทั่ว ๆ ไปจะมีกำลังอัดสูงราวร้อยละ 70-85 ของกำลังอัดคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน ซึ่งก็นับว่าเพียงพอต่อการรับน้ำหนักคงที่ของตัวเอง ส่วนการจะรับน้ำหนักอย่างเต็มที่ ก็ต้องรอให้อายุครบ 28 วัน เสียก่อน เมื่อผสมเถ้าลอยบางส่วนเข้าไปในส่วนผสมคอนกรีต กำลังอัดคอนกรีตที่อายุต้น ๆ จะต่ำลงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ คุณสมบัติของขี้เถ้าลอยแปรปรวนไม่แน่นอน ทำให้การควบคุมคุณภาพทำได้ยาก

Costa และ Massazzaได้รายงานผลงานวิจัยใน ค.ศ.1983ว่าการใช้เถ้าลอยแบบ Class F แทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 จะทำให้คอนกรีตที่อายุ 1 วันมีค่าเพียงร้อยละ 50 ของกำลังอัดคอนกรีตในส่วนผสมเดียวกันที่ไม่ใส่เถ้าลอยการใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราร้อยละ 25 และ 35 จะทำให้กำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 7 วัน มีค่าประมาณ ร้อยละ 75 และ 65 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ไม่ใช้เถ้าลอย แต่ว่าค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยเหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ90 และ 85 ตามลำดับของกำลังอัดคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าถ่านหินผสมอยู่เมื่อคอนกรีตนี้มีอายุ 6เดือน และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

รายละเอียดและการวัดการกันเสียง

การสูญเสียการส่งผ่าน(TL)ของผนังมีนิยามเป็น

$$TL = 10\log(II_i/II_t)$$

เมื่อ II_i คือกำลังทั้งหมดในห้องกำเนิดเสียง

II_t คือกำลังทั้งหมดที่ส่งผ่านผนัง

การสูญเสียการส่งผ่านขึ้นกับความถี่และคุณสมบัติของผนัง

การลดลงของเสียงระหว่างห้อง 2 ห้องจะลดลงเมื่อผนังมีพื้นที่มากขึ้น และเมื่อผนังมีพื้นที่มากขึ้น สำหรับผนังที่ให้มา(fixed TL), ห้องรับเสียงก็ดูดซับเสียงได้มากขึ้นด้วย ที่ระดับความเข้มเสียงเดียวกันในห้องกำเนิดเสียง ห้องรับเสียงที่มีการดูดซับเสียงน้อยจะมีระดับเสียงสูงกว่าห้องที่มีการดูดซับเสียงมาก

$$NR = 10\log(I_1/I_2) = L_1-L_2$$

เมื่อ I_1 และ I_2 คือความเข้มเสียง

L_1 และ L_2 คือระดับความดันเสียงในห้องกำเนิดเสียงและห้องรับเสียงตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียการส่งผ่านและการลดลงของเสียงสัมพันธ์กับกำลังของเสียง ที่ตกกระทบบนผนังพื้นที่ $S = \pi_1 = I_1 S$ กำลังที่ส่งผ่านไปยังห้องรับเสียง จะเท่ากับอัตราที่พลังงานถูกดูดซับไว้ในห้องรับเสียง, $\pi_2 = I_2 A$ ซึ่ง A คือการดูดซับเสียงของห้องรับเสียงสองสมการรวมกันได้ดังนี้

$$TL = NR + 10\log(S/A)$$

วัด NR ในแต่ละความถี่

L_1 และ L_2 มักกำหนดในช่วงเฉลี่ย $1/_3$ octave band level

ช่องว่างโดยเฉลี่ยใช้ลดผลของคลื่นในห้องกำเนิดเสียงและห้องรับเสียง

การศึกษาพื้นฐานใช้แหล่งกำเนิดเสียงชนิด multifamily , STC (sound transmission class) คือรายละเอียดของคุณสมบัติการกันเสียงสะท้อนของผนัง

เพื่อวัด STC ของผนัง จะวัด TL ของผนังใน $1/_3$-octave bands ที่ติดกัน 16 bands ระหว่าง 125 และ 4000 Hz ค่า TL ที่วัดออกมานี้จะเปรียบเทียบกับ family ของ reference contours แต่ละค่าประกอบด้วยเส้นตรง 3 เส้นะส่วนของเส้นที่ความถี่ต่ำซึ่งเพิ่มขึ้น 15 dB จาก 125 ถึง 400 Hz ส่วนของเส้นกลางเพิ่มขึ้น 5 dB จาก 400-1250 Hz ส่วนของเส้นแนวนอนที่ความถี่สูง

เมื่อจะวัด STC ของผนัง จะเลือก reference contours เพื่อว่าจำนวนที่ขาดมากที่สุด (ข้อมูลหันเหไปภายใต้ contour) ที่ความถี่หนึ่งๆ ไม่เกิน 8 dB และส่วนที่หายไปทั้งหมดที่ความถี่ทั้งหมดไม่เกิน 32 dB

STC ของผนังคือ ค่าของ TL ซึ่งสอดคล้องกับเส้นตัดของ reference contour 500 Hz ที่เลือกไว้

การก่อสร้างผนังและเพดาน/พื้น ดีเท่ากับประตูและการติดตั้งหน้าต่างสามารถวัดได้ในห้องทดลองและค่า TL และ STC ของมันทำเป็นตารางเพื่อให้สถาปนิกใช้ประโยชน์การรู้ปัญหาทำให้สถาปนิกสามารถเลือกก่อสร้างการกันเสียงได้ตามที่ต้องการ

ดังตาราง แสดงค่า STC บางค่าสำหรับ representative constructions

STC ของส่วนประกอบโครงสร้าง เช่น ผนังกับประตูและหน้าต่าง สามารถค้นหาได้จากส่วนประกอบของ TL แต่ละค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า S_i คือพื้นที่ของแต่ละส่วนประกอบที่มีการสูญเสียการส่งผ่าน TL_i

สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความดันคือ $T_i = \text{antilog}(-T_i/20)$

ถ้า S คือพื้นที่ของผนังทั้งหมด

pressure transmission coefficient(T_{eff}) = $1/_S \Sigma T_i S_i$

และการสูญเสียการส่งผ่านสำหรับส่วนประกอบโครงสร้างคือ $20\log(1/T_{eff})$

STC สำหรับส่วนประกอบโครงสร้างสามารถคำนวณได้โดยวิธีธรรมดา ชั้นการส่งผ่านเสียงที่วัดใน field โดยทั่วไปแล้วน้อยกว่าที่วัดได้ในห้องทดลอง แม้แต่กับผนังก่อสร้างที่เหมาะสม ค่า STC ที่วัดใน field กับในห้องทดลองจะต่างกัน 5 dB กระบวนการสำหรับหาการกันเสียงระหว่าง 2 ห้อง ที่ไม่ได้วิเคราะห์ระดับ band "pink" noise generator ทำในห้องกำเนิดเสียง, sound level meter ใช้วัด C-weighted sound level (L_C) ในห้องกำเนิดเสียง และ A-weighted sound level (L_A)ในห้องรับเสียง privacy rating (PR) คือ $L_C - L_A + 10\log(2T_2)$ T_2 คือเวลาที่เสียงสะท้อนในห้องรับเสียง (วินาที) PR จะอยู่ภายใน 2-3 dB ของ STC เนื่องจาก spectra ที่ต่างกันสัมพันธ์กับเสียงภายนอก อัตรา STC ไม่สามารถใช้โดยตรงเพื่อทำนายค่าการกันเสียงของผนังด้านนอก

นอกจากนี้ STC ของพื้น/ผนังเพดานควรพิจารณาสำหรับ impact isolation class (IIC) ของมัน นี่เป็นการวัดความสามารถในการกันเสียงของห้องที่ผลิตโดย impact โดยพื้นด้านบน

Recommended Isolation จำนวนของการกันเสียงสะท้อนที่ต้องการระหว่าง 2 ห้องขึ้นกับระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียงและระดับของเสียงรบกวนที่ยอมรับได้ในห้องรับเสียง ระดับเสียงทั้งสองระดับนี้ขึ้นกับ designateduse ของห้องนั้น ๆ และส่วนหลังขึ้นกับเสียงที่มีอากาศล้อมรอบซึ่งจะกันเสียงรบกวนได้

ข้อเสนอแนะของ The Federal Housing Administration สำหรับความแตกต่างใน background noise โดยกำหนดไว้สำหรับอาคาร 3 เกรดด้วยกันคือ

เกรด 1 อาคารที่มีระดับเสียงภายนอกในเวลากลางคืนต่ำกว่า 40 dBA และ ระดับเสียงด้านในต่ำกว่า 35 dBA

เกรด 2 อาคารที่มีระดับเสียงภายในต่ำกว่าหรือเท่ากับ 40 dBA

เกรด 3 อาคารที่มีระดับเสียงภายนอกในเวลากลางคืนสูงกว่าหรือเท่ากับ 55 dBA และระดับเสียงภายในสูงกว่าหรือเท่ากับ 45 dBA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับผนังที่แยกต่างไปจาก apartment แนะนำให้ใช้ STC 55,52 และ 48 สำหรับอาคารเกรด 1,2 และ 3 ตามลำดับ

สำหรับผนังระหว่างห้องของหน่วยที่อยู่อาศัยเดียวกัน แนะนำให้ใช้สำหรับอาคารเกรด 1 ดังต่อไปนี้: ห้องนอนถึงห้องนอน STC = 48, ห้องที่ใช้อยู่อาศัยถึงห้องนอน STC = 50 ห้องน้ำถึงห้องนอน,ห้องครัวถึงห้องนอน และห้องน้ำถึงห้องที่ใช้อยู่อาศัย STC=52

ข้อแนะนำสำหรับเกรด 2 คือต่ำกว่านี้ 4 dB และสำหรับเกรด 3 คือต่ำกว่าเกรด 2 อีก 4 dB สำหรับผนังที่แบ่งห้อง apartment จากพื้นที่ว่างที่ใช้ร่วมกัน (โรงรถ ห้องซักรีด) แนะนำให้ห้องนอนมี STC อย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 70, ห้องรับแขกเท่ากับ 65, ห้องครัวและห้องน้ำเท่ากับ 60

การออกแบบผนัง

กลไกพื้นฐานของการส่งผ่านเสียงผ่านผนังคือ เสียงในห้องกำเนิดเสียงซึ่งทำให้พื้นผิวสั่นสะเทือน การสั่นสะเทือนส่งผ่านโครงสร้างของผนังไปสู่พื้นผิวอื่นๆ และในทางกลับกันการสั่นสะเทือนนี้ก็จะทำให้เกิดเสียงในห้องรับเสียง ถ้าพื้นผิว 2 ด้านของผนังเชื่อมต่อกันอย่างแข็งแรง ดังนั้นมันก็จะสั่นสะเทือนเหมือนกับว่าเป็นผนังเดียวกัน การสูญเสียการส่งผ่านขึ้นกับความถี่และมวลต่อหน่วยพื้นที่, stiffness และ ความต้านทานที่แท้จริงของผนัง ถ้าหากว่าผนังประกอบด้วย 2 ผนังที่ไม่เชื่อมต่อกันแยกจากกันด้วยช่องว่าง (ผนังชนิด 2 ชั้น) การสูญเสียการส่งผ่านขึ้นกับคุณสมบัติของผนังทั้งสอง ขึ้นกับขนาดของช่องว่าง และการดูดซับของมัน

(a) Single-leaf Partition

สำหรับผนังซึ่งเรียบ,ไม่พรุน,เป็นเนื้อเดียวกัน,มีความยืดหยุ่น จะเป็นไปตามสมการ

$$TL = 20\log(f\rho_s)-48$$

ρ_s = มวลต่อหน่วยพื้นที่ (Kg/m^2)

f = ความถี่ (Hz)

ซึ่งมักจะเรียกว่า mass law เช่น 2 เท่าของมวลต่อหน่วยพื้นที่ได้รับความถี่ หรือ 2 เท่าของความถี่สำหรับมวลต่อหน่วยพื้นที่ที่ได้รับ ค่า TL เพิ่มขึ้น 6 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังซึ่งเป็นไปตาม mass law ช่วงความถี่ทั้งหมดจาก 125-4000 Hz มี sound transmission class ดังสมการ

$$STC = 20\log\rho_s + 10$$

ค่า STC สำหรับ single-leaf partition จะเปลี่ยนแปลงไปต่ำกว่าที่ทำนายจาก mass law ในส่วนนี้เนื่องมาจากความพรุนของวัสดุ ดังได้เห็นจากการปรับปรุงเมื่อคอนกรีตบล็อกถูกอุด แต่ส่วนที่เหลือสัมพันธ์กับ stiffness ของผนัง ซึ่งมีค่าน้อยมากในสมการ mass law

สำหรับผนังแข็งที่เป็นเนื้อเดียวกัน คลื่นที่ส่งผ่านไปตามพื้นผิวด้วยความเร็ว phase

$$c_f = \left(\frac{\pi^2 Yt^2 f^2}{3\rho}\right)^{1/4}$$

f = ความถี่ของการกระตุ้น

Y = Young's modulus

t = ความหนา

ρ = ความหนาแน่นมวลของผนัง

เมื่อมันแพร่กระจายออกไป มีความถี่วิกฤติ f_c ที่ความยาวคลื่นของ flexural wave เท่ากับของคลื่นที่ความถี่เดียวกันในอากาศ

$$f_c = \frac{(3)^{1/2} c^2 (\rho/Y)^{1/2}}{\pi t}$$

c = ความเร็วเสียงในอากาศ สำหรับทุกความถี่เหนือ f_c จะมีมุมตกกระทบถ่ายคลื่นนี้ไปทับกับ flexural wave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\lambda_f = \lambda/\sin\theta$$

λ_f และ λ คือ ความยาวคลื่นในผนังและในอากาศตามลำดับ

θ คือ มุมตกกระทบปกติ

สำหรับมุมเฉพาะนี้เป็นเครื่องถ่ายพลังงานอย่างดีจากคลื่นตกกระทบไปสู่ flexural wave ซึ่งในทางกลับกันก็จะแผ่พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพไปยังห้องรับเสียง ดังนั้นสำหรับความถี่เหนือ f_c เฉลี่ยเกินกว่ามุมตกกระทบ เป็นในการสูญเสียการส่งผ่านน้อยกว่าที่ทำนายจาก mass law

เมื่อ λ_f แปรผันกับ $1/f^{1/2}$ และ λ แปรผันกับ $1/f$, $\sin\theta$ แปรผันกับ $1/f^{1/2}$ ดังนั้นที่ความถี่สูง มีเพียงคลื่นตกกระทบเท่านั้นที่ใกล้มุมปกติสามารถทับกันสนิทะค่า TL เพิ่มขึ้นถึงค่าที่กำหนดโดย mass law ความลึกของ coincidence dip ขึ้นกับการรองรับอันแท้จริงของผนัง เพื่อให้ได้ STC ใกล้เคียงกับที่ทำนายจาก mass law จะต้องออกแบบผนังเพื่อว่าความถี่ตรงกันเกิดขึ้นที่ความถี่ไม่ว่าจะต่ำกว่า 125 Hz ซึ่งต้องการผนังหนา ความดันต่ำและค่า Young's modulus สูง หรือมากกว่า 4000 Hz ซึ่งต้องการผนังบาง,ความดันสูง ค่า Young's modulus ต่ำ ตัวอย่างผลของ coincidence dip บนผนังก่อสร้างที่ต่างกัน

การออกแบบ single-leaf partition ที่เหมาะสมยังคงต้องการมวลต่อหน่วยพื้นที่มากเพื่อให้มี STC ที่ยอมรับได้ ตัวอย่างเช่น ผนังคอนกรีตหนา 15 cm (6 นิ้ว) ฉาบ 1/2 นิ้ว หรือ 1.3 cm ในแต่ละด้านจะมีน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่เท่ากับ 390 Kg/m^2 ($80lb/ft^2$) และ STC = 52,น้อยไป 3 dB ซึ่งแนะนำให้ใช้ party walls ระหว่าง apartment ที่หรูหรา (สังเกตว่า mass law ให้ค่า STC=62 สำหรับผนังเดียวกันนี้ เพื่อให้สามารถป้องกันเสียงสะท้อนได้สูงโดยปราศจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ก็จำเป็นที่จะต้องทำเป็น double-leaf construction

(b) Double-Leaf Partition

ค่า STC สำหรับผนัง double-leaf construction สูงกว่า single-leaf partition ของความหนาแน่นมวลเดียวกัน เส้นโค้งการสูญเสียการส่งผ่านสำหรับ gypsum board 2 แผ่น 1.3 cm (1/2 นิ้ว) ยึดเกาะเข้าด้วยกันเมื่อ single-leaf เปรียบเทียบกับที่ได้รับสำหรับแผ่นอย่างเดียวกับที่ใช้ใน double-leaf construction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเกตการปรับปรุงเมื่อวัสดุดูดซับถูกวางได้ในช่องว่างระหว่างแผ่น gypsum board

เพื่อให้ได้อัตรา STC ที่สูงขึ้น ก็จำเป็นต้องใช้การก่อสร้างแบบ Stagered-stud ซึ่งจะให้การกันสะเทือนที่ดีกว่า และให้ชั้นของยิปซั่มที่มากขึ้นเพื่อเพิ่มมวล ผนังที่มี STC=55 ประกอบด้วย stud ไม้ขนาด 2x4 ถ้าแผ่นยิปซั่มถูกติดตั้งแต่ยืดหยุ่นได้แทนใช้ตะปู ค่า STC จะเพิ่มเป็น 60

1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้

1. เพื่อเป็นการนำขี้เถ้าลอยซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานก่อสร้าง เป็นการประหยัดทรัพยากรธรรมชาติและลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

2. เพื่อเป็นการนำผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับขี้เถ้าลอย มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ สามารถนำไปใช้ได้จริงในการทำงาน

3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของคอนกรีตบล็อกผสมขี้เถ้าลอย ว่ามีความเหมาะสมในการนำไปก่อเป็นผนังหรือไม่

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับคอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยในงานวิจัยนี้จะศึกษาคุณสมบัติต่างๆ โดยได้จำกัดขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1) ศึกษาคุณสมบัติด้านการรับกำลังอัดประลัย ได้แบ่งคอนกรีตบล็อกเป็น 2 ชุด ดังนี้

1.1 คอนกรีตบล็อกผสมขี้เถ้าลอยซึ่งผสมขี้เถ้าทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ 20, 30,40% โดยน้ำหนัก ที่ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) เป็น 0.23,0.33,0.43 ระยะเวลาในการบ่มในน้ำ 7,14,28,60,90 วัน

1.2 คอนกรีตบล็อกที่มีขายตามท้องตลาดทั้งที่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2 ร้าน) และไม่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (3 ร้าน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการรับกำลังอัดประลัยโดยการกดทดสอบด้วย เครื่อง Universal Testing Machine และหาร้อยพื้นที่รวม(ไม่หักพื้นที่กลวงออก) ทั้งสองชุด

2) ศึกษาคุณสมบัติด้านอัตราการดูดซึม

โดยการทดสอบถึงคอนกรีตบล๊อกที่อายุ 28 วัน ของชุดคอนกรีตบล๊อกในข้อ 1.1 และชุดคอนกรีตบล๊อกที่มีขายตามท้องตลาดในข้อ 1.2

3) ศึกษาคุณสมบัติด้านความทนไฟ

โดยการเปรียบเทียบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล๊อกในข้อ 1.1 และ 1.2 ก่อนเผา กับกำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล๊อกในข้อ 1.1 และ 1.2 หลังเผา ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0.5,1.5,2.5,3.5 ชั่วโมง

4) ศึกษาคุณสมบัติด้านการยึดเกาะ

โดยการทดสอบค่าคอนกรีตบล๊อกทั้งชุด 1.1 และ 1.2 สามารถรับน้ำหนักที่กระทำผ่านน็อตที่ฝังในก้อนคอนกรีตบล๊อกแต่ละก้อนได้เท่าใด แล้วทำการเปรียบเทียบการรับน้ำหนักได้สูงสุดของแต่ละส่วนผสม

5) ศึกษาคุณสมบัติด้านการกันเสียง

โดยการศึกษาว่าผนังคอนกรีตบล๊อกที่มีค่า W/C ต่างกัน แต่มีเปอร์เซนต์ขี้เถ้าลอยเท่ากันและเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล๊อกที่วางขายตามท้องตลาด ว่าจะมีคุณสมบัติด้านการกันเสียงเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

2.1.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบนี้ เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ตราช้าง ผลิตโดย บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มอก. 15-2514/2517 และ ASTM C 150-71 Type I) ทำการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 3.16

2.1.2 หิน

หินที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นหินฝุ่นจาก หจก.เจริญชัยค้าไม้ ทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ(ภาคผนวก ก.)ได้ผลดังนี้ ค่าหน่วยน้ำหนักแห้งและอัดแน่น (Dry-Roded Unit Weight)เท่ากับ 1772 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ค่าอัตราค่าการดูดซึม (Absorption) เท่ากับ 6.17%

ค่าความถ่วงจำเพาะแบบอิ่มตัวผิวแห้ง (Bulk Specific Gravity) เท่ากับ 1.39

ความชื้นที่ผิว (Surface Moisture) เท่ากับ 6.57%

2.1.3 ทราย

ทรายที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นทราย จาก หจก.เจริญชัยค้าไม้ ทำการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ (ภาคผนวก ก.)ได้ผลดังนี้

ค่าอัตราการดูดซึม (Absorption) เท่ากับ 3.67%

ค่าความถ่วงจจำเพาะแบบอิ่มตัวผิวแห้ง (Bulk Specific Gravity) เท่ากับ 2.39

ค่าโมดูลัสความละเอียด (Finess Modulus) เท่ากับ 2.653

ความชื้นที่ผิว (Surface Moisture) 3.81%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ขี้เถ้าลอย

ขี้เถ้าลอยที่ใช้ในการทดสอบนี้ ได้จากการเก็บตัวอย่างเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2536 เวลา 10.00 น. การไฟฟ้าฝ่ายผลิต อ. แม่เมาะ จ. ลำปาง

2.1.5 น้ำ

น้ำที่ใช้ตลอดการทดสอบคือ น้ำประปา

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 รถเข็น

2.2.2 บัวรดน้ำ

2.2.3 ถาดสังกะสี

2.2.4 พลั่ว

2.2.5 ถุงมือ

2.2.6 เตาอบ

2.2.7 สว่าน

2.2.8 พุกระเบิด แบบ Double Expansion Anchors ขนาด 1/4"

2.2.9 น็อตตัวผู้ขนาด 1/4 " และแหวนรอง

2.2.10 ลวดตาข่ายหกเหลี่ยม

2.2.11 แบบหล่อ Capping

2.2.12 เครื่องมือวัดใช้ฟุตเหล็กเพื่อวัดขนาดชิ้นงาน

2.2.13 เครื่องชั่งน้ำหนัก

ใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลและตาชั่งขนาด 50 กิโลกรัม

2.2.14 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบไฮดรอลิค

2.2.15 เครื่อง Universal Testing Machine

2.2.16 เครื่องทดสอบการกันเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการทดสอบ

3.1 ส่วนผสมคอนกรีต

3.1.1 อัตราการใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์

ในการทดลองนี้ ใช้อัตราการใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์ ร้อยละ 20 , 30 , 40 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นอัตราที่ให้กำลังอัดใกล้เคียงกับ คอนกรีตธรรมดาที่อายุ 28 วัน แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นอัตราที่เหมาะสมที่สุดจะเป็นตัวใดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของขี้เถ้าลอยเป็นส่วนประกอบด้วย

3.1.2 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักในการทดสอบนี้ จะเลือกอัตราส่วนที่คาดว่า จะให้กำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 28 วัน มากกว่าที่มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด และเป็นอัตราส่วนที่จะทำให้ราคาของคอนกรีตไม่แตกต่างมากนักกับราคาตามท้องตลาด ซึ่งอัตราส่วนที่ใช้ คือ 0.23 , 0.33 , 0.43

3.1.3 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

อาศัยคุณสมบัติของวัสดุตามข้อ 2.1 และภาคผนวก ข.ประกอบการออกแบบ ดังนี้

การออกแบบส่วนผสมเมื่อค่า W/C = 0.23

จากการทดลองผสมส่วนผสมของ FLY ASH-CONCRETE BLOCK พบว่า จะต้องใช้ปริมาณน้ำ 80 ลิตร / ลูกบาศก์เมตร ของส่วนผสมคอนกรีต ที่มีค่า w/c เป็น 0.23 จึงจะทำให้ส่วนผสมของคอนกรีต มีความข้นเหลวพอเหมาะ กับการอัดเป็นก้อนคอนกรีตบล็อก (ในการทดลองผสมส่วนผสมคอนกรีต 0.2 ลูกบาศก์เมตรใช้น้ำ 16 ลิตร)

1. ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ = 80/0.23 = 347.82 กก./$ม^3$ ของคอนกรีต

2. ปริมาณของวัสดุหยาบ

เมื่อค่าความละเอียดของวัสดุผสมละเอียดเท่ากับ 2.653 และวัสดุผสมหยาบเป็นหินฝุ่น จะได้ปริมาตรของวัสดุหยาบที่แห้งและอัดแน่น = 0.48 $ม^3$ / $ม^3$ ของคอนกรีต ดังนั้นน้ำหนักของวัสดุหยาบที่ใช้ = 0.48 * 1772 = 850.56 กก. / $ม^3$ ของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หาปริมาณวัสดุผสมละเอียด

ปริมาตรเนื้อแท้ของวัสดุผสม :

ปริมาตรของน้ำ	= 80 / 1000	= 0.080	$ม^3$
ปริมาตรของซีเมนต์	= 347.82 / 3.16 * 1000	= 0.110	$ม^3$
ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบ	= 850.56 / 1.39 * 1000	= 0.6119	$ม^3$
ปริมาตรฟองอากาศ	= 0.03 * 1.000	= 0.030	$ม^3$
ดังนั้นส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย		= 0.8319	$ม^3$
ปริมาตรของทรายที่ต้องใช้	= 1 - 0.8319	= 0.1681	$ม^3$
น้ำหนักของทรายแห้ง	= 0.1681 * 2.5 * 1000	= 420.25	กก.

4. ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

น้ำหนักวัสดุผสมหยาบ(เปียก)	= 850.56 * 1.066	= 906.697	กก.
น้ำหนักวัสดุผสมละเอียด(เปียก)	= 420.25 * 1.038	= 436.2195	กก.
น้ำที่ผิวของวัสดุผสมหยาบ	= 6.57 - 6.17	= 0.40 %	
น้ำที่ผิวของวัสดุผสมละเอียด	= 3.81 - 3.67	= 0.14 %	
ปริมาณน้ำที่ต้องใช้จริง	= 80 - 850.56(0.004) - 420.25(0.0014)		
		= 76.00	กก.

5. ปริมาณ FLY ASH

ปริมาณการทดแทนซีเมนต์ 20 %โดยน้ำหนัก	= 0.2 * 347.82	= 69.564	กก.
ปริมาณการทดแทนซีเมนต์ 30 %โดยน้ำหนัก	= 0.3 * 347.82	= 104.346	กก.
ปริมาณการทดแทนซีเมนต์ 40 %โดยน้ำหนัก	= 0.4 * 347.82	= 139.128	กก.

6. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก (1 $ม^3$)

ปริมาณน้ำ	= 76.000	กก.	
ปริมาณหินฝุ่น	= 906.697	กก.	
ปริมาณทราย	= 436.2195	กก.	
ปริมาณซีเมนต์ (FA 0%)	= 347.82	กก.	
ปริมาณซีเมนต์ (FA 20%)	= 347.82 - 69.564	= 278.256	กก.
ปริมาณซีเมนต์ (FA 30%)	= 347.82 - 104.346	= 243.474	กก.
ปริมาณซีเมนต์ (FA 40%)	= 347.82 - 139.128	= 208.692	กก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 1(0.2ม^3)

ปริมาณน้ำ	=	76 * 0.2	=	15 กก.
ปริมาณหินฝุ่น	=	906.697 * 0.2	=	181 กก.
ปริมาณทราย	=	436.2195 * 0.2	=	87 กก.
ปริมาณซีเมนต์	=	347.82 * 0.2	=	69.5 กก.

8. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 2(0.2ม^3)

ปริมาณน้ำ	=	76 * 0.2	=	15 กก.
ปริมาณหินฝุ่น	=	906.697 * 0.2	=	181 กก.
ปริมาณทราย	=	436.2195 * 0.2	=	87 กก.
FLY ASH (20%)	=	69.564 * 0.2	=	14 กก.
ปริมาณซีเมนต์	=	278.256 * 0.2	=	56 กก.

9. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 3(0.2ม^3)

ปริมาณน้ำ	=	76 * 0.2	=	15 กก.
ปริมาณหินฝุ่น	=	906.697 * 0.2	=	181 กก.
ปริมาณทราย	=	436.2195 * 0.2	=	87 กก.
FLY ASH (30%)	=	104.346 * 0.2	=	21 กก.
ปริมาณซีเมนต์	=	243.474 * 0.2	=	49 กก.

10. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 4(0.2ม^3)

ปริมาณน้ำ	=	76 * 0.2	=	15 กก.
ปริมาณหินฝุ่น	=	906.697 * 0.2	=	181 กก.
ปริมาณทราย	=	436.219 * 0.2	=	87 กก.
FLY ASH (40%)	=	139.128 * 0.2	=	28 กก.
ปริมาณซีเมนต์	=	208.469 * 0.2	=	42 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนผสมเมื่อค่า W/C = 0.33

จากการทดลองผสมส่วนผสมของ FLY ASH-CONCRETE BLOCK พบว่า จะต้องใช้ปริมาณน้ำ 65 ลิตร / ลูกบาศก์เมตร ของส่วนผสมคอนกรีต ที่มีค่า w/c เป็น 0.33 จึงจะทำให้ส่วนผสมของคอนกรีต มีความข้นเหลวพอเหมาะ กับการอัดเป็นก้อนคอนกรีตบล็อก (ในการทดลองผสมส่วนผสมคอนกรีต 0.2 ลูกบาศก์เมตรใช้น้ำ 13 ลิตร)

1. ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ = 65/0.33 = 196.97 กก./$ม^3$ ของคอนกรีต

2. ปริมาณของวัสดุหยาบ

เมื่อค่าความละเอียดของวัสดุผสมละเอียดเท่ากับ 2.653 และวัสดุผสมหยาบเป็นหินฝุ่น จะได้ปริมาตรของวัสดุหยาบที่แห้งและอัดแน่น = 0.48 $ม^3$ / $ม^3$ ของคอนกรีต
ดังนั้นน้ำหนักของวัสดุหยาบที่ใช้ = 0.48 * 1772 = 850.56 กก. / $ม^3$ ของคอนกรีต

3. หาปริมาณวัสดุผสมละเอียด

ปริมาตรเนื้อแท้ของวัสดุผสม :

ปริมาตรของน้ำ	= 65 / 1000	= 0.065	$ม^3$
ปริมาตรของซีเมนต์	= 196.97 / 3.16 * 1000	= 0.062	$ม^3$
ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบ	= 850.56 / 1.39 * 1000	= 0.6119	$ม^3$
ปริมาตรฟองอากาศ	= 0.03 * 1.000	= 0.030	$ม^3$
ดังนั้นส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย		= 0.769	$ม^3$
ปริมาตรของทรายที่ต้องใช้	= 1 - 0.769	= 0.231	$ม^3$
น้ำหนักของทรายแห้ง	= 0.231 * 2.5 * 1000	= 577.50	กก.

4. ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

น้ำหนักวัสดุผสมหยาบ(เปียก)	= 850.56 * 1.066	= 906.697 กก.
น้ำหนักวัสดุผสมละเอียด(เปียก)	= 577.50 * 1.038	= 599.445 กก.
น้ำที่ผิวของวัสดุผสมหยาบ	= 6.57 - 6.17	= 0.40 %
น้ำที่ผิวของวัสดุผสมละเอียด	= 3.81 - 3.67	= 0.14 %

ปริมาณน้ำที่ต้องใช้จริง = 65 - 850.56(0.004) - 577.50(0.0014)

= 60.789 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปริมาณ FLY ASH

ปริมาณการทดแทนซีเมนต์ 20 %โดยน้ำหนัก = 0.2 * 196.97 = 39.394 กก.

ปริมาณการทดแทนซีเมนต์ 30 %โดยน้ำหนัก = 0.3 * 196.97 = 59.091 กก.

ปริมาณการทดแทนซีเมนต์ 40 %โดยน้ำหนัก = 0.4 * 196.97 = 78.788 กก.

6. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก (1 $ม^3$)

ปริมาณน้ำ = 61 .000 กก.

ปริมาณหินฝุ่น = 906.697 กก.

ปริมาณทราย = 559.445 กก.

ปริมาณซีเมนต์ (FA 0%) = 196.970 กก.

ปริมาณซีเมนต์ (FA 20%) = 196.97 - 39.394 = 157.576 กก.

ปริมาณซีเมนต์ (FA 30%) = 196.97 - 59.091 = 137.879 กก.

ปริมาณซีเมนต์ (FA 40%) = 196.97 - 78.788 = 118.182 กก

7.สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 5(0.2$ม^3$)

ปริมาณน้ำ = 61 * 0.2 = 12 กก.

ปริมาณหินฝุ่น = 906.697 * 0.2 = 181 กก.

ปริมาณทราย = 559.445 * 0.2 = 112 กก.

ปริมาณซีเมนต์ = 196.97 * 0.2 = 39.5 กก.

8.สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 6(0.2$ม^3$)

ปริมาณน้ำ = 61 * 0.2 = 12 กก.

ปริมาณหินฝุ่น = 906.697 * 0.2 = 181 กก.

ปริมาณทราย = 559.445 * 0.2 = 112 กก.

FLY ASH (20%) = 39.394 * 0.2 = 8 กก.

ปริมาณซีเมนต์ = 157.576 * 0.2 = 31.5 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 7(0.2ม^3)

ปริมาณน้ำ	= 61 * 0.2	= 12	กก.
ปริมาณหินฝุ่น	= 906.697 * 0.2	= 181	กก.
ปริมาณทราย	= 559.445 * 0.2	= 112	กก.
FLY ASH (30%)	= 59.091 * 0.2	= 12	กก.
ปริมาณซีเมนต์	= 137.879 * 0.2	= 27.5	กก.

10. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 8(0.2ม^3)

ปริมาณน้ำ	= 61 * 0.2	= 12	กก.
ปริมาณหินฝุ่น	= 906.697 * 0.2	= 181	กก.
ปริมาณทราย	= 559.445 * 0.2	= 112	กก.
FLY ASH (40%)	= 78.788 * 0.2	= 16	กก.
ปริมาณซีเมนต์	= 118.182 * 0.2	= 23.5	กก.

การออกแบบส่วนผสมเมื่อค่า W/C = 0.43

จากการทดลองผสมส่วนผสมของ FLY ASH-CONCRETE BLOCK พบว่า จะต้องใช้ปริมาณน้ำ 70 ลิตร / ลูกบาศก์เมตร ของส่วนผสมคอนกรีต ที่มีค่า w/c เป็น 0.43 จึงจะทำให้ส่วนผสมของคอนกรีต มีความข้นเหลวพอเหมาะ กับการอัดเป็นก้อนคอนกรีตบล๊อก (ในการทดลองผสมส่วนผสมคอนกรีต 0.2 ลูกบาศก์เมตรใช้น้ำ 14 ลิตร)

1. ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ = 70/0.43 = 162.79 กก./ม^3 ของคอนกรีต

2. ปริมาณของวัสดุหยาบ

เมื่อค่าความละเอียดของวัสดุผสมละเอียดเท่ากับ 2.653 และวัสดุผสมหยาบเป็นหินฝุ่น จะได้ปริมาตรของวัสดุหยาบที่แห้งและอัดแน่น = 0.48 ม^3 / ม^3 ของคอนกรีต ดังนั้นน้ำหนักของวัสดุหยาบที่ใช้ = 0.48 * 1772 = 850.56 กก. / ม^3 ของคอนกรีต

3. หาปริมาณวัสดุผสมละเอียด

ปริมาตรเนื้อแท้ของวัสดุผสม :

ปริมาตรของน้ำ	= 70 / 1000	= 0.070	ม^3
ปริมาตรของซีเมนต์	= 162.79 / 3.16 * 1000	= 0.052	ม^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบ = 850.56 / 1.39 * 1000 = 0.612 $ม^3$

ปริมาตรฟองอากาศ = 0.03 * 1.000 = 0.030 $ม^3$

ดังนั้นส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย = 0.764 $ม^3$

ปริมาตรของทรายที่ต้องใช้ = 1 - 0.764 = 0.236 $ม^3$

น้ำหนักของทรายแห้ง = 0.236 * 2.5 * 1000 = 590.00 กก.

4. ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

น้ำหนักวัสดุผสมหยาบ(เปียก)= 850.56 * 1.066 = 906.697 กก.

น้ำหนักวัสดุผสมละเอียด(เปียก) = 590.00 * 1.038 = 612.420 กก.

น้ำที่ผิวของวัสดุผสมหยาบ = 6.57 - 6.17 = 0.40 %

น้ำที่ผิวของวัสดุผสมละเอียด = 3.81 - 3.67 = 0.14 %

ปริมาณน้ำที่ต้องใช้จริง = 70 - 850.56(0.004) - 612.420(0.0014)

= 65.74 กก.

5. ปริมาณ FLY ASH

ปริมาณการทดแทนซีเมนต์ 20 %โดยน้ำหนัก = 0.2 * 162.79 = 32.558 กก.

ปริมาณการทดแทนซีเมนต์ 30 %โดยน้ำหนัก = 0.3 * 162.79 = 48.837 กก.

ปริมาณการทดแทนซีเมนต์ 40 %โดยน้ำหนัก = 0.4 * 162.79 = 65.116 กก.

6. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก (1 $ม^3$)

ปริมาณน้ำ = 66 .000 กก.

ปริมาณหินฝุ่น = 906.697 กก.

ปริมาณทราย = 612.420 กก.

ปริมาณซีเมนต์ (FA 0%) = 162.79 กก.

ปริมาณซีเมนต์ (FA 20%) = 162.79 - 32.558 = 130.232 กก.

ปริมาณซีเมนต์ (FA 30%) = 162.79 - 48.837 = 113.953 กก.

ปริมาณซีเมนต์ (FA 40%) = 196.97 - 65.116 = 197.674 กก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 9($0.2 m^3$)

ปริมาณน้ำ	= 66 * 0.2	= 13	กก.
ปริมาณหินฝุ่น	= 906.697 * 0.2	= 181	กก.
ปริมาณทราย	= 612.42 * 0.2	= 122	กก.
ปริมาณซีเมนต์	= 162.79 * 0.2	= 32.5	กก.

8. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE10($0.2 m^3$)

ปริมาณน้ำ	= 66 * 0.2	= 13	กก.
ปริมาณหินฝุ่น	= 906.697 * 0.2	= 181	กก.
ปริมาณทราย	= 612.425 * 0.2	= 122	กก.
FLY ASH (20%)	= 32.558 * 0.2	= 6.5	กก.
ปริมาณซีเมนต์	= 130.232 * 0.2	= 26.0	กก.

9. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE11($0.2 m^3$)

ปริมาณน้ำ	= 66 * 0.2	= 13	กก.
ปริมาณหินฝุ่น	= 906.697 * 0.2	= 181	กก.
ปริมาณทราย	= 612.425 * 0.2	= 122	กก.
FLY ASH (30%)	= 48.837 * 0.2	= 10	กก.
ปริมาณซีเมนต์	= 113.953 * 0.2	= 22.5	กก.

10. สรุปปริมาณส่วนผสมที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก MIXTURE12($0.2 m^3$)

ปริมาณน้ำ	= 66 * 0.2	= 13	กก.
ปริมาณหินฝุ่น	= 906.697 * 0.2	= 181	กก.
ปริมาณทราย	= 612.425 * 0.2	= 122	กก.
FLY ASH (40%)	= 65.116 * 0.2	= 13	กก.
ปริมาณซีเมนต์	= 97.674 * 0.2	= 19.5	กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 4 แสดงส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อก เมื่อค่า W/C = 0.23

MIXTURE	ปริมาณส่วนผสม (kg) / 1 m^3					% Fly Ash ทดแทนซีเมนต์ โดยน้ำหนัก
	ซีเมนต์	หิน	ทราย	น้ำ	Fly Ash	
1	348	907	436	76	0	0 %
2	278	907	436	76	70	20 %
3	243.5	907	436	76	104.5	30 %
4	209	907	436	76	139	40 %

TABLE 5 แสดงส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อก เมื่อค่า W/C = 0.33

MIXTURE	ปริมาณส่วนผสม (kg) / 1 m^3					% Fly Ash ทดแทนซีเมนต์ โดยน้ำหนัก
	ซีเมนต์	หิน	ทราย	น้ำ	Fly Ash	
5	197	907	559.5	61	0	0 %
6	157.5	907	559.5	61	39.5	20 %
7	138	907	559.5	61	59	30 %
8	118	907	559.5	61	79	40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 6 แสดงส่วนผสมคอนกรีตบล๊อก เมื่อค่า W/C = 0.43

MIXTURE	ปริมาณส่วนผสม (kg) / 1 m^3					% Fly Ash ทดแทนซีเมนต์ โดยน้ำหนัก
	ซีเมนต์	หิน	ทราย	น้ำ	Fly Ash	
9	163	907	612.5	66	0	0 %
10	130	907	612.5	66	33	20 %
11	114	907	612.5	66	49	30 %
12	98	907	612.5	66	65	40 %

TABLE 7 แสดงส่วนผสมของคอนกรีตบล๊อก เมื่อค่า W/C = 0.23

MIXTURE	ปริมาณส่วนผสม (kg) / 0.2 m^3					% Fly Ash ทดแทนซีเมนต์ โดยน้ำหนัก
	ซีเมนต์	หิน	ทราย	น้ำ	Fly Ash	
1	69.5	181	87	16	0	0 %
2	56	181	87	16	14	20 %
3	49	181	87	16	21	30 %
4	42	181	87	16	28	40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 8 แสดงส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก เมื่อค่า W/C = 0.33

MIXTURE	ปริมาณส่วนผสม (kg) / 0.2 m^3					% Fly Ash ทดแทนซีเมนต์ โดยน้ำหนัก
	ซีเมนต์	หิน	ทราย	น้ำ	Fly Ash	
5	39.5	181	112	12	0	0 %
6	31.5	181	112	12	8	20 %
7	27.5	181	112	12	12	30 %
8	23.5	181	112	12	16	40 %

TABLE 9 แสดงส่วนผสมคอนกรีตบล็อก เมื่อค่า W/C = 0.43

MIXTURE	ปริมาณส่วนผสม (kg) / 0.2 m^3					% Fly Ash ทดแทนซีเมนต์ โดยน้ำหนัก
	ซีเมนต์	หิน	ทราย	น้ำ	Fly Ash	
9	32.5	181	122	13	0	0 %
10	26	181	122	13	6.5	20 %
11	22.5	181	122	13	10	30 %
12	19.5	181	122	13	13	40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินการทดลองได้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ทดลองผสม 1 ส่วนผสม เพื่อหาปริมาณน้ำที่พอเหมาะ ในการอัดเป็นก้อนคอนกรีตบล๊อกโดยที่ไม่ทำให้ส่วนผสมแห้งเกินไปจนร่วน และแตกกระจายลง หลังจากอัดเป็นก้อนคอนกรีตบล๊อก และปริมาณน้ำ จะต้องไม่มากจนเกินไปจนทำให้ส่วนผสมเหลวเวลาอัดเป็นก้อน จะเหนียวติดแบบหล่อทำให้การทำงานไม่สะดวก
2. นำปริมาณน้ำที่เหมาะสมไปปรับใช้กับส่วนผสมอื่น ๆ เพื่อให้ส่วนผสมนั้น ๆ มีความข้นเหลวพอเหมาะแก่การอัดเป็นก้อนคอนกรีตบล๊อก ในการอัดเป็นก้อนนั้น จะใช้เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกไฮดรอลิก จากห้างหุ้นส่วนจำกัด เจริญชัยค้าไม้ ขนาดของคอนกรีตบล๊อกประมาณ 7x19x39 เซนติเมตร เทียบเท่ากับคอนกรีตบล๊อก Model C3 - 3 ของซีแพค เครือซีเมนต์ไทย ทำการอัดคอนกรีตบล๊อกทั้ง 12 ส่วนผสมตามที่ได้ออกแบบไว้
3. ตากคอนกรีตบล๊อกที่อัดเป็นก้อนแล้วในสภาวะอากาศธรรมดา 1 วัน แล้วนำไปบ่มในน้ำอีก 7,14,28,60,90 วัน
4. นำคอนกรีตบล๊อกที่อายุครบกำหนด 7 , 14 , 28 , 60 , 90 วัน มาทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

   4.1 การทดสอบกำลังอัดประลัย

   โดยการนำคอนกรีตบล๊อกที่อายุต่าง ๆ ตามที่กำหนดมาส่วนผสมละ 3 ก้อน รวมทั้งสิ้น 36 ก้อนมาวัดขนาดกว้าง,ยาว,สูง,น้ำหนัก ของแต่ละก้อน ทำการ Capping โดยใช้กำมะถันและมีแบบหล่อเหล็กเป็นตัวช่วยในการ Capping ปล่อยให้กำมะถันเย็นตัว 2 ช.ม. จากนั้นนำไปกดด้วยเครื่อง Universal Testing Machine นำค่าที่ได้หารด้วยพื้นที่รวม(ไม่หักพื้นที่ช่องกลวงออก) จะเป็นค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล๊อก และที่อายุ 28 วัน นำคอนกรีตบล๊อกที่วางขายในท้องตลาดมา 5ร้านโดยที่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2 ร้านคือ CPAC BLOCK และ DETAC BLOCK ส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมี 3 ร้านคือ จากร้าน มีนบุรีวัสดุภัณฑ์,พัฒนาก่อสร้าง,พิชิตค้าไม้ นำคอนกรีตบล๊อกมาร้านละ 3 ก้อน มาหากำลังอัดประลัยด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบอัตราการดูดซึม

นำคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วันในแต่ละส่วนผสม ส่วนผสมละ 3 ก้อน และคอนกรีตบล็อกจากร้านที่ขายในท้องตลาด 5 ร้าน ร้านละ 3 ก้อน มาทดสอบหาอัตราการดูดซึม โดยทำตามมาตรฐาน ASTM C 140-75

4.3 การทดสอบความทนไฟ

โดยการนำคอนกรีตบล็อกที่ 28 วัน ในแต่ละส่วนผสม ส่วนผสมละ 3 ก้อนและคอนกรีตบล็อกร้านที่ขายในท้องตลาด 5 ร้าน ร้านละ 3 ก้อน ซึ่งถือว่าเป็น 1 ชุด มาห่อด้วยลวดตาข่ายหกเหลี่ยม(เพื่อป้องกันการระเบิด) แล้วนำไปเผาในเตาเผาแก๊สที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส โดยในการเผา จะค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิในเตาเผา ครั้งละ 100 องศาเซลเซียสในแต่ละครั้ง ใช้เวลา 6 - 10 นาที เมื่อถึงอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสแล้ว(จะใช้เวลา 30 - 60 นาที) จะคงอุณหภูมินี้ไว้ 0.5,1.5,2.5,3.5 ชั่วโมงอย่างละชุด แล้วนำไปทดสอบหากำลังอัดประลัยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับกำลังอัดประลัยก่อนเผา

4.4 การทดสอบการยึดเกาะ

นำคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน ในแต่ละส่วนผสม ส่วนผสมละ 3 ก้อน และคอนกรีตบล็อกจากร้านที่ขายในท้องตลาด 5 ร้าน ร้านละ 3 ก้อน มาเจาะรูโดยใช้สว่านไฟฟ้าขนาดสว่าน 1/2 นิ้วเจาะตรงกึ่งกลางด้านข้างให้ทะลุเพียงด้านเดียว จากนั้น นำคอนกรีตบล็อกไปวางไว้ด้านบนของเครื่องUniversal Testing Machine ยึดก้อนคอนกรีตบล็อกให้แน่น ด้วยตัวยึดจับที่ทำขึ้นมา (เพื่อป้องกันการพลิกล้มของ คอนกรีตบล็อกขณะที่ดึง)เมื่อคอนกรีตบล็อกแน่นดีแล้ว ก็นำพุกระเบิดมาใส่เข้าไปในรูที่เจาะ นำน็อตที่ใส่วงแหวน 2 วง ขันเข้าไปในพุกระเบิดจากนั้นนำเหล็ก RB 12 ที่งอเป็นตะขอไว้แล้วด้านหนึ่ง มาเกี่ยวกับน็อตส่วนที่โผล่ออกจากตัวพุกระเบิด โดยตะขอเหล็กจะอยู่ระหว่างวงแหวน2วงและปลายเหล็กอีกข้างที่ไม่ได้ทำเป็นตะขอจะแหย่ลงผ่านช่องที่มีตัวยึดจับของเครื่องทดสอบ จากนั้นก็ขันน็อตเข้าไปให้แน่นและยึดปลายเหล็กอีกข้างกับเครื่องทดสอบให้แน่นเช่นกัน แล้วทำการดึงเหล็กด้วยเครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดสอบความสูญเสียการส่งผ่านของเสียง

ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ

1. การก่อผนังทดสอบ

ทำการก่อผนังคอนกรีตบล๊อกที่จะทำการทดสอบ โดยก่อเต็มในช่องเปิด (test opening) ขนาดกว้าง 3.5 เมตร สูง 2.0 เมตร โดยไม่ฉาบกั้นระหว่างห้อง กำเนิด (source room) และห้องรับ (receiving room) ซึ่งแต่ละห้องมีปริมาตร 73 เมตร^3 ปล่อยให้ปูนก่อผนังแข็งตัว 24 ชั่วโมง

2. การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ

ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ ดังต่อไปนี้

- ตัวกำเนิดเสียง (Sound Source,Bruel&Kjaer Type 4224)
- เครื่องวิเคราะห์อคูสติกส์ของอาคาร (Building Acoustics Analyzer 4418)
- Condenser Microphone 4165
- Preamplifier 2639

3. ขั้นดำเนินการทดสอบ

ใช้เครื่อง Building Acoustics Analyzer ร่วมกับเครื่อง Sound Source จะผลิตเสียงที่เรียกว่า 1/3 octave band limited pink noise ซึ่งเป็นเสียงที่มีพลังงานเท่ากันในทุกแถบความถี่ 1/3 ออกเทฟ ปรับกำลังขยายของ Sound Source ให้ระดับความดันของเสียงในห้องกำเนิดเสียง มีค่าประมาณ 100 dB ที่ 500 Hz ซึ่งวัดโดย microphone กับ preamplifier ต่อเข้ากับ Analyzer ทำการวัดระดับเสียง L_1 ในห้องกำเนิด และ L_2 ในห้องรับ สำหรับแถบความถี่ 1/3 ออกเทฟ ที่มีความถี่ศูนย์กลาง 125 - 4000 รวม 16 แถบ หลังจากนั้นย้าย Sound Source มาไว้ในห้องรับ แล้วหาค่าเวลาการกังวาน (reverberation time) ของห้องรับ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าการดูดกลืนเสียงของห้องรับ เพื่อหาค่า TL ของผนังทดสอบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อทำการทดสอบเสร็จแล้ว ก็พังผนังนั้นออก แล้วก่อผนังชุดใหม่ที่จะทำการทดสอบต่อไป

5. การคำนวณ

การหาค่า Transmission Loss (TL) หาจากสูตร

$$TL = L_1 - L_2 + 10\log_{10}(S/A)$$

เมื่อ L_1 และ L_2 เป็นระดับความดันเสียง (sound pressure level) ในห้องกำเนิดและห้องรับ ตามลำดับ

S เป็นพื้นที่ของผนังทดสอบ

A เป็นการดูดกลืนเสียง (sound absorption)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

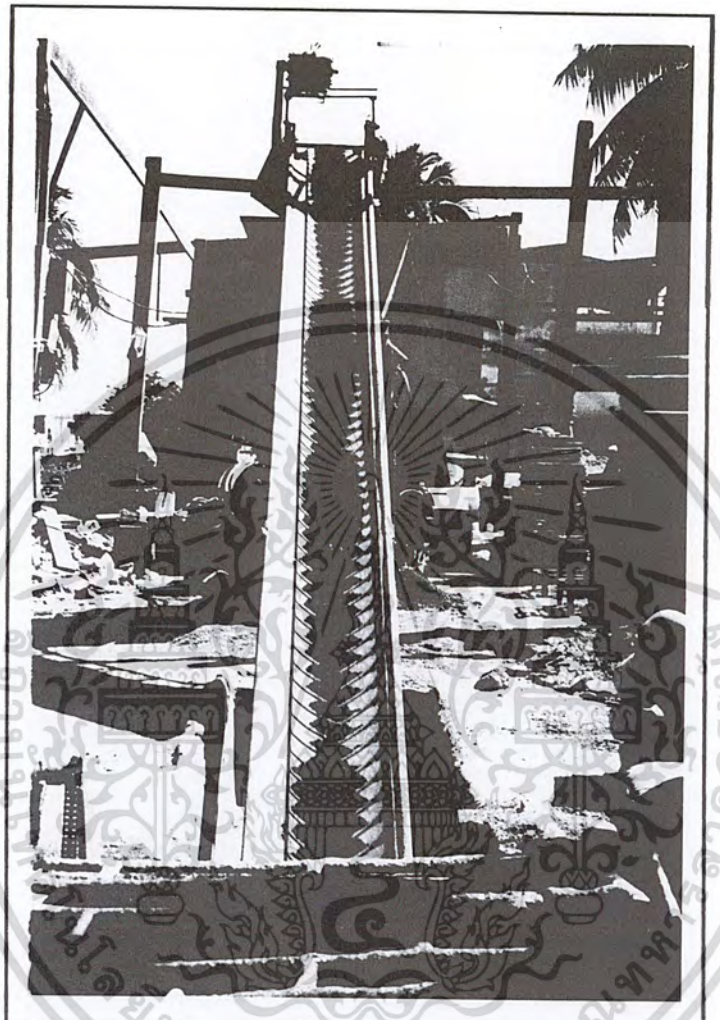
3.3 รูปภาพประกอบการทดลอง

รูปที่ 1 ตัวอย่าง หินฝุ่น, ทราย, ปูนซีเมนต์, ขี้เถ้าลอย ที่ใช้อัดคอนกรีตบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

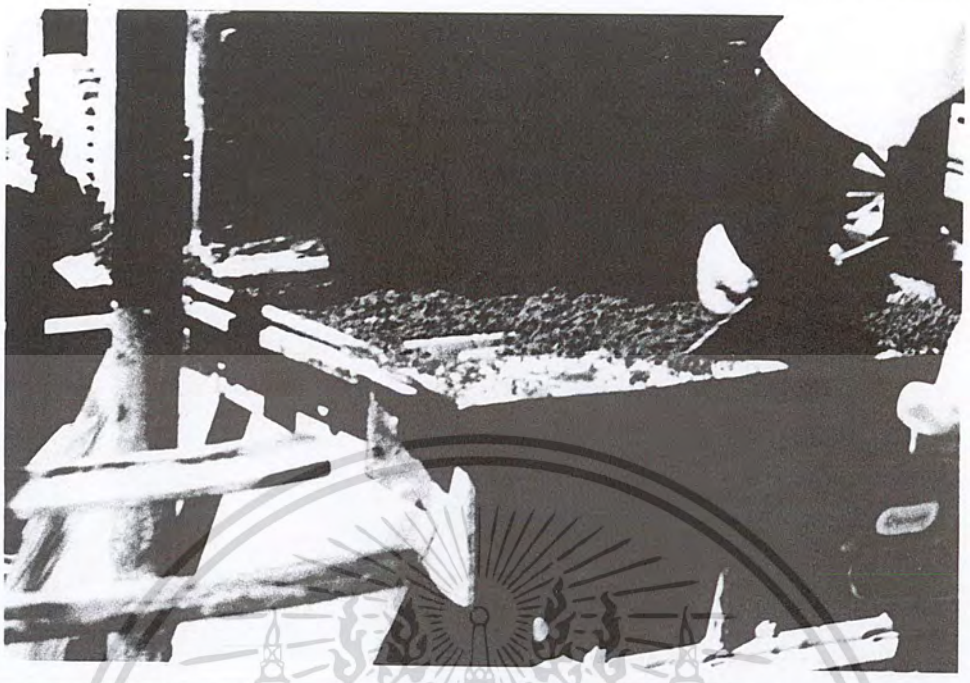
รูปที่ 2 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกไฮดรอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 การลำเลียงส่วนผสมตามสายพานสู่กะบะวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

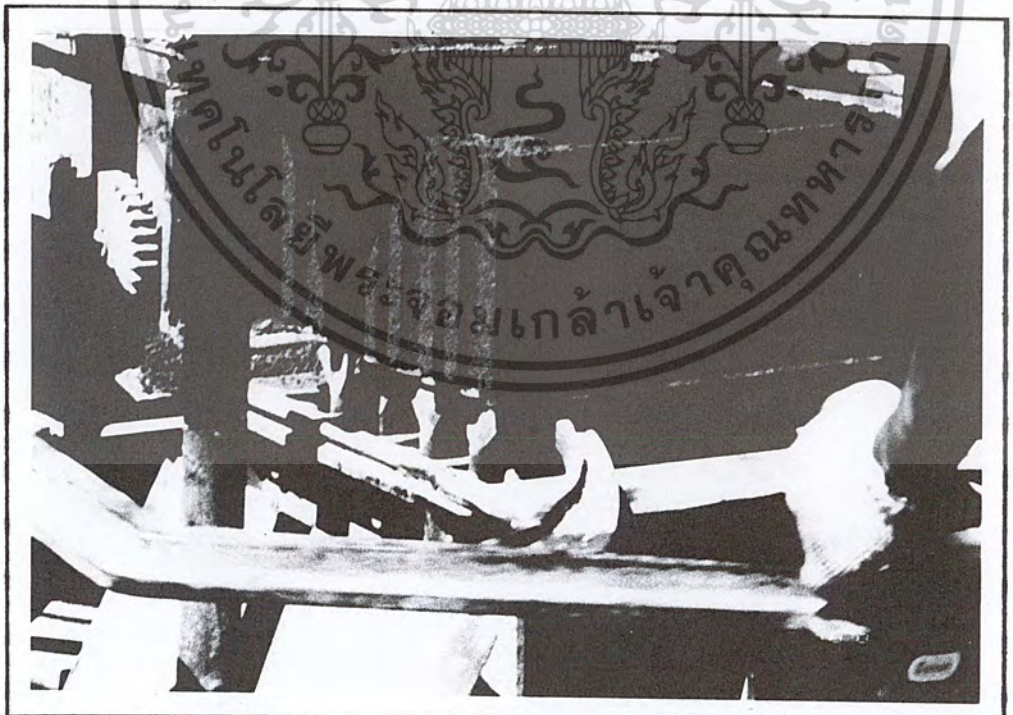


รูปที่ 4 ส่วนผสมจากกะบะวัสดุปล่อยลงสู่แบบหล่อคอนกรีตบล็อกด้านล่างของเครื่อง

รูปที่ 5 การเกลี่ยส่วนผสมลงสู่แบบหล่อคอนกรีตบล็อก

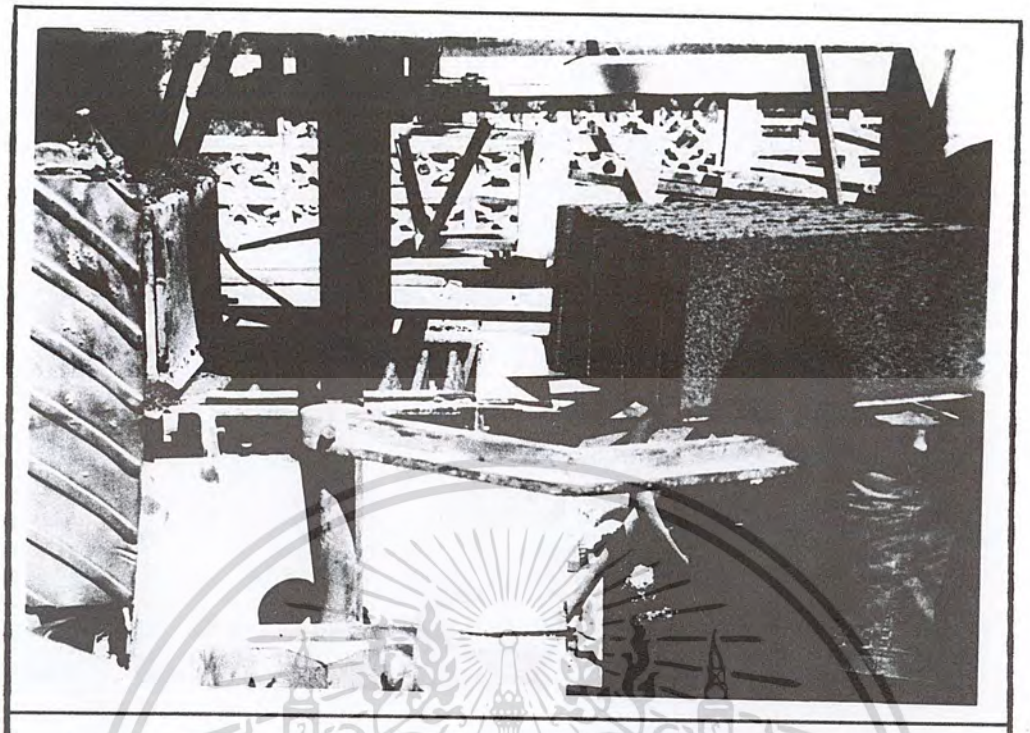
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6 การอัดส่วนผสมในแบบหล่อคอนกรีตบล็อกให้แน่นด้วยเครื่องไฮดรอลิก



รูปที่ 7 ก้อนคอนกรีตบล็อกหลังอัดด้วยเครื่องไฮดรอลิกถูกยกออกจากแบบหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

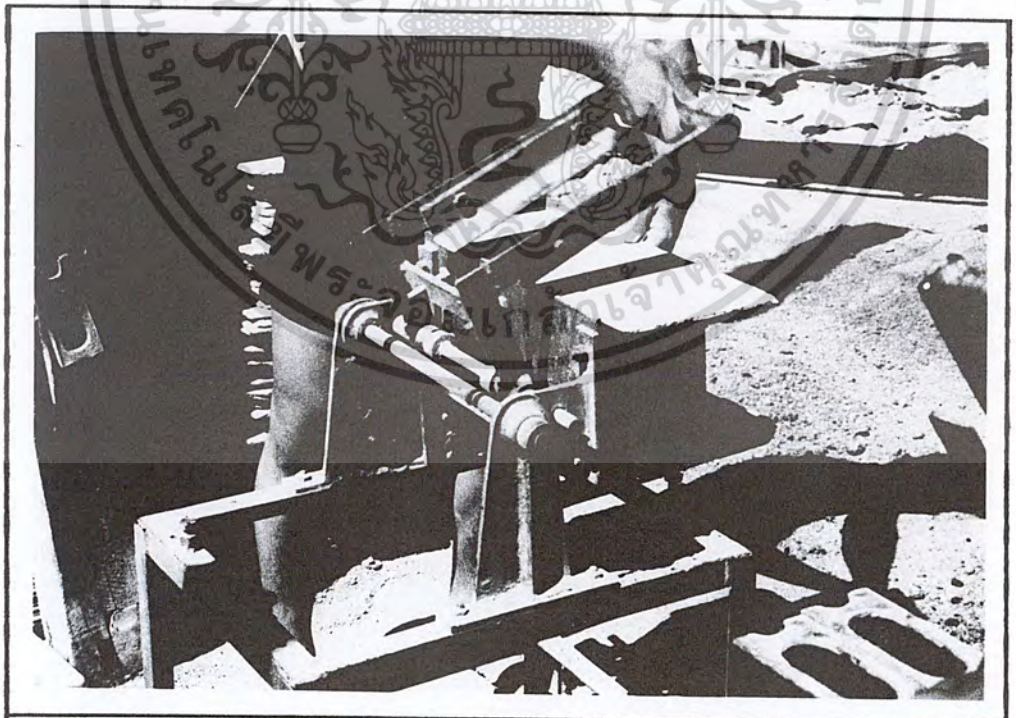


รูปที่ 8 แขนเหล็กเข้าไปรับคอนกรีตบล็อกแล้วหมุนออกจากตัวเครื่องอัด

รูปที่ 9 ขนคอนกรีตบล็อกไปยังเครื่องกลับด้านบนลงล่าง

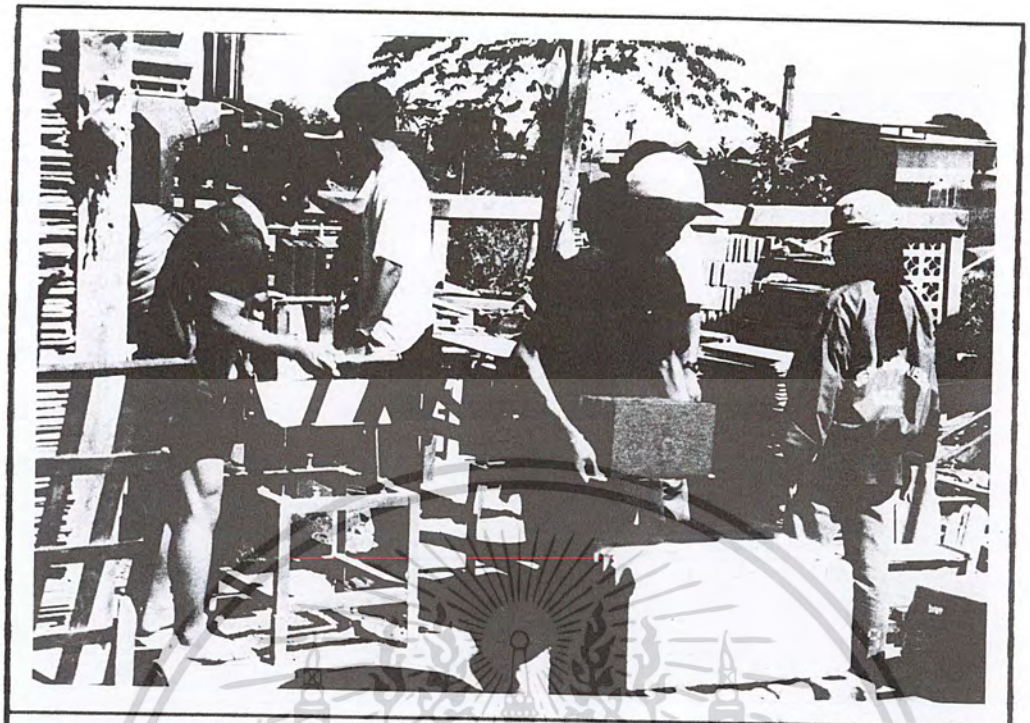
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10 วางคอนกรีตบล็อกลงที่เครื่องกลับบนลงล่างแล้วปัดทำความสะอาดก่อน

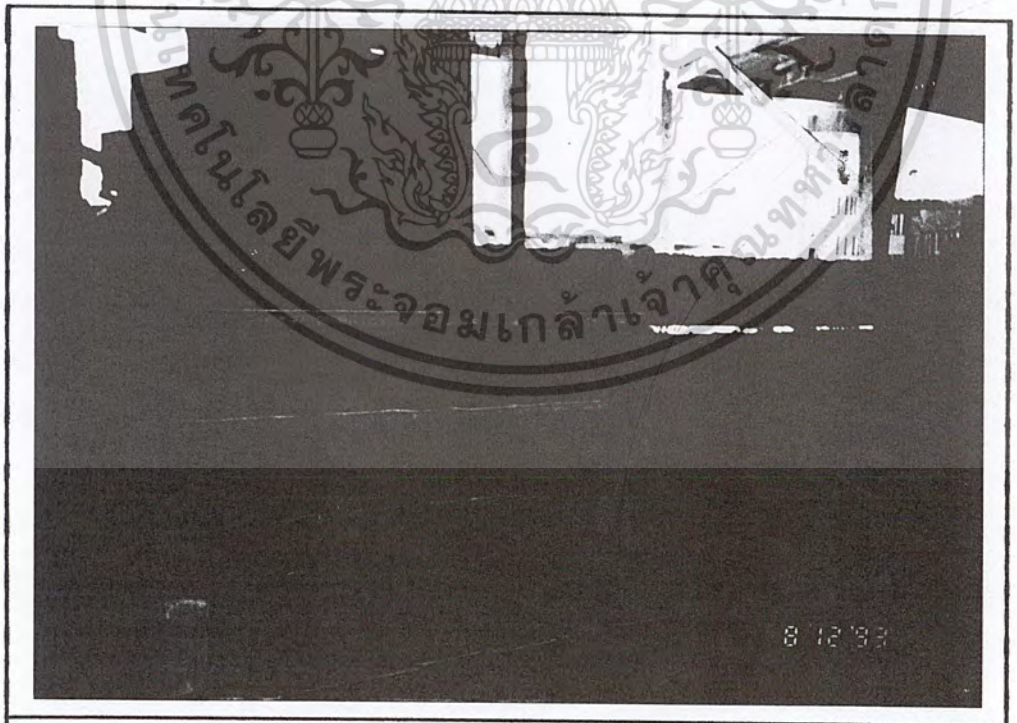


รูปที่ 11 วางแผ่นกระเบื้องด้านบนแล้วหลิกกลับเอาแผ่นกระเบื้องด้านล่างออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

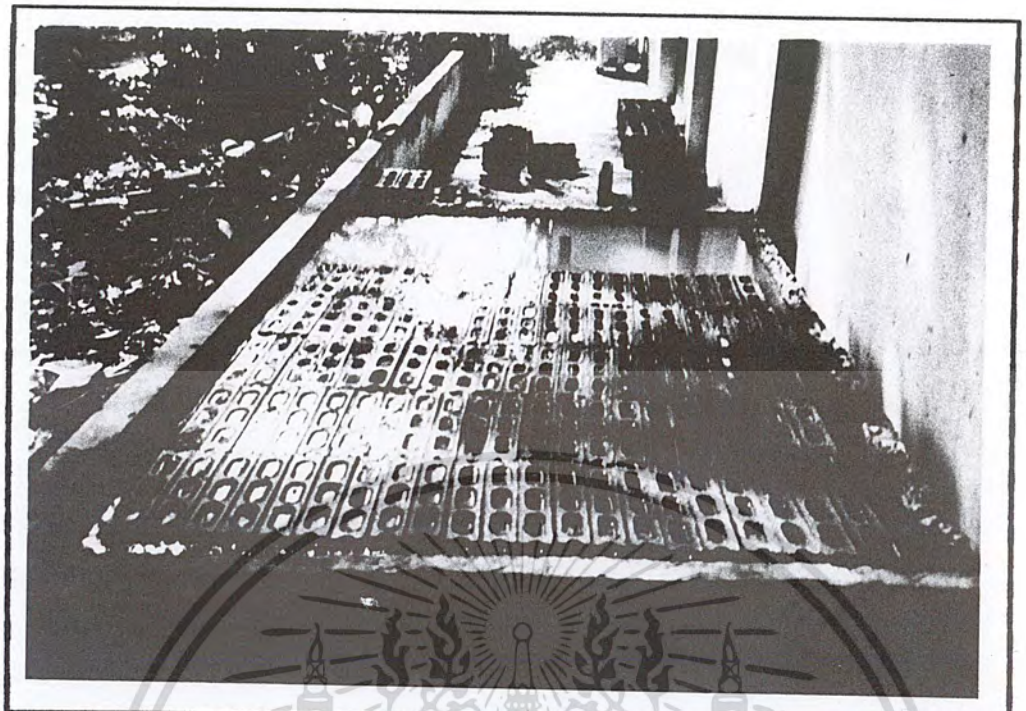


รูปที่ 12 ยกคอนกรีตบล็อกที่กลับด้านล่างขึ้นบนและทำความสะอาดแล้วไปวางเป็นชั้นๆ



รูปที่ 13 คอนกรีตบล็อกที่อัดเสร็จแล้ว

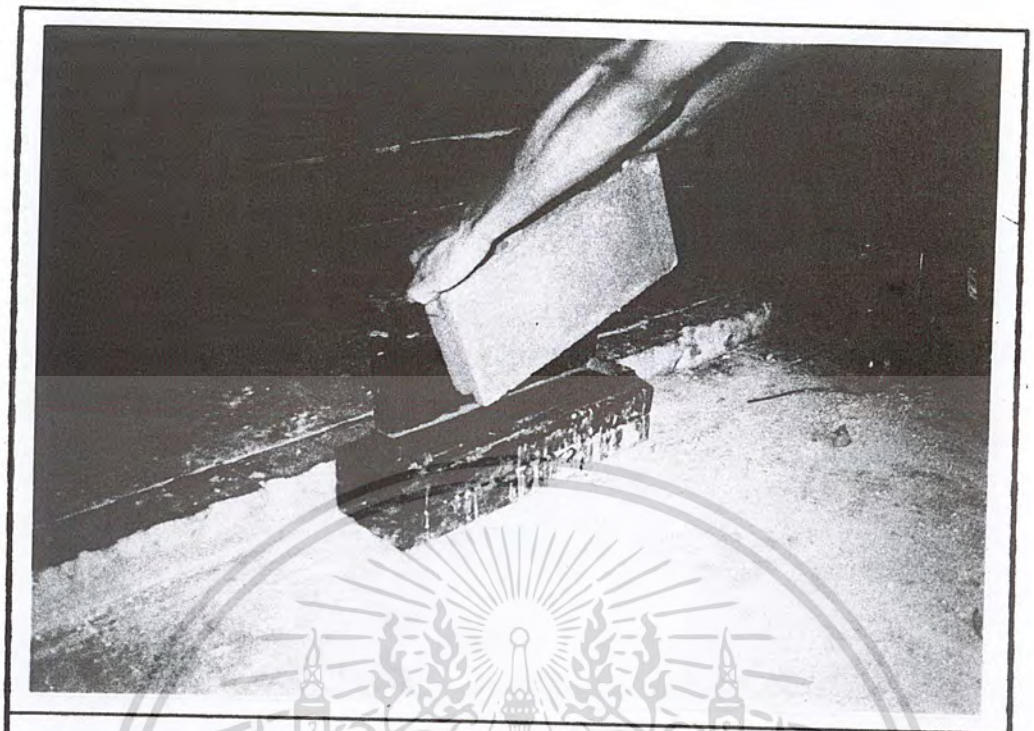
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



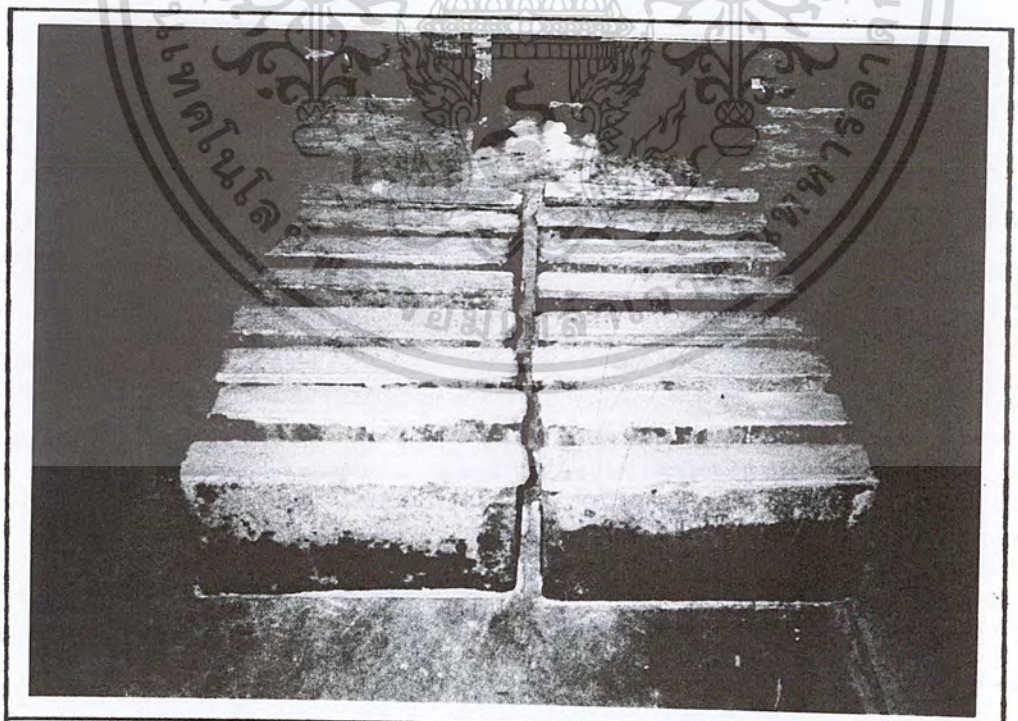
รูปที่ 14 การบ่มคอนกรีตบล็อก

รูปที่ 15 แบบหล่อก่ามะถัน CAPPING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

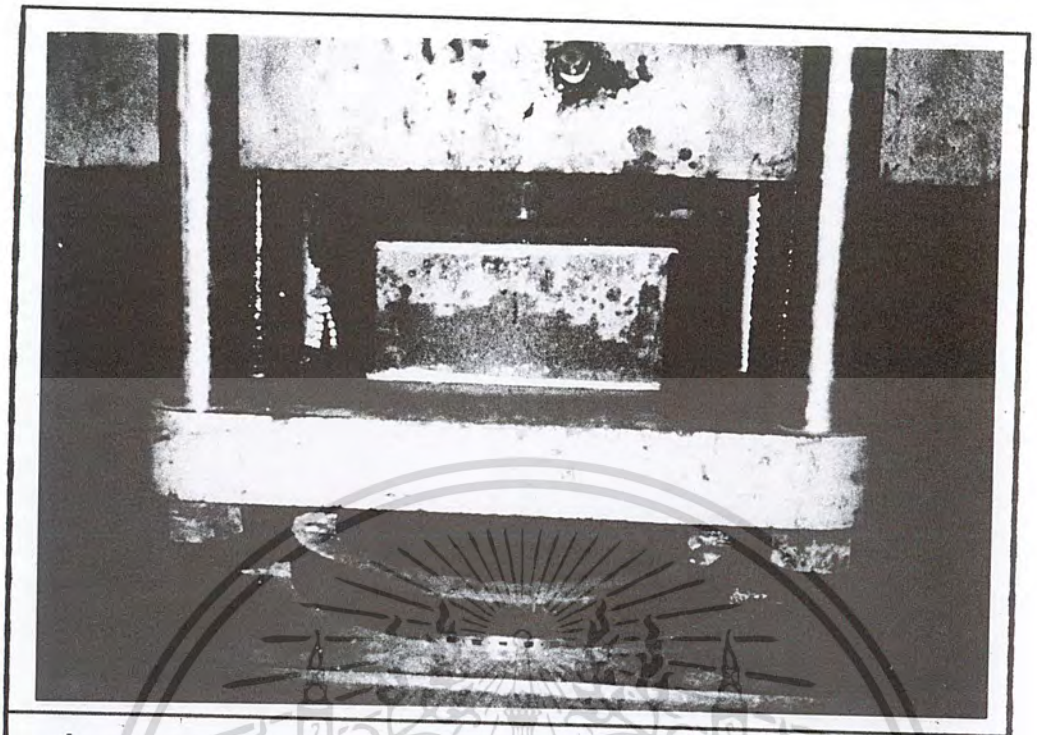


รูปที่ 16 การ CAP คอนกรีตบล็อกด้วยกำมะถัน

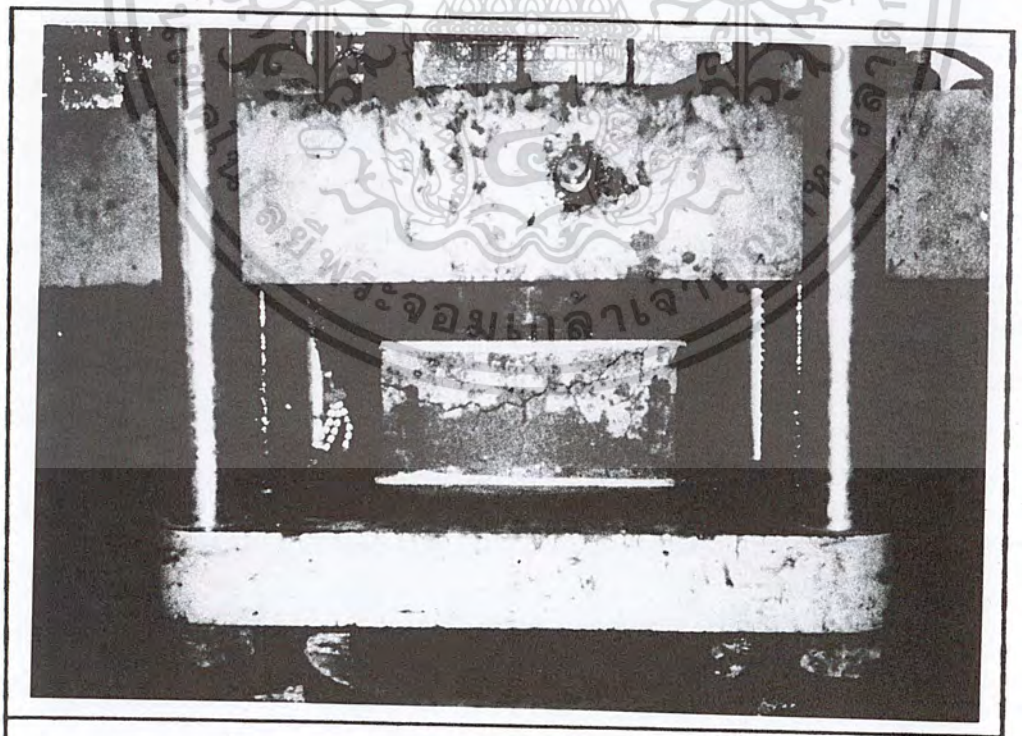


รูปที่ 17 คอนกรีตบล็อกที่ CAP เสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



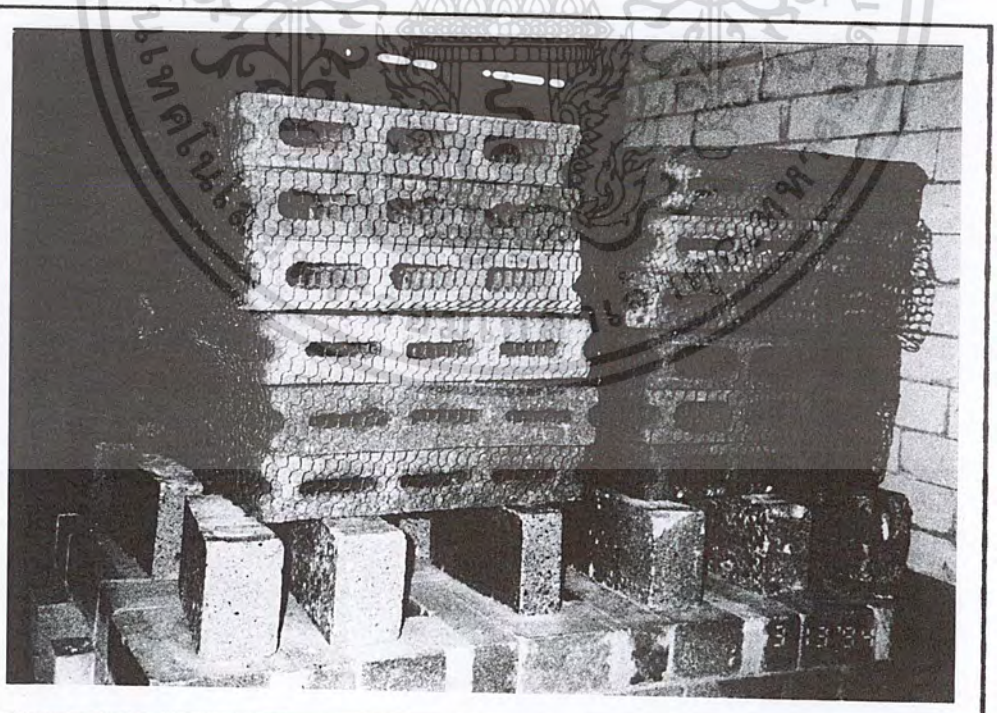
รูปที่ 18 การกดทดสอบหากำลังอัด ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine



รูปที่ 19 การแตกของคอนกรีตบล็อกหลังถูกกดทดสอบ

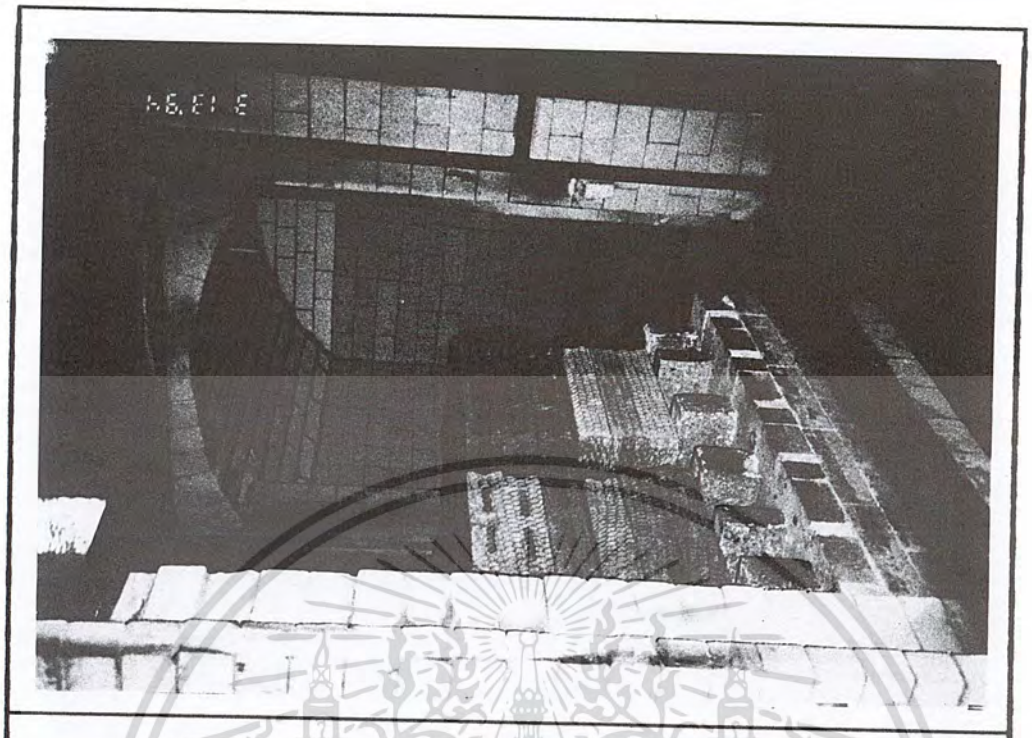
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 20 เตาเผาแก๊สที่ใช้ในการทดสอบความทนไฟ



รูปที่ 21 คอนกรีตบล็อกห่อด้วยลวดตาข่ายกันการระเบิด

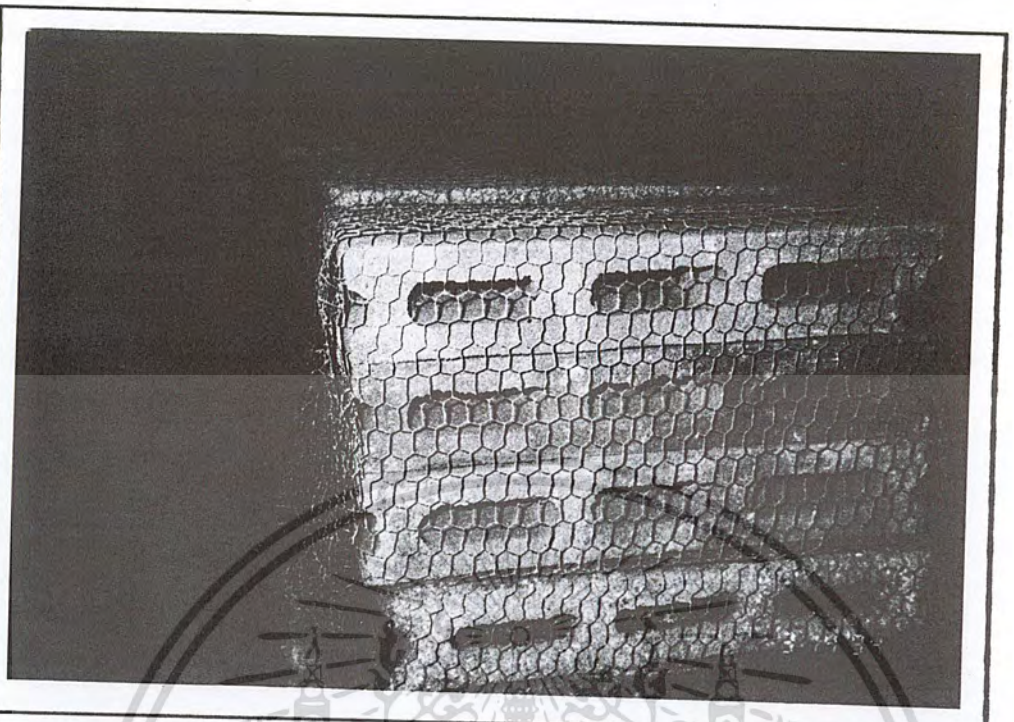
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



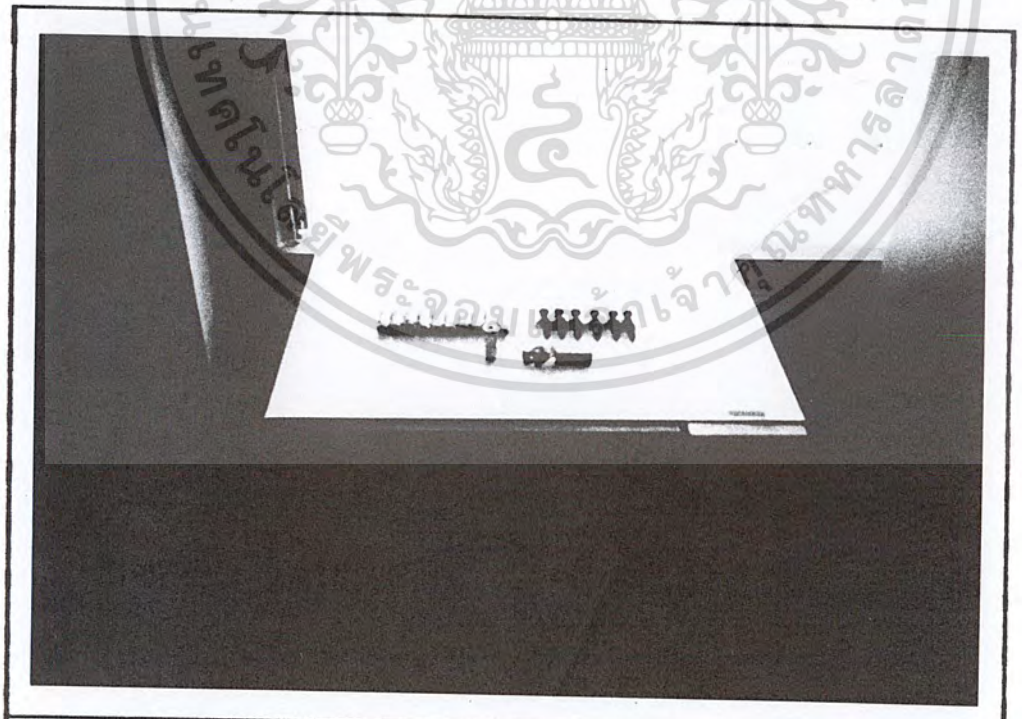
รูปที่ 22 การลำเลียงคอนกรีตบล็อกเข้าเตาเผาโดยรางเลื่อน

รูปที่ 23 การจุดไฟเผาแก๊สในเตาเผาโดยผ่านวาล์วด้านล่างของเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

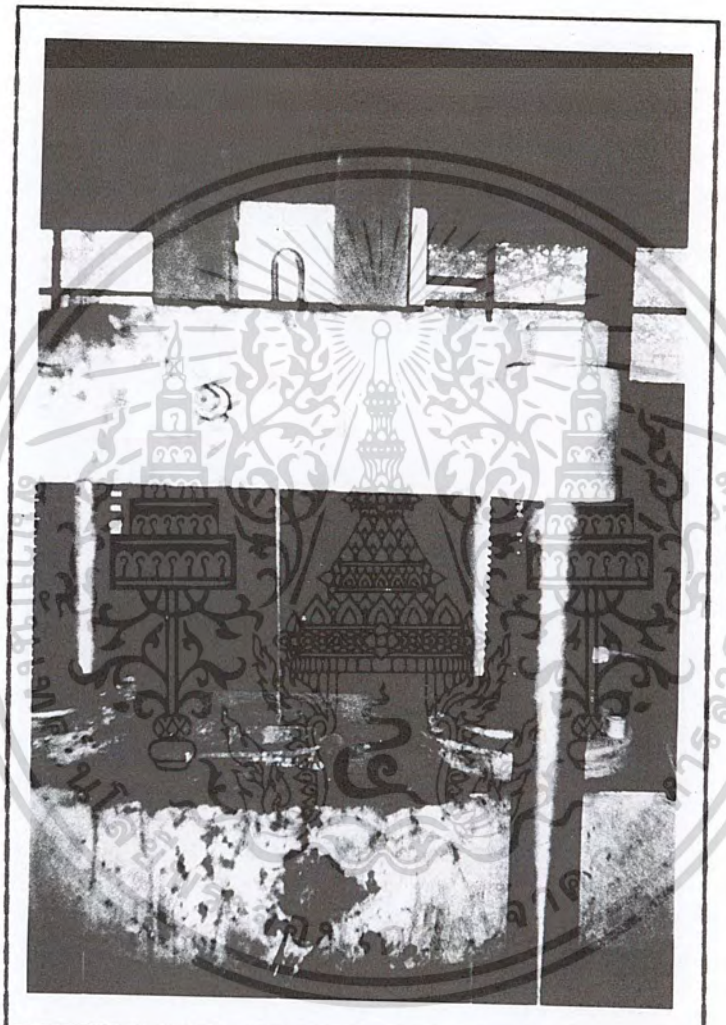


รูปที่ 24 คอนกรีตบล็อกหลังจากเผาด้วยอุณหภูมิ 500 C นาน 3.5 ชั่วโมง



รูปที่ 25 พุกระเบิด,น็อต และแหวนรองที่ใช้ในการทดสอบการยึดเกาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

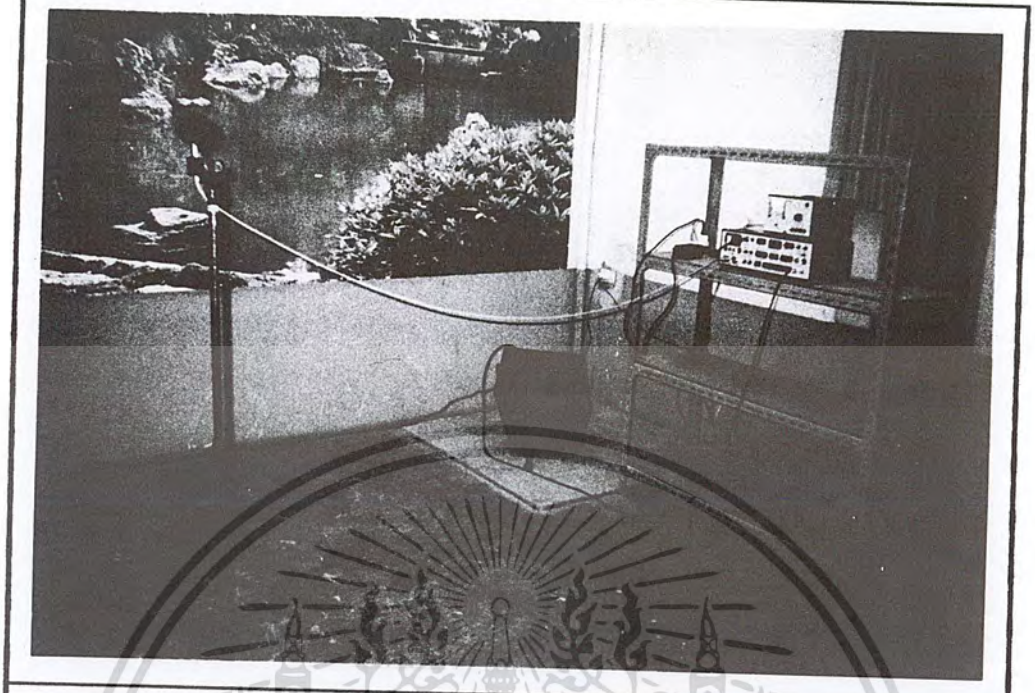


รูปที่ 26 การทดสอบการยึดเกาะของคอนกรีตบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 27 การยึดคอนกรีตบล็อกไม่ให้ล้มเมื่อถูกดึงทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 28 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการกันเสียง

รูปที่ 29 ผนังทดสอบการกันเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้ดำเนินการอัดคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอยครบทุกส่วนผสม คือ 12 ส่วนผสม ดังที่ได้ออกแบบไว้เรียบร้อยแล้ว นำคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอยไปบ่มในน้ำสะอาดเป็นระยะเวลา 7, 14, 28, 60, 90 วัน โดยแบ่งก้อนคอนกรีตบล๊อกตัวอย่างละ 3 ก้อน เพื่อนำไปทดสอบหาค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล๊อก เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล๊อกที่มีขายตามท้องตลาด นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอยทั้ง 12 ส่วนผสม รวมทั้งคอนกรีตบล๊อกที่ได้จากร้านค้าที่ขายตามท้องตลาด หลังจากเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 ชั่วโมง ซึ่งผลการทดสอบปรากฏว่า เมื่อคอนกรีตบล๊อกถูกไฟเผาเป็นระยะเวลานาน ๆ กำลังอัดที่ได้ก็จะลดลงจากปกติโดยขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการเผา และทำการทดสอบหาอัตราการดูดซึม การยึดเกาะของเนื้อคอนกรีตบล๊อก และการกันเสียง โดยการทดสอบการกันเสียง ได้คัดเลือกคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย ไปทำการทดสอบเพียงบางส่วนผสมเท่านั้น คือ MIXTURE 8 และ MIXTURE 12 และคอนกรีตบล๊อกจากร้านพัฒนาค้าวัสดุ ซึ่งมีราคาขายระดับกลาง ๆ ประชาชนส่วนใหญ่นิยมซื้อไปประกอบการมากกว่าคอนกรีตบล๊อกที่มีราคาสูง เนื่องจากไม่ต้องการคุณภาพเท่าใดนักโดยวิธีการทดสอบคอนกรีตบล๊อกแต่ละวิธีได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น ซึ่งผลการทดสอบได้ผลดังตารางที่ 10 ถึงตารางที่ 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 10
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 7 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
1	1	6.800	39.300	18.700	267.240	7.078	14460.000	54.109	
	2	6.800	39.400	18.600	267.920	7.574	15420.000	57.554	55.253
	3	6.700	39.400	18.900	263.980	7.448	14280.000	54.095	
2	1	6.500	39.200	18.800	254.800	7.033	12180.000	47.802	
	2	6.700	39.000	18.700	261.300	7.010	11880.000	45.465	46.776
	3	6.700	39.200	18.800	262.640	6.970	12360.000	47.061	
3	1	6.800	39.100	18.900	265.880	6.920	11820.000	44.456	
	2	6.600	39.200	18.800	258.720	7.068	11760.000	45.455	44.241
	3	6.900	39.200	19.000	270.480	7.356	11580.000	42.813	
4	1	6.700	39.400	18.800	263.980	7.200	11160.000	42.276	
	2	6.600	39.300	19.000	259.380	7.163	10500.000	40.481	41.586
	3	6.800	39.100	18.600	265.880	6.942	12060.000	42.000	

TABLE 11
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 7 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
5	1	6.700	39.200	19.000	262.640	7.520	12840.000	48.888	
	2	6.800	39.100	19.000	265.880	7.525	13500.000	50.775	50.305
	3	6.600	39.200	18.800	258.720	7.068	13260.000	51.252	
6	1	6.900	39.200	18.800	270.480	7.753	11100.000	41.038	
	2	6.600	39.100	19.000	258.060	7.739	11220.000	43.478	42.785
	3	6.600	39.400	19.000	260.040	7.530	11400.000	43.839	
7	1	6.600	39.300	19.900	259.380	7.190	10320.000	39.787	
	2	6.600	39.200	18.900	258.720	7.353	10500.000	40.584	40.276
	3	6.600	39.100	19.000	258.060	7.534	10440.000	40.456	
8	1	6.900	39.100	18.900	269.790	7.484	10380.000	38.474	
	2	6.800	39.200	18.900	266.560	7.574	10140.000	38.040	37.737
	3	6.900	39.100	18.800	269.790	7.700	9900.000	36.695	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 12
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 7 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
9	1	6.700	39.100	18.900	261.970	7.157	11880.000	45.349	
	2	6.700	39.100	18.800	261.970	7.165	11700.000	44.662	45.048
	3	6.800	39.100	18.900	265.880	7.638	12000.000	45.133	
10	1	6.700	39.200	19.000	262.640	7.002	9900.000	37.694	
	2	6.700	39.200	18.700	262.640	6.777	10200.000	38.836	38.308
	3	6.800	39.300	19.000	267.240	7.190	10260.000	38.392	
11	1	6.800	39.100	18.800	265.880	6.848	9480.000	35.655	
	2	6.700	39.100	18.900	261.970	7.081	9600.000	36.645	36.060
	3	6.800	39.100	18.900	265.880	7.232	9540.000	35.881	
12	1	6.900	39.100	18.600	269.790	7.028	9000.000	33.359	
	2	6.700	39.200	18.900	262.640	6.935	9120.000	34.724	33.786
	3	6.900	39.200	18.900	270.480	7.348	9000.000	33.274	

TABLE 13
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 14 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
1	1	6.700	39.200	18.700	262.640	7.453	16860.000	64.194	
	2	6.800	39.100	19.000	265.880	7.841	16320.000	61.381	63.617
	3	6.700	39.100	18.700	261.970	7.018	17100.000	65.275	
2	1	6.800	39.200	19.100	266.560	7.379	14280.000	53.571	
	2	6.700	39.100	18.900	261.970	6.853	13800.000	52.678	53.922
	3	6.600	39.300	18.800	259.380	6.905	14400.000	55.517	
3	1	6.600	39.400	19.000	260.040	7.100	13080.000	50.300	
	2	6.700	39.200	18.700	262.640	6.961	12780.000	48.660	49.435
	3	6.700	39.200	18.600	262.640	7.156	12960.000	49.345	
4	1	6.600	39.200	19.000	258.720	6.952	11760.000	45.455	
	2	6.600	39.100	19.000	258.060	7.046	11280.000	43.711	44.685
	3	6.700	39.100	18.900	261.970	6.992	11760.000	44.891	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 14
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 14 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
5	1	6.600	39.200	18.800	258.720	6.955	15540.000	60.065	59.185
	2	6.600	39.100	19.000	258.060	7.229	15120.000	58.591	
	3	6.800	39.100	18.700	265.880	6.950	15660.000	58.899	
6	1	6.600	39.300	18.800	259.380	6.713	14340.000	55.286	55.889
	2	6.700	39.200	18.700	262.640	6.777	14580.000	55.513	
	3	6.800	39.100	18.800	265.880	6.848	15120.000	56.868	
7	1	6.700	39.100	18.700	261.970	6.942	13080.000	49.929	49.515
	2	6.800	39.100	18.600	265.880	7.132	12900.000	48.518	
	3	6.800	39.100	18.900	265.880	7.638	13320.000	50.098	
8	1	6.600	39.100	19.100	258.060	7.052	12060.000	46.733	48.084
	2	6.700	39.100	18.800	261.970	6.970	12600.000	48.097	
	3	6.800	39.100	18.800	265.880	7.369	13140.000	49.421	

TABLE 15
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 14 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
9	1	6.600	39.200	19.000	258.720	6.985	13440.000	51.948	53.248
	2	6.600	39.300	19.000	259.380	7.106	13800.000	53.204	
	3	6.600	39.300	18.700	259.380	6.919	14160.000	54.592	
10	1	6.700	39.300	18.900	263.310	6.931	13200.000	50.131	50.010
	2	6.900	39.200	18.800	270.480	7.736	13020.000	48.137	
	3	6.700	39.100	18.700	261.970	7.678	13560.000	51.762	
11	1	6.600	39.300	18.900	259.380	6.956	12300.000	47.421	46.009
	2	6.800	39.200	19.000	266.560	7.190	11820.000	44.343	
	3	6.600	39.300	19.000	259.380	6.917	12000.000	46.264	
12	1	6.600	39.300	19.000	259.380	6.998	11100.000	42.794	42.932
	2	6.700	39.200	18.900	262.640	7.510	11460.000	43.634	
	3	6.900	39.200	19.100	270.480	8.359	11460.000	42.369	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 16
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 28 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
1	1	6.700	39.200	18.900	262.640	7.344	19500.000	74.246	74.413
	2	6.600	39.200	18.800	258.720	7.283	19800.000	76.531	
	3	6.700	39.300	19.000	263.310	7.051	19080.000	72.462	
2	1	6.700	39.300	18.800	263.310	7.150	16860.000	64.031	64.768
	2	6.700	39.300	18.900	263.310	7.244	17040.000	64.715	
	3	6.800	39.300	18.800	267.240	7.047	17520.000	65.559	
3	1	6.700	39.400	19.000	263.980	6.963	15420.000	58.414	57.541
	2	6.700	39.100	19.000	261.970	8.586	15240.000	58.175	
	3	6.600	39.100	18.800	258.060	7.109	14460.000	56.033	
4	1	6.800	39.200	19.000	266.560	7.163	13860.000	51.996	52.968
	2	6.800	39.200	19.000	266.560	7.485	14460.000	54.247	
	3	6.900	39.300	18.700	271.170	7.065	14280.000	52.661	

TABLE 17
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 28 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
5	1	6.700	39.400	18.700	263.980	7.167	17880.000	67.732	66.165
	2	6.900	39.300	18.900	271.170	7.293	17400.000	64.166	
	3	6.700	39.400	18.600	263.980	6.963	17580.000	66.596	
6	1	6.800	39.100	19.000	265.880	7.576	15540.000	58.447	59.266
	2	6.600	39.200	18.800	258.720	7.114	15960.000	61.688	
	3	6.600	39.100	18.900	258.060	7.104	14880.000	57.661	
7	1	6.800	39.000	18.800	265.200	7.071	14700.000	55.430	54.433
	2	6.800	39.100	18.900	265.880	7.202	14280.000	53.708	
	3	6.800	39.100	18.700	265.880	7.955	14400.000	54.160	
8	1	6.600	39.100	18.800	258.060	7.287	13800.000	53.476	52.235
	2	6.600	39.000	18.800	257.400	6.997	13560.000	52.681	
	3	6.800	39.100	18.800	265.880	6.964	13440.000	50.549	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 18
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 28 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
	1	6.700	39.300	18.700	263.310	7.302	15900.000	60.385	
9	2	6.700	39.300	18.700	263.310	7.139	16680.000	63.347	60.642
	3	6.900	39.300	18.900	271.170	7.484	15780.000	58.192	
	1	6.600	39.300	18.800	259.380	7.174	13680.000	52.741	
10	2	6.700	39.200	18.700	262.640	7.124	14280.000	54.371	53.036
	3	6.800	39.200	18.900	266.560	7.284	13860.000	51.996	
	1	6.600	39.200	19.000	258.720	7.509	13200.000	51.020	
11	2	6.700	39.200	19.000	262.640	7.689	12960.000	49.345	50.437
	3	6.700	39.200	19.000	262.640	7.778	13380.000	50.944	
	1	6.700	39.300	18.900	263.310	8.005	12780.000	48.536	
12	2	6.800	39.400	18.800	267.920	8.030	12600.000	47.029	48.243
	3	6.600	39.200	18.800	258.720	7.519	12720.000	49.165	

TABLE 19
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 60 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
	1	6.700	39.400	18.700	263.980	7.562	19800.000	75.006	
1	2	6.500	39.300	18.900	255.450	7.498	20100.000	78.685	76.220
	3	6.700	39.300	19.000	263.310	7.255	19740.000	74.969	
	1	6.700	39.200	18.800	262.640	7.420	18060.000	68.763	
2	2	6.600	39.200	18.900	258.720	7.270	17400.000	67.254	68.338
	3	6.500	39.200	18.800	254.800	7.290	17580.000	68.995	
	1	6.700	39.300	18.800	263.310	6.995	17400.000	66.082	
3	2	6.800	39.300	18.800	267.240	7.400	17040.000	63.763	64.927
	3	6.600	39.200	18.900	258.720	7.012	16800.000	64.935	
	1	6.700	39.400	18.800	263.980	7.200	15000.000	56.822	
4	2	6.800	39.400	18.700	267.920	7.212	15240.000	56.883	57.360
	3	6.800	39.300	18.700	267.240	7.360	15600.000	58.374	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 20
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 60 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
5	1	6.600	39.200	19.000	258.720	7.105	17760.000	68.646	68.238
	2	6.700	39.200	19.000	262.640	7.647	18240.000	69.449	
	3	6.600	39.300	19.100	259.380	7.022	17280.000	66.620	
6	1	6.900	39.400	18.900	271.860	7.263	16800.000	61.797	62.454
	2	6.800	39.300	18.700	267.240	7.060	16680.000	62.416	
	3	6.600	39.300	18.900	259.380	7.615	16380.000	63.151	
7	1	6.600	39.300	18.800	259.380	7.164	15240.000	58.755	60.038
	2	6.600	39.400	18.800	260.040	6.770	15600.000	59.991	
	3	6.700	39.400	18.900	263.980	6.950	16200.000	61.368	
8	1	6.700	39.400	18.900	263.980	7.315	14760.000	55.913	55.763
	2	6.600	39.300	18.800	259.380	7.180	14940.000	57.599	
	3	6.700	39.300	18.900	263.310	7.265	14160.000	53.777	

TABLE 21
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 60 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
9	1	6.800	39.200	18.800	266.560	7.300	16500.000	61.900	62.416
	2	6.700	39.200	18.800	262.640	7.071	16800.000	63.966	
	3	6.700	39.100	18.900	261.970	7.456	16080.000	61.381	
10	1	6.600	39.200	18.800	258.720	7.433	14700.000	56.818	57.136
	2	6.600	39.300	18.800	259.380	7.310	15000.000	57.830	
	3	6.600	39.400	18.900	260.040	7.137	14760.000	56.760	
11	1	6.400	39.300	18.900	251.520	7.245	13800.000	54.866	53.252
	2	6.500	39.300	18.900	255.450	7.194	13440.000	52.613	
	3	6.500	39.200	18.800	254.800	7.072	13320.000	52.276	
12	1	6.600	39.200	18.800	258.720	7.594	13080.000	50.557	50.946
	2	6.800	39.200	18.800	266.560	8.227	13200.000	49.520	
	3	6.800	39.300	18.900	267.240	7.212	14100.000	52.762	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 22
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 90 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
1	1	6.700	39.200	18.700	262.640	7.093	20160.000	76.759	
	2	6.600	39.300	18.700	259.380	7.521	19920.000	76.799	77.392
	3	6.600	39.200	18.700	258.720	6.880	20340.000	78.618	
2	1	6.700	39.300	18.700	263.310	7.356	19200.000	72.918	
	2	6.800	39.400	18.800	267.920	7.204	19440.000	72.559	71.963
	3	6.700	39.300	18.900	263.310	7.267	18540.000	70.411	
3	1	6.700	39.300	18.800	263.310	7.021	17820.000	67.677	
	2	6.800	39.300	18.800	267.240	7.263	17760.000	66.457	67.631
	3	6.600	39.400	18.900	260.040	7.136	17880.000	68.759	
4	1	6.600	39.200	18.700	258.720	6.888	16740.000	64.703	
	2	6.600	39.200	18.800	258.720	6.954	16500.000	63.776	63.767
	3	6.700	39.200	18.800	262.640	7.325	16500.000	62.824	

TABLE 23
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 90 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
5	1	6.600	39.300	18.800	259.380	7.180	17700.000	68.240	
	2	6.700	39.400	18.900	263.980	7.731	18780.000	71.142	69.602
	3	6.800	39.400	18.700	267.920	7.156	18600.000	69.424	
6	1	6.700	39.400	18.700	263.980	7.215	17880.000	67.732	
	2	6.600	39.300	18.800	259.380	7.030	16920.000	65.232	65.763
	3	6.700	39.400	18.900	263.980	7.342	16980.000	64.323	
7	1	6.800	39.300	18.800	267.240	7.185	16620.000	62.191	
	2	6.700	39.400	18.900	263.980	7.664	15900.000	60.232	61.933
	3	6.800	39.400	18.900	267.920	7.229	16980.000	63.377	
8	1	6.800	39.300	18.700	267.240	7.158	15300.000	57.252	
	2	6.800	39.400	18.600	267.920	7.135	15780.000	58.898	58.086
	3	6.700	39.300	18.700	263.310	6.875	15300.000	58.106	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 24
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AGE 90 DAYS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
9	1	6.700	39.200	18.700	262.640	7.255	16380.000	62.367	62.758
	2	6.600	39.400	18.800	260.040	7.214	16680.000	64.144	
	3	6.600	39.300	18.700	259.380	7.325	16020.000	61.763	
10	1	6.800	39.400	18.900	267.920	7.583	15900.000	59.346	58.952
	2	6.700	39.400	18.800	263.980	7.247	16020.000	60.686	
	3	6.700	39.400	18.700	263.980	7.309	15000.000	56.822	
11	1	7.000	39.400	19.000	275.800	7.156	15120.000	54.822	55.431
	2	6.900	39.500	18.800	272.550	7.905	15600.000	57.237	
	3	6.700	39.300	18.900	263.310	7.329	14280.000	54.233	
12	1	6.800	39.300	18.700	267.240	7.723	14340.000	53.660	53.621
	2	6.500	39.400	18.800	256.100	7.446	14100.000	55.057	
	3	6.600	39.400	18.800	260.040	7.565	13560.000	52.146	

TABLE 25
STRENGTH OF CONCRETE BLOCK

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
CB1	1	6.600	38.900	18.900	256.740	6.180	5100.000	19.864	20.350
	2	6.800	38.700	18.800	263.160	6.389	5460.000	20.748	
	3	6.700	39.000	18.700	261.300	6.259	5340.000	20.436	
CB2	1	6.600	38.900	18.400	256.740	5.780	4680.000	18.229	18.383
	2	6.500	39.100	18.300	254.150	5.614	4860.000	19.123	
	3	6.500	38.900	18.300	252.850	5.794	4500.000	17.797	
CB3	1	6.800	39.100	18.700	265.880	5.748	6300.000	23.695	24.287
	2	6.500	39.100	18.400	254.150	5.798	6420.000	25.261	
	3	6.500	39.000	18.700	253.500	6.392	6060.000	23.905	
CB4	1	7.100	38.900	19.000	276.190	6.044	19140.000	69.300	69.295
	2	7.000	39.100	18.900	273.700	6.763	19320.000	70.588	
	3	7.100	38.900	19.100	276.190	6.835	18780.000	67.997	
CB5	1	7.000	39.100	19.000	273.700	6.839	19500.000	71.246	70.196
	2	7.000	39.000	19.000	273.000	6.497	18840.000	69.011	
	3	7.000	39.000	18.800	273.000	6.604	19200.000	70.330	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 26
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 0.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
	1	6.600	39.200	18.700	258.720	7.359	18720.000	72.356	
1	2	6.600	39.200	18.700	258.720	7.211	18300.000	70.733	71.303
	3	6.700	39.200	18.600	262.640	7.011	18600.000	70.819	
	1	6.700	39.200	18.600	262.640	6.972	16200.000	61.681	
2	2	6.600	39.300	18.700	259.380	7.483	16800.000	64.770	61.983
	3	6.800	39.300	18.600	267.240	7.210	15900.000	59.497	
	1	6.600	39.300	18.700	259.380	6.933	14640.000	56.442	
3	2	6.800	39.200	18.700	266.560	7.354	13920.000	52.221	54.727
	3	6.600	39.300	18.800	259.380	6.781	14400.000	55.517	
	1	6.700	39.300	18.600	263.310	6.896	13560.000	51.498	
4	2	6.700	39.200	18.700	262.640	6.905	12900.000	49.117	50.468
	3	6.600	39.200	18.800	258.720	7.246	13140.000	50.788	

TABLE 27
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 0.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
	1	6.700	39.200	18.700	262.640	6.867	16200.000	61.681	
5	2	6.700	39.200	18.600	262.640	7.583	16500.000	62.824	63.069
	3	6.600	39.200	18.600	258.720	7.204	16740.000	64.703	
	1	6.800	39.200	18.700	266.560	7.396	14880.000	55.822	
6	2	6.600	39.300	18.700	259.380	7.235	14580.000	56.211	56.670
	3	6.600	39.200	18.600	258.720	7.289	15000.000	57.978	
	1	6.600	39.200	18.700	258.720	7.431	13560.000	52.412	
7	2	6.700	39.200	18.600	262.640	7.402	13800.000	52.543	51.923
	3	6.700	39.300	18.800	263.310	6.983	13380.000	50.815	
	1	6.600	39.200	18.800	258.720	7.532	12780.000	49.397	
8	2	6.700	39.200	18.700	262.640	7.219	12900.000	49.117	49.527
	3	6.800	39.300	18.800	267.240	7.056	13380.000	50.067	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 28
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 0.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
9	1	6.800	39.200	18.700	266.560	7.244	15120.000	56.723	57.530
	2	6.600	39.300	18.800	259.380	7.654	15240.000	58.755	
	3	6.700	39.200	18.600	262.640	7.328	15000.000	57.112	
10	1	6.700	39.200	18.700	262.640	7.431	13140.000	50.030	50.472
	2	6.800	39.200	18.700	266.560	7.158	13560.000	50.870	
	3	6.800	39.300	18.600	267.240	7.322	13500.000	50.516	
11	1	6.700	39.200	18.700	262.640	6.824	12360.000	47.061	47.861
	2	6.800	39.200	18.800	266.560	7.044	12780.000	47.944	
	3	6.600	39.300	18.800	259.380	6.814	12600.000	48.577	
12	1	6.700	39.300	18.700	263.310	6.943	11700.000	44.434	45.998
	2	6.600	39.300	18.600	259.380	7.413	12120.000	46.727	
	3	6.700	39.200	18.800	262.640	7.366	12300.000	46.832	

TABLE 29
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 1.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
1	1	6.700	39.300	18.700	263.310	6.855	17220.000	65.398	66.549
	2	6.600	39.200	18.600	258.720	7.579	17400.000	67.254	
	3	6.700	39.300	18.600	263.310	6.987	17640.000	66.993	
2	1	6.700	39.200	18.700	262.640	6.985	15120.000	57.569	57.174
	2	6.600	39.300	18.700	259.380	6.785	14940.000	57.599	
	3	6.600	39.200	18.600	258.720	7.698	14580.000	56.354	
3	1	6.600	39.300	18.700	259.380	7.546	13260.000	51.122	51.196
	2	6.800	39.200	18.800	266.560	6.953	13500.000	50.645	
	3	6.700	39.400	18.600	263.980	7.341	13680.000	51.822	
4	1	6.800	39.300	18.600	267.240	7.324	12240.000	45.802	46.802
	2	6.600	39.400	18.800	260.040	6.854	12540.000	48.223	
	3	6.600	39.200	18.800	258.720	7.043	12000.000	46.382	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 30
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 1.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
5	1	6.800	39.200	18.600	266.560	7.021	15900.000	59.649	58.681
	2	6.600	39.400	18.700	260.040	7.095	15000.000	57.683	
	3	6.700	39.200	18.800	262.640	6.852	15420.000	58.712	
6	1	6.700	39.300	18.800	263.310	6.954	13800.000	52.410	53.207
	2	6.700	39.300	18.700	263.310	7.239	14160.000	53.777	
	3	6.800	39.300	18.600	267.240	6.978	14280.000	53.435	
7	1	6.800	39.200	18.600	266.560	7.421	12780.000	47.944	48.811
	2	6.800	39.400	18.700	267.920	7.112	13200.000	49.268	
	3	6.700	39.300	18.800	263.310	6.954	12960.000	49.220	
8	1	6.700	39.300	18.600	263.310	6.953	12000.000	45.574	46.306
	2	6.600	39.300	18.600	259.380	7.345	11760.000	45.339	
	3	6.600	39.200	18.800	258.720	7.056	12420.000	48.006	

TABLE 31
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 1.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
9	1	6.600	39.200	18.700	258.720	6.985	13920.000	53.803	54.520
	2	6.600	39.300	18.600	259.380	7.439	14340.000	55.286	
	3	6.800	39.200	18.600	266.560	6.985	14520.000	54.472	
10	1	6.700	39.200	18.800	262.640	6.875	12660.000	48.203	47.331
	2	6.600	39.400	18.700	260.040	6.985	12420.000	47.762	
	3	6.700	39.300	18.600	263.310	7.578	12120.000	46.029	
11	1	6.800	39.300	18.700	267.240	6.897	12180.000	45.577	45.497
	2	6.800	39.300	18.700	267.240	6.954	12360.000	46.251	
	3	6.700	39.300	18.800	263.310	7.012	11760.000	44.662	
12	1	6.700	39.300	18.700	263.310	7.120	11400.000	43.295	43.477
	2	6.700	39.200	18.700	262.640	7.598	11160.000	42.492	
	3	6.600	39.300	18.700	259.380	6.985	11580.000	44.645	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 32
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 2.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
1	1	6.600	39.300	18.600	259.380	6.751	16800.000	64.770	64.550
	2	6.600	39.200	18.700	258.720	6.891	16440.000	63.544	
	3	6.700	39.200	18.600	262.640	7.214	17160.000	65.337	
2	1	6.700	39.200	18.600	262.640	7.120	14940.000	56.884	55.230
	2	6.800	39.200	18.600	266.560	7.256	14640.000	54.922	
	3	6.800	39.300	18.600	267.240	7.642	14400.000	53.884	
3	1	6.700	39.300	18.700	263.310	6.846	12960.000	49.220	49.345
	2	6.800	39.300	18.800	267.240	6.982	12780.000	47.822	
	3	6.600	39.400	18.800	260.040	7.658	13260.000	50.992	
4	1	6.700	39.200	18.600	262.640	7.102	12180.000	46.375	45.182
	2	6.600	39.200	18.700	258.720	7.238	11400.000	44.063	
	3	6.600	39.300	18.700	259.380	7.336	11700.000	45.108	

TABLE 33
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 2.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
5	1	6.600	39.200	18.700	258.720	6.871	14700.000	56.818	56.692
	2	6.600	39.300	18.700	259.380	7.625	14940.000	57.599	
	3	6.600	39.200	18.600	258.720	7.215	14400.000	55.659	
6	1	6.800	39.200	18.600	266.560	6.781	13200.000	49.520	50.344
	2	6.600	39.300	18.600	259.380	6.958	12960.000	49.965	
	3	6.800	39.200	18.800	266.560	7.019	13740.000	51.546	
7	1	6.700	39.300	18.700	263.310	6.998	12540.000	47.624	46.724
	2	6.800	39.300	18.700	267.240	6.938	12060.000	45.128	
	3	6.600	39.300	18.800	259.380	7.625	12300.000	47.421	
8	1	6.700	39.300	18.600	263.310	6.913	11400.000	43.295	44.484
	2	6.800	39.300	18.800	267.240	7.029	11760.000	44.005	
	3	6.600	39.200	18.800	258.720	6.927	11940.000	46.150	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 34
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 2.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
9	1	6.600	39.200	18.800	258.720	6.925	13500.000	52.180	51.317
	2	6.800	39.300	18.700	267.240	7.320	13800.000	51.639	
	3	6.700	39.300	18.700	263.310	6.968	13200.000	50.131	
10	1	6.600	39.200	18.600	258.720	7.421	11520.000	44.527	45.833
	2	6.700	39.200	18.800	262.640	7.552	12480.000	47.518	
	3	6.600	39.200	18.600	258.720	7.155	11760.000	45.455	
11	1	6.600	39.200	18.600	258.720	6.872	11220.000	43.367	42.786
	2	6.700	39.200	18.700	262.640	6.925	10920.000	41.578	
	3	6.700	39.400	18.800	263.980	6.914	11460.000	43.412	
12	1	6.700	39.300	18.700	263.310	7.064	10560.000	40.105	41.095
	2	6.800	39.300	18.700	267.240	6.891	10800.000	40.413	
	3	6.800	39.200	18.800	266.560	7.015	11400.000	42.767	

TABLE 35
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 3.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
1	1	6.800	39.200	18.800	266.560	7.123	15600.000	58.523	57.879
	2	6.600	39.300	18.700	259.380	6.954	14820.000	57.136	
	3	6.600	39.200	18.600	258.720	7.089	15000.000	57.978	
2	1	6.700	39.200	18.600	262.640	6.891	12900.000	49.117	50.853
	2	6.700	39.200	18.600	262.640	7.569	13620.000	51.858	
	3	6.600	39.300	18.700	259.380	7.041	13380.000	51.585	
3	1	6.600	39.300	18.700	259.380	6.897	11340.000	43.720	45.144
	2	6.700	39.300	18.600	263.310	6.897	12180.000	46.257	
	3	6.600	39.200	18.700	258.720	7.164	11760.000	45.455	
4	1	6.600	39.300	18.600	259.380	6.812	10920.000	42.100	40.805
	2	6.700	39.300	18.700	263.310	6.921	10440.000	39.649	
	3	6.700	39.200	18.600	262.640	6.931	10680.000	40.664	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 36
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 3.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
	1	6.700	39.200	18.700	262.640	6.854	13500.000	51.401	
5	2	6.600	39.300	18.600	259.380	7.361	13320.000	51.353	50.949
	3	6.600	39.200	18.600	258.720	7.056	12960.000	50.093	
	1	6.800	39.300	18.600	267.240	7.012	11820.000	44.230	
6	2	6.600	39.300	18.700	259.380	6.854	11640.000	44.876	45.163
	3	6.600	39.200	18.800	258.720	6.958	12000.000	46.382	
	1	6.700	39.300	18.700	263.310	6.832	11100.000	42.156	
7	2	6.800	39.400	18.700	267.920	6.953	10800.000	40.311	42.072
	3	6.700	39.300	18.600	263.310	7.564	11520.000	43.751	
	1	6.600	39.300	18.600	259.380	6.914	11100.000	42.794	
8	2	6.800	39.300	18.800	267.240	6.996	10800.000	40.413	41.032
	3	6.600	39.200	18.800	258.720	7.561	10320.000	39.889	

TABLE 37
STRENGTH OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 3.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
	1	6.700	39.300	18.700	263.310	6.948	13020.000	49.447	
9	2	6.800	39.200	18.600	266.560	7.431	12540.000	47.044	48.342
	3	6.700	39.300	18.600	263.310	7.012	12780.000	48.536	
	1	6.800	39.200	18.600	266.560	7.135	10740.000	40.291	
10	2	6.600	39.300	18.700	259.380	6.845	10800.000	41.638	40.712
	3	6.700	39.200	18.800	262.640	6.945	10560.000	40.207	
	1	6.800	39.300	18.700	267.240	6.965	10200.000	38.168	
11	2	6.800	39.300	18.800	267.240	6.923	10380.000	38.841	39.148
	3	6.700	39.200	18.700	262.640	7.046	10620.000	40.436	
	1	6.600	39.200	18.600	258.720	6.941	9600.000	37.106	
12	2	6.800	39.200	18.700	266.560	7.625	9960.000	37.365	37.084
	3	6.600	39.300	18.800	259.380	7.239	9540.000	36.780	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 38
STRENGTH OF CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 0.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
CB1	1	6.600	38.900	18.900	256.740	6.144	5280.000	20.566	19.398
	2	6.600	38.900	18.900	256.740	6.346	4920.000	19.163	
	3	6.700	38.800	18.700	259.960	6.206	4800.000	18.464	
CB2	1	6.600	39.000	18.200	257.400	5.832	4200.000	16.317	17.513
	2	6.600	38.900	18.400	256.740	5.625	4740.000	18.462	
	3	6.600	38.900	18.400	256.740	5.755	4560.000	17.761	
CB3	1	6.500	38.900	18.700	252.850	5.642	5820.000	23.018	22.495
	2	6.600	38.800	18.600	256.080	6.108	6240.000	24.367	
	3	6.600	39.800	18.700	262.680	6.519	5280.000	20.101	
CB4	1	7.000	38.900	19.000	272.300	6.709	19020.000	69.849	67.077
	2	7.100	38.900	19.100	276.190	7.159	18360.000	66.476	
	3	7.100	38.800	18.900	275.480	6.700	17880.000	64.905	
CB5	1	7.000	39.100	19.000	273.700	6.824	19560.000	71.465	67.449
	2	6.900	39.000	19.000	269.100	6.498	18180.000	67.559	
	3	6.900	39.000	19.000	269.100	6.657	17040.000	63.322	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 39
STRENGTH OF CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 1.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
CB1	1	6.700	38.800	18.800	259.960	6.582	4560.000	17.541	18.583
	2	6.800	38.700	18.800	263.160	6.391	5160.000	19.608	
	3	6.700	39.000	18.700	261.300	6.325	4860.000	18.599	
CB2	1	6.600	39.000	18.300	257.400	5.738	4560.000	17.716	16.411
	2	6.500	38.900	18.500	252.850	5.703	3780.000	14.950	
	3	6.500	39.000	18.400	253.500	5.556	4200.000	16.568	
CB3	1	6.700	38.900	18.700	260.630	5.974	5580.000	21.410	20.678
	2	6.500	38.800	18.600	252.200	5.621	5400.000	21.412	
	3	6.600	38.800	18.600	256.080	5.831	4920.000	19.213	
CB4	1	7.000	38.900	18.700	272.300	6.693	17820.000	65.443	63.690
	2	7.100	39.100	18.900	277.610	6.789	17400.000	62.678	
	3	7.100	39.200	19.100	278.320	6.894	17520.000	62.949	
CB5	1	6.900	39.000	19.000	269.100	6.676	16260.000	60.424	61.772
	2	7.000	39.000	19.200	273.000	6.922	16860.000	61.758	
	3	7.000	39.100	18.900	273.700	6.230	17280.000	63.135	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 40
STRENGTH OF CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 2.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
CB1	1	6.800	38.800	18.500	263.840	6.077	4080.000	15.464	17.401
	2	6.700	39.000	18.700	261.300	6.256	4860.000	18.599	
	3	6.700	39.000	18.800	261.300	6.496	4740.000	18.140	
CB2	1	6.500	38.800	18.500	252.200	6.229	3600.000	14.274	15.276
	2	6.600	39.000	18.400	257.400	5.798	4080.000	15.851	
	3	6.500	38.800	18.400	252.200	6.125	3960.000	15.702	
CB3	1	6.700	38.800	18.500	259.960	5.940	4800.000	18.464	18.706
	2	6.900	38.800	18.500	267.720	6.040	5040.000	18.826	
	3	6.800	38.900	18.800	264.520	5.706	4980.000	18.827	
CB4	1	7.000	39.000	19.000	273.000	6.924	16800.000	61.538	60.177
	2	7.000	38.700	19.000	270.900	6.781	16500.000	60.908	
	3	7.100	38.700	19.100	274.770	6.755	15960.000	58.085	
CB5	1	6.900	38.800	19.000	267.720	6.699	15000.000	56.029	56.051
	2	6.900	39.000	18.800	269.100	6.779	15720.000	58.417	
	3	7.000	39.100	19.000	273.700	7.163	14700.000	53.708	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 4J
STRENGTH OF CONCRETE BLOCK
AFTER BURNED IN FIRE AT TEMPERATURE 500 C , 3.5 HOURS

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (kg./cm^2)	AVERAGE
CB1	1	6.600	38.900	19.000	256.740	6.483	4080.000	15.892	
	2	6.600	38.700	18.800	255.420	6.295	3660.000	14.329	15.805
	3	6.800	39.000	18.500	265.200	6.210	4560.000	17.195	
CB2	1	6.700	39.100	18.300	261.970	5.780	3480.000	13.284	
	2	6.500	39.100	18.300	254.150	5.649	3720.000	14.637	13.657
	3	6.500	38.900	18.300	252.850	5.694	3300.000	13.051	
CB3	1	6.700	39.100	18.700	261.970	5.546	4500.000	17.178	
	2	6.500	39.000	18.300	253.500	5.688	4320.000	17.041	16.771
	3	6.500	39.000	18.700	253.500	6.293	4080.000	16.095	
CB4	1	7.100	38.900	19.000	276.190	6.044	14520.000	52.573	
	2	7.000	38.900	18.900	272.300	6.763	15300.000	56.188	55.424
	3	7.000	38.900	19.100	272.300	7.830	15660.000	57.510	
CB5	1	7.000	39.100	19.000	273.700	7.270	13020.000	47.570	
	2	7.000	39.000	19.000	273.000	6.497	13200.000	48.352	48.531
	3	7.000	39.000	18.800	273.000	6.604	13560.000	49.670	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 42
ABSORPTION OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WET WEIGHT (kg.)	DRY WEIGHT (kg.)	ABSORBTION (%)	AVERAGE
1	1	6.800	39.200	18.800	266.560	6.967	6.369	9.389	
	2	6.600	39.300	18.700	259.380	7.227	6.619	9.186	9.219
	3	6.600	39.200	18.600	258.720	7.327	6.717	9.081	
2	1	6.700	39.200	18.600	262.640	7.258	6.706	8.231	
	2	6.700	39.200	18.600	262.640	7.033	6.415	9.634	8.196
	3	6.600	39.300	18.700	259.380	7.827	7.334	6.722	
3	1	6.600	39.300	18.700	259.380	7.790	7.284	6.947	
	2	6.700	39.300	18.600	263.310	7.219	6.763	6.743	7.417
	3	6.600	39.200	18.700	258.720	7.253	6.681	8.562	
4	1	6.600	39.300	18.600	259.380	7.547	6.935	8.825	
	2	6.700	39.300	18.700	263.310	6.990	6.338	10.287	9.515
	3	6.700	39.200	18.600	262.640	6.867	6.275	9.434	

TABLE 43
ABSORPTION OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WET WEIGHT (kg.)	DRY WEIGHT (kg.)	ABSORBTION (%)	AVERAGE
5	1	6.700	39.200	18.700	262.640	7.227	6.624	9.103	
	2	6.600	39.300	18.600	259.380	7.285	6.700	8.731	8.595
	3	6.600	39.200	18.600	258.720	7.197	6.667	7.950	
6	1	6.800	39.300	18.600	267.240	6.921	6.587	5.071	
	2	6.600	39.300	18.700	259.380	7.142	6.719	6.296	6.165
	3	6.600	39.200	18.800	258.720	6.747	6.298	7.129	
7	1	6.700	39.300	18.700	263.310	7.110	6.780	4.867	
	2	6.800	39.400	18.700	267.920	7.269	6.847	6.163	6.572
	3	6.700	39.300	18.600	263.310	7.295	6.712	8.686	
8	1	6.600	39.300	18.600	259.380	7.350	6.840	7.456	
	2	6.800	39.300	18.800	267.240	7.101	6.589	7.771	7.313
	3	6.600	39.200	18.800	258.720	7.075	6.630	6.712	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 44
ABSORPTION OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WET WEIGHT (kg.)	DRY WEIGHT (kg.)	ABSORBTION (%)	AVERAGE
9	1	6.700	39.300	18.700	263.310	7.499	7.071	6.053	5.895
	2	6.800	39.200	18.600	266.560	7.547	7.153	5.508	
	3	6.700	39.300	18.600	263.310	7.124	6.713	6.122	
10	1	6.800	39.200	18.600	266.560	7.282	6.871	5.982	6.288
	2	6.600	39.300	18.700	259.380	7.045	6.610	6.581	
	3	6.700	39.200	18.800	262.640	7.120	6.698	6.300	
11	1	6.800	39.300	18.700	267.240	7.314	6.977	4.830	6.982
	2	6.800	39.300	18.800	267.240	7.286	6.710	8.584	
	3	6.700	39.200	18.700	262.640	7.011	6.520	7.531	
12	1	6.600	39.200	18.600	258.720	7.855	7.324	7.250	7.509
	2	6.800	39.200	18.700	266.560	7.372	6.830	7.936	
	3	6.600	39.300	18.800	259.380	7.385	6.880	7.340	

TABLE 45
ABSORPTION OF CONCRETE BLOCK

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WET WEIGHT (kg.)	DRY WEIGHT (kg.)	ABSORBTION (%)	AVERAGE
CB1	1	6.900	39.000	19.000	269.100	6.646	6.142	8.206	8.296
	2	6.700	39.000	18.700	261.300	6.796	6.300	7.873	
	3	6.700	39.000	18.800	261.300	6.706	6.163	8.811	
CB2	1	6.700	38.800	18.400	259.960	6.222	5.773	7.778	8.772
	2	6.600	38.900	18.400	256.740	6.030	5.502	9.597	
	3	6.700	38.900	18.300	260.630	6.225	5.714	8.943	
CB3	1	6.500	39.000	18.800	253.500	6.098	5.598	8.932	8.207
	2	6.600	39.000	18.700	257.400	6.337	5.896	7.480	
	3	6.700	38.800	18.800	259.960	6.261	5.786	8.209	
CB4	1	7.000	38.600	19.100	270.200	6.986	6.606	5.752	6.900
	2	7.000	38.900	19.100	272.300	7.541	7.035	7.193	
	3	7.000	38.900	19.100	272.300	7.517	6.976	7.755	
CB5	1	6.900	39.000	19.000	269.100	7.174	6.758	6.156	6.405
	2	6.900	39.000	19.000	269.100	7.069	6.624	6.718	
	3	6.900	39.000	19.000	269.100	6.909	6.497	6.341	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 46
SHEARING LOAD OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
W/C = 0.23

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	LOAD (kg.)	AVERAGE
1	1	6.700	39.300	18.700	263.310	6.903	264.000	262.000
	2	6.700	39.200	18.600	262.640	6.678	252.000	
	3	6.700	39.200	18.600	262.640	6.924	270.000	
2	1	6.700	39.300	18.700	263.310	7.012	246.000	261.000
	2	6.600	39.300	18.600	259.380	6.893	276.000	
	3	6.600	39.200	18.700	258.720	6.781	261.000	
3	1	6.600	39.200	18.700	258.720	6.789	267.000	259.000
	2	6.700	39.200	18.800	262.640	6.987	249.000	
	3	6.600	39.400	18.600	260.040	6.951	261.000	
4	1	6.800	39.300	18.600	267.240	7.069	264.000	251.000
	2	6.600	39.200	18.800	258.720	6.904	228.000	
	3	6.700	39.200	18.600	262.640	6.789	261.000	

TABLE 47
SHEARING LOAD OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
W/C = 0.33

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	LOAD (kg.)	AVERAGE
5	1	6.800	39.200	18.600	266.560	7.240	240.000	260.000
	2	6.700	39.400	18.700	263.980	6.549	279.000	
	3	6.700	39.200	18.700	262.640	6.917	261.000	
6	1	6.700	39.300	18.800	263.310	7.134	273.000	257.000
	2	6.600	39.300	18.700	259.380	6.845	246.000	
	3	6.800	39.300	18.700	267.240	6.991	252.000	
7	1	6.800	39.300	18.600	267.240	7.304	243.000	254.000
	2	6.700	39.400	18.700	263.980	7.068	252.000	
	3	6.700	39.300	18.600	263.310	6.892	267.000	
8	1	6.700	39.300	18.700	263.310	6.843	252.000	257.000
	2	6.600	39.200	18.600	258.720	6.548	270.000	
	3	6.700	39.200	18.800	262.640	6.842	249.000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 48
SHEARING LOAD OF FLY ASH-CONCRETE BLOCK
W/C = 0.43

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	LOAD (kg.)	AVERAGE
9	1	6.600	39.200	18.700	258.720	6.924	243.000	254.000
	2	6.700	39.300	18.600	263.310	6.627	267.000	
	3	6.800	39.200	18.700	266.560	7.061	252.000	
10	1	6.600	39.200	18.800	258.720	6.842	261.000	256.000
	2	6.600	39.400	18.600	260.040	7.028	249.000	
	3	6.700	39.200	18.600	262.640	6.571	258.000	
11	1	6.800	39.300	18.700	267.240	6.841	255.000	248.000
	2	6.600	39.300	18.600	259.380	6.864	240.000	
	3	6.700	39.300	18.800	263.310	7.124	249.000	
12	1	6.700	39.300	18.700	263.310	7.095	261.000	253.000
	2	6.600	39.200	18.700	258.720	6.682	243.000	
	3	6.600	39.300	18.600	259.380	6.957	255.000	

TABLE 49
SHEARING LOAD OF CONCRETE BLOCK

MIXTURE NO.	SPEC. NO.	DIMENSION (cm.) A	B	C	AREA (cm^2)	WEIGHT (kg.)	LOAD (kg.)	AVERAGE
CB1	1	6.700	38.800	18.800	259.960	6.524	105.000	108.000
	2	6.600	38.700	18.800	255.420	6.249	120.000	
	3	6.700	39.000	18.600	261.300	6.498	99.000	
CB2	1	6.600	39.000	18.300	257.400	5.766	113.000	155.667
	2	6.500	38.900	18.500	252.850	5.761	156.000	
	3	6.600	39.000	18.700	257.400	5.604	198.000	
CB3	1	6.700	38.900	18.700	260.630	5.907	220.000	170.000
	2	6.500	38.700	18.600	251.550	5.723	150.000	
	3	6.600	38.800	18.600	256.080	5.814	140.000	
CB4	1	7.100	38.900	18.700	276.190	6.754	264.000	256.000
	2	7.100	39.100	18.900	277.610	6.697	258.000	
	3	7.000	39.200	19.000	274.400	6.993	246.000	
CB5	1	7.000	39.000	19.000	273.000	6.676	258.000	259.000
	2	7.000	39.000	19.300	273.000	6.734	276.000	
	3	7.000	39.100	18.900	273.700	6.804	243.000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 50 สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย

MIXTURE	STRENGTH OF FLY ASH - CONCRETE BLOCK (KSC)				
	7 วัน	14 วัน	28 วัน	60 วัน	90 วัน
1	55.253	63.617	74.413	76.220	77.392
2	46.776	53.922	64.768	68.338	71.963
3	44.241	49.435	57.541	64.927	67.631
4	41.586	44.685	52.968	57.360	63.767
5	50.305	59.185	66.165	68.238	69.606
6	42.785	55.889	59.266	62.454	65.763
7	40.276	49.515	54.433	60.038	61.933
8	37.737	48.048	52.235	55.763	58.086
9	45.048	53.248	60.642	62.416	62.758
10	38.308	50.010	53.036	57.136	58.952
11	36.060	46.009	50.437	53.253	55.432
12	33.786	42.932	48.243	50.946	53.621

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 51 สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอยเมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผา 0.5 ชั่วโมง

MIXTURE	กำลังอัดก่อนเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดหลังเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดที่ลดลง (%)
1	74.413	71.303	4.179
2	64.768	61.983	4.300
3	57.541	54.727	4.890
4	52.968	50.468	4.720
5	66.165	63.069	4.679
6	59.266	56.670	4.380
7	54.433	51.923	4.611
8	52.235	49.527	5.184
9	60.642	57.530	5.132
10	53.036	50.472	4.834
11	50.437	47.861	5.107
12	48.243	45.998	4.654

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 52 สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอยเมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผา 1.5 ชั่วโมง

MIXTURE	กำลังอัดก่อนเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดหลังเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดที่ลดลง (%)
1	74.413	68.314	8.196
2	64.768	57.174	11.725
3	57.541	51.196	10.985
4	52.968	43.597	17.692
5	66.165	58.681	11.311
6	59.266	53.814	9.200
7	54.433	45.503	16.405
8	52.235	46.306	11.350
9	60.642	54.520	10.095
10	53.036	47.331	10.757
11	50.437	45.497	9.794
12	48.243	43.477	9.879

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 53 สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอยเมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผา 2.5 ชั่วโมง

MIXTURE	กำลังอัดก่อนเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดหลังเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดที่ลดลง (%)
1	74.413	64.590	13.460
2	64.768	58.247	15.205
3	57.541	49.345	19.793
4	52.968	45.182	22.812
5	66.165	54.221	13.149
6	59.266	48.168	15.530
7	54.433	43.754	19.898
8	52.235	41.339	23.151
9	60.642	51.317	14.000
10	53.036	45.833	15.897
11	50.437	42.793	19.983
12	48.243	40.189	22.928

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 54 สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอยเมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผา 3.5 ชั่วโมง

MIXTURE	กำลังอัดก่อนเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดหลังเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดที่ลดลง (%)
1	74.413	57.893	22.225
2	64.768	50.853	21.284
3	57.541	45.144	21.545
4	52.968	37.211	29.764
5	66.165	50.949	17.187
6	59.266	44.854	19.922
7	54.433	40.770	28.404
8	52.235	39.031	29.811
9	60.642	45.567	17.661
10	53.036	40.712	20.235
11	50.437	39.148	28.679
12	48.243	36.644	30.081

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 55 สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาดเมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผา 0.5 ชั่วโมง

MIXTURE	กำลังอัดก่อนเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดหลังเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดที่ลดลง (%)
CB1	20.350	19.398	4.678
CB2	18.383	17.513	4.733
CB3	24.287	22.495	7.386
CB4	69.295	67.077	3.200
CB5	70.196	67.449	3.913

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 56 สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาดเมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผา 1.5 ชั่วโมง

MIXTURE	กำลังอัดก่อนเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดหลังเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดที่ลดลง (%)
CB1	20.350	18.584	8.678
CB2	18.383	16.411	10.727
CB3	24.287	20.867	14.867
CB4	69.295	63.690	8.087
CB5	70.196	67.449	3.913

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 57 สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาดเมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผา 2.5 ชั่วโมง

MIXTURE	กำลังอัดก่อนเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดหลังเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดที่ลดลง (%)
CB1	20.350	17.401	14.491
CB2	18.383	15.276	16.901
CB3	24.287	18.701	23.006
CB4	69.295	60.177	13.158
CB5	70.196	56.051	20.151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 58 สรุปกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาดเมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผา 3.5 ชั่วโมง

MIXTURE	กำลังอัดก่อนเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดหลังเผา (Kg/cm^2)	กำลังอัดที่ลดลง (%)
CB1	20.350	15.805	22.334
CB2	18.383	13.657	25.709
CB3	24.287	16.771	30.952
CB4	69.295	55.424	20.017
CB5	70.1956	48.531	30.864

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 59 สรุปอัตราการดูดซึมและความสามารถในการรับแรงยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อก

MIXTURE	อัตราการดูดซึม (%)	การรับแรงยึดเกาะ (กก.)
1	9.219	262.000
2	8.196	261.000
3	7.417	259.000
4	9.515	251.000
5	8.595	260.000
6	6.165	257.000
7	6.572	254.000
8	7.313	257.000
9	5.895	254.000
10	6.288	256.000
11	6.982	248.000
12	7.509	253.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIXTURE	อัตราการดูดซึม (%)	การรับแรงยึดเกาะ (กก.)
CB1	8.926	108.000
CB2	8.772	155.667
CB3	8.207	170.000
CB4	6.900	256.000
CB5	6.405	259.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 60 TRANSMISSION LOSS in dB of CONCRETE BLOCK WALLS

1/3 Octave Band Center Frequency Hz	MIXTURE 8	MIXTURE 12	พัฒนาค้าวัสดุ
125	16.9	16.7	11.7
160	22.4	22.1	14.4
200	19.6	20.3	11.8
250	22.0	19.9	12.8
315	24.1	23.9	16.0
400	28.1	25.9	15.3
500	27.9	25.5	17.0
630	32.6	28.7	21.9
800	33.4	32.3	21.5
1000	34.0	32.8	23.1
1250	32.2	30.4	23.1
1600	33.9	35.7	24.4
2000	36.6	38.1	26.6
2500	38.7	38.8	23.8
3150	40.2	40.9	30.6
4000	40.3	42.7	31.4
STC	32	31	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 61 เปรียบเทียบราคาของคอนกรีตบล๊อกที่ได้จากการทดลองกับตามท้องตลาด

คอนกรีตบล๊อกที่ได้จาก	ราคาต่อก้อน (บาท)
MIXTURE 1	3.852
MIXTURE 2	3.418
MIXTURE 3	3.190
MIXTURE 4	2.972
MIXTURE 5	2.659
MIXTURE 6	2.399
MIXTURE 7	2.269
MIXTURE 8	2.139
MIXTURE 9	2.394
MIXTURE 10	2.183
MIXTURE 11	2.070
MIXTURE 12	1.972
CB 1	3.500
CB 2	3.500
CB 3	3.500
CB 4	7.000
CB 5	6.500

* หมายเหตุ

ราคาของ MIXTURE 1-12 เป็นราคาต้นทุนในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

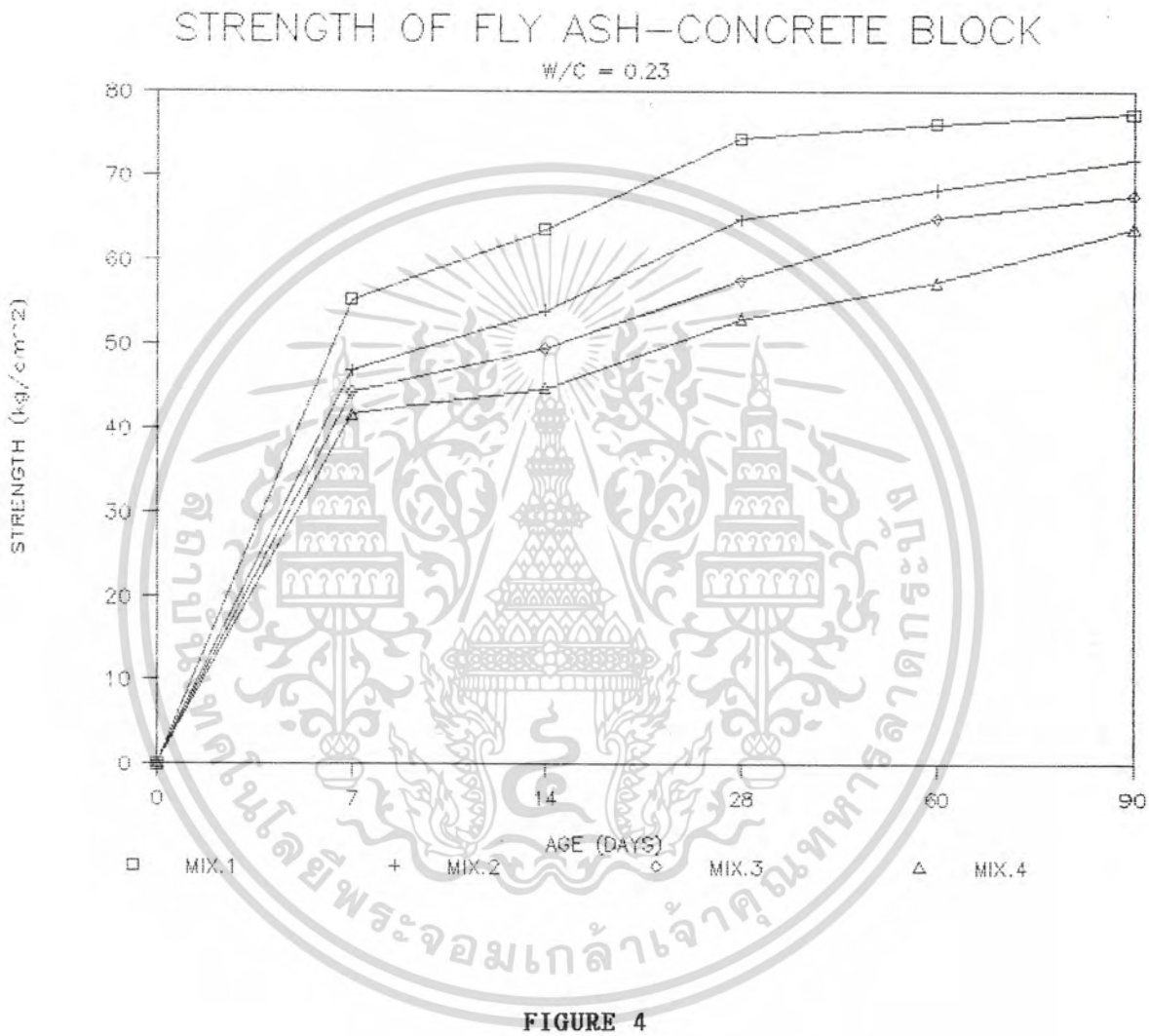


FIGURE 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

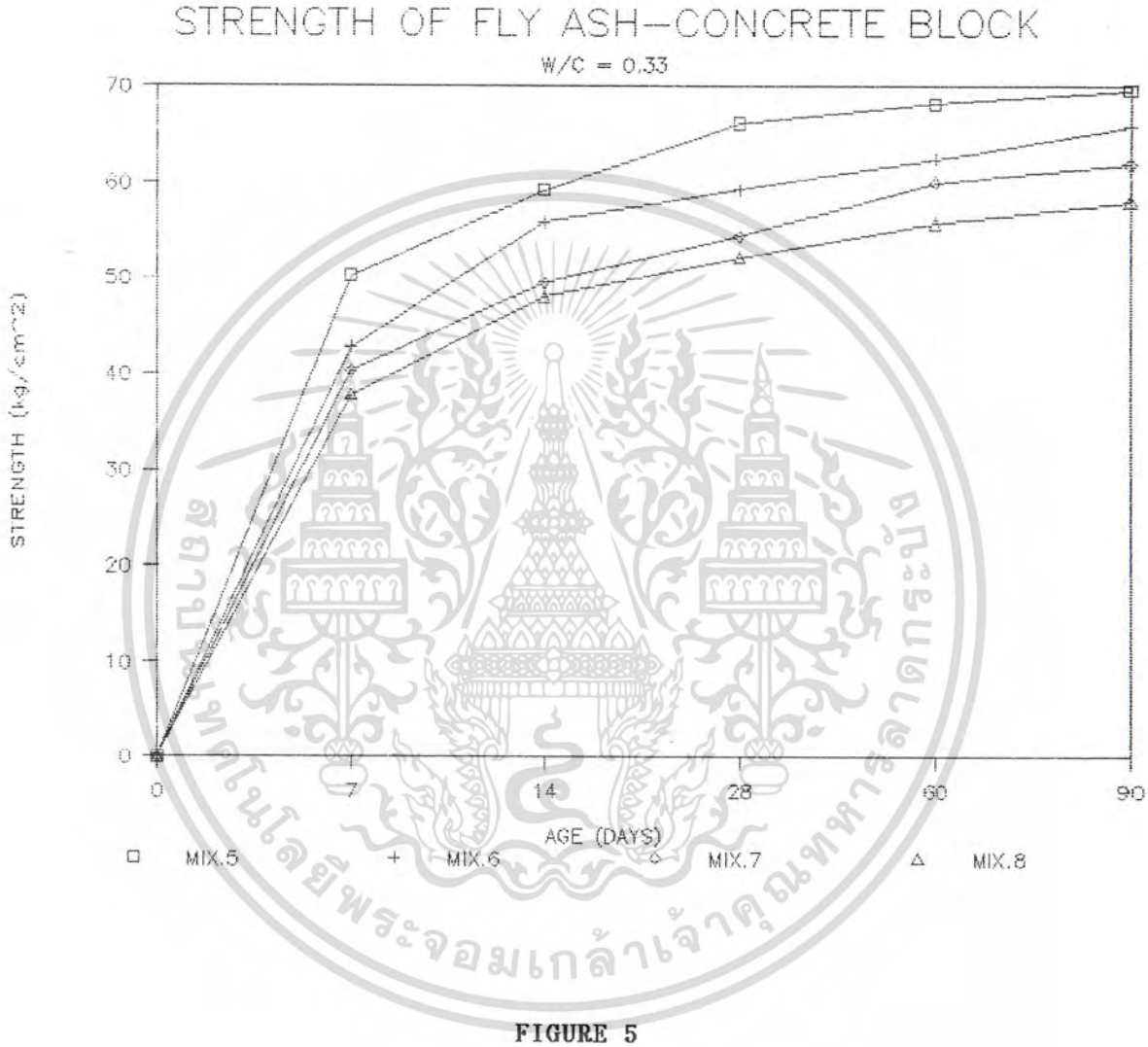


FIGURE 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

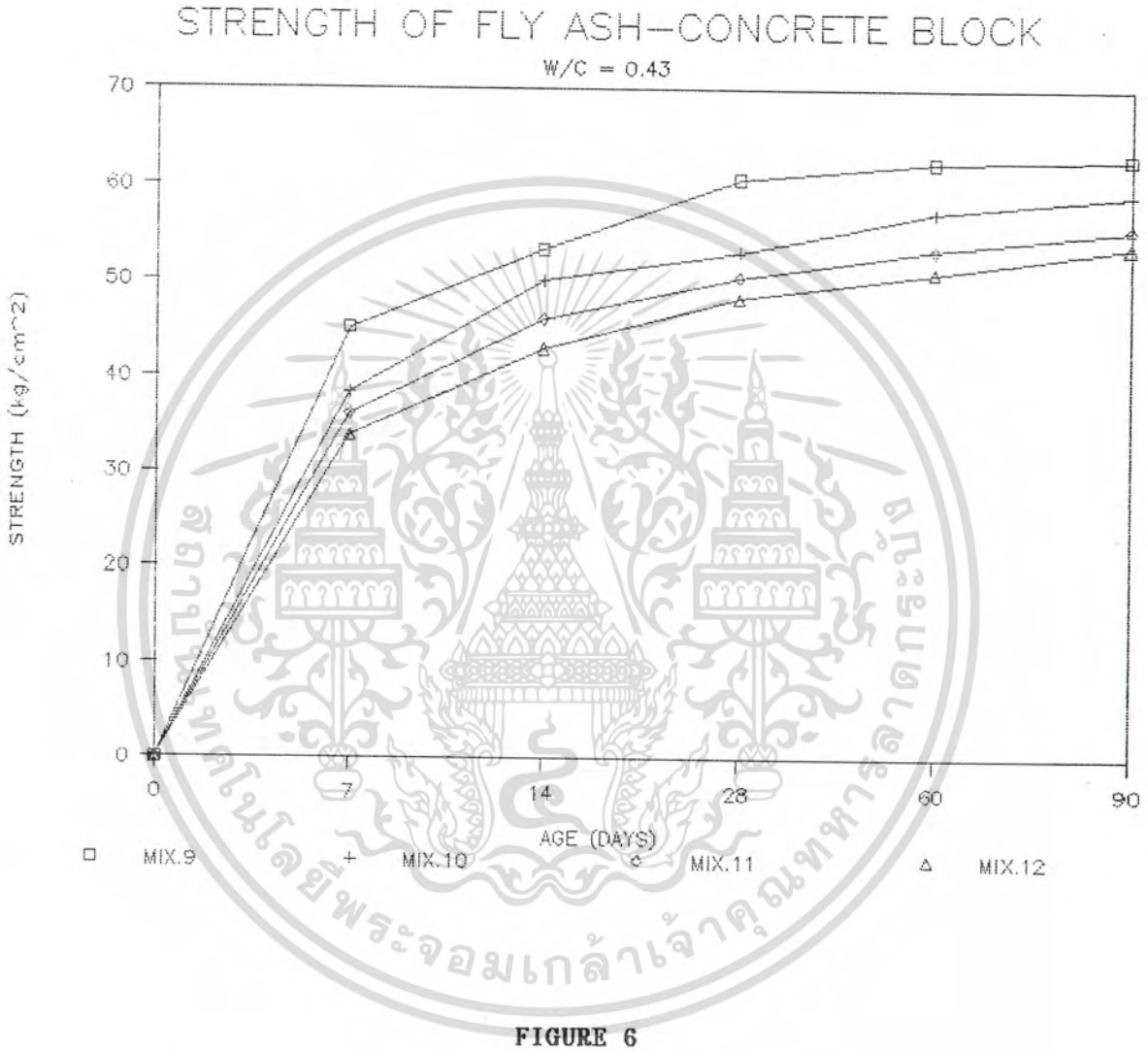


FIGURE 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

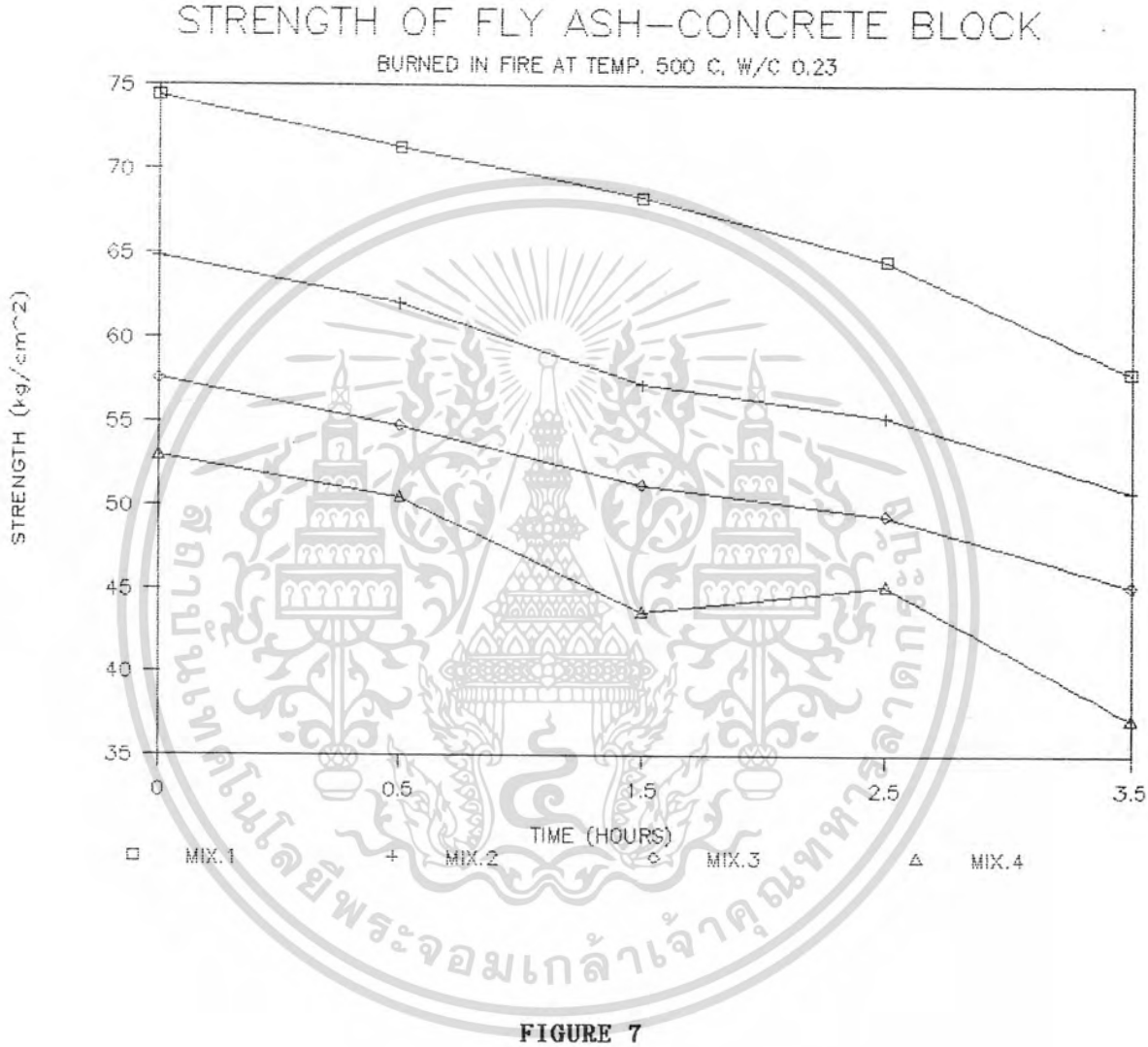


FIGURE 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

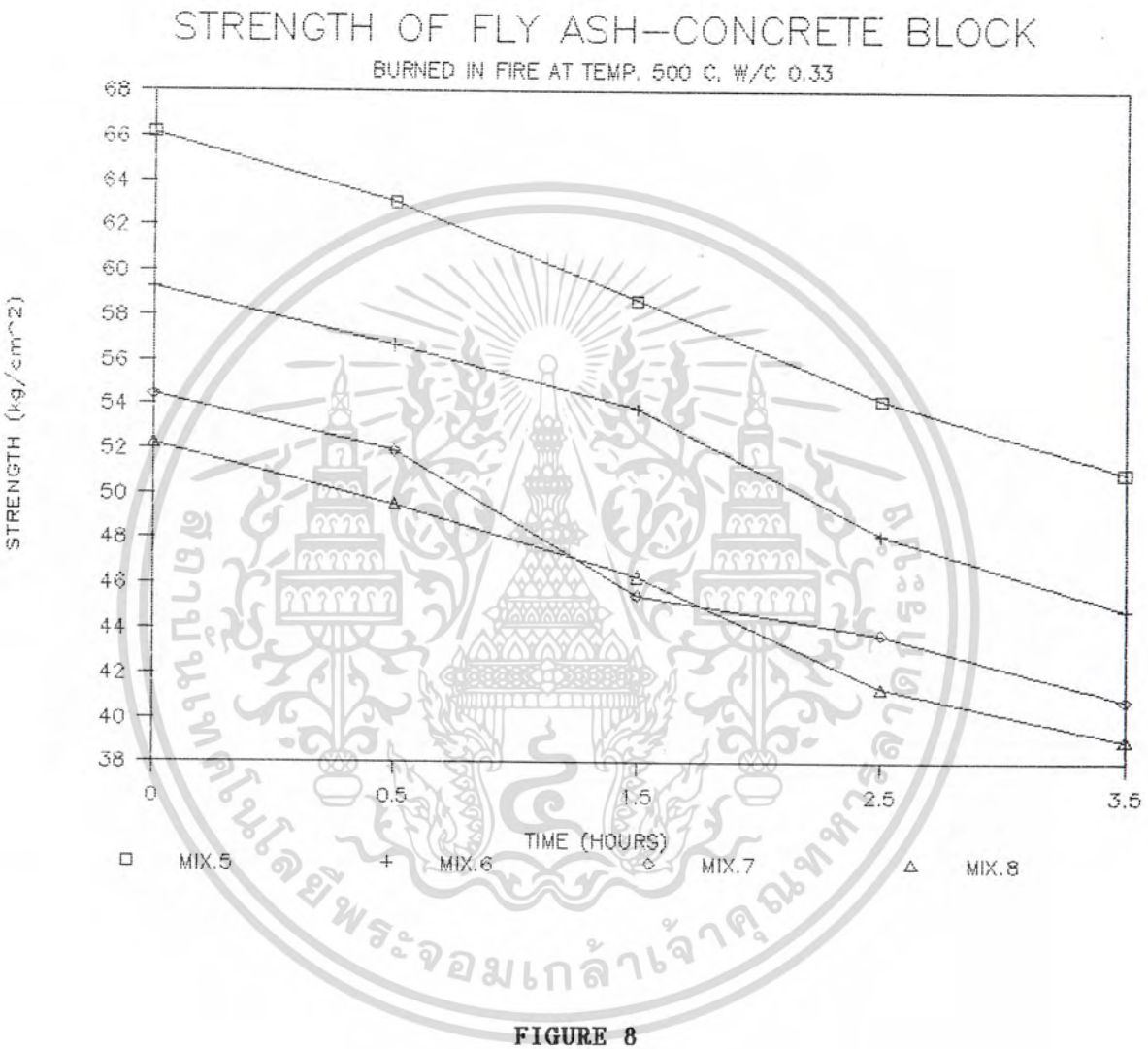


FIGURE 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

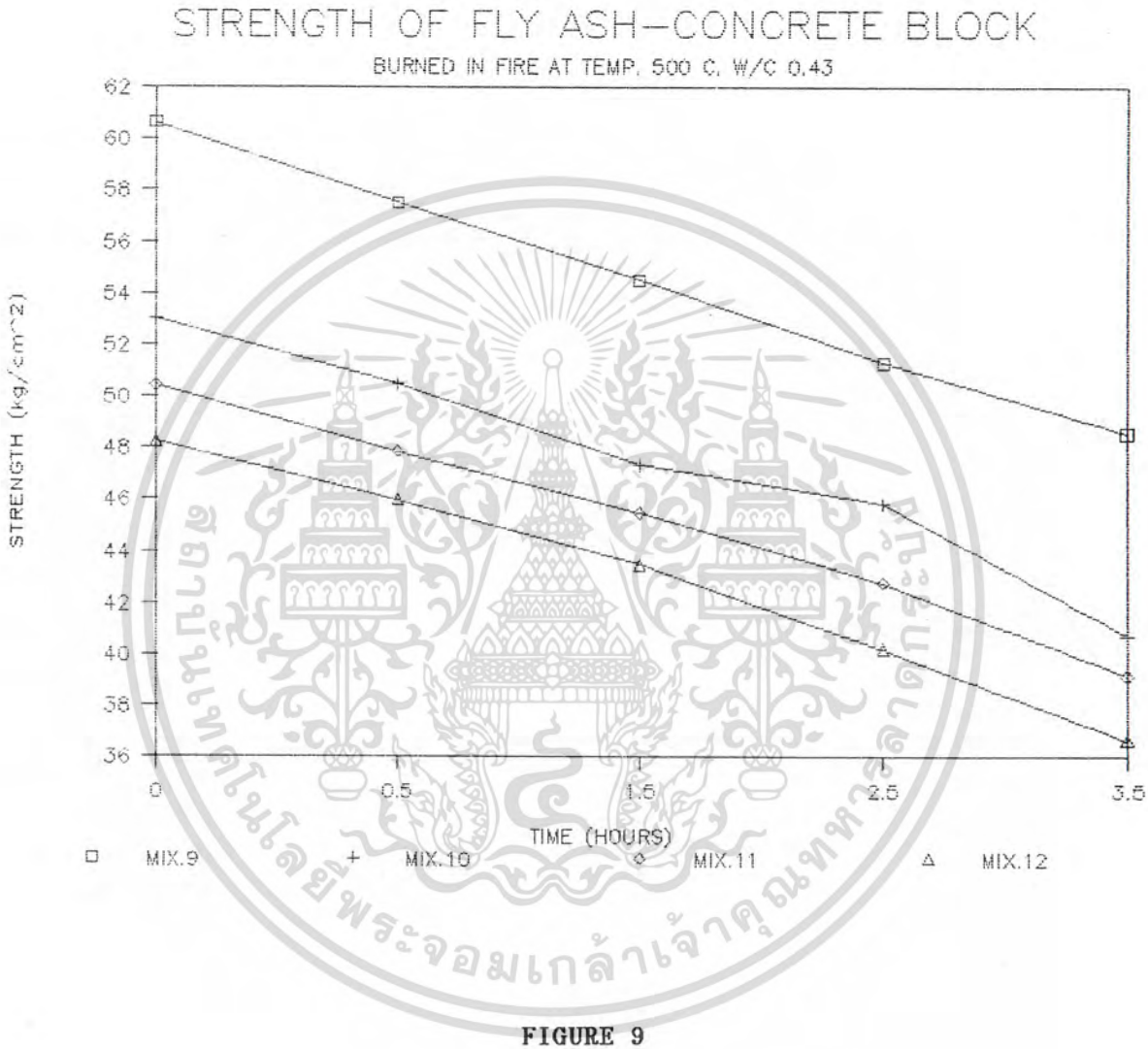


FIGURE 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

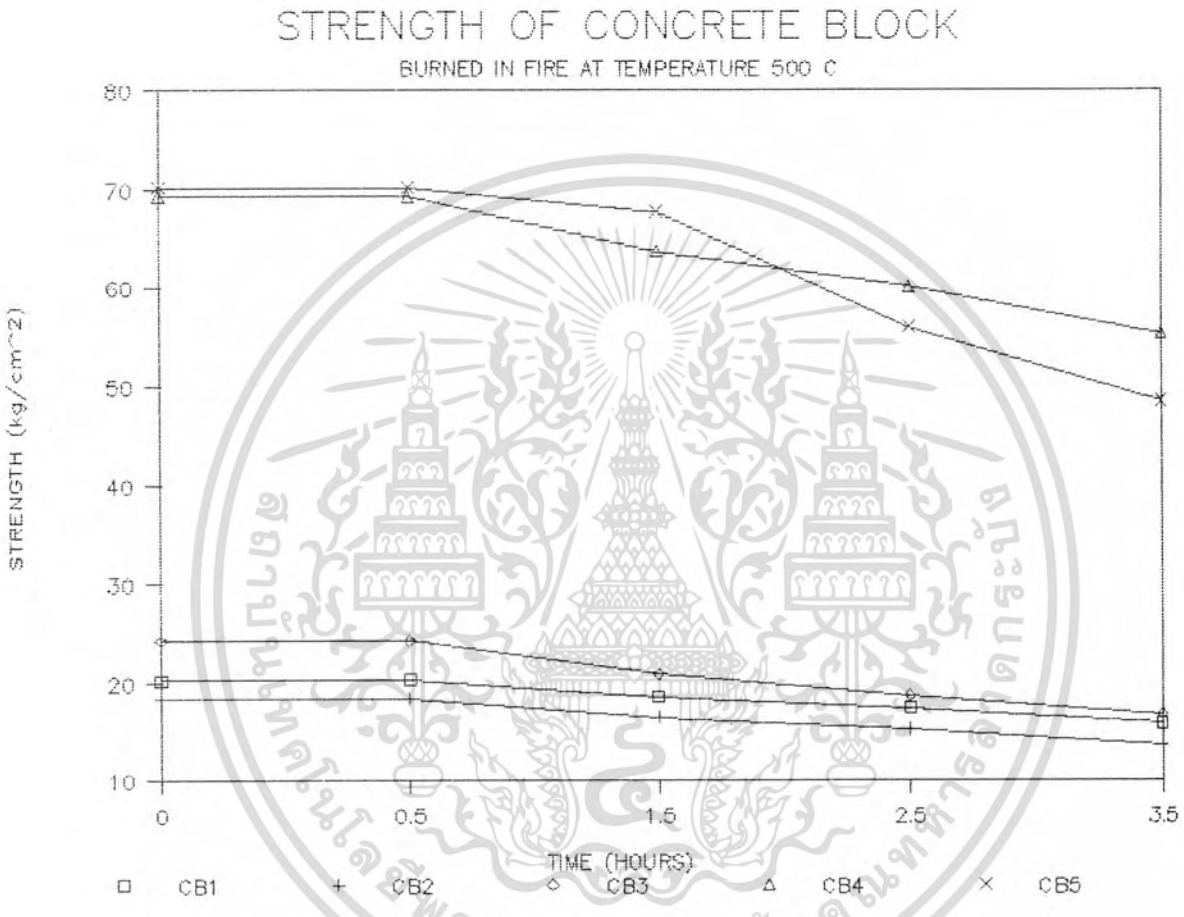


FIGURE 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

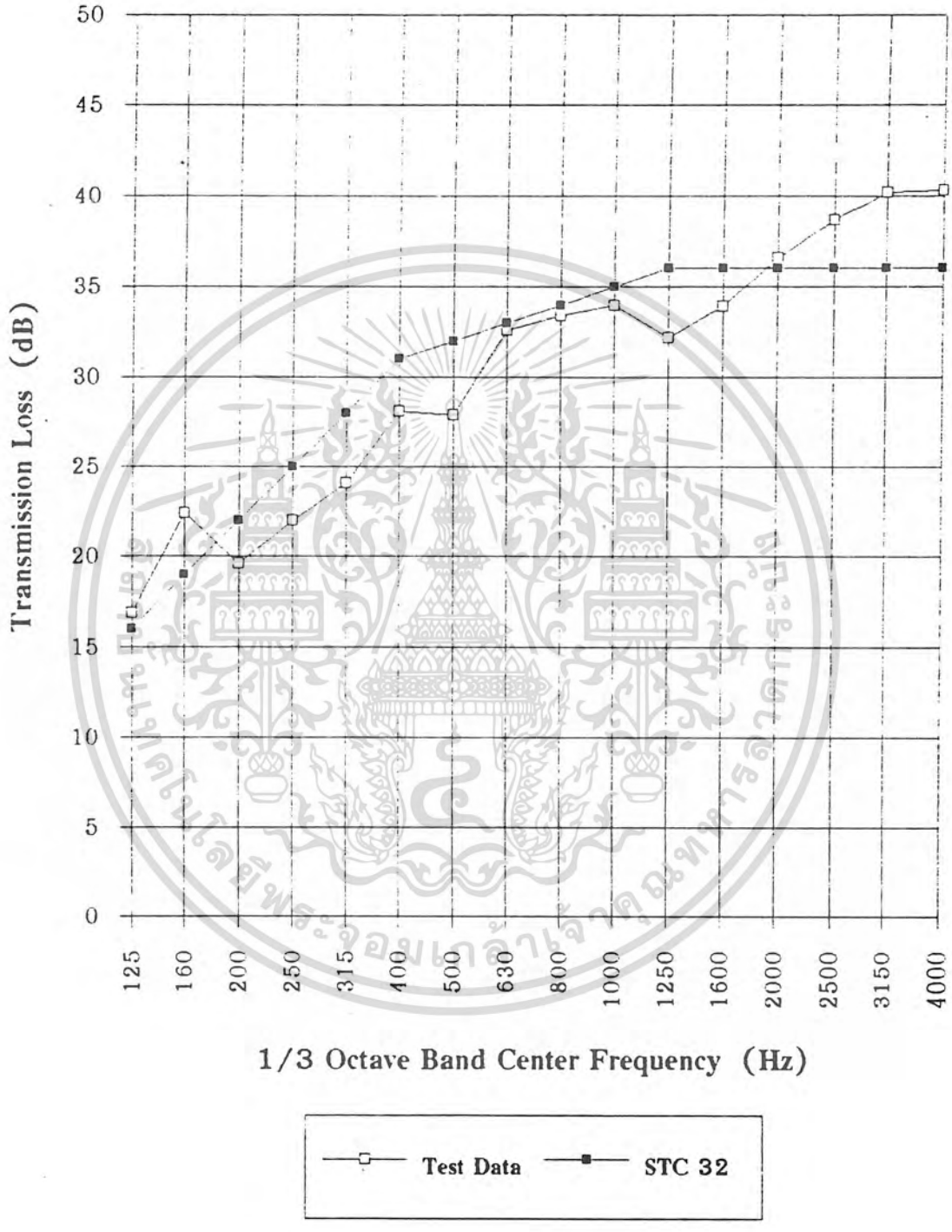


FIGURE 11 กราฟแสดงการหาค่า STC ของคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

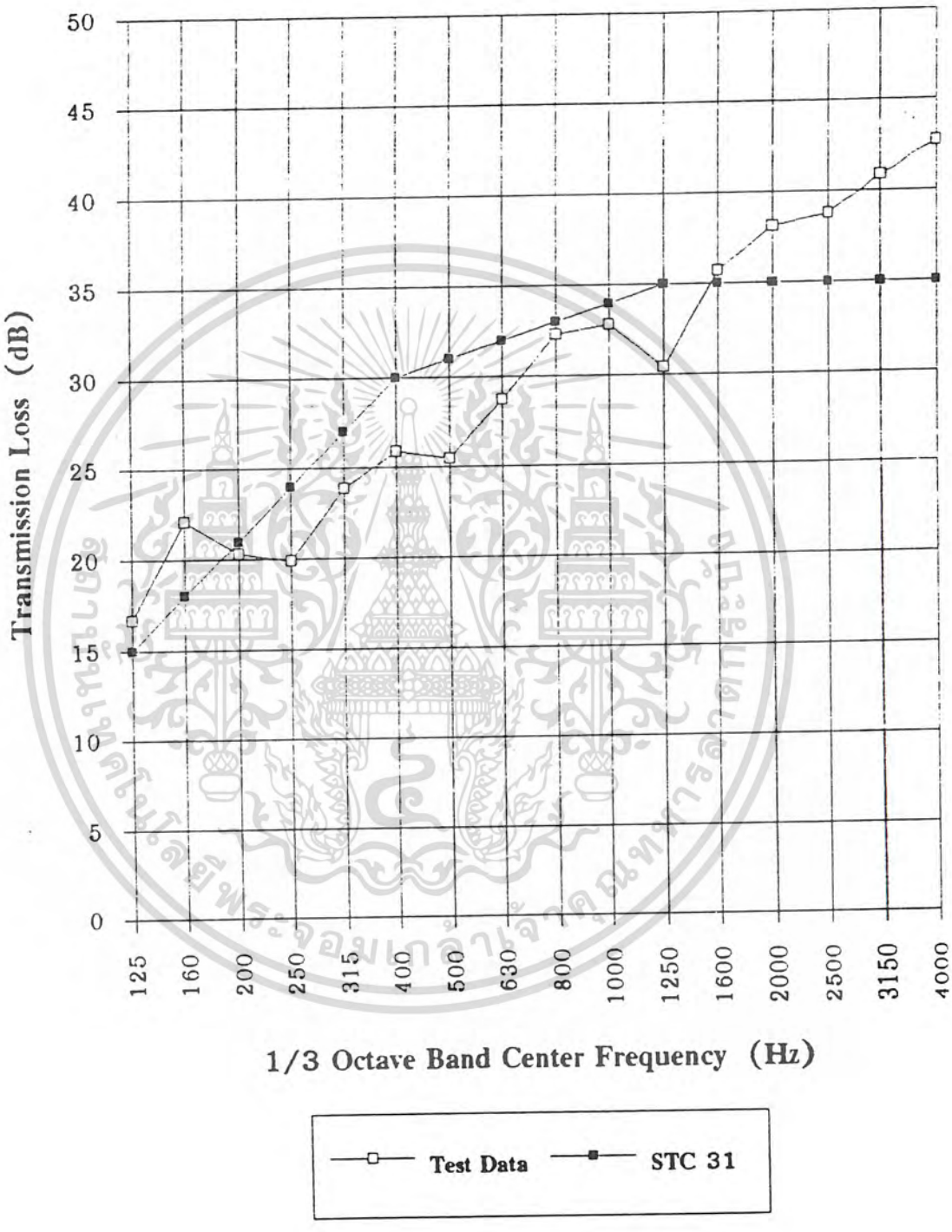


FIGURE 12 กราฟแสดงการหาค่า STC ของคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

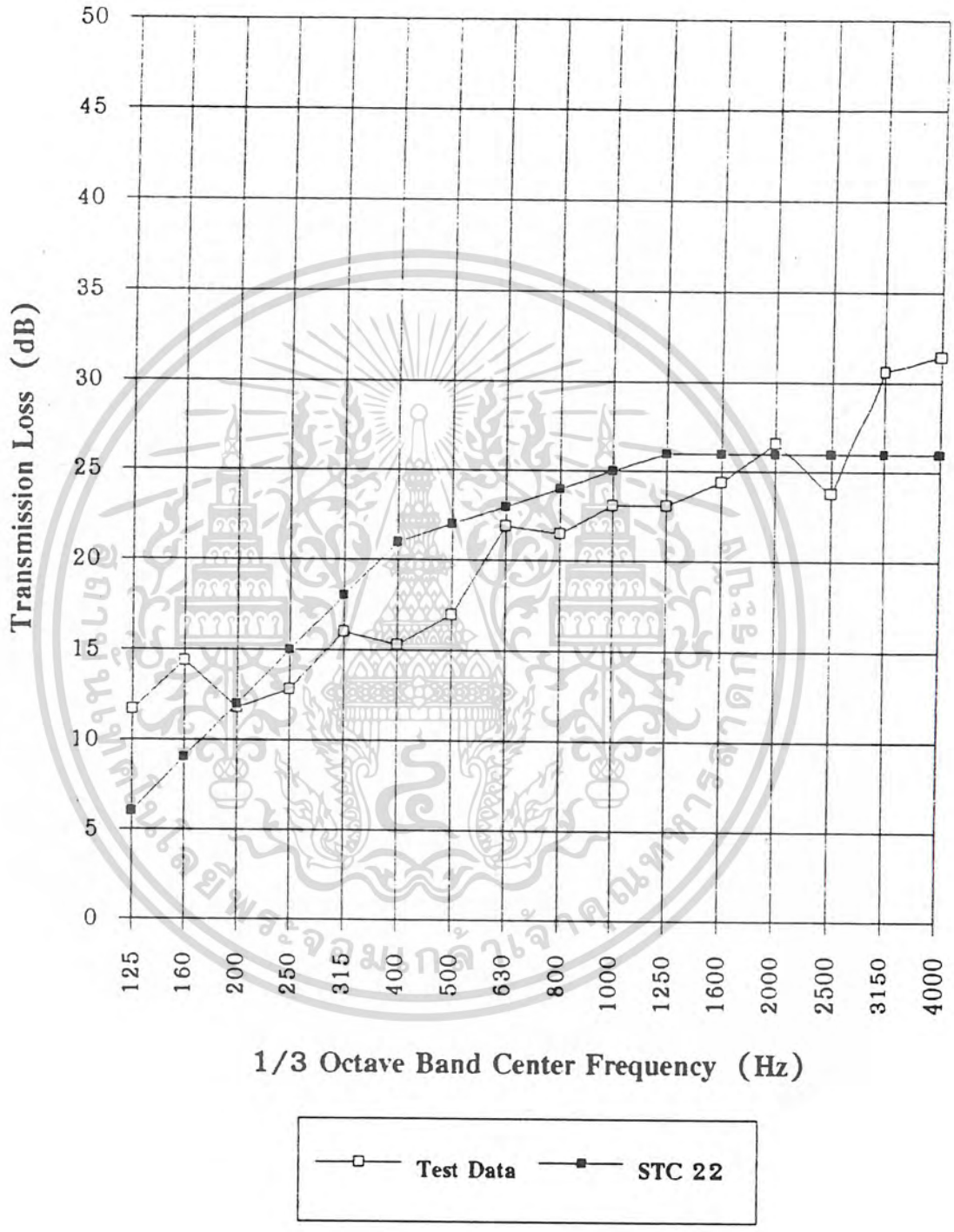


FIGURE 13 กราฟแสดงการหาค่า STC ของคอนกรีตบล็อก จากร้านพัฒนาค้าวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

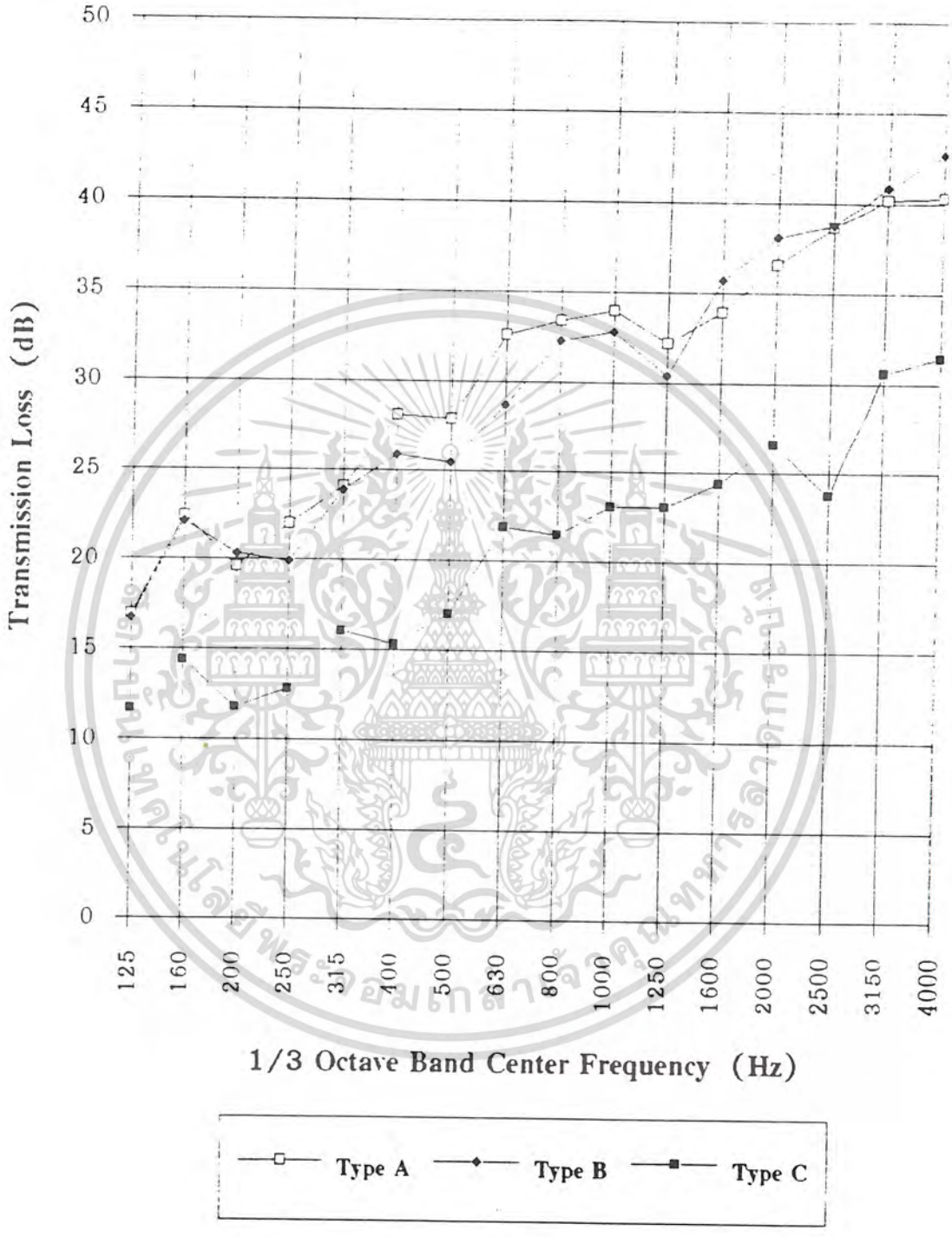


FIGURE 14 กราฟเปรียบเทียบค่า STC ของคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 8,12 และจากร้านพัฒนาค้าวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 62 แสดงค่า Sound transmission class (STC)for representative wall construction (1 in. = 2.54)

Construction	Mass per Unit Area (Kg/m^2)	STC
1. 4-in.hollow block,1/2in.plaster on both sides	115	40
2. 4-in.brick,1/2-in.plaster on both sides	210	40
3. 9-in.brick,1/2-in.plaster on both sides	490	52
4. 24-in.stone,1/2-in.plaster on both sides	1370	56
5. 3/8-in.gypsum wallboard	8	26
6. 1/2-in.gypsum wallboard	10	28
7. 5/8-in.gypsum wallboard	13	29
8. Two 1/2-in.gypsum wallboards bonded together	22	31
9. 2x4 studs on 16-in.centers,1/2 gypsum wallboad on both sides	21	33
10.Same as 9 but with 5/8-in.gypsum wallboard on both sides	26	34
11.Same as 10 but with two sheets of 5/8-in. gypsum wallboard on one side and one sheet on the other side	42	36
12.Same as 10 but with 1/2-in.plaster over wallboard	68	46
13.Same as 9 but with a 2-in. isolation blanket	23	36
14.Same as 10 but with a 2-in. isolation blanket	29	38
15.Same as 11 but with a 2-in. isolation blanket	44	39
16.Same as 14 but with one side resiliently mounted	29	47
17.Same as 14 but with both sides resiliently mounted	29	49
18.Double row of 2x4 studs on 16-in.center,5/8-in. gypsum wallboard on both sides,and 2-in. isolation blanket	37	57
19.Double row of 2x4 studs on 16-in.center,two 5/8-in.gypsum wallboard on both sides, no isolation blanket	60	58
20.Same as 19 but with2-in.isolation blanket	60	62

* 1 to 15 are single-leaf,16-20 are double-leaf construction.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ด้านกำลังอัด จากข้อมูลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมขี้เถ้าลอย พบว่าเมื่อผสมขี้เถ้าลอยเข้าไปแล้วจะทำให้กำลังอัดลดลงจากคอนกรีตบล็อกปกติ ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มคอนกรีตบล็อก เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของกำลังที่ลดลงจากคอนกรีตบล็อกปกติ จะเปรียบเทียบระยะเวลา ที่ใช้ในการบ่มคอนกรีตบล็อกที่ 28 วัน ซึ่งกำลังอัดของคอนกรีตปกติจะไม่ขึ้นจากเดิมมากนัก

โดยเมื่อผสมขี้เถ้าลอยเข้าไป 20 % จะทำให้กำลังอัดลดลงอยู่ในช่วง 10%-13%

เมื่อผสมขี้เถ้าลอยเข้าไป 30 % จะทำให้กำลังอัดลดลงอยู่ในช่วง 16%-22%

เมื่อผสมขี้เถ้าลอยเข้าไป 40 % จะทำให้กำลังอัดลดลงอยู่ในช่วง 20%-29%

และที่อายุ 90 วัน

เมื่อผสมขี้เถ้าลอยเข้าไป 20 % จะทำให้กำลังอัดลดลงอยู่ในช่วง 5%-6%

เมื่อผสมขี้เถ้าลอยเข้าไป 30 % จะทำให้กำลังอัดลดลงอยู่ในช่วง 11%-12%

เมื่อผสมขี้เถ้าลอยเข้าไป 40 % จะทำให้กำลังอัดลดลงอยู่ในช่วง 14%-17%

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อบ่มน้ำระยะเวลานานขึ้น มีผลทำให้กำลังอัดที่ลดลงเนื่องจากการผสมขี้เถ้าลอยเข้าไปนั้น แตกต่างกันน้อยลงเมื่อเทียบกับการใช้ปูนซีเมนต์ล้วน ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ขี้เถ้าลอยเป็นสารปัซโซลานชนิดหนึ่ง มีส่วนประกอบหลัก คือ ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2), อลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) หากมีขนาดเล็กพอ ก็จะสามารถที่จะทำปฏิกิริยากับด่างที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) ที่เกิดขึ้นเมื่อผสมปูนซีเมนต์และน้ำ ซึ่งก็คือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นช่วงหลังนี้ เรียกว่าปฏิกิริยาปัซโซลาน และผลที่ได้จากปฏิกิริยานี้คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต C-S-H และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต C-A-H ซึ่งสารประกอบนี้จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ไม่ละลายในน้ำ และจะทำให้กำลังอัดของคอนกรีต หรือปูนซีเมนต์สูงขึ้น ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้ช่วงอายุแรกการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงตามปริมาณขี้เถ้าลอย เพราะปฏิกิริยาปัซโซลานยังไม่เกิดขึ้น แต่ในระยะปลาย เมื่อเกิดปฏิกิริยาปัซโซลานแล้ว การพัฒนากำลังดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม กำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกที่ผสมทั้ง 12 ส่วนผสม ยังให้ค่ากำลังที่ 28 วันสูงกว่าที่ มอก. 58-2530 กำหนด ซึ่งค่าที่กำหนดสำหรับคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนัก เมื่อทดสอบกำลังตามแรงอัดต้องใช้คอนกรีตบล๊อกไม่น้อยกว่า 5 ก้อน โดยกำลังอัดเฉลี่ย (ของพื้นที่ผิวรวม) ของทั้ง 5 ก้อนต้องไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะปาสกาล (25 กก./ซม.^{2}) และแต่ละก้อนต้องไม่ต่ำกว่า 2 เมกะปาสกาล (20 กก./ซม.^{2}) โดยพื้นที่ผิวรวมนั้น คือ ยาว x หนา ไม่มีการหักบริเวณกลวง

เมื่อเปรียบเทียบคอนกรีตบล๊อกที่ผสมทั้ง 12 ส่วนผสม กับคอนกรีตบล๊อกที่มีขายทั่วไปตามร้านขายวัสดุก่อสร้าง น้ำหนักต่อก้อนของก้อนคอนกรีตบล๊อกที่ผสมซึ่งอยู่ระหว่าง 6.6 - 7.5 Kg ซึ่งน้ำหนักของคอนกรีตบล๊อกที่ไม่ได้ มอก.จะอยู่ในช่วง 5.5 - 6.5 Kgและที่ได้ มอก.คือ CPAC และ DETAC จะอยู่ในช่วง 6.9 - 7.1 Kg ซึ่งการที่น้ำหนักของคอนกรีตบล๊อกที่ผลิตออกมามีน้ำหนักมาก อาจเป็นเพราะปริมาณน้ำที่ผสมลงไปนั้น ยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร คือน้ำที่ใส่ค่อนข้างมากทำให้ส่วนผสมเหลวเมื่ออัดเป็นก้อนเนื้อจะแน่นจึงมีน้ำหนักต่อก้อนมาก

ในด้านของราคาคอนกรีตบล๊อกผสมขี้เถ้าลอยจะขึ้นอยู่กับปริมาณของขี้เถ้าลอยที่ผสมเข้าไปในแต่ละส่วนผสม คือเมื่อใช้ขี้เถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์มาก ราคาค่าวัสดุที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล๊อกจะน้อยลง จากการทดลองสามารถทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยขี้เถ้าลอยได้ 6.5-28 Kg/0.2 m^3 คิดเป็นเงิน 8.45-36.40 บาท แสดงว่าสามารถลดราคาของคอนกรีตบล๊อกได้ 0.21-0.91บาทต่อก้อน ดังนั้นเมื่อผลิตเป็นจำนวนมากก็จะสามารถลดราคาลงได้อีก

เมื่อพิจารณาราคาต่อก้อนของคอนกรีตบล๊อกที่ผลิตได้ กับค่ากำลังอัดโดยคิดเพิ่มกำไรจากการผลิตของผู้ผลิต และกำไรจากการขายของร้านขายโดยบวกราคาเข้าไปอีกประมาณ 2 บาทต่อก้อน ราคาของคอนกรีตบล๊อกที่ผลิตได้ก็จะอยู่ในช่วงราคา 3.97-5.85 บาทต่อก้อน เมื่อเปรียบเทียบกับราคาที่ขายตามท้องตลาดแล้วจะมีราคาประมาณ 3.50 บาทต่อก้อน ซึ่งคอนกรีตบล๊อกที่ผลิตได้ยังสูงกว่าท้องตลาดอยู่ประมาณ 0.47 บาทต่อก้อน แต่กำลังอัดที่ได้จะสูงกว่าประมาณ 30 KSC หากผลิตเป็นจำนวนมากและเพิ่มค่า W/C เป็น 0.5 หรือ 0.6 ก็จะทำให้ราคาถูกลง และแข่งขันกับตลาดได้ โดยที่กำลังรับแรงอัดอาจตกลงบ้าง แต่ก็ยังสูงกว่าที่ มอก.58-2530 กำหนด หรือสูงกว่าของท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการดูดซึมของคอนกรีตบล๊อกผสมขี้เถ้าลอย

เมื่อพิจารณาจากค่าอัตราการดูดซึมของคอนกรีตบล๊อกผสมขี้เถ้าลอย จากตารางการทดลอง TABLE 42-TABLE 45 ค่าอัตราการดูดซึมจะอยู่ในช่วง 6-9% ซึ่งจะขึ้นลงไม่เป็นสัดส่วน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาดที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่ มอก. กำหนด จะมีค่าอัตราการดูดซึมมากกว่าคอนกรีตบล๊อกที่ผลิตได้ สำหรับคอนกรีตบล๊อกที่ได้มาตรฐานของ มอก. คือ CPAC มีอัตราการดูดซึม 6.9% และของ DETAC มีค่าอัตราการดูดซึม 6.41% ซึ่งใกล้เคียงกับคอนกรีตบล๊อกที่ผลิตได้

การยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อกผสมขี้เถ้าลอย

สำหรับการยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อกที่ได้จากการผสม จากการทดสอบการยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อก โดยใช้วิธีการฝังพุกระเบิดเข้าไปในก้อนคอนกรีตบล๊อกแล้วขันน็อตเพื่ออัดตะขอเหล็กที่ใช้เกี่ยวกับตัวน็อตแล้วขันให้แน่นติดกับพุกระเบิด ซึ่งเป็นการทำให้พุกระเบิดติดแน่นกับเนื้อคอนกรีตมากยิ่งขึ้น แทนการใช้วิธีฝังเหล็กเข้าไปในเนื้อคอนกรีตโดยตรง ในการทดสอบการยึดเกาะของคอนกรีตบล๊อกวิธีนี้ เป็นการจำลองลักษณะของแรงกระทำ ที่เกิดจากการแขวนวัตถุกับตะปูที่ตอกเข้าไปในคอนกรีตบล๊อก โดยน้ำหนักที่ใช้ดึงเหล็กตะขอมาจากการใช้เครื่อง Universal Testing Machine

ผลการทดสอบเมื่อให้น้ำหนักดึง ปรากฏว่า น้ำหนักที่น็อตสามารถรับได้จะอยู่ในช่วง 248-262 Kg ลักษณะการพังจะเป็นการงอของน็อต โดยที่รูที่เจาะบิ่นเล็กน้อย และพุกระเบิดยังไม่หลุดออกมา

ส่วนคอนกรีตบล๊อกที่ได้จากร้านค้า น้ำหนักที่ใช้ดึงจะมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตบล๊อกที่ผสมขี้เถ้าลอย คืออยู่ในช่วง 108-170 Kg ลักษณะการพังทลายจะเกิดขึ้นที่บริเวณรูเจาะ เนื่องจากน็อตยังไม่ถึงจุดที่ทำให้เกิดการงอจึงดึงรั้งพุกระเบิดทำให้เนื้อของคอนกรีตบริเวณรูเจาะเกิดการหลุดร่อน จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ว่า คอนกรีตบล๊อกที่ผสมขี้เถ้าลอยมีการยึดเกาะตัวดีกว่าคอนกรีตบล๊อกปกติ เนื่องจากว่ามีความสามารถในการรับแรงดึงได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความทนไฟของคอนกรีตบล๊อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย

จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อก เมื่อเผาไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ (TABLE 26 - TABLE 41) สรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

เมื่อเผาคอนกรีตบล๊อกที่มีส่วนผสมขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ 0% เมื่อค่า W/C เท่ากับ 0.23,0.33,0.43 ทำให้เปอร์เซนต์กำลังอัดลดลงมีค่าใกล้เคียงกันดังนี้

ระยะเวลาเผาไฟ 0.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 4.2-5.1%

ระยะเวลาเผาไฟ 1.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 10.1-11.3%

ระยะเวลาเผาไฟ 2.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 13.3.15.4%

ระยะเวลาเผาไฟ 3.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 20.3-23.0%

เมื่อเผาคอนกรีตบล๊อกที่มีส่วนผสมขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ 20% เมื่อค่า W/C เท่ากับ 0.23,0.33,0.43 ทำให้เปอร์เซนต์กำลังอัดลดลงมีค่าใกล้เคียงกันดังนี้

ระยะเวลาเผาไฟ 0.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 4.3-4.8%

ระยะเวลาเผาไฟ 1.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 10.1-11.7%

ระยะเวลาเผาไฟ 2.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 13.6-15.1%

ระยะเวลาเผาไฟ 3.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 21.5-23.2%

เมื่อเผาคอนกรีตบล๊อกที่มีส่วนผสมขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ 30% เมื่อค่า W/C เท่ากับ 0.23,0.33,0.43 ทำให้เปอร์เซนต์กำลังอัดลดลงมีค่าใกล้เคียงกันดังนี้

ระยะเวลาเผาไฟ 0.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 4.9-5.1%

ระยะเวลาเผาไฟ 1.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 9.8-10.3%

ระยะเวลาเผาไฟ 2.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 14.2-15.2%

ระยะเวลาเผาไฟ 3.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 21.5-22.7%

เมื่อเผาคอนกรีตบล๊อกที่มีส่วนผสมขี้เถ้าลอยทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ 40% เมื่อค่า W/C เท่ากับ 0.23,0.33,0.43 ทำให้เปอร์เซนต์กำลังอัดลดลงมีค่าใกล้เคียงกันดังนี้

ระยะเวลาเผาไฟ 0.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 4.7-5.1%

ระยะเวลาเผาไฟ 1.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 9.9-11.6%

ระยะเวลาเผาไฟ 2.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 14.7-14.8%

ระยะเวลาเผาไฟ 3.5 ชั่วโมง กำลังอัดลดลง 21.1-22.9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังเผาไฟ เมื่อเปรียบเทียบคอนกรีตบล็อกที่ผสมขี้เถ้าลอยเปอร์เซนต์เท่ากัน แต่ค่า W/Cต่างกันกำลังที่ลดลงจะใกล้เคียงกัน และเมื่อใช้เวลาเผาเท่ากันแม้จะมีเปอร์เซนต์ของขี้เถ้าลอยต่างกัน อัตราการลดลงของกำลังก็ยังคงใกล้เคียงกัน แต่เมื่อใช้เวลาในการเผาไฟนานขึ้น กำลังจะลดลงมากอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่ากำลังที่ลดลงไม่ขึ้นกับ water cement ratio และเปอร์เซนต์ของขี้เถ้าลอย แต่จะขึ้นกับเวลาที่ใช้ในการเผาและเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกจากท้องตลาด จะเห็นว่าที่เวลาในการเผาเท่ากันอัตราการลดลงของกำลังอัดก็ใกล้เคียงกัน ส่วนสาเหตุที่ทำให้กำลังลดลงหลังการเผาพอจะอธิบายได้ดังนี้

1. เนื่องจากปริมาณน้ำในคอนกรีตแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกไม่ได้ใช้ในการทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ ส่วนนี้จะแทรกอยู่ตามช่องโพรงในคอนกรีต เรียกปริมาณน้ำนี้ว่า Free water ส่วนที่สองคือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมี(ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น) เรียกว่า Combined water เมื่อคอนกรีตถูกไฟไหม้ Free water จะระเหยไปก่อนในช่วงอุณหภูมิประมาณ 100-400 องศาเซลเซียส ต่อจากนั้นจะเกิดการสูญเสียน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา Hydration ในช่วงอุณหภูมิ 400-600 องศาเซลเซียส ซึ่งจะอธิบายได้ดังสมการเคมีต่อไปนี้

$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \longleftrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3Ca(OH)_2 + heat$$

ความร้อนจากไฟเข้าไปทำให้สารประกอบแคลเซียมซิลิเกต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทางขวามือของสมการมีการสูญเสียน้ำไปจากการระเหย ทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับไปทางซ้ายของสมการ นั่นคือ เกิดปฏิกิริยา Dehydration ขึ้น

2. เกิดการสูญเสียกำลังของมอร์ต้าขึ้น ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 400-600 องศาเซลเซียส จะเกิดรอยแตกเล็ก ๆ ขึ้นในมอร์ต้า ทั้งนี้เนื่องจากเกิด Strain Incompatibility ของซีเมนต์เพสต์กับมวลรวม เมื่อเวลานานขึ้น ก็อาจเกิดรอยแตก (Cracks) ขึ้นกับมวลรวม

ทั้งสองสาเหตุนี้ อาจเป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการลดลงของกำลังคอนกรีตทั้งคู่ เนื่องจากเราเริ่มใช้อุณหภูมิการเผาคงที่เป็น 500 องศาเซลเซียสเลย ดังนั้นยิ่งเผานานเข้า ก็จะยิ่งเกิดปฏิกิริยา Dehydration และ การเสียกำลังของมอร์ต้ามากยิ่งขึ้น จึงทำให้ช่วงหลังมีกำลังลดลงมากกว่าช่วงแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเราอาจสรุปได้ว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการลดลงของกำลังอัดของคอนกรีต ได้แก่

1. ความรุนแรงของไฟ คือพลังงานความร้อนที่สามารถทำลายคุณสมบัติในการต้านทานไฟ, ทนทานไฟของวัสดุ หรือ คือพื้นที่ใต้เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ยิ่งนานมากขึ้น ความรุนแรงของไฟก็เพิ่มขึ้น

2. ระยะเวลา การถูกเผาที่อุณหภูมิเท่า ๆ กัน ถ้าเผาที่ระยะเวลานาน ก็จะทำให้การลดลงของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตลดลงมากตามไปด้วย

3. อุณหภูมิ คอนกรีตที่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูง กำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตจะลดลงมากกว่าคอนกรีตที่ถูกเผาไฟที่อุณหภูมิต่ำกว่า

4. สาเหตุใหญ่ของการลดลงของกำลังรับแรงอัด มีอิทธิพลจากการสูญเสียน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา Debydration และการแตกร้าวของซีเมนต์เพสต์ด้วย

การกันเสียง

การทดสอบการกันเสียงของผนังคอนกรีตบล๊อก โดยการเปรียบเทียบค่า "ประเภทการส่งผ่านเสียง" (Sound Transmission Lost) หรือค่า STC (วิธีการหาค่า STC ได้อธิบายในขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ ค่า STC จะขึ้นอยู่กับค่า TL (Transmission Lost) ถ้าค่า TL มีค่ามากๆ หมายถึงว่า เมื่อการส่งผ่านเสียงที่ระดับความดังหนึ่ง จากห้องกำเนิดเสียงผ่านผนังทดสอบไปยังห้องรับ เกิดการสูญเสียการส่งผ่านมากทำให้เสียงที่ห้องรับมีค่าน้อยลงจากค่าที่ห้องกำเนิดเสียง แสดงว่าผนังทดสอบมีความสามารถในการกันเสียงได้ดี และในทางตรงกันข้ามถ้าหากค่า TL น้อย ทำให้เสียงที่ส่งจากห้องกำเนิดเสียงเกิดการสูญเสียการส่งผ่านน้อย ห้องรับเสียงจึงมีระดับเสียงใกล้เคียงกับห้องกำเนิดเสียง ซึ่งแสดงว่าการกันเสียงของผนังนั้นไม่มีดีนั่นเอง

จากข้อมูลที่ได้จากผลการทดสอบ (TABLE 59 และ FIGURE 11-13) เมื่อเปรียบเทียบคอนกรีตบล๊อกที่ผสมขี้เถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์ 40% กัน แต่ค่า W/C ต่างกันคือ 0.33 และ 0.43 (ระหว่าง MIXTURE 8 และ MIXTURE 12)ผลการกันเสียงของผนังทดสอบที่ใช้คอนกรีตบล๊อก 2 ตัวอย่างนี้เมื่อค่า W/C มากจะมีความสามารถในการกันเสียงได้ดีกว่าเพราะค่า STC มากกว่า แต่ค่าที่ได้แตกต่างกันน้อยมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกำลังอัดแตกต่างกันยังไม่มากคือกำลังอัดของ MIXTURE 8 และ MIXTURE 12 ที่ 28 วัน (กำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกที่นำไปทดสอบ) มีค่า 52.235 , 48.243 KSC ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล๊อกที่ขายในท้องตลาดซึ่งมีกำลังอัดต่ำกว่าคือ 18.38 KSC จะให้ค่า STC ต่ำกว่าแสดงว่าการกันเสียงได้ไม่ดีเท่า MIXTURE 8 และ MIXTURE 12

ดังนั้นสรุปได้ว่า ค่า W/C และกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกมีผลต่อความสามารถในการกันเสียงของผนังที่ก่อจากคอนกรีตบล๊อกชุดนั้น โดยที่ W/C ที่กำลังอัดมากจะมีความสามารถในการกันเสียงได้ดีกว่า

เมื่อเปรียบเทียบค่า STC ของคอนกรีตบล๊อก MIXTURE 8 และ MIXTURE 12 กับคอนกรีตบล๊อกใน TABLE 62 ข้อ 1. จะมีค่า STC น้อยกว่าทั้งนี้เพราะว่าไม่ได้ฉาบปูนทั้งสองข้างและขนาดเล็กกว่า (ความหนาของคอนกรีตบล๊อกที่ผลิต หนา 3 นิ้ว)

เปรียบเทียบค่า STC กับผนังชนิดอื่นๆ โดยอาศัยเกณฑ์ดังนี้

ค่า STC ต่ำกว่า 25 ความสามารถในการกันเสียงน้อย

ค่า STC 25 - 40 ความสามารถในการกันเสียงปานกลาง

ค่า STC มากกว่า 40 ความสามารถในการกันเสียงดี

ดังนั้นความสามารถในการกันเสียงของคอนกรีตบล๊อกที่ผลิตได้อยู่ในเกณฑ์ปานกลางและคอนกรีตจากท้องตลาดมีความสามารถในการกันเสียงน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดสอบ

ผลการวิจัยบ่งชี้ว่า

1) กำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกที่ผสมขี้เถ้าลอย เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมที่ไม่มีขี้เถ้าลอย กำลังอัดจะลดลงตามปริมาณขี้เถ้าลอยที่ใส่ลงไป แต่เมื่อระยะเวลานานขึ้น (90 วัน) กำลังอัดจะใกล้เคียงกับส่วนผสมที่ไม่มีขี้เถ้าลอย และเมื่อ W/C ต่างกัน ก็จะมีการพัฒนากำลังรับแรงอัดในลักษณะเดียวกัน แต่กำลังอัดจะต่ำกว่าเมื่อ W/C มีค่ามากขึ้น

2) ความทนไฟ กำลังอัดของคอนกรีตบล๊อกจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเผาไฟนานขึ้น ค่า W/C และปริมาณการทดแทนซีเมนต์ด้วยขี้เถ้าลอยมีผลต่อกำลังอัดที่ลดลงน้อยมาก

3) อัตราการดูดซึม อัตราการดูดซึมของคอนกรีตบล๊อก จะไม่มีความสัมพันธ์กับ W/C และปริมาณขี้เถ้าลอยทดแทนซีเมนต์ แต่จะกระจายอยู่ในช่วง 6-9%

4) การยึดเกาะ น้ำหนักที่มากที่สุดที่รับได้ของคอนกรีตบล๊อกทั้ง 12 ส่วนผสมจะใกล้เคียงกันคือ 250 และลักษณะการพัง คือ น็อตที่ฝังอยู่จะงอก่อนที่คอนกรีตบล๊อกจะแตกออกมาก ส่วนคอนกรีตบล๊อกจากท้องตลาด ที่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีความสามารถในการรับน้ำหนักและการพังคล้ายกับส่วนผสมทั้ง 12 ส่วนผสมที่ผลิตขึ้น แต่ถ้าไม่ได้มาตรฐาน การรับน้ำหนักด้านข้างที่มากที่สุดจะน้อยกว่าชุดที่ผ่านมา เพราะเนื้อคอนกรีตบริเวณรอบ ๆ พุกระเบิดแตกเสียก่อนที่น็อตจะงอ

5)การกันเสียง มีความสัมพันธ์กับกำลังอัด คือ ถ้ากำลังอัดมีค่าใกล้เคียงกับความสามารถในการกันเสียง ก็จะไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ถ้ากำลังอัดต่างกันมาก ความสามารถในการกันเสียงก็จะต่างกันมากด้วยและเมื่อเปรียบเทียบค่า STC กับผนังชนิดต่างๆ จะอยู่ในช่วงปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรกฎ วิจิตรพงศ์, "การใช้ขี้เถ้าลอยแม่เมาะในการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสด", วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

ประจิต จิรัปปภา, "การศึกษาเพื่อใช้ประโยชน์ของขี้เถ้าลอยจากการเผาลิกไนต์แม่เมาะในโรงงานไฟฟ้า", การประชุมทางวิชาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาชนบท,มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ตุลาคม 2523.

ประจิต จิรัปปภา, "คอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยแม่เมาะ", รายงานผลการวิจัยทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กันยายน 2525.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และ อินทรชัย หอวิจิตร, "ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมขี้เถ้าลอยแม่เมาะ", สำนักงานเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาชนบท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2528.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และ อินทรชัย หอวิจิตร, "การศึกษาปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ผสมขี้เถ้าแกลบและขี้เถ้าลอย ", สำนักงานเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาชนบท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2530.

ปริญญา จินดาประเสริฐ ดร. และ ชุมพล จันทร์สม, "กำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ผสมขี้เถ้าแกลบและขี้เถ้าลอย", การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 3 เทคโนโลยีสำหรับการพัฒนาชนบท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, กุมภาพันธ์ 2528.

พิชัย นิมิตรยงสกุล ดร., "คุณสมบัติของคอนกรีตผสมขี้เถ้าลอย", สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.

วินิต ช่อวิเชียร ดร., "คอนกรีตเทคโนโลยี", พิมพ์ครั้งที่ 7, 2529.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2530, 2530.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,"มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปัชโซลาน มอก. 850-2532",2532.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, "มาตรฐานอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปัชโซลาน มอก.849-2532",2532.

อุดม หงษ์ประถานพร, "การพัฒนากำลังของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าแกลบ", วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลบหรือเปลี่ยนข้อความนี้ด้วย ทั้งนี้ ต้องขออนุญาตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยก่อนการนำไปใช้

Costa,U., and Massazza,F.,"Some Properties of Pozzolanec Cement Containing Fly Ash",Fly ash, Silica Fume, Slag and Other Materials By-Products in Concrete, ACI Proceeding, 1983.

Davis,R.E., Carlson,R.W., Kelly,J.W. and Davis, H.E. "Properties of cement and Concretes Containing Fly Ash", ACI Journal Proceedings, vol.33, pp. 517-612, 1937.

Lovewell, C.E. and Washa,G.W., "Proportioning Concrete Mixtures Using Fly Ash", ACI Journal Proceedings, vol. 54, No.12, July, 1958.

Nasser, K.W. and Marzouk, H.M., "Properties of Mass Concrete Containing Fly Ash at High Temperatures", ACI Journal, April, pp.537-547, 1979.

Nasser, K.W. and Lai,P.S.H., "Effect of Fly Ash on the Micro-Structure and Durability of Concrete",Proceedings of the First Materials Engineering Congress, Denver, Colorado, pp. 688-697, 1990.

Lawrence,E.Kinsler ,Austin,R.Frey ,Alan,B.Coppens ,James,V.Sanders "Fundamentals Of Acoustics", John Wiley & Sons, 1982.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

(Sieve Analysis of Fine and Coarese Aggregates)

ASTM : C 136

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาขนาดของมวลรวมคละโดยใช้ตะแกรงขนาดมาตรฐาน สำหรับหาค่าพิกัดความละเอียด (Fineness modulus) ซึ่งเป็นดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของอนภาคในมวลรวมที่กำหนดให้ นั่นคือ มวลรวมยิ่งหยาบค่าพิกัดความละเอียดก็ยิ่งสูงขึ้น

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. มวลรวมละเอียด คือ ทรายประมาณ 500 กรัม
2. มวลรวมหยาบ คือ หินหรือกรวด ประมาณ 1000 กรัม
3. ตะแกรงขนาดมาตรฐาน เบอร์ 4,8,16,30,50 และ 100 สำหรับทราย
4. ตะแกรงมาตรฐานขนาด 3",2",1",3/4",1/2",3/8" และ No. 4 สำหรับหินหรือกรวด
5. เครื่องเขย่าตะแกรง
6. ตาชั่งขนาดใหญ่
7. เตาอบ

ขั้นตอนการทดลอง

ก. การหาส่วนขนาดคละของทราย

1. เตรียมทรายสำหรับทดสอบด้วยการตรวจดูว่าชื้นหรือไม่ ปกติควรเป็นทรายที่แห้ง หากชื้นเกินไปควรอบเสียก่อน

2. เตรียมชุดของตะแกรงด้วยการทำความสะอาดไม่ให้มีเศษฝุ่นผงค้างอยู่ภายในช่อง ชั่งน้ำหนักตะแกรงทุกขนาดและบันทึกไว้ พร้อมกับจัดเรียงซ้อนตามลำดับ พร้อมถาดรองอยู่ล่างสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4

การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

(Test for Unit Weight of Aggregate)

ASTM : C 29 - 76

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาน้ำหนักของมวลรวมต่อหน่วยปริมาตรของมวลรวม ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. มวลรวม
2. ตาชั่ง
3. เหล็กกระทุ้ง เป็นแท่งเหล็กกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ยาวประมาณ 60 ซม. มีปลายด้านกระทุ้งมนเป็นลักษณะครึ่งวงกลม
4. ภาชนะสำหรับวัดหน่วยน้ำหนัก อาจเป็นภาชนะโลหะรูปทรงกระบอก ควรมีมือจับทั้งสองข้าง ขนาดของภาชนะต้องเป็นไปตามตารางข้างล่างนี้

ปริมาตร ลิตร	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน มม.	ความสูงภายใน มม.	ความหนาน้อยสุด มม.		ขนาดโตสุดของมวลรวม มม.
			ก้นภาชนะ	ผนังข้าง	
3	153-157	158-162	5.0	2.5	12.5
10	203-207	303-307	5.0	2.5	25.0
15	253-257	293-297	5.0	3.0	37.5
30	353-357	303-307	5.0	3.0	100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

ก. การหาหน่วยน้ำหนักของน้ำ

1. เติมน้ำใส่ภาชนะให้เต็มและทำให้ไม่มีฟองอากาศอยู่เลย พร้อมปิดฝาด้วยแผ่นกระจกใส

2. วัดอุณหภูมิของน้ำ เพื่อนำไปคำนวณหาหน่วยน้ำหนัก โดยเทียบจากตารางข้างล่างนี้

3. หาค่าแฟคเตอร์ของภาชนะ โดยการหารหน่วยน้ำหนักของน้ำด้วยน้ำหนักน้ำในภาชนะ

ข. การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักเมื่อมวลรวมอัดตัวแน่น

1. โดยวิธีใช้เหล็กกระทุ้ง (Roding procedure) วิธีนี้เหมาะสำหรับมวลรวมที่มีขนาดโตสุดไม่เกิน 37.5 มม.

1.1 เทมวลรวมสำหรับทดลองในภาชนะให้สูงประมาณ 1/3 เท่า และเกลี่ยผิวหน้าให้เรียบและใช้เหล็กกระทุ้งๆให้เกือบถึงก้น โดยแผ่กระจายให้ทั่วผิวหน้ารวม 25 ครั้ง จากนั้นใส่มวลรวมลงไปอีก 1/3 เท่าทำการกระทุ้งเช่นเดียวกันและใส่ลงไปอีกเป็นชั้นสุดท้าย กระทุ้งอีก 25 ครั้ง เสร็จแล้วให้ปาดผิวหน้าของมวลรวมให้เรียบเสมอกับแนวขอบบนของภาชนะอย่าให้บุ๋มหรือโปนเป็นอันขาด

1.2 ชั่งน้ำหนักภาชนะที่บรรจะมวลรวมดังกล่าว เพื่อคำนวณหาน้ำหนักเฉพาะของมวลรวมโดยแท้ โดยชั่งให้ได้ความละเอียดถึง 0.1 % แล้วคูณด้วยแฟคเตอร์ที่หาได้ในข้อ 3 ของข้อ ก. จะได้ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมเมื่ออัดตัวแน่น

2. โดยวิธีกระแทกภาชนะ (Jigging procedure) วิธีนี้เหมาะสำหรับมวลรวมที่มีขนาดโตสุดเกินกว่า 37.5 มม.แต่ไม่เกิน 100 มม.

2.1 แบ่งเทมวลรวมใส่ภาชนะเป็น 3 ชั้น เช่นเดียวกับวิธีใช้เหล็กกระทุ้ง แต่วิธีนี้ภาชนะควรถูกนำมาวางบนพื้นที่แข็งเช่น พื้นคอนกรีต เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเมื่อเทมวลรวมแต่ละชั้นแล้วให้เอียงภาชนะเพื่อให้ด้านตรงข้ามสูงขึ้นจากพื้นไม่เกิน 50 มม. และปล่อยให้ตกลงกระแทกพื้นเป็นจำนวน 25 ครั้ง เสร็จแล้วเอียงกลับมาอีกด้านหนึ่งเพื่อให้ด้านที่ติดพื้นตอนแรกนั้นยกลอยขึ้นมา 50 มม. บ้าง และปล่อยให้ตกกระแทกพื้นอีก 25 ครั้ง เช่นเดียวกัน ทำเช่นนี้ทั้ง 3 ชั้น จึงปาดผิวหน้ามวลให้เรียบ ไม่ให้ปูดหรือบุ๋มแล้วนำไปชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 5

การทดสอบหาปริมาณความชื้นในมวลรวม

(Test for Total Moisture Content of Aggregate by Drying)

ASTM : C 566-67

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาอัตราของปริมาณความชื้นทั้งหมดที่มีอยู่ในมวลรวม โดยการทำให้มวลรวมแห้งด้วยการเผา ซึ่งจะทำให้ได้น้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมสำหรับชั่งผสมคอนกรีต

วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. มวลรวม ใช้ประมาณ 4-6 กก.สำหรับมวลรวมหยาบและประมาณ 0.5 กก. สำหรับมวลรวมละเอียด
2. ตาชั่ง ที่วัดละเอียดถึง 0.1
3. เตาเผา
4. ภาชนะบรรจุตัวอย่าง เช่น ปี๊ป
5. แท่งเหล็ก สำหรับคนมวลรวม

ขั้นตอนการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมชื้นที่จะนำมาทดสอบ แล้วเทลงในภาชนะบรรจุ นำไปใส่หรือวางบนเตาเผาที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้สม่ำเสมอ ใช้แท่งเหล็กคนมวลรวมเป็นระยะๆ เพื่อให้มวลรวมทุกก้อนได้รับความร้อนทั่วถึงกัน
2. เมื่อมวลรวมแห้งสนิทดีแล้ว นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง
3. ปริมาณความชื้นที่อยู่ในมวลรวมจะหาได้จากสูตร

$$P = 100(W-D)/D$$

โดยที่

P = ปริมาณความชื้น %

W = น้ำหนักมวลรวมก่อนเผา

D = น้ำหนักมวลรวมหลังเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาหน่วยน้ำหนักและช่องว่าง

หน่วยน้ำหนักของวัสดุผสม หมายถึง น้ำหนักของวัสดุผสม(คิดเป็นกิโลกรัม)ที่เติมลงไปจนเต็มภาชนะจุ 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นน้ำหนักของวัสดุรวมกับช่องว่างระหว่างเม็ดทราย ในการหาสัดส่วนการผสม หน่วยน้ำหนักเป็นตัวใช้สำหรับหาปริมาณช่องว่างในวัสดุผสม และสำหรับการเปลี่ยนปริมาตรเป็นน้ำหนักหรือเปลี่ยนน้ำหนักเป็นปริมาตร หน่วยน้ำหนักของวัสดุชนิดหนึ่งๆ จะแปรเปลี่ยนไปตามอัตราการแน่นตัวและปริมาณความชื้น โดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1440 - 1940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การทดสอบหาการดูดซึม

สำหรับวัสดุผสมหยาบอาจทำได้โดย นำตัวอย่างที่ชื้นมาทำให้อยู่ในสภาวะอิ่มตัวและผิวแห้งโดยการเช็ดด้วยผ้าที่ดูดซับน้ำได้ดี หรือทำอย่างคร่าวๆโดยผึ่งลมให้แห้งจนกระทั่งเปลี่ยนจากสีเข้มเป็นสีอ่อนแล้วชั่ง เสร็จแล้วทำให้แห้งสนิทโดยใช้ความร้อนแล้วจึงชั่งอีกครั้งหนึ่งน้ำหนักที่หายไปหลังจากได้รับความร้อน จะแสดงถึงปริมาณความจุของการดูดซึม

การทดสอบหาความชื้น

สำหรับวัสดุผสมหยาบและละเอียด อาจหาความชื้นที่ผิวได้โดยการชั่งน้ำหนักของวัสดุตัวอย่างที่ชื้น แล้วผึ่งลมให้แห้งจนอยู่ในสภาวะอิ่มตัวและผิวแห้ง การทดสอบนี้จะต้องทราบความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่อิ่มตัวและผิวแห้งเสียก่อน

ส่วนขนาดคละของวัสดุผสม

การร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานใช้เป็นหลักในการควบคุมส่วนขนาดคละ และในการทดสอบความต้องการของส่วนขนาดคละตามเกณฑ์ อาจใช้การวิคราะห์วัสดุผสมหยาบด้วยตะแกรง ในการหาอัตราส่วนผสมของวัสดุผสมแต่ละชนิด เพื่อที่จะผสมให้ได้ส่วนขนาดคละใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด ส่วนขนาดคละที่เหมาะสมของวัสดุผสมในสัดส่วนการผสมคอนกรีต จะช่วยให้ได้คอนกรีตมีราคาถูก มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ คุณภาพดีและทำงานง่ายนอกจากนี้ยังมีผลต่อการแยกตัวของคอนกรีต ปริมาณน้ำที่ผสมความสะดวกในการทำงาน ความยากง่ายในการตบแต่งผิวหน้าคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 องค์ประกอบในการพิจารณาหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต

กำลัง (Strength)

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต ในการพิจารณาเลือกสัดส่วนการผสมคอนกรีต ซึ่งเป็นที่ต้องการและสำคัญที่สุดก็คือ "กำลังรับแรงอัด" ส่วนกำลังรับแรงอัดอย่างอื่น เช่น กำลังรับแรงดึง กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงเฉือนและกำลังยึดเหนี่ยวจะเป็นสัดส่วนกับกำลังรับแรงอัด โดยปกติจะกำหนดค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาหนึ่ง เช่น เมื่อคอนกรีตมีอายุ 7,14,21 และ 28 วันเป็นต้น ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้ควรให้มีค่าสูงกว่าที่ใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างประมาณ 15 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต นั้นก็คือ ปริมาณอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์หรือที่เรียกว่า water - cement ratio ในการผสมคอนกรีตถ้าสามารถรักษาอัตราส่วนนี้ไว้คงที่แล้ว ถ้าส่วนประกอบอื่นๆมีการเปลี่ยนแปลง กำลังของคอนกรีตก็จะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้นจึงอาจกำหนดกำลังของคอนกรีตได้จากอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์

ความสามารถเทได้ (Workability)

คอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ๆ ควรมีความข้นเหลวพอเหมาะที่จะเทเข้าแบบหล่อได้สะดวก ความข้นเหลวที่พอเหมาะนี้ใช้ค่าความยุบตัวของคอนกรีตเป็นเครื่องกำหนด แนวทางที่ใช้เป็นมาตรการในการหาความข้นเหลวหรือเทียบว่ามีน้ำมากน้ำน้อยแค่ไหนก็ดูได้จากการยุบตัวของคอนกรีตในขณะยังเหลวอยู่ ซึ่งการวัดระยะการยุบตัว ควรทำเสมอสำหรับคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้าง เพื่อจะได้เนื้อคอนกรีตที่มีคุณภาพดี สม่ำเสมอกันตลอด

ความทนทาน (Durability)

โดยปกตินั้น คอนกรีตที่มีกำลังพอสมควร ก็จะมีความทนทานเป็นที่น่าพอใจอยู่แล้ว แต่ถ้าคอนกรีตอยู่ในสภาวะเปิดเผยรุนแรงต่างๆ เช่น โครงอาคารในน้ำทะเล ความทนทานจะลดน้อยลงอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ ก็มีผลต่อความทนทานของคอนกรีต ดังนั้นสถาบันคอนกรีตของอเมริกาได้ให้ตารางอัตราส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตในสภาวะต่างๆ ดังตาราง 1.1 และ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับค่าความยุบตัวและวัสดุผสมขนาดต่างๆ

ค่าความยุบตัว (ซม.)	ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 m^3 สำหรับวัสดุผสมขนาดต่างๆ (mm)							
	10	12.5	20	25	40	50	75	150
คอนกรีตที่ไม่มีสารกระจายกักฟองอากาศ								
3 - 5	205	200	185	180	160	155	145	125
8 - 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 - 18	240	230	210	205	185	180	170	-
ปริมาณฟองอากาศ (%) โดยปริมาตร	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
คอนกรีตที่มีสารกระจายกักฟองอากาศ								
3-5	180	175	165	160	145	140	135	120
8-10	200	190	180	175	160	155	150	135
15-18	215	205	190	185	170	165	160	-
ปริมาณฟองอากาศ(%)โดยปริมาตร	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

หมายเหตุ ปริมาณน้ำที่แสดงนี้เป็นปริมาณสูงสุดสำหรับหินที่มีรูปร่างดี ช่วยให้ทำงานง่าย และลดหลั่นดีตามข้อกำหนด

ถ้าจำเป็นต้องเพิ่มน้ำในส่วนผสม จะต้องเพิ่มปูนซีเมนต์ เพื่อให้อัตราส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์คงที่ นอกจากผลการทดลองแสดงว่าคอนกรีตมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังสูงเกินต้องการ

ถ้าส่วนผสมต้องการน้ำน้อยกว่ากำหนด ยังไม่ควรลดปริมาณปูนซีเมนต์ นอกจากผลการทดลองแสดงว่า คอนกรีตให้กำลังสูงกว่าที่ต้องการ

ตารางที่ 1.2 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุดโดยน้ำหนักที่ยอมให้ใช้ได้สำหรับคอนกรีตในสภาวะเปิดเผยที่รุนแรง

ชนิดของโครงสร้าง	โครงสร้างที่เปียกตลอดเวลาหรือมีการเยือกแข็งและการละลายของน้ำสลับกันบ่อยๆ (เฉพาะคอนกรีตกระจายกักฟองอากาศ)	โครงสร้างในน้ำเค็มหรือถูกกับซัลเฟต
โครงสร้างบางๆที่มีเหล็กหุ้มบางกว่า 3 ซม.	0.54	0.40*
โครงสร้างอื่นๆทั้งหมด	0.50	0.45*

* ถ้าใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต (ประเภทสองหรือประเภทห้า) อาจเพิ่มค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์นี้ได้อีก 0.05

ส่วนขนาดคละและลักษณะของวัสดุผสม

ส่วนขนาดคละของหินและทรายมีผลต่อสัดส่วนการผสม ถ้ามีทรายหยาบอยู่มากจะทำให้งานนั้นทำงานลำบาก ถ้ามีทรายละเอียดอยู่มากก็ทำให้ไม่ประหยัด ถ้าส่วนขนาดคละของหินไม่ดีจะต้องใช้ทรายมากขึ้นเพื่อช่วยให้ทำงานได้ง่ายขึ้น ทรายที่เหมาะสมต้องมีเมล็ดคมและสะอาด และหินที่ใช้ควรมีลักษณะผิวขรุขระหินที่เป็นแผ่นบางไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ทำคอนกรีต

ปริมาณของวัสดุผสมคอนกรีต

ในการทำคอนกรีต มักเลือกใช้ปริมาณของวัสดุผสมให้สูง แต่จะอยู่ในเกณฑ์ที่จะเทและทำงานง่าย โดยใช้ปริมาณน้ำผสมให้ต่ำและให้ได้กำลังคอนกรีตออกมาตามต้องการ หินและทรายที่ใช้ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต จะขึ้นอยู่กับขนาดโตสุดของวัสดุผสมนั้นและค่าความละเอียดของทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนระหว่างทรายต่อหิน เป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง ส่วนผสมที่มีทรายมากเกินไป จะช่วยให้ทำงานง่าย แต่จะทำให้คอนกรีตแตกร้าวง่าย ไม่ทนทานและไม่ประหยัด สำหรับส่วนผสมที่มีหินมากเกินไป จะทำให้คอนกรีตเป็นรูโพรง เนื้อไม่แน่น และทำงานยาก อัตราส่วนระหว่างทรายต่อหินควรอยู่ระหว่าง 33 - 15 % สำหรับส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์มากเกินไป จะทำให้คอนกรีตแตกร้าวง่าย ไม่ทนทาน และไม่ประหยัด

ขนาดโตสุดของวัสดุ

โดยทั่วไปจะพยายามใช้วัสดุผสมที่มีขนาดโตที่สุดเท่าที่จะยอมให้ได้ ทั้งนี้เพราะการใช้วัสดุผสมขนาดใหญ่จะทำให้ผิวที่สัมผัสกับซีเมนต์ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักน้อยลง อย่างไรก็ตาม ขนาดโตสุดของวัสดุผสมไม่ควรโตกว่าสามในสี่ส่วนของระยะห่างของช่องว่างระหว่างเหล็กเสริม และจะต้องไม่เกินกว่าหนึ่งในห้าเท่าของด้านแคบที่สุดของโครงอาคารที่จะเท

1.3 การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต

จะเป็นการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างปริมาณของส่วนประกอบแต่ละอย่างของคอนกรีต สำหรับงานหนึ่งๆ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความข้นเหลวพอเหมาะ และสะดวกในการทำงาน และเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว มีความทนทานและกำลังตามต้องการ และ ได้ราคาที่ประหยัดที่สุด

การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับใช้ในงานเล็กๆ ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก อาจกำหนดได้เลยโดยอาศัยข้อมูลและสถิติต่างๆที่ได้ปฏิบัติมาแล้วเป็นเกณฑ์ เช่น ใช้คอนกรีต 1:2:4 โดยปริมาตรหรือโดยน้ำหนัก แต่สำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่ที่สำคัญควรออกแบบหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต ที่จะใช้ตามสภาพของงาน เพื่อจะได้กำลังคอนกรีตตามต้องการและในราคาที่ประหยัด

การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต อาจทำได้โดยวิธีการทดลองผสม หรือใช้วิธีของ ACI ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ แต่ในการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่คำนวณได้นั้นจะให้ได้ผลตามความต้องการนั้นเป็นไปไม่ได้ทั้งนี้เพราะวัสดุที่ใช้อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม และคุณสมบัติไม่ตรงตามที่คำนวน นอกจากนี้การทดลองในห้องปฏิบัติการก็อาจจะให้ผลไม่ตรงกับการนำไมผสมใช้งานต่างๆ ดังนั้นการหาสัดส่วนผสมที่ดีที่สุด นอกจากการคำนวณอย่างเดียวแล้ว ยังต้องทำการทดลองผสมจริง เพื่อจะได้ตรวจสอบและปรับสัดส่วนจนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.1 การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธีทดลองผสม

วิธีทดลองผสม เป็นการหาส่วนผสมโดยตรง เพื่อให้ได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ หรือให้ได้กำลังตามต้องการ ขนาดรูปร่าง ลักษณะผิวและส่วนขนาดคละของวัสดุผสมซึ่งเป็นตัวประกอบสำคัญในการหาสัดส่วน ที่จะให้การทำงานที่ต้องการและค่าใช้จ่ายต่ำ

วิธีการทดลองผสมด้วยมือสามารถทำได้ดังนี้

1. เลือกอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ที่ต้องการใช้ เพื่อให้กำลังอัดของคอนกรีตต่ำสุดตามที่ต้องการ(จากตารางที่ 1.3)

2. เลือกชนิดและขนาดโตสุดของวัสดุผสมและค่าการยุบตัวที่ต้องการสำหรับประเภทของงานนั้นๆ (จากตารางที่ 1.4) ซึ่งค่าต่าง ๆ ที่เลือกใช้นี้กำหนดให้เป็นตัวคงที่

3. เทปริมาณปูนซีเมนต์ที่ชั่งไว้ลงในถาดผสม และเติมปริมาณน้ำที่เตรียมไว้แล้วทำการผสมด้วยมือ ก็จะได้ซีเมนต์เพสท์ ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ตามต้องการ

4. ชั่งหินและทรายซึ่งอยู่ในสภาวะผิวแห้ง และอิ่มตัวจำนวนหนึ่ง เติมหิน และทรายลงสู่ซีเมนต์เพสท์ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันและวัดค่าการยุบตัว ถ้าค่าการยุบตัวมากเกินไป ให้เติมหินและทรายลงไปอีก แต่ถ้าการยุบตัวน้อยไปให้เติมน้ำและซีเมนต์ โดยยังต้องรักษาอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ไว้คงที่ เมื่อได้ความข้นเหลวตามที่ต้องการแล้ว ก็วัดหาปริมาณของหินและทรายที่ใช้ไป

5. หาอัตราส่วนระหว่างซีเมนต์ต่อทรายต่อหิน ซึ่งอาจจะเปรียบเทียบโดยน้ำหนักหรือโดยปริมาตรก็ได้ และเมื่อคำนวณได้สัดส่วนที่ให้ความข้นเหลวตามที่ต้องการแล้ว ก็หาอัตราส่วนของทรายต่อหินด้วยการทดลองผสมอีก แต่ยังคงรักษาความข้นเหลว และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ไว้คงเดิม จนกระทั่งได้ส่วนผสมที่ใช้ปริมาณซีเมนต์เพสท์น้อยที่สุด

6. เมื่อได้ส่วนผสมที่ดีที่สุดแล้ว จึงปรับอัตราส่วนผสมตามปริมาณความชื้นในวัสดุผสม เมื่อนำไปใช้ในงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์กับกำลังอัดประลัยของคอนกรีต

กำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 28 วัน (กก./ซม^2)	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ โดยน้ำหนัก	
	คอนกรีตไม่กระจายกักฟองอากาศ	คอนกรีตกระจายกักฟองอากาศ
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	

หมายเหตุ ค่าที่ได้จากตารางนี้ ทำการทดลองจากแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาดมาตรฐาน เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 x 30 ซม. ถ้าแท่งตัวอย่างเป็นแบบลูกบาศก์ ค่ากำลังอัดประลัยจะสูงกว่าค่าในตารางประมาณ 20 %

ตารางที่ 1.4 ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่ใช้สำหรับการก่อสร้างประเภทต่างๆ

ประเภทของงาน	ค่าความยุบตัว (ซม.)	
	ค่าสูงสุด*	ค่าต่ำสุด
งานฐานราก กำแพง คอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก งานก่อสร้างใต้น้ำ	8.0	2.0
งานพื้น คาน และผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานคอนกรีตขนาดใหญ่	5.0	2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*อาจเพิ่มได้อีก 2 ซม. สำหรับการทำคอนกรีตให้แน่นตัวโดยวิธีการอื่น ที่นอกเหนือไปจากการใช้เครื่องสั่น(Vibrator)

ตารางที่ 1.5 ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต

ขนาดโตสุดของหิน (มม.)	ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่นต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต สำหรับค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายต่างๆกัน			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.76	0.74	0.72	0.70
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.81	0.79	0.77	0.75
150	0.87	0.85	0.83	0.81

หมายเหตุ ค่าที่กำหนดให้นี้ เป็นค่าสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป สำหรับงานคอนกรีตที่ทำได้ง่ายกว่า เช่น ถนน พื้น เป็นต้น อาจเพิ่มค่าเหล่านี้ขึ้นได้อีก 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 1.6 ขนาดโตสุดของวัสดุผสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่างๆ

ขนาดความหนาของโครงสร้าง (ซม.)	ขนาดโตสุดของวัสดุผสม			
	คาน ผนัง เสา คสล. (มม.)	ผนังคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก (มม.)	พื้นถนน คสล. รับน้ำหนักมาก (มม.)	พื้นคอนกรีตรับน้ำหนักน้อย (มม.)
5.0 - 15.0	12.5 - 20	20	20 - 25	20 - 40
15.0 - 30.0	20 - 40	40	40	40 - 75
30.0 - 75.0	40 - 75	75	40 - 75	75
มากกว่า 75.0	40 - 75	150	40 - 75	75 - 150

1.3.2 การหาปฏิภาคส่วนผสมโดยวิธี ACI

วิธีนี้เสนอโดยสถาบันคอนกรีตของอเมริกา (ACI 211.1-70) ให้ผลค่อนข้างแน่นอน ทั้งนี้เนื่องจากทราบถึงคุณสมบัติต่างๆของวัสดุที่ใช้ทำคอนกรีตเสียก่อน เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะ หน่วยน้ำหนัก โมดูลัสความละเอียดและเปอร์เซ็นต์การดูดซึม เป็นต้น อีกทั้งวัสดุผสมต้องมีส่วนขนาดคละ อยู่ในพิกัดที่กำหนดด้วย

ขั้นตอนการหาปฏิภาคส่วนผสมสามารถทำได้ดังนี้

1.ทำการเลือกค่ายุบตัวที่เหมาะสมกับประเภทของงาน จะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสมและความข้นเหลวสามารถพอที่จะทำงานได้สะดวก กรณีไม่ได้กำหนดค่ายุบตัวมาให้ ค่ายุบตัวที่เหมาะสมกับประเภทของงานอาจหาได้จากตาราง 1.4

2.ทำการเลือกขนาดโตสุดของวัสดุผสม ซึ่งไม่ควรจะเกินกว่า 1ใน 5ของส่วนแคบที่สุดของแบบ หรือ 1ใน 3 ของความหนาของพื้น หรือ 3 ใน 4 ของขนาดความห่างของเหล็กเสริมที่น้อยที่สุด หรืออาจเลือกจากตาราง 1.6

3.ประมาณปริมาณน้ำที่เหมาะสมและปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้น ปริมาณน้ำที่ต้องการในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต เพื่อให้ได้ค่ายุบตัวตามที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับขนาดโตสุด รูปร่างและส่วนขนาดคละของวัสดุผสม ดังตารางที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลือกอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะที่คอนกรีตนั้นถูกนำออกไปใช้งานและกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ต้องการ ถ้าไม่ระบุมาก็ให้เลือกใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์จากตารางที่ 1.2 และ 1.3

ตาราง 1.2 ให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่มากที่สุดสำหรับประเภทงาน และสภาวะแวดล้อมต่างๆ ส่วนตารางที่ 1.3 ให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่มากที่สุดสำหรับค่าเฉลี่ยของกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ต้องการ และให้เลือกใช้ค่าอัตราส่วนดังกล่าวที่ต่ำที่สุดซึ่งหาได้จากสองตารางนี้

5. คำนวณปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการใช้ เมื่อทราบปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการใช้ในคอนกรีตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรย่อมหาได้ซึ่งเท่ากับ ปริมาณน้ำจากขั้นที่ 3 หารด้วยอัตราส่วนจากขั้นที่ 4

6. คำนวณปริมาณวัสดุผสมหยาบ ตารางที่1.5 แสดงปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่น(dry rodded)ในส่วนผสมต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตรซึ่งแตกต่างตามค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายที่ใช้ และขนาดโตที่สุดของหินที่ใช้ ปริมาณของวัสดุผสมหยาบคิดเป็นน้ำหนักมีค่าเท่ากับปริมาตรของวัสดุผสมหยาบคูณด้วยหน่วยน้ำหนักของวัสดุผสมหยาบนั้น

7. ประมาณปริมาณวัสดุผสมละเอียด ปริมาณของวัสดุผสมละเอียดจะหาได้จาก

ปริมาตรเนื้อแท้ของวัสดุผสมละเอียด = ปริมาตรของคอนกรีต-ปริมาตรเนื้อแท้ของส่วนผสมต่าง(ยกเว้นทราย) โดยที่

ปริมาตรเนื้อแท้ = น้ำหนักของวัสดุ/ความถ่วงจำเพาะคูณหน่วยน้ำหนักของน้ำ

8. ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้นของวัสดุผสม ตามปกติวัสดุที่ใช้งานจริงจะมีความชื้นสูงกว่าในสภาวะอิ่มตัวและผิวแห้ง จึงต้องแก้ส่วนผสมให้เข้ากับสภาพจริงโดยเพิ่มน้ำหนักของวัสดุผสมขึ้นเท่ากับน้ำหนักน้ำที่ติดมาและลดน้ำในส่วนผสมออกในจำนวนเท่ากัน ในกรณีที่วัสดุผสมแห้งกว่าสภาวะอิ่มตัวและผิวแห้งจะต้องแก้ส่วนผสมเช่นกันในทางตรงกันข้าม

9. การปรับส่วนผสมด้วยการทดลองผสมสัดส่วนของผสมต่างๆที่คำนวนแล้วเป็นเกณฑ์โดยประมาณทั้งสิ้น ซึ่งจะต้องตรวจสอบดูด้วย ถึงผลที่ได้ ทั้งในด้านกำลังของคอนกรีตและความยากง่ายในการทำงานโดยการทดลองผสมจริงจากนั้นตรวจสอบดูหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ปริมาตรที่ใช้และปริมาณอากาศแล้วจึงปรับส่วนผสมต่างๆ ให้เหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

การคำนวณค่าใช้จ่ายในการทำคอนกรีตบล็อกจากส่วนผสมขี้เถ้าลอย

เปรียบเทียบต่อก้อนของคอนกรีตบล็อกในแต่ละส่วนผสมราคาวัสดุก่อสร้าง

หินฝุ่น	240	บาท/$ม^3$	=	240/1772	=	0.135 บาท/กก.
ปูน	85	บาท/ถุง	=	85/50	=	1.70 บาท/กก.
ทราย	210	บาท/$ม^3$	=	210/1586	=	0.132 บาท/กก.
ราคาค่าขนส่งขี้เถ้าลอย			=	0.4		บาท/กก.

คิดต่อส่วนผสม 0.2 $ม^3$ (จำนวนก้อนคอนกรีตบล็อกเฉลี่ยที่อัดได้ 40 ก้อน)

MIXTURE 1 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	=	181 x 0.135	=	24.435 บาท
ปูน	69.5	กก.	=	69.5 x 1.70	=	118.150 บาท
ทราย	87	กก.	=	87 x 0.132	=	11.484 บาท
				รวม		154.069 บาท

จำนวนก้อนของคอนกรีตบล็อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล็อก = 3.852 บาท/ก้อน

MIXTURE 2 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	=	181 x 0.135	=	24.435 บาท
ปูน	56	กก.	=	56 x 1.70	=	95.200 บาท
ทราย	87	กก.	=	87 x 0.132	=	11.484 บาท
ขี้เถ้าลอย	14	กก.	=	14 x 0.4	=	5.600 บาท
				รวม		136.719 บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล็อก = 3.418 บาท/ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIXTURE 3 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	= 181 x 0.135	= 24.435	บาท
ปูน	49	กก.	= 49 x 1.70	= 83.300	บาท
ทราย	87	กก.	= 87 x 0.132	= 11.484	บาท
ขี้เถ้าลอย	21	กก.	= 21 x 0.4	= 8.400	บาท
			รวม	127.619	บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล๊อก = 3.190 บาท/ก้อน

MIXTURE 4 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	= 181 x 0.135	= 24.435	บาท
ปูน	42	กก.	= 42 x 1.70	= 71.400	บาท
ทราย	87	กก.	= 87 x 0.132	= 11.847	บาท
ขี้เถ้าลอย	28	กก.	= 28 x 0.4	= 11.200	บาท
			รวม	118.882	บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล๊อก = 2.972 บาท/ก้อน

MIXTURE 5 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	= 181 x 0.135	= 24.435	บาท
ปูน	39.5	กก.	= 39.5 x 1.70	= 67.150	บาท
ทราย	112	กก.	= 112 x 0.132	= 14.784	บาท
			รวม	106.369	บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล๊อก = 2.659 บาท/ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIXTURE 6 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	= 181 x 0.135	=	24.435	บาท
ปูน	31.5	กก.	= 31.5 x 1.70	=	53.550	บาท
ทราย	112	กก.	= 112 x 0.132	=	14.784	บาท
ขี้เถ้าลอย	8	กก.	= 8 x 0.4	=	3.200	บาท
			รวม		95.969	บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล๊อก = 2.399 บาท/ก้อน

MIXTURE 7 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	= 181 x 0.135	=	24.435	บาท
ปูน	27.5	กก.	= 27.5 x 1.70	=	46.750	บาท
ทราย	112	กก.	= 112 x 0.132	=	14.784	บาท
ขี้เถ้าลอย	12	กก.	= 12 x 0.4	=	4.800	บาท
			รวม		90.769	บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล๊อก = 2.269 บาท/ก้อน

MIXTURE 8 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	= 181 x 0.135	=	24.435	บาท
ปูน	23.5	กก.	= 23.5 x 1.70	=	39.950	บาท
ทราย	112	กก.	= 112 x 0.132	=	14.784	บาท
ขี้เถ้าลอย	16	กก.	= 16 x 0.4	=	6.400	บาท
			รวม		85.569	บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล๊อก = 2.139 บาท/ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIXTURE 9 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	= 181 x 0.135	=	24.435	บาท
ปูน	32.5	กก.	= 32.5 x 1.70	=	55.250	บาท
ทราย	122	กก.	= 122 x 0.132	=	16.104	บาท
			รวม		95.789	บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล๊อก = 2.394 บาท/ก้อน

MIXTURE 10 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	= 181 x 0.135	=	24.435	บาท
ปูน	26	กก.	= 26 x 1.70	=	44.200	บาท
ทราย	122	กก.	= 122 x 0.132	=	16.104	บาท
ขี้เถ้าลอย	6.5	กก.	= 6.5 x 0.4	=	2.600	บาท
			รวม		87.339	บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล๊อก = 2.183 บาท/ก้อน

MIXTURE 11 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	= 181 x 0.135	=	24.435	บาท
ปูน	22.5	กก.	= 22.5 x 1.70	=	38.250	บาท
ทราย	122	กก.	= 122 x 0.132	=	16.104	บาท
ขี้เถ้าลอย	10	กก.	= 10 x 0.4	=	4.000	บาท
			รวม		82.789	บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล๊อก = 2.070 บาท/ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIXTURE 12 ปริมาณวัสดุที่ใช้เป็นดังนี้

หินฝุ่น	181	กก.	=	181 x 0.135	=	24.435 บาท
ปูน	19.5	กก.	=	19.5 x 1.70	=	33.150 บาท
ทราย	122	กก.	=	122 x 0.132	=	16.104 บาท
ขี้เถ้าลอย	13	กก.	=	13 x 0.4	=	5.200 บาท
				รวม		78.889 บาท

จำนวนก้อนเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อกที่ได้ = 40 ก้อน/0.2 $ม^3$

ราคาคอนกรีตบล๊อก = 1.972 บาท/ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

วิธีการหาค่า Sound Transmission Class (STC)

1. การคำนวณหาค่า STC โดยการใช้ Worksheet

เป็นการหาค่า STC โดยการใช้ค่า Tranmission Loss และค่า STC ที่ต้องการเป็นค่าครั้งสุดท้ายที่ได้จากการคำนวณตาม Worksheet ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1.1 เขียนค่า Transmission Loss ในแต่ละความถี่ 1/3 octave ตั้งแต่ความถี่ 125-4000 Hz ลงใน column ใช้สัญญลักษณ์ว่า TL

1.2 ในแต่ละความถี่ เพิ่ม column ของค่า "Adjustment" และ "TL" เสร็จแล้วนำผลบวกของทั้งสอง column ลงใน column "Adjusted TL"

1.3 วงกลมรอบค่า "Adjusted TL" ที่มีค่าน้อยที่สุด แล้วบวก 8 เพิ่มเข้าไปกับค่าที่ได้วงกลมไว้แล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่า STC ค่าแรกที่เลือกใช้ เขียนค่า STC ไว้บนสุดตัวแรกใน column "Trial STCs and Deficiencies"

1.4 นำค่า Adjusted TL ลบออกจากค่า Trial STC ทุก ๆ ค่าความถี่ ถ้าค่าที่ได้มีค่าเป็นบวก ให้เขียนค่าที่ได้ลงในแถวโดยให้ตรงกับค่าความถี่แต่ละตัว ถ้าค่าที่ออกมามีค่าเป็นลบ ให้เว้นว่างไว้ (ค่าที่ได้ เรียกว่า Deficiencies)

1.5 บวกค่า Deficiencies ทุกตัวใน column นำผลลัพธ์ที่ได้เขียนไว้บรรทัดล่างสุด เขียนกำกับไว้ว่า Sum of Deficiencies

1.6 ถ้าผลรวมของ Deficiencies น้อยกว่าหรือเท่ากับ 32 ค่า Trial STC จะเป็นค่า STC จริง ถือว่าเสร็จสิ้นการคำนวณ

1.7 ถ้าผลรวมของ Deficiencies มีค่ามากกว่า 32 ให้ลดค่าของ Trial STC ลง 1 ค่า (Trial STCใหม่ = Trial STCเดิม - 1) เขียนค่า Trial STC ที่ได้ลงใน Column ถัดไป

1.8 ทำตามข้อ 1.4-1.7 จนกว่าจะได้ค่า STC ที่ถูกต้อง (มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 32)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Worksheet for Calculating STC and Similar Ratings

Frequency	TL	Adjustment	Adjusted TL	Trial STCs and Deficiencies				
				29	28	27	26	26
125	18	16	34	...	...	...	...	...
160	18	13	31	...	...	...	...	...
200	17	10	27	2	1	...	...	...
250	17	7	24	5	4	3	2	1
315	20	4	24	5	4	3	2	1
400	21	1	22	7	6	5	4	3
500	22	0	22	7	6	5	4	3
630	23	-1	22	7	6	5	4	3
800	25	-2	23		5	4	3	2
1000	26	-3	23			4	3	2
1250	26	-4	22			5	4	3
1600	25	-4	21				5	4
2000	25	-4	21				5	4
2500	26	-4	22					3
3150	30	-4	26					
4000	31	-4	27					
	Sum of deficiencies:			>32	>32	>32	>32	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคำนวณหาค่า STC โดยการใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์

```
00010  rem         Routine to calculate STC, FSTC, NIC or NNIC
00020  rem         The data values are in array TL.
00030  rem         Differences between dataand reference contour
00040  rem         are in the array DIFFERENCE
00050  rem         The reference contour is read into STC_CONT.
00060  rem
00100  for BAND=21 to 36   / BAND numbers corresponding to 125 and 4000 Hz
00120      read STC_CONT(BAND)           / GET REFERENCE STC 0 CONTOUR
00130  next BAND
00140  data -16, -13, -10, -7, -4, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 4, 4, 4, 4, 4
00150  rem
00155  rem         To reduce computation time, first increase the estimated STC
00160  rem         so that at 125 hertz the reference contour is 8 dB above the
00165  rem         data at frequency. The trial STC value is a further
00170  rem         16 dB above this contour value. the program then lowers the
00175  rem         reference contour until the criteria are satisfied.
00185  rem
00190  let STC=INT(TL(21)+.5+16+8)  /STC eventually becomes the correct value
00200  SUM=0   /for sum of deficiencies
00210  for BAND=21 to 36
00240      let DIFERENCE(BAND)=STC_CONT(BAND)+STC_INT(TL(BAND)+.5)
00250         rem 8 dB rule - no deficiency greater than 8 dB
00260  if DIFERENCE(BAND)>8 THEN STC=STC-1 : GO TO 200
00270         rem count only deficiencies i.e. data below contour
00360  if DIFERENCE(BAND)>0 THEN let SUM=SUM+DIFERENCE(BAND)
00370         rem sum of deficiencies must not greater than 32 dB
00380  if SUM>32 than STC=STC-1:GO TO 200
00480  next BAND
00490  rem
00500  rem         After exit from the routine, STC is the correct value of
00520  rem         STC, NIC, FSTC or NNIC as appropriate
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้