วัสดุผสมสำหรับคอนกรีตเบา

AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE

โดย

นางสาวกาญจนา ออมกระโทก

นางสาวอารีรัตน์ สุทธิ

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033349

AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE

MISS.KANJANA OMKRATOKE

MISS.AREERAT SUTTHI

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CONSTRUTION ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุผสมสำหรับคอนกรีตเบา

AGGREGATES FOR LIGHTWEIHT CONCRETE

โดย นางสาวกาญจนา ออมกระโทก

นางสาวอารีรัตน์ สุทธิ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ

บทคัดย่อ

การจัดทำโครงงานนี้ เพื่อศึกษาถึงวัสดุที่สามารถจะนำมาผสมกับคอนกรีตในการทำคอนกรีตน้ำหนักเบา ทั้งที่เป็นชนิดแทนมวลรวมหยาบและแทนมวลรวมละเอียด ในการทำโครงงานนี้ ได้ทดลองนำวัสดุที่มีน้ำหนักเบา และเป็นวัสดุเหลือใช้ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ คือ อิฐหัก เป็นวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนอาคาร ขี้เลื่อย เป็นวัสดุที่ได้จากการแปรรูปไม้ และ โฟม เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบามากและกำลังเป็นที่สนใจ ในการนำมาผสมคอนกรีต เพื่อทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบา วัสดุทั้ง 3 ชนิด ได้นำมาผสมกับ ทราย ซีเมนต์ และ หิน เป็นคอนกรีต โดยใช้สัดส่วนต่าง ๆ กัน แล้วนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นการแนะนำวัสดุชนิดใหม่ เพื่อใช้แทน ทราย หรือ หิน ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งคาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

ABSTRACT

THIS IS MAKING SPECIAL PROJECT FOR STUDY MATERIALS THAT USE FOR MIX CONCRETE FOR MAKING LIGHTWEIGHT CONCRETE. BY INSTEAD COARSE AND FINE AGGREGATE,PROJECT HAS BEEN TOWARDS FINDING THE LIGHTWEIGHT MATERIALS AND CHEAPER IN COST. THE MATERIALS THAT USED IS BROKEN BRICK , SAWDUST AND FOAM (EXPANDABLE POLYSTYRENE).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานพิเศษ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ศิริวัฒน์ ไชยชนะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่ได้ให้ความรู้ ความเข้าใจ คำปรึกษาแนะนำ ในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนได้กรุณาตรวจสอบโครงงานพิเศษนี้ จนสำเร็จเป็นที่เรียบร้อย และผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ ที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ อันทำให้โครงงานพิเศษนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บริษัท ART ENGINEERINR AND CONSTRUCTION จำกัด , บริษัท มินเนอรัล และ เคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูล และสารเพิ่มกำลังคอนกรีต และขอขอบคุณเพื่อน ๆ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ได้ช่วยเหลือด้านแรงงานและด้านกำลังใจ จนกระทั่งโครงงานพิเศษนี้สำเร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำโครงการ

นางสาวกาญจนา ออมกระโทก

นางสาวอารีรัตน์ สุทธิ

มีนาคม 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... I

กิตติกรรมประกาศ..... II

สารบัญ..... III

สารบัญตาราง..... V

สารบัญรูป.....VIII

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ..... 2

1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงาน..... 3

1.4 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ..... 6

2 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดลองทำคอนกรีตน้ำหนักเบา..... 7

2.1 อิฐหัก..... 7

2.2 ซีเลือย..... 10

2.3 โฟม..... 10

2.4 หิน..... 11

2.5 ทราย 12

2.6 ปูนซีเมนต์..... 12

2.7 สารเพิ่มกำลังคอนกรีต..... 12

3 การดำเนินงานวิจัย..... 13

3.1 การออกแบบการทดลอง..... 13

3.2 การคำนวณส่วนผสมคอนกรีต..... 14

3.3 การทดสอบ..... 20

3.4 เครื่องมือที่ใช้..... 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ หน้า

4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล..... 23

4.1 ผลการทดสอบ..... 26

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ..... 74

5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 79

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อกำหนดเกี่ยวกับคอนกรีตในการใช้งานประเภทต่างๆ

ภาคผนวก ข การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสม

ภาคผนวก ค ปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตใช้หินขนาด 1.5"... 26
2. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตใช้หินขนาด 1.5" เติมสารเพิ่มกำลังของคอนกรีต..... 27
3. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก 100%..... 28
4. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก 100%MX... 29
5. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก 90%MX.... 30
6. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก 80%MX.... 31
7. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก 70%MX.... 32
8. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก 60%MX.... 33
9. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก 50%MX.... 34
10. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อยแทนที่ทราย 50%..... 35
11. แสดงการผลทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อยแทนที่ทราย 60%..... 36
12. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตใช้หินขนาด 0.5".... 37
13. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1 โดยปริมาตรปูน..... 38
14. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:2 โดยปริมาตรปูน..... 39
15. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1.5 โดยปริมาตรของปูน..... 40
16. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมโฟม 1:1 โดยปริมาตรของปูน..... 41
17. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมโฟม 1:1.5 โดยปริมาตรปูน..... 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ หน้า

18. แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมโฟม 1:2 โดยปริมาตรของปูน..... 43
19. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตใช้หินขนาด 1.5"..... 45
20. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตใช้หินขนาด 1.5"MX.... 45
21. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 100%..... 46
22. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 100%MX..... 46
23. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 90%MX..... 47
24. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 80%MX..... 47
25. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 70%MX..... 48
26. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 60%MX..... 48
27. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 50%MX..... 49
28. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 50%MX โดยปริมาตรของปูน..... 49
29. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 60%MX โดยปริมาตรของปูน..... 50
30. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตใช้หินขนาด 0.5"..... 50
31. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1 โดยปริมาตรของปูน..... 51
32. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:2 โดยปริมาตรของปูน..... 51
33. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1.5 โดยปริมาตรของปูน..... 52
34. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมโฟม 1:1 โดยปริมาตรของปูน..... 52
35. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมโฟม 1:1.5 โดยปริมาตรของปูน..... 53
36. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมโฟม 1:2 โดยปริมาตรของปูน..... 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

1. แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ไม่เติม MX เติม MX และ ขนาดของหิน..... 60
2. แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก 100% และ 100%MX..... 61
3. แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก 100%MX 90%MX, 80%MX, 70%MX, 60%MX, 50%MX..... 62
4. แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย แทนที่ทราย 50%MX และ 60%MX..... 63
5. แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1, 1:1.5 และ 1:2..... 64
6. แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมโฟม 1:1, 1:1.5 และ 1:2..... 65
7. แสดงการเปรียบเทียบแรงยึดเกาะของคอนกรีตที่ไม่เติมMX เติมMX และ ขนาดของหิน..... 66
8. แสดงการเปรียบเทียบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 100%MX 90%MX, 80%MX, 70%MX, 60%MX, 50%MX..... 67
9. แสดงการเปรียบเทียบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย แทนที่ทราย 50%MX, 60%MX, 1:1, 1:1.5, 1:2..... 68
10. แสดงการเปรียบเทียบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมโฟม อัตราส่วน 1:1, 1:1.5, 1:2..... 69
11. แสดงการเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต, อิฐหัก 100%MX 90%MX, 80%MX, 70%MX, 60%MX, 50%MX..... 70
12. แสดงการเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย แทนที่ทราย 50%MX,60%MX..... 71
13. แสดงการเปรียบเทียบหน่วยหน้ำหนักของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย อัตราส่วน 1:1, 1:1.5, 1:2..... 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ หน้า

14. แสดงการเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมโฟม อัตราส่วน 1:1, 1:1.5, 1:2..... 73
15. แสดงไม้ผสมคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง..... 92
16. แสดงแบบหล่อคอนกรีตตัวอย่าง ทดสอบกำลังรับแรงอัด..... 92
17. แสดงตะแกรงร่อนทราย หิน 93
18. แสดงเครื่องมือวัด..... 93
19. แสดงเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล..... 94
20. แสดงเครื่องชั่งน้ำหนักวัสดุที่มีน้ำหนักมาก..... 94
21. แสดงเครื่อง UNIVERSAL TESTING MACHINE..... 95
22. แสดงตู้อบไอน้ำ 96
23. แสดงอิฐหัก..... 96
24. แสดงขี้เลื่อยแบบไม่ร่อนผ่านตะแกรง..... 97
25. แสดงขี้เลื่อยร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4..... 97
26. แสดงโฟม..... 98
27. แสดงวัสดุหยาบและวัสดุละเอียด..... 98
28. แสดงปูนซีเมนต์ประเภทสี่สาม..... 99
29. แสดงวัสดุผสมคอนกรีตปกติ ประกอบด้วย หิน ทราย..... 100
30. แสดงน้ำยาผสมเพิ่มกำลังคอนกรีต MIGHTY MX..... 100
31. แสดงส่วนผสมของคอนกรีตผสมอิฐ ประกอบด้วย อิฐ ทราย น้ำยา ปูน.. 101
32. แสดงส่วนผสมของคอนกรีตผสมขี้เลื่อยแทนที่ทราย ประกอบด้วย หิน ขี้เลื่อย ทราย ปูน น้ำยา..... 101
33. แสดงส่วนผสมของคอนกรีตผสมขี้เลื่อยโดยปริมาตรปูน ประกอบด้วย หิน ทราย ปูน ขี้เลื่อย น้ำยา..... 102
34. แสดงส่วนผสมของคอนกรีตผสมโฟมโดยปริมาตรปูน ประกอบด้วย หิน ทราย ปูน โฟม น้ำยา..... 102
35. แสดงการผสมคอนกรีตด้วยโฟม..... 103
36. แสดงคอนกรีตผสมเสร็จใหม่ ๆ ก่อนการเทคอนกรีตลงแบบ..... 103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ หน้า

37. แสดงคอนกรีตขณะอยู่ในแบบหล่อก่อนแกะการทดสอบ..... 104

38. แสดงบ่อบ่มคอนกรีต..... 105

39. แสดงแท่งคอนกรีตผสมอิฐหักหลังการทดสอบ..... 106

40. แสดงแท่งคอนกรีตผสมขี้เลื่อยหลังการทดสอบ..... 106

41. แสดงแท่งคอนกรีตผสมโฟมหลังการทดสอบ..... 107

42. แสดงแท่งคอนกรีตแบบต่างๆ ประกอบด้วย คอนกรีตผสมอิฐ
คอนกรีตผสมขี้เลื่อย และ คอนกรีตผสมโฟม..... 107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา งานทางด้านวิศวกรรมเป็นส่วนหนึ่งที่เสริมในการพัฒนาประเทศ สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาได้มีสิ่งก่อสร้างต่างๆเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การค้นคว้าวิจัยเพื่อผลิตวัสดุสำหรับการก่อสร้างย่อมจะเป็นประโยชน์ในงานด้านนี้เป็นอย่างยิ่ง

หินเป็นวัสดุผสมคอนกรีตที่หนักที่สุด จึงมีแนวความคิดที่จะนำอิฐหักมาใช้แทนหิน เนื่องจากอิฐหักมีน้ำหนักเบากว่าหิน มีราคาถูกและมีความแข็งแรงพอสมควร และได้มีความคิดที่จะนำขี้เถ้าอย เม็ดโฟม มาใช้เป็นมวลรวมละเอียดผสมเพิ่มในคอนกรีต เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีน้ำหนักเบา และมีราคาถูก คอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาเมื่อนำมาใช้เป็นคอนกรีตในงานก่อสร้างจะช่วยลดน้ำหนักของโครงสร้างลง สะดวกในการขนส่ง สะดวกในการทำงาน ลดขนาดหรือจำนวนของสิ่งก่อสร้างลง เช่น เสาเข็ม ฐานราก เสา คาน เป็นต้น

ดังนั้น ถ้าสามารถผลิตคอนกรีตเบาได้ โดยสามารถทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำหรือเท่ากับต้นทุนการผลิตของคอนกรีตธรรมดา จะเป็นผลให้เกิดความประหยัดในการก่อสร้าง และคอนกรีตเบา ยังสามารถนำมาทำเป็นคอนกรีตสำเร็จรูปได้ เช่น คอนกรีตบล็อค ผนังสำเร็จรูป วัสดุทนไฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. ศึกษาถึงวัสดุ และสารเคมีผสมเพิ่มที่จะนำมาทำคอนกรีตน้ำหนักเบาที่ใช้ในงานคอนกรีตทั่วไป โดยวัสดุที่ทำการศึกษา ได้แก่ อิฐหัก ขี้เลื่อย
2. ศึกษาเปรียบเทียบคอนกรีตที่ได้จากการผสม อิฐหัก ขี้เลื่อย และ โฟม ในด้าน กำลังรับแรงอัด หน่วยน้ำหนัก การยึดเกาะระหว่างคอนกรีต กับเหล็กเสริม และ ราคาของคอนกรีตแต่ละชนิดที่ทำการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงาน

ในอาคารสิ่งก่อสร้างต่างๆ น้ำหนักส่วนหนึ่งที่ใช้คิดคำนวณหาเนื้อที่หน้าตัดและขนาดของเหล็กเสริมเป็นน้ำหนักของตัวอาคารเอง ซึ่งถ้าหากสามารถทำให้ตัวอาคารมีน้ำหนักเบา ขนาดของโครงสร้างย่อมมีขนาดเล็กลง ทำให้ประหยัดราคาก่อสร้างลงได้มาก ดังนั้นจึงต้องใช้คอนกรีตเบา ซึ่งเป็นคอนกรีตที่ผลิตขึ้นเช่นเดียวกับคอนกรีตธรรมดา แต่ใช้วัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบากว่า นอกจากนี้คอนกรีตเบายังใช้เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดาอีกด้วย คอนกรีตเบามีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 300 - 1850 กก.ต่อลูกบาศก์เมตร

คอนกรีตเบาจำแนกตามหน่วยน้ำหนักได้เป็น

ก. คอนกรีตเบาชนิดทำฉนวน(Insulating Ligthweigth Concrete) มีน้ำหนักตั้งแต่ 315-1100 กก.ต่อลูกบาศก์เมตร และมีกำลังต้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ระหว่าง 7-70 กก.ต่อ ตารางเซ็นติเมตร

ข. คอนกรีตเบาชนิดทำเป็นโครงสร้าง(Structural Lightweight Concrete) มีน้ำหนักระหว่าง 1400-1800 กก.ต่อ ลูกบาศก์เมตร และมีกำลังต้านทานแรงอัด เมื่ออายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 170 กก.ต่อ ตารางเซ็นติเมตร

ค. คอนกรีตชนิดกึ่งเบา(Semi-lightweight Concrete) มีน้ำหนักตั้งแต่ 1800-2050 กก.ต่อ ลูกบาศก์เมตร นำมาทำพวกคอนกรีตบล๊อค สำหรับกำแพงรั้ว และใช้เป็นวัสดุทนไฟ กำลังต้านทานแรงอัดไม่ต่ำกว่า 120 กก.ต่อ ตารางเซ็นติเมตร

การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตเบาจะต่างกับวิธีที่ใช้คอนกรีตน้ำหนักธรรมดา เพราะวัสดุผสมจะดูดน้ำที่ใช้ผสมส่วนหนึ่งไป การคำนวณโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จึงค่อนข้างยาก โดยมากจึงเปลี่ยนใช้วิธีหาปริมาณของซีเมนต์ที่ต้องใช้ต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร

คอนกรีตที่ใช้ผสมน้ำหนักเบาต้องการเวลาผสมมากกว่าคอนกรีตธรรมดา และวัสดุผสมนี้มีความโน้มเอียงที่จะเกิดการแยกแยะในขณะเทและอัดคอนกรีตมากกว่าธรรมดา ด้วยเหตุนี้จึงควรใช้สารกระจายกักฟองอากาศเข้าช่วย การแยกแยะในคอนกรีตเป็นผลมาจากการลอยตัวอันเนื่องมาจากค่าความยุบตัวสูงเกินไป หรือใช้เครื่องเขย่านานเกินไป หรือวิธีการจัดการอย่างอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตเบาที่ทำขึ้นจากวัสดุผสมต่างๆกัน จะมีน้ำหนักต่างกัน ซึ่งอาจมีความหนาแน่นตั้งแต่ 300-1850 กก.ต่อ ลูกบาศก์เมตร และมีค่ากำลังอัดตั้งแต่ 3-400 กก.ต่อตารางเซ็นติเมตร กำลังต้านทานแรงอัดมีค่าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของคอนกรีตที่ได้ ถ้ามีความหนาแน่นสูง กำลังต้านทานแรงอัดก็สูงด้วย ปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ก็มีส่วนต่อกำลังความแข็งแรงของคอนกรีตเช่นกัน กล่าวคือ ถ้าต้องการกำลังอัด 210 กก.ต่อ ตารางเซ็นติเมตร ก็ต้องใช้ปูนซีเมนต์ 235-400 กก.ต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร หรือถ้าต้องการกำลังอัด 310 กก.ต่อ ตารางเซ็นติเมตร ก็ต้องใช้ปูนซีเมนต์ 330-490 กก.ต่อ คอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร

คุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตเบา ได้แก่

1) คอนกรีตเบา ดูดซึมน้ำได้มากกว่าคอนกรีตธรรมดา เนื่องจากมีรูพรุนมากกว่า

2) คอนกรีตเบา หดตัวมากกว่าคอนกรีตธรรมดาประมาณ 5-40 % แต่คอนกรีตเบาที่ใช้วัสดุผสมซึ่งเป็นผลิตผลจาก ดินเผา ดินดาล หรือตะกรัน จะหดตัวน้อยลง

3) คอนกรีตเบาอาจล้ามากกว่าคอนกรีตธรรมดา

4) ค่าปัวส์ซองเรโชของคอนกรีตเบาเท่ากับของคอนกรีตธรรมดา แต่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีค่าประมาณ 1/2-3/4 เท่าของคอนกรีตธรรมดา เมื่อมีค่ากำลังอัดประลัยเท่ากัน

5) คอนกรีตเบาเก็บเสียงได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา แต่ถ้าดัดแปลงผิวของคอนกรีตเสียใหม่ แทนที่จะเก็บเสียง คอนกรีตเบานี้จะกลายเป็นฝาสำหรับสะท้อนเสียงได้สูงมาก

6) สัมประสิทธิ์การขยายตัวของคอนกรีตเบาประมาณ $7*10^{-6}$ - $14*10^{-6}$ ต่อองศาเซนติเกรด ซึ่งน้อยกว่าค่าของคอนกรีตธรรมดา

7) คอนกรีตเบามีความต้านทานเหลิงได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ข้อกำหนดสำหรับคอนกรีตเบาในการก่อสร้างทั่วไป

	ค่าหน่วยน้ำหนักที่อายุ 28 วัน(แห้งในอากาศ)(สูงสุด)กก/ม^3	กำลังรับแรงดึงที่อายุ28 วัน (ต่ำสุด) กก./ซม.^{3}	กำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน (ต่ำสุด) กก./ซม.^{2}
ใช้มวลรวมเบาทั้งหมด	1760	22	280
	1680	21	210
	1602	20	175
ใช้มวลรวมเบาแทนมวลรวมหยาบ	1840	23	280
	1760	22	210
	1680	21	175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1. ศึกษาถึง วัสดุที่เหมาะสมที่จะนำมาทำคอนกรีตเบา ในการก่อสร้างทั่วไป มีน้ำหนักระหว่าง 800 - 1800 กก.ต่อ ลูกบาศก์เมตร และมีกำลังต้านทานแรงอัด เมื่ออายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 170 กก.ต่อ ตารางเซนติเมตร วัสดุที่เลือกนำมาทดลองทำคอนกรีตน้ำหนักเบา ได้แก่ อิฐหัก ขี้เลื่อย โฟม

2. ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยกำหนดกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน เท่ากับ 200 กก./ซม.^{2}

3. ทำการเปรียบเทียบคอนกรีตที่ได้จากการผสมอิฐหัก ขี้เลื่อย โฟม ในด้านการรับแรงอัด การยึดเกาะระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม หน่วยน้ำหนัก และราคาของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

2.1 อิฐหัก

อิฐหักเป็นอิฐที่ได้จากการรื้ออาคารหรือผนังอาคารที่เป็นผนังก่ออิฐหรืออิฐที่ใช้ในการก่อผนังที่หักและใช้ไม่ได้ อิฐหักเหล่านี้จะไม่มีประโยชน์อีกแล้วในการก่อสร้างนอกจากนำไปถมที่ หรือไม่ก็นำไปทิ้ง

นักศึกษาจึงมีความคิดว่า ถ้านำอิฐหักมาเป็นวัสดุผสมหยาบแทนหิน น่าจะทำให้ได้คอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาขึ้น เนื่องจากอิฐหักมีน้ำหนักเบากว่าหิน ส่วนกำลังรับแรงอัดต้องนำไปทดลองหา โดยการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต อิฐหักเป็นวัสดุที่น่าสนใจเพราะไม่ต้องซื้อสามารถขอได้ และเป็นการนำวัสดุมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

<u>การผลิตอิฐมอญ</u> มีวิธีการผลิต 2 วิธีคือ

1. การผลิตด้วยแรงงานคน เป็นการผลิตอิฐที่ได้คุณภาพค่อนข้างต่ำ
2. การผลิตด้วยเครื่องจักร เป็นการผลิตอิฐที่ได้คุณภาพสูง

<u>ดินที่ใช้ในการผลิตอิฐ</u>

ปัจจุบันใช้ดินเหนียวหรือดินดาน ผสมกับทรายและขี้เถ้าแกลบ ผสมให้เข้ากันโดยใช้น้ำพรมลงไปเรื่อยๆและคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน อาจใช้จอบหรือเครื่องกวนก็ได้

<u>คุณสมบัติของดินที่ใช้ที่อิฐ</u>

1. ไม่คืนตัวง่าย เมื่อทำเป็นก้อนอิฐแล้ว
2. จะแข็งตัวเมื่อถูกเผาและอยู่ในสภาพคงรูป
3. แห้งได้เร็วโดยที่ไม่หดตัวมากนัก
4. ไม่โก่งหรืองอตัวเมื่อถูกเผาให้แห้ง
5. ไม่แตกปริในขณะเผาหรือจากการหดตัว

<u>คุณสมบัติของอิฐซึ่งใช้เป็นมวลรวมหยาบที่มีผลต่อคุณภาพของคอนกรีต</u>

วัสดุผสมเป็นพวกแร่ธาตุที่เฉื่อยไม่มีปฏิกิริยา ในเนื้อคอนกรีตจะมีวัสดุผสมอยู่ประมาณสามในสี่ เนื่องจากราคาของวัสดุผสมถูกกว่าปูนซีเมนต์ ดังนั้นวัสดุผสมจึงมีส่วนทำให้คอนกรีตราคาต่ำลง วัสดุผสมเป็นตัวแทรกในเนื้อคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของมวลรวมทางด้านกายภาพ กลศาสตร์ ความร้อน และทางเคมี มีผลต่อคอนกรีตในด้าน plastic และความแข็งแกร่งทางด้าน plastic การผสมคอนกรีตมุ่งที่จะให้มีการยึดเกาะของมวลรวมดี และไม่แยกตัวออกจากกัน การผสมต้องมี workability (ความสามารถเทได้) ที่ดี คือการที่คอนกรีตสามารถไหลเข้าแบบหล่อได้ดี ทำให้แน่นตัวง่าย และคอนกรีตปราศจากรูโพรงต่าง ๆ ช่องว่างระหว่างวัสดุผสมจะต้องมีซีเมนต์เพสท์บรรจุเต็ม ทางด้านความแข็งแกร่ง คอนกรีตต้องมีความแข็งแกร่งที่เพียงพอ (เช่น แรงอัด แรงดึง แรงยึดเหนี่ยวและแรงเฉือน) ส่วนคุณสมบัติด้านอื่น เช่น มีความทนทาน น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ การหดตัวต่ำ และการตกแต่งผิวทำได้ดี จากคุณสมบัติที่กล่าวมา คุณสมบัติทางตรงของอิฐหักมีผลต่อคอนกรีตใน 2 สถานะอย่างชัดเจน โดยการพิจารณาดังต่อไปนี้

<u>ความแข็งแกร่งของมวลรวม(Aggreate Strength)</u> โดยปกติมวลรวมที่อ่อนไม่สามารถทำให้คอนกรีตแข็งแรงได้ มวลรวมที่แข็งแรงและมีความทนทานจะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงและทนทานตามไปด้วย

LAA(The los Angles Abrasion Test)เป็นการทดสอบหาความทนทานต่อการสึกกร่อน เป็นตัวชี้คุณภาพของอิฐที่จะนำมาผสมคอนกรีตเป็นการทดสอบเปรียบเทียบน้ำหนักของอิฐที่สูญหายไปในการทดสอบกับข้อกำหนดตามความต้องการที่ระบุไว้ วัสดุหยาบที่ใช้กับงานคอนกรีตต้องมีการสึกกร่อนในการทดสอบ LAAไม่เกินร้อยละ 40

<u>รูปร่างและความหยาบละเอียดของมวลรวม(Aggreate Shape and Text)</u> อิฐที่ใช้ในการผสมคอนกรีตมีรูปร่างเป็น มุม มีเหลี่ยมคมแน่นอน และมีโครงสร้างเป็นรูพรุนคล้ายรวงผึ้ง รูปร่างและลักษณะผิวมีความสำคัญต่อการควบคุมความสามารถเทได้ของคอนกรีตที่ผสมใหม่ๆ วัสดุที่ใช้ควรมีลักษณะเป็นแง่เหลี่ยมคม วัสดุผสมที่เป็นแผ่นแบนหรือชิ้นยาว ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เพราะต้องการน้ำในส่วนผสมมากกว่าทำให้เปลืองซีเมนต์ ลดกำลังและแรงยึดเหนี่ยวภายในก้อนคอนกรีต สำหรับวัสดุผสมที่เป็นมุมเหลี่ยมคมจะทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างก้อนกับซีเมนต์เพสท์ดี และวัสดุที่ผิวหยาบหรือด้านจะช่วยให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างก้อนดีขึ้น

<u>ความซึมได้และการดูดซึมของมวลรวม(Porosity and Absorption of Aggreate)</u> โครงสร้างภายในก้อนของวัสดุผสมประกอบด้วยเนื้อของแข็ง และช่องว่าง ช่องว่างเหล่านี้จะดูดความชื้นในอากาศเข้าไปเก็บไว้ เมื่อช่องว่างทั้งหมดของวัสดุผสมมีน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อยู่เต็มเป็นสภาวะที่ถูกเรียกว่าสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง(SDD=Saturated Surface Dry) เป็นสภาวะที่ดีที่สุดโดยวัสดุผสมจะไม่คายน้ำออกหรือดูดน้ำจากคอนกรีต การดูดซึมของวัสดุผสมเป็นอัตราส่วน(%)ระหว่างน้ำหนักของวัสดุผสมที่ชั่งในอากาศภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งกับน้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศหลังจากผ่านการอบแห้งสนิทแล้ว อิฐเป็นวัสดุผสมที่มีช่องว่างในเนื้อมากและอัตราการดูดซึมจะสูงแสดงในตารางที่ โดยปกติในการผสมคอนกรีตจะสมมุติให้วัสดุผสมอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง ถ้าความชื้นของวัสดุผสมอยู่ในสภาวะที่น้อยกว่าสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง วัสดุผสมจะสามารถดูดน้ำเข้าไปได้อีก ทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตน้อยลง สำหรับอิฐจะมีอัตราการดูดซึมน้ำมากเมื่อผสมคอนกรีตจะไปลดความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตและอัตราการดูดซึมจะรวดเร็วมากใน 10-15 นาที แรกหลังการผสมคอนกรีต

ขนาดและส่วนคละของวัสดุผสม(Aggreate Size and Grading) ขึ้นส่วนขนาดต่างๆของวัสดุผสมเป็นการบอกถึงส่วนคละ ส่วนคละของวัสดุผสมมีความสำคัญเพราะมีผลต่อความสามารถในการเทของคอนกรีตและการอัดตัวของคอนกรีตผสม วัสดุผสมที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องมีความลดหลั่นของขนาดตามเกณฑ์กำหนด ซึ่งจะช่วยให้เรียงตัวกันได้แน่นและมีช่องว่างน้อย ช่วยให้ทำงานง่าย ปริมาณปูนซีเมนต์น้อยลง คือ เพียงพอที่จะเคลือบผิววัสดุผสมทั้งหมดและเติมเต็มช่องว่างที่เหลืออยู่เพื่อช่วยให้วัสดุยึดติดกัน

จากการทดลองคุณสมบัติของอิฐที่ใช้ในการผสมคอนกรีต มีค่าต่างๆดังต่อไปนี้

1.ขนาดของอิฐ	1.5	นิ้ว
2.ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง	2.00	
3.อัตราการดูดซึม	18.75	%
4.ปริมาณความชื้น	1.078	%
5.โมดูลัสความละเอียด	5.78	
6.หน่วยน้ำหนักของอิฐ	967.74	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
033349

2.2 ขี้เลื่อย

ขี้เลื่อย เป็นเศษวัสดุที่ได้มาจากการแปรรูปไม้ โดยได้จากการไสไม้ทำ วงกบ ประตู หน้าต่าง ลักษณะของขี้เลื่อยจะทั้งหยาบและละเอียดปะปนกันไป ส่วนสีขึ้นอยู่กับชนิดของไม้เป็นเศษวัสดุที่เหลือใช้หาได้ง่ายและไม่มีราคา ส่วนใหญ่นำไปทำเชื้อเพลิง นักศึกษาจึงมีความคิดว่า น่าจะนำขี้เลื่อยมาใช้ประโยชน์ในด้านการก่อสร้าง จึงได้นำมาทดลองผสมคอนกรีตเพื่อทำเป็นคอนกรีตมวลเบา

<u>จากการทดลองคุณสมบัติของขี้เลื่อยที่ใช้ในการผสมคอนกรีต</u> มีค่าต่างๆดังต่อไปนี้

1.ขี้เลื่อยหยาบที่ไม่ผ่านการร่อน

1.ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง	0.99	
2.อัตราการดูดซึม	6.4	%
3.ปริมาณความชื้น	14.94	%
4.โมดูลัสความละเอียด	5.175	

2.ขี้เลื่อยที่ร่อนผ่นตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

1.ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง	0.934	
2.อัตราการดูดซึม	10.25	%
3.ปริมาณความชื้น	11.06	%
4.โมดูลัสความละเอียด	4.41	

2.3 โฟม

เม็ดโฟมที่ใช้เรียกว่า Expandable Polystyrene (ESP) ซึ่งจะบรรจุอากาศประมาณ 98 % ผสมกับ Pentane โดยวิธีการพ่นไอน้ำ

<u>คุณสมบัติของเม็ดโฟมพลาสติก [Expandation Polystyrene(ESP)]</u>

1. การนำความร้อนต่ำ

ESP เป็นวัสดุที่เหมาะสำหรับใช้เป็นฉนวน เนื่องจากมีคุณสมบัติกันความร้อนได้ดี ค่าการนำความร้อน 0.032 w/m c การต้านทานความร้อน 31 m c/w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทนทานต่อสภาพอากาศ สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในที่ที่มีอุณหภูมิสูง และอุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิสูงที่สุดที่เม็ดโฟมทนได้ เท่ากับ 75 c
3. อัตราการดูดซึมน้ำ ที่ 7 วัน เท่ากับ 1%
4. มีน้ำหนักเบา มีค่าความหนาแน่น(Density) เท่ากับ 40 กก./ม.^{3}
5. ค่า Compressive stress at yield point เท่ากับ $27*10^4$ N./M.^{2}
6. ไม่ทนทานต่อสารเคมี เม็ดโฟมจะเกิดการเสียกาย ผุกร่อน เมื่อโดนกรดและด่าง

2.4 หิน

หิน มีอิทธิพลต่อคุณภาพของคอนกรีต สัดส่วนการผสม และในด้านความประหยัด หินที่จะใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตต้องสะอาด แข็งแกร่ง ทนทาน มีเหลี่ยมคม ไม่ขยายตัวมาก มีสารที่จะทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพต่อคอนกรีตน้อยที่สุด

หินเป็นวัสดุที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มม.ขึ้นไป หรือที่ไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ได้

<u>จากการทดลองคุณสมบัติของหินที่ใช้ในการผสมคอนกรีต</u> มีค่าต่างๆดังต่อไปนี้

1.หินขนาด 1.5 นิ้ว

1.ขนาดของหิน	1.5	นิ้ว
2.ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง	2.66	
3.อัตราการดูดซึม	0.38	%
4.ปริมาณความชื้น	1.1	%
5.โมดูลัสความละเอียด	5.08	
6.หน่วยน้ำหนักของอิฐ	1570.00	กก./ม.^{3}

2.หินขนาด 0.5 นิ้ว

1.ขนาดของหิน	0.5	นิ้ว
2.ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง	2.62	
3.อัตราการดูดซึม	0.487	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ปริมาณความชื้น 0.00 %

5.โมดูลัสความละเอียด 6.414

6.หน่วยน้ำหนักของอิฐ 1550.00 กก./ม.^{3}

2.5 ทราย

ทราย เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีทั้งทรายบกและทรายทะเล ในการก่อสร้างใช้ทรายแม่น้ำ ทรายเป็นวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มม. หรือที่สามารถลอดผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 มม.

จากการทดลองคุณสมบัติของทรายที่ใช้ในการผสมคอนกรีต มีค่าต่างๆดังต่อไปนี้

1.ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง 2.5

2.อัตราการดูดซึม 2.167 %

3.ปริมาณความชื้น 2.04 %

4.โมดูลัสความละเอียด 2.65

2.6 ปูนซีเมนต์ประเภทสาม

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ให้กำลังสูงในระยะแรกมีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ผลิตได้โดยการเปลี่ยนสัดส่วน และ โดยการเติมสารอื่น โดยการบดให้ละเอียดยิ่งขึ้น หรือ โดยการเผาให้ดีขึ้น มีประโยชน์สำหรับทำคอนกรีตที่ต้องการจะใช้เร็วหรือรื้อแบบเร็ว

จากการทดลองคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมคอนกรีต มีค่าต่างๆดังต่อไปนี้

1.ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง 3.33

2.7 สารเพิ่มกำลังคอนกรีต MIGTHY MX

เป็นสารเคมีเพิ่มกำลังของคอนกรีต จะมีความสามารถในการลดน้ำลงได้ 15-25% โดยขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำยา ปริมาณซีเมนต์ และปัจจัยอย่างอื่น ในทางกลับกันมันสามารถทำให้ค่าการยุบตัวของคอนกรีตอยู่ในช่วง 15-20 ซม. โดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนปริมาณน้ำ หรือ ลดกำลังของคอนกรีต อัตราใช้เท่ากับ 0.80 กก./ปูนซีเมนต์ 100 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบการทดลอง

1.กำหนดกำลังรับแรงอัดที่ 7 วัน (ปูนซีเมนต์ประเภทสาม) เท่ากับ 200 กก./ซม.^{2} สาเหตุที่ออกแบบกำลังอัดของคอนกรีตไว้ที่ 200 กก./ซม.^{2} เป็นการคำนวณเผื่อไว้ เนื่องจากการทำคอนกรีตน้ำหนักเบาต้องผสมวัสดุพิเศษเพิ่มเข้าไป อาจทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงและถ้าคำนวณกำลังรับแรงมากน้ำหนักของคอนกรีตก็จะมากตามไปด้วย

2.ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตเบาโดยใช้ อิฐหัก ขี้เลื่อย โฟม

2.1 การออกแบบอิฐหัก ออกแบบโดยใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบแทนหิน การคำนวณส่วนผสมจะใช้วิธีของ ACI โดยใช้คุณสมบัติต่างๆของอิฐหักที่ได้กล่าวมาแล้วจะมีชุดการทดลอง 6 ชุดการทดลอง ได้แก่ อัตราส่วนผสมที่คำนวณได้คิดเป็น 100 % ของน้ำหนัก ให้เป็นชุดการทดลองที่ 1 แล้วทำการลดน้ำหนักของอิฐลงเป็นอัตราส่วน 10%, 20%, 30%, 40%, 50% โดยน้ำหนักของอิฐหัก เป็นชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5, 6 ตามลำดับ แต่ละชุดการทดลองจะหล่อแท่งตัวอย่างชุดละ 16 ตัวอย่าง โดยมีการทดสอบการรับกำลังอัดที่ 1, 3, 7 วัน อย่างละ 4 แท่งตัวอย่าง และทดสอบแรงยึดเกาะที่ 7 วัน อีก 4 ตัวอย่าง โดยการเสียบเหล็กไปในแท่งคอนกรีตลึก 20 ซม. ใช้เหล็กกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม.

2.2 การออกแบบขี้เลื่อย ออกแบบให้เป็นมวลรวมละเอียด จะแบ่งขี้เลื่อยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.2.1 ขี้เลื่อยหยาบที่ไม่ผ่านการร่อน การออกแบบจะผสมในคอนกรีตธรรมดา(คำนวณส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้หินขนาด 1.5 นิ้ว) โดยการลดทรายจากส่วนผสมปกติลง 50%, 60%, 70%,โดยน้ำหนัก แล้วเพิ่มขี้เลื่อยตามปริมาตรที่ลดลงของทราย แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 16 ตัวอย่าง ทำการทดสอบเหมือนกับอิฐหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ขี้เลื่อยร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ผสมในคอนกรีตธรรมดา (คำนวณคอนกรีตโดยใช้หินขนาด 0.5 นิ้ว)โดยอัตราส่วนที่ผสมคือ 1:1, 1:1.5, 1:2, โดยปริมาตรของปูน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 16 ตัวอย่าง ทำการทดสอบเหมือนอิฐหัก

2.3 โฟม ออกแบบให้เป็นมวลรวมละเอียด ทำการทดลองโดยการผสมในคอนกรีตธรรมดา(คำนวณส่วนคอนกรีตโดยใช้หินขนาด 0.5 นิ้ว) อัตราส่วนที่ผสมคือ 1:1, 1:1.5, 1:2 โดยปริมาตรของปูนซีเมนต์ แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 16 ตัวอย่าง การทดสอบเหมือนอิฐหัก

3.2 การคำนวณส่วนผสมคอนกรีต

1.การคำนวณส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้หิน ขนาด 1.5 นิ้ว

กำหนด กำลังรับแรงอัดที่ 7 วัน เท่ากับ 200 กก./ ซม.^{2}

คุณสมบัติของวัสดุ

1.ปูนซีเมนต์ประเภทสาม ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง 3.33

2.ทราย ถ.น. 2.5 อัตราการดูดซึม 2.167% ปริมาณความชื้น 2.04% โมดูลัสความละเอียด 2.65

3.หินขนาด 1.5 ถ.น. 2.66 อัตราการดูดซึม 0.38% ปริมาณความชื้น 1.1% โมดูลัสความละเอียด 5.08 หน่วยน้ำหนัก 1570 กก./ ม.^{3}

การคำนวณ

1.ค่าความยุบตัวที่เหมาะสม 8-10 ซม. (จากบทกำหนดทั่วไปสำหรับการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก)

2.ขนาดโตสุดของหิน เป็น 40 มม.

3.จากตารางที่ 1.3 เมื่อขนาดโตสุดของหินเป็น 40 มม. ค่าความยุบตัว 8-10 ซม. ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ 175 ลิตร/ม.^{3}

4.จากตารางที่ 1.5 สำหรับคอนกรีตที่ต้องการกำลังอัดเฉลี่ย 200 กก./ซม.^{2} จะได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่ต้องใช้ 0.7

5.ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ $\frac{175}{0.70}$ = 250 กก./ม.^{3}ของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.จากตารางที่ 1.6 ค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย 2.65 ขนาดโตสุดของหิน 40 มม.จะได้ปริมาตรของหินในสภาพแห้งและอัดแน่น 0.735 ม.^{3}/ม.^{3} ของคอนกรีต หน่วยน้ำหนักของหิน 1570 กก./ม.^{3}

ดังนั้นน้ำหนักของหินที่ใช้ = 0.735*1570 = 1154 กก./ม^3 ของคอนกรีต

7.หาปริมาตรของทราย

ปรมาตรเนื้อแท้ของวัสดุผสม:

ปริมาตรของน้ำ = $\frac{175}{1000}$ = 0.175 ม.^{3}

ปริมาตรของซีเมนต์ = $\frac{250}{3.33*1000}$ = 0.0751 ม.^{3}

ปริมาตรของหิน = $\frac{1154}{2.66*1000}$ = 0.434 ม.^{3}

ช่องอากาศ = 0.01*1 = 0.01 ม.^{3}

ปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย = 0.6941 ม.^{3}

ปริมตรของทรายที่ต้องใช้ = 1-0.6941 = 0.3059 ม.^{3}

ดังนั้นน้ำหนักของทรายแห้ง = 0.3059*2.5*1000 = 764.75 กก.

8.ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

น้ำหนักหิน(เปียก) = 1154*1.011 = 1166.7 กก.

น้ำหนักทราย(เปียก) = 764.75*1.024 = 780.35 กก.

น้ำที่ผิวของหิน = 1.1 - 0.38 = 0.72 %

น้ำที่ผิวของทราย = 2.04 - 2.167 = -0.127 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำที่ต้องใช้จริง = 175-1154(0.0072)-764.75(-0.00127)

= 167.61 ลิตร

คอนกรีต 1 ม.^{3} ใช้

น้ำ	168	กก.
ซีเมนต์	250	กก.
หิน	1167	กก.
ทราย	780	กก.
รวม	2365	กก.

2.การคำนวณส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้หิน ขนาด 0.5 นิ้ว

กำหนด กำลังรับแรงอัดที่ 7 วัน เท่ากับ 200 กก./ ซม.^{2}

คุณสมบัติของวัสดุ

1.ปูนซีเมนต์ประเภทสาม ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง 3.33

2.ทราย ถ.น. 2.5 อัตราการดูดซึม 2.167% ปริมาณความชื้น 2.04%

โมดูลัสความละเอียด 2.65

3.หิน ขนาด 0.5 ถ.น.2.62 อัตราการดูดซึม 0.487% ปริมาณความชื้น 0 %

โมดูลัสความละเอียด 6.414 หน่วยน้ำหนัก 1550 กก./ ม.^{3}

การคำนวณ

1.ค่าความยุบตัวที่เหมาะสม 8-10 ซม. (จากบทกำหนดทั่วไปสำหรับการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก)

2.ขนาดโตสุดของหิน เป็น 12.5 มม.

3.จากตารางที่ 1.3 เมื่อขนาดโตสุดของหินเป็น 12.5 มม. ค่าความยุบตัว 8-10 ซม. ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ 215 ลิตร/ม.^{3}

4.จากตารางที่ 1.5 สำหรับคอนกรีตที่ต้องการกำลังอัดเฉลี่ย 200 กก./ซม.^{2} จะได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่ต้องใช้ 0.7

5.ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ $\frac{215}{0.70}$ = 307.14 กก./ม.^{3}ของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.จากตารางที่ 1.6 ค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย 2.65 ขนาดโตสุดของหิน 40 มม.จะได้ปริมาตรของหินในสภาพแห้งและอัดแน่น 0.565 ม.^{3}/ม.^{3} ของคอนกรีต หน่วยน้ำหนักของหิน 1550 กก./ม.^{3}

ดังนั้นน้ำหนักของหินที่ใช้ = 0.565*1550 = 875.31 กก./ม ของคอนกรีต

7.หาปริมาตรของทราย

ปรมาตรเนื้อแท้ของวัสดุผสมะ

ปริมาตรของน้ำ = $\frac{215}{1000}$ = 0.215 ม.^{3}

ปริมาตรของซีเมนต์ = $\frac{307.14}{3.33*1000}$ = 0.092 ม.^{3}

ปริมาตรของหิน = $\frac{875.31}{2.62*1000}$ = 0.334 ม.^{3}

ฟองอากาศ = 0.01*2.5 = 0.025 ม.^{3}

ปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย = 0.661 ม.^{3}

ปริมตรของทรายที่ต้องใช้ = 1-0.666 = 0.334 ม.^{3}

ดังนั้นน้ำหนักของทรายแห้ง = 0.334*2.5*1000 = 835 กก.

8.ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

น้ำหนักหิน(เปียก) = 875.31(1) = 875.31 กก.

น้ำหนักทราย(เปียก) = 835(1.0204) = 852.00 กก.

น้ำที่ผิวของหิน = 0 - 0.487 = -0.487 %

น้ำที่ผิวของทราย = 2.04 - 2.167 = -0.127 %

ปริมาณน้ำที่ต้องใช้จริง = 215-875.31(-0.00487)-835(-0.00127)

= 220.32 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต 1 ม.^{3} ใช้

น้ำ	220	กก.
ซีเมนต์	307	กก.
หิน	875	กก.
ทราย	852	กก.
รวม	2254	กก.

3.การคำนวณส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้อิฐ ขนาด 1.5 นิ้ว

กำหนด กำลังรับแรงอัดที่ 7 วัน เท่ากับ 200 กก./ ซม.^{2}

คุณสมบัติของวัสดุ

1.ปูนซีเมนต์ประเภทสาม ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง 3.33

2.ทราย ถ.น. 2.5 อัตราการดูดซึม 2.167% ปริมาณความชื้น 2.04%
โมดูลัสความละเอียด 2.65

3.อิฐขนาด 1.5 ถ.น.2.00 อัตราการดูดซึม 18.75%
ปริมาณความชื้น 1.078% โมดูลัสความละเอียด 5.78
หน่วยน้ำหนัก 967.74 กก./ ม.^{3}

การคำนวณ

1.ค่าความยุบตัวที่เหมาะสม 8-10 ซม. (จากบทกำหนดทั่วไปสำหรับการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก)

2.ขนาดโตสุดของอิฐ เป็น 40 มม.

3.จากตารางที่ 1.3 เมื่อขนาดโตสุดของอิฐเป็น 40 มม. ค่าความยุบตัว 8-10 ซม. ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ 175 ลิตร/ม.^{3}

4.จากตารางที่ 1.5 สำหรับคอนกรีตที่ต้องการกำลังอัดเฉลี่ย 200 กก./ซม.^{2} จะได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่ต้องใช้ 0.7

5.ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ $\frac{175}{0.75} = 250$ กก./ม.^{3}ของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.จากตารางที่ 1.6 ค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย 2.65 ขนาดโตสุดของอิฐ 40 มม.จะได้ปริมาตรของอิฐในสภาพแห้งและอัดแน่น 0.735 ม.^{3}/ม.^{3} ของคอนกรีต หน่วยน้ำหนักของอิฐ 967.74 กก./ม.^{3}

ดังนั้นน้ำหนักของอิฐที่ใช้ = 0.735*967.74 = 712 กก./ม^3 ของคอนกรีต

7.หาปริมาตรของทราย

ปรมาตรเนื้อแท้ของวัสดุผสม:

ปริมาตรของน้ำ $= \frac{175}{1000} = 0.175$ ม.^{3}

ปริมาตรของซีเมนต์ $= \frac{250}{3.33*1000} = 0.0751$ ม.^{3}

ปริมาตรของอิฐ $= \frac{712}{2.00*1000} = 0.36$ ม.^{3}

ฟองอากาศ = 0.01*1 = 0.01 ม.^{3}

ปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย = 0.6201 ม.^{3}

ปริมาตรของทรายที่ต้องใช้ = 1-0.6201 = 0.3799 ม.^{3}

ดังนั้นน้ำหนักของทรายแห้ง = 0.3799*2.5*1000 = 949.75 กก.

8.ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

น้ำหนักอิฐ(เปียก) = 711.29*1.01078 = 719 กก.

น้ำหนักทราย(เปียก) = 949.75*1.0204 = 969 กก.

น้ำที่ผิวของอิฐ = 1.078 - 18.75 = -17.67 %

น้ำที่ผิวของทราย = 2.04 - 2.167 = -0.127 %

ปริมาณน้ำที่ต้องใช้จริง = 175-711.5(-0.1767)-949.75(-0.00127)

= 301.93 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต 1 ม.^{3} ใช้

น้ำ	302	กก.
ซีเมนต์	250	กก.
อิฐ	719	กก.
ทราย	969	กก.
รวม	2240	กก.

3.3 การทดสอบ

1.การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

ก) การเตรียมแบบหล่อ

1.ทำความสะอาดแบบ อย่าให้มีฝุ่นหรือเศษปูนเก่าติดอยู่ ทำน้ำมันด้านผิวในที่คอนกรีตจะสัมผัสกับแบบให้ทั่ว

2.ตรวจสอบสกรูสำหรับรัดแบบทุกตัว ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ด้วยการประกอบแบบแล้วขันหรือรัดให้แน่น ทั้งนี้เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดรอยแยกหรือแบบหลุด ขณะเทคอนกรีตหรือกระทุ้งเพื่อให้คอนกรีตแน่น

ข) การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

1.สำหรับคอนกรีตที่ใช้เครื่องผสม พยายามเลือกเอาคอนกรีตที่อยู่ตอนกลางที่เทออกมาจากเครื่องผสมใหม่ๆ

2.เทคอนกรีตดังกล่าวลงในแบบส่วนหนึ่ง ประมาณให้ได้ความสูง 1ใน 3 ของแบบ และใช้เหล็กกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง จากนั้นกระทำเช่นเดียวกันอีก 2 ชั้น เมื่อคอนกรีตเต็มแบบแล้วจึงปาดผิวหน้าให้เรียบ

3.ทิ้งแบบที่บรรจุคอนกรีตเรียบร้อยแล้วไว้ในร่มเฉยๆ ประมาณ 24 ชม. จึงถอดแบบออก นำแท่งคอนกรีตไปบ่มโดยแช่ในถังบ่มจนถึงอายุที่ต้องการทดสอบ ตัวอย่างคอนกรีตที่จะนำมาทดสอบ 1 ชุด มี 4 ตัวอย่าง

ค) การทดสอบกำลัง

การทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตให้ทดสอบโดยเร็วที่สุดหลังจากนำขึ้นจากน้ำเมื่ออายุครบ ก่อนการทดสอบควรตรวจสอบระนาบหัวท้ายของแท่งคอนกรีตว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบนราบหรือไม่ ระนาบดังกล่าวไม่ควรเอียงมากกว่า 0.5 องศา หากไม่อยู่ภายในขอบเขตดังกล่าวแล้ว ให้ทำการหล่อหมวกหัวท้ายเสียก่อน

ง) การคำนวณ

ค่าความเค้นอัดประลัยของแท่งคอนกรีต จะหาได้จากสูตร

$$f = P/A$$

โดยที่

P = แรงกระทำสูงสุดต่อแท่งคอนกรีต

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างที่วัดตั้งฉากกับแรงกระทำ

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เฉลี่ยจากการวัดสองทิศทางตั้งฉากกัน ที่กึ่งกลางความสูงของแท่งตัวอย่าง

2.การทดสอบแรงยึดเกาะ

1.ผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่ได้จากการคำนวณ จากนั้นเทลงในแบบหล่อทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม.และสูง 30 ซม. แต่ละชั้นใช้เหล็กกระทุ้งชั้นละ 25 ครั้ง

2.นำเหล็ก RB 12 เสียบลงในลูกปูนที่ความลึก 20 ซม. จากนั้นปล่อยให้คอนกรีตแข็งตัวหุ้มเหล็กไว้ ทิ้งไว้ 24 ซม. แกะแบบออก แล้วนำลูกปูนไปบ่มเป็นเวลา 7 วัน

3.เมื่อครบ 7 วัน นำลูกปูนมาทดสอบหาแรงยึดเกาะระหว่างเหล็กกับคอนกรีต โดยนำไปทดสอบด้วยเครื่องมือดึงเหล็กในลักษณะที่ดึงเหล็กออกจากลูกปูน เมื่อเหล็กหลุดออกจากคอนกรีต บันทึกค่าแรงจากหน้าปัดของเครื่องทดสอบ นำค่าแรงดึงที่บันทึกได้มาหารด้วยพื้นที่ผิวเหล็ก(ได้จากเส้นรอบวงของเหล็กคูณด้วยระยะเสียบ)ก็จะได้แรงยึดเกาะต่อพื้นที่ผิวของเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เครื่องมือที่ใช้

1.โม่คอนกรีต เป็นโม่ผสมชนิดเอียง Tilting Drum Mixer มีถังผสมเป็นรูปกรวย จะหมุนในลักษณะเอียง เทคอนกรีตได้เป็นกลุ่มก้อน มีการแยกตัวของคอนกรีตน้อย และ สามารถทำความสะอาดและกำหนดจำนวนการผสมได้สะดวก ใบพายในโม่มีรูปร่างคล้ายผัดทำให้กระทบวัสดุได้ทั่วถึง เดินเครื่องด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 2 เฟส ความจุคอนกรีตประมาณ 7 ล.บ.ฟุต ความเร็วของถังหมุน 25 รอบ/นาที มอเตอร์ 5 แรงม้า

2.แบบหล่อชิ้นตัวอย่าง ทดสอบรับแรงอัด แบบหล่อที่ใช้หล่อแท่งคอนกรีตเป็นแบบหล่อมาตรฐาน ASTM C-192 ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.

3.ตะแกรงร่อนทราย หิน

ตะแกรงร่อนทรายและขี้เถ้าลอยใช้เบอร์ 4,8,16,30,50,100 และ pan

ตะแกรงร่อนหินและอิฐใช้ขนาด 2",1",3/4",1/2",3/8",เบอร์ 4,8 และpan

4.เครื่องมือวัด ใช้ฟุตเหล็ก ไมโครมิเตอร์ เพื่อวัดขนาดของชิ้นตัวอย่างทดสอบที่หล่อก่อนจะทดสอบรับกำลังแรงอัด

5.เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้ทั้งแบบตาชั่งน้ำหนักสำหรับชั่งวัสดุที่มีน้ำหนักไม่มาก และเครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับชั่งวัสดุที่น้ำหนักมาก

6.เครื่อง Universal Testing Machine ขนาด 150 ตัน มีระบบการทำงานแบบไฮดรอลิกส์ควบคุมความเร็วด้วยหวงมาลัยบังคับด้วยมือ สามารถใช้หากำลังอัดของคอนกรีตไม่สูงมากเกินไป โดยมีความละเอียดสูง

7.ตู้อบไอน้ำ ใช้ในการทดลอง วัสดุหยาบและวัสดุละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบ

ในการทดลองนี้ ได้กำหนดสัญลักษณ์แทนตัวอย่างต่างๆ ดังนี้

A1 : คอนกรีตธรรมดา(ใช้หินขนาด 1.5 นิ้ว)

A2 : คอนกรีตธรรมดา(ใช้หินขนาด 1.5 นิ้ว) เติมสารเพิ่มกำลังคอนกรีต

A3 : คอนกรีตผสมอิฐ 100% (จากการคำนวณส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้อิฐแทนหินได้ปริมาณอิฐมาเท่าไร คิดเป็น 100%)

A4 : คอนกรีตผสมอิฐ 100% เติมสารเพิ่มกำลังคอนกรีต

A5 : คอนกรีตผสมอิฐ 90% (ลดอิฐจากส่วนผสมลง 10% จากการคำนวณ)

A6 : คอนกรีตผสมอิฐ 80% (ลดอิฐจากส่วนผสมลง 20% จากการคำนวณ)

A7 : คอนกรีตผสมอิฐ 70% (ลดอิฐจากส่วนผสมลง 30% จากการคำนวณ)

A8 : คอนกรีตผสมอิฐ 60% (ลดอิฐจากส่วนผสมลง 40% จากการคำนวณ)

A9 : คอนกรีตผสมอิฐ 50% (ลดอิฐจากส่วนผสมลง 50% จากการคำนวณ)

A10 : คอนกรีตผสมขี้เลื่อยแทนที่ทราย 50% โดยปริมาตร(จากการคำนวณส่วนผสมลดทรายลง 50% โดยน้ำหนัก ใช้หินขนาด 1.5 นิ้วในส่วนผสม)

A11 : คอนกรีตผสมขี้เลื่อยแทนที่ทราย 60% โดยปริมาตร(จากการคำนวณส่วนผสมลดทรายลง 60% โดยน้ำหนัก ใช้หินขนาด 1.5 นิ้ว ในส่วนผสม)

A12 : คอนกรีตธรรมดาผสมสารเพิ่มกำลังคอนกรีต(ใช้หินขนาด 0.5 นิ้ว)

A13 : คอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1 โดยปริมาตรซีเมนต์ (คำนวณส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้หินขนาด 0.5 นิ้ว)

A14 : คอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:2 โดยปริมาตรซีเมนต์ (คำนวณส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้หินขนาด 0.5 นิ้ว)

A15 : คอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1.5 โดยปริมาตรซีเมนต์ (คำนวณส่วนผสมคอนกรีต โดยใช้หินขนาด 0.5 นิ้ว)

A16 : คอนกรีตผสมโฟม 1:1 โดยปริมาตรซีเมนต์ (คำนวณส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้หินขนาด 0.5 นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A17 : คอนกรีตผสมโฟม 1:1.5 โดยปริมาตรซีเมนต์ (คำนวณส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้หินขนาด 0.5 นิ้ว)

A18 : คอนกรีตผสมโฟม 1:2 โดยปริมาตรซีเมนต์ (คำนวณส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้หินขนาด 0.5 นิ้ว)

การทดสอบจะมีด้วยกันทั้งหมด 2 การทดสอบ คือ การทดสอบหากำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตและการทดสอบหาแรงยึดเกาะของคอนกรีต

ในการทดสอบในครั้งนี้มีการทดสอบตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 288 ตัวอย่าง เป็นการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีต 216 ตัวอย่าง และการทดสอบหาแรงยึดเกาะของคอนกรีต 72 ตัวอย่าง

<u>ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตแสดงในตารางที่ 1-18</u>

ตารางแสดงผลการรับแรงอัดของคอนกรีต มีรายละเอียด ดังนี้

SPECIMEN NO. : จำนวนแท่งตัวอย่างในแต่ละชุดการทดสอบ

CODE OF STRUCTURE : รหัสแท่งตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ ซึ่งได้แก่ A1,A2, A3,...,A18

DIMENSION : ขนาดของแท่งตัวอย่าง แบ่งเป็น พื้นที่หน้าตัดและความสูง

CROSS SECTION : พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง

HEIGHT : ความสูงของแท่งตัวอย่าง

WEIGHT : น้ำหนักของแท่งตัวอย่าง

SLUMP : ค่าความยุบตัวของคอนกรีต สำหรับหล่อแท่งคอนกรีต

DATE OF CASTED : วันที่หล่อลูกปูนเพื่อทดสอบ

CATE OF TESTED : วันที่ทดสอบลูกปูนตัวอย่าง

AGES DAYS : อายุของลูกปูนที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงอัด

ULTIMATE LOAD : น้ำหนักกดสูงสุดที่กระทำต่อแท่งตัวอย่าง

COMPRESSIVE STRENGTH : ค่ากำลังอัดประลัยที่ได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WEIGHT PER VOLUME : หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตตัวอย่างต่อ ม.^{3}

REMARK : ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งตัวอย่าง ใน 2 แนว

ผลการทดสอบหาแรงยึดเกาะของคอนกรีตแสดงในตารางที่ 19-36

ตารางแสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีต มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

SPECIMEN NO. : รหัสแทนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

TYPE OF STEEL : ชนิดของเหล็กที่ใช้ทดสอบ ในที่นี้ใช้เหล็กกลม หรือ RB

DAIMETER : ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กที่นำมาทดสอบ

FORCE : น้ำหนักที่ใช้ดึงเหล็กให้หลุดจากลูกปูน

LENGHT : ความยาวเหล็กที่เสียบเข้าไปในลูกปูน

SURFACE AREA : พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเหล็กกับคอนกรีต

FORCE PER SURFACE AREA : อัตราส่วนน้ำหนักที่ใช้ในการดึงเหล็กต่อพื้นที่ผิวของเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM CONCRETE

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A1	15.034	30.000	12.575	9	14-Jan-94	15-Jan-94	1	16980.000	95.650	2361.200	5.924	5.914
2	A1	14.943	30.100	12.411	9	14-Jan-94	15-Jan-94	1	14520.000	82.796	2351.177	5.872	5.894
3	A1	15.251	30.400	13.262	9	14-Jan-94	15-Jan-94	1	18120.000	99.185	2387.946	5.963	6.046
AVERAGE				12.749						92.544	2366.774		
4	A1	15.019	30.400	12.581	9	14-Jan-94	17-Jan-94	3	32820.000	185.253	2335.977	5.905	5.921
5	A1	15.142	30.300	12.892	9	14-Jan-94	17-Jan-94	3	36900.000	204.908	2362.704	5.966	5.957
6	A1	15.033	30.100	12.763	9	14-Jan-94	17-Jan-94	3	25800.000	145.358	2388.942	5.908	5.929
7	A1	14.989	30.100	12.693	9	14-Jan-94	17-Jan-94	3	26040.000	147.582	2389.952	5.902	5.900
AVERAGE				12.732						170.775	2369.394		
8	A1	15.146	29.900	12.730	9	14-Jan-94	21-Jan-94	7	40200.000	223.120	2363.036	5.994	5.932
9	A1	15.018	30.000	12.637	9	14-Jan-94	21-Jan-94	7	30900.000	174.445	2378.062	5.907	5.918
10	A1	15.046	30.000	12.751	9	14-Jan-94	21-Jan-94	7	37380.000	210.245	2390.611	5.930	5.917
11	A1	15.305	30.300	13.522	9	14-Jan-94	21-Jan-94	7	41940.000	227.974	2425.799	6.027	6.024
AVERAGE				12.910						208.946	2389.377		

ตารางที่ 1. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตใช้หินขนาด 1.5"

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM CONCRETE MX

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A2	15.284	30.500	13.533	9	15-Jan-94	16-Jan-94	1	28740.000	156.638	2418.270	5.999	6.036
2	A2	15.052	30.300	13.153	9	15-Jan-94	16-Jan-94	1	30060.000	168.931	2439.504	5.920	5.932
3	A2	15.154	30.200	12.934	9	15-Jan-94	16-Jan-94	1	26520.000	147.045	2374.664	5.955	5.977
AVERAGE				13.207						157.538	2410.813		
4	A2	14.989	30.200	13.002	9	15-Jan-94	18-Jan-94	3	40660.000	230.441	2440.027	5.888	5.914
5	A2	14.964	30.100	12.741	9	15-Jan-94	18-Jan-94	3	39000.000	221.746	2406.733	5.930	5.853
6	A2	15.050	30.300	12.937	9	15-Jan-94	18-Jan-94	3	40780.000	229.252	2400.252	5.948	5.902
AVERAGE				12.893						227.146	2415.671		
7	A2	15.103	30.400	12.984	9	15-Jan-94	22-Jan-94	7	48180.000	268.943	2384.118	5.958	5.934
8	A2	15.188	30.200	12.838	9	15-Jan-94	22-Jan-94	7	45480.000	251.034	2346.407	5.998	5.961
9	A2	15.231	30.500	12.878	9	15-Jan-94	22-Jan-94	7	45000.000	246.979	2317.371	5.997	5.996
10	A2	15.100	30.300	12.861	9	15-Jan-94	22-Jan-94	7	46600.000	260.211	2370.124	5.945	5.945
AVERAGE				12.890						256.792	2354.505		

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตใช้หินขนาด 1.5"

เติมสารเพิ่มกำลังของคอนกรีต

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK 100%

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A3	15.140	30.300	10.987	9	17-Jan-94	18-Jan-94	1	12960.000	71.992	2014.252	5.965	5.956
2	A3	15.108	30.200	10.903	9	17-Jan-94	18-Jan-94	1	9000.000	50.205	2013.909	5.921	5.975
3	A3	14.949	30.400	10.764	9	17-Jan-94	18-Jan-94	1	11700.000	66.659	2017.326	5.911	5.860
4	A3	15.124	30.400	11.003	9	17-Jan-94	18-Jan-94	1	11520.000	64.122	2014.604	5.952	5.957
AVERAGE				10.914						63.244	2015.023		
5	A3	15.029	30.000	11.083	9	17-Jan-94	20-Jan-94	3	14700.000	82.862	2082.455	5.907	5.927
6	A3	15.083	30.300	11.223	9	17-Jan-94	20-Jan-94	3	14880.000	83.285	2073.140	5.939	5.937
7	A3	15.004	30.000	10.944	9	17-Jan-94	20-Jan-94	3	15600.000	88.233	2063.306	5.895	5.919
8	A3	14.977	30.200	11.020	9	17-Jan-94	20-Jan-94	3	15840.000	89.910	2071.232	5.913	5.880
AVERAGE				11.068						86.073	2072.533		
9	A3	15.137	30.100	11.304	9	17-Jan-94	24-Jan-94	7	17100.000	95.021	2086.838	5.940	5.979
10	A3	15.063	30.400	11.180	9	17-Jan-94	24-Jan-94	7	16320.000	91.576	2063.613	5.920	5.941
11	A3	15.114	30.200	11.129	9	17-Jan-94	24-Jan-94	7	18060.000	100.659	2053.927	5.953	5.948
12	A3	15.149	30.300	11.135	9	17-Jan-94	24-Jan-94	7	16400.000	90.994	2038.990	5.957	5.971
AVERAGE				11.187						94.562	2060.842		

ตารางที่ 3. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก100%

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 100%

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A4	15.197	30.400	10.948	9	17-Jan-94	18-Jan-94	1	12840.000	70.790	1985.482	5.998	5.968
2	A4	15.141	30.400	11.213	9	17-Jan-94	18-Jan-94	1	12600.000	69.980	2048.579	5.962	5.960
3	A4	15.008	30.300	11.064	9	17-Jan-94	18-Jan-94	1	12780.000	72.247	2064.228	5.855	5.962
AVERAGE				11.075						71.006	2032.763		
4	A4	15.175	30.100	11.299	9	17-Jan-94	20-Jan-94	3	16800.000	92.886	2075.454	5.977	5.972
5	A4	15.050	30.100	11.103	9	17-Jan-94	20-Jan-94	3	16980.000	95.456	2073.671	5.938	5.912
6	A4	15.094	30.200	11.308	9	17-Jan-94	20-Jan-94	3	16740.000	93.553	2092.585	5.931	5.954
AVERAGE				11.237						93.965	2080.570		
7	A4	15.056	30.500	11.299	9	17-Jan-94	24-Jan-94	7	18120.000	101.779	2080.845	5.920	5.935
8	A4	15.019	30.500	11.111	9	17-Jan-94	24-Jan-94	7	19080.000	107.697	2056.270	5.929	5.897
9	A4	15.061	30.500	11.305	9	17-Jan-94	24-Jan-94	7	18240.000	102.384	2080.546	5.922	5.937
10	A4	15.109	30.400	11.374	9	17-Jan-94	24-Jan-94	7	18960.000	105.747	2086.735	5.965	5.932
AVERAGE				11.272						104.402	2076.099		

ตารางที่ 4. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก100%MX

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK 90%

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A5	15.090	30.100	11.555	9	1-Feb-94	2-Feb-94	1	12960.000	72.465	2146.481	5.937	5.945
2	A5	15.041	30.400	11.743	9	1-Feb-94	2-Feb-94	1	12780.000	71.930	2174.126	5.926	5.917
3	A5	14.971	30.300	11.567	9	1-Feb-94	2-Feb-94	1	13200.000	74.989	2168.705	5.890	5.898
AVERAGE				11.622						73.128	2163.104		
4	A5	15.080	30.100	11.534	9	1-Feb-94	4-Feb-94	3	17220.000	96.414	2145.468	5.934	5.940
5	A5	15.231	30.400	12.022	9	1-Feb-94	4-Feb-94	3	17100.000	93.852	2170.452	5.998	5.995
6	A5	14.987	30.200	11.202	9	1-Feb-94	4-Feb-94	3	17160.000	97.271	2102.586	5.903	5.898
7	A5	15.138	30.000	11.915	9	1-Feb-94	4-Feb-94	3	17040.000	94.672	2206.597	5.955	5.965
AVERAGE				11.668						95.552	2156.276		
8	A5	15.023	30.200	11.194	9	1-Feb-94	8-Feb-94	7	20760.000	117.121	2091.149	5.924	5.905
9	A5	14.972	30.300	11.235	9	1-Feb-94	8-Feb-94	7	20640.000	117.235	2106.101	5.878	5.911
10	A5	14.911	30.500	11.125	9	1-Feb-94	8-Feb-94	7	20940.000	119.914	2088.780	5.878	5.863
11	A5	15.164	30.500	11.213	9	1-Feb-94	8-Feb-94	7	20460.000	113.292	2035.710	5.972	5.968
AVERAGE				11.192						116.891	2080.435		

ตารางที่ 5. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก90%MX

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 80%

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A6	14.969	30.100	10.864	9	27-Jan-94	28-Jan-94	1	13080.000	74.320	2050.781	5.918	5.926
2	A6	15.056	30.300	11.010	9	27-Jan-94	28-Jan-94	1	12990.000	72.964	2041.006	5.916	5.924
3	A6	14.985	30.400	10.889	9	27-Jan-94	28-Jan-94	1	12900.000	73.148	2031.078	5.937	5.920
4	A6	15.063	29.800	10.915	9	27-Jan-94	28-Jan-94	1	13140.000	73.732	2055.264	5.914	5.924
AVERAGE				10.920						73.541	2044.532		
5	A6	15.016	30.100	11.122	9	27-Jan-94	30-Jan-94	3	17040.000	96.215	2086.365	5.933	5.891
6	A6	15.023	30.100	11.198	9	27-Jan-94	30-Jan-94	3	18900.000	106.627	2098.846	5.911	5.918
7	A6	15.020	30.000	11.129	9	27-Jan-94	30-Jan-94	3	18720.000	105.648	2093.574	5.878	5.949
8	A6	15.132	30.200	11.261	9	27-Jan-94	30-Jan-94	3	18360.000	102.091	2073.407	5.962	5.953
AVERAGE				11.178						102.645	2088.048		
9	A6	15.023	30.200	11.152	9	27-Jan-94	3-Feb-94	7	21720.000	122.537	2083.303	5.932	5.917
10	A6	15.022	30.200	11.218	9	27-Jan-94	3-Feb-94	7	20640.000	116.463	2095.987	5.999	6.016
11	A6	14.971	30.400	11.286	9	27-Jan-94	3-Feb-94	7	21960.000	124.754	2109.060	5.945	5.959
12	A6	15.041	30.300	11.240	9	27-Jan-94	3-Feb-94	7	21600.000	121.572	2087.867	5.903	5.945
AVERAGE				11.224						121.332	2094.054		

ตารางที่ 6. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก80%MX

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 70%

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A7	15.023	30.300	11.103	9	25-Jan-94	26-Jan-94	1	13380.000	75.485	2083.303	5.912	5.917
2	A7	15.022	30.100	11.019	9	25-Jan-94	26-Jan-94	1	13140.000	74.144	2095.987	5.915	5.913
3	A7	14.971	30.000	10.991	9	25-Jan-94	26-Jan-94	1	13500.000	76.693	2109.060	5.877	5.911
4	A7	15.041	30.400	10.971	9	25-Jan-94	26-Jan-94	1	13680.000	76.995	2087.867	5.927	5.916
AVERAGE				11.021						75.829	2094.054		
5	A7	15.016	30.100	11.304	9	25-Jan-94	28-Jan-94	3	19740.000	111.460	2120.506	5.924	5.900
6	A7	14.976	30.200	11.230	9	25-Jan-94	28-Jan-94	3	18900.000	107.297	2111.060	5.882	5.910
7	A7	15.050	30.300	11.113	9	25-Jan-94	28-Jan-94	3	19500.000	109.623	2061.839	5.906	5.944
8	A7	15.083	30.000	11.289	9	25-Jan-94	28-Jan-94	3	19620.000	109.815	2106.185	5.943	5.933
AVERAGE				11.234						109.549	2099.897		
9	A7	14.969	30.200	11.772	9	25-Jan-94	1-Feb-94	7	22380.000	127.162	2050.781	5.917	5.870
10	A7	15.056	30.100	11.800	9	25-Jan-94	1-Feb-94	7	22680.000	127.392	2041.006	5.915	5.940
11	A7	14.985	30.200	11.918	9	25-Jan-94	1-Feb-94	7	23220.000	131.666	2031.078	5.897	5.902
12	A7	15.063	30.000	12.152	9	25-Jan-94	1-Feb-94	7	22920.000	128.610	2055.264	5.939	5.922
AVERAGE				11.911						128.708	2044.532		

ตารางที่ 7. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก70%MX

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 60%

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME	REMARK	
1	A8	15.094	30.100	10.932	9	24-Jan-94	25-Jan-94	1	14280.000	81.138	2214.825	5.980	5.905
2	A8	15.107	30.300	10.931	9	24-Jan-94	25-Jan-94	1	13800.000	77.514	2201.989	5.945	5.950
3	A8	15.043	30.300	10.936	9	24-Jan-94	25-Jan-94	1	14580.000	82.674	2237.735	5.935	5.910
4	A8	15.058	30.200	11.009	9	24-Jan-94	25-Jan-94	1	14460.000	81.139	2272.933	5.940	5.917
AVERAGE				10.952						80.616	2231.870		
5	A8	15.027	30.000	11.500	9	24-Jan-94	27-Jan-94	3	22040.000	124.279	2161.538	5.920	5.912
6	A8	14.924	30.200	11.050	9	24-Jan-94	27-Jan-94	3	20640.000	117.995	2091.743	5.815	5.936
7	A8	15.069	30.000	11.049	9	24-Jan-94	27-Jan-94	3	19180.000	107.551	2065.232	5.884	5.981
8	A8	15.113	30.100	11.216	9	24-Jan-94	27-Jan-94	3	22800.000	127.099	2077.209	6.050	5.850
AVERAGE				11.204						119.231	2098.931		
9	A8	15.046	30.200	11.355	9	24-Jan-94	31-Jan-94	7	25500.000	143.862	2067.304	5.929	5.918
10	A8	15.046	30.200	11.437	9	24-Jan-94	31-Jan-94	7	25140.000	141.855	2065.645	5.939	5.908
11	A8	15.099	30.000	11.350	9	24-Jan-94	31-Jan-94	7	24900.000	141.456	2081.318	5.935	5.954
AVERAGE				11.381						142.391	2071.422		

ตารางที่ 8. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก60%MX

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 50%

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A9	15.102	30.000	10.842	9	21-Jan-94	22-Jan-94	1	14460.000	80.730	2017.688	5.982	5.909
2	A9	15.161	30.200	11.174	9	21-Jan-94	22-Jan-94	1	14700.000	82.681	2114.784	5.963	5.975
3	A9	15.075	30.000	11.085	9	21-Jan-94	22-Jan-94	1	14460.000	81.331	2130.056	5.916	5.954
AVERAGE				11.034						81.580	2087.510		
4	A9	15.085	30.200	11.234	9	21-Jan-94	24-Jan-94	3	23100.000	129.249	2081.342	5.918	5.960
5	A9	14.963	30.000	11.320	9	21-Jan-94	24-Jan-94	3	22800.000	129.658	2145.803	5.800	5.982
6	A9	15.036	30.000	11.199	9	21-Jan-94	24-Jan-94	3	22740.000	128.075	2102.474	5.907	5.932
7	A9	15.145	30.000	11.233	9	21-Jan-94	24-Jan-94	3	23460.000	130.231	2078.550	5.975	5.950
AVERAGE				11.247						129.303	2102.042		
8	A9	15.178	30.100	11.243	9	21-Jan-94	28-Jan-94	7	26220.000	144.920	2064.476	5.976	5.975
9	A9	15.232	30.000	11.284	9	21-Jan-94	28-Jan-94	7	25760.000	143.963	2029.726	6.011	5.983
10	A9	15.157	29.800	11.279	9	21-Jan-94	28-Jan-94	7	25800.000	143.944	2012.756	5.935	6.000
11	A9	15.122	30.000	11.226	9	21-Jan-94	28-Jan-94	7	26340.000	148.200	2083.540	5.955	5.952
AVERAGE				11.258						145.257	2047.624		

ตารางที่ 9. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก50%MX

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM SAWDUST 50% INSTEAD OF SAND

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A10	15.047	30.100	11.639	9	21-Jan-94	22-Jan-94	1	16380.000	92.114	2174.512	5.961	5.887
2	A10	15.060	30.100	11.525	9	21-Jan-94	22-Jan-94	1	16560.000	90.873	2064.032	5.903	5.955
3	A10	15.104	30.000	11.636	9	21-Jan-94	22-Jan-94	1	16080.000	89.114	2097.549	5.966	5.927
4	A10	15.009	30.000	11.436	9	21-Jan-94	22-Jan-94	1	16800.000	93.542	2083.540	5.913	5.905
AVERAGE				11.559						91.411	2104.908		
5	A10	14.925	30.200	11.775	9	21-Jan-94	24-Jan-94	3	21240.000	121.404	2228.605	5.866	5.886
6	A10	14.944	30.300	11.635	9	21-Jan-94	24-Jan-94	3	22500.000	128.278	2189.248	5.865	5.902
7	A10	15.053	29.900	11.565	9	21-Jan-94	24-Jan-94	3	24120.000	135.526	2173.304	5.904	5.949
AVERAGE				11.658						128.403	2197.052		
8	A10	14.973	30.000	11.695	9	21-Jan-94	28-Jan-94	7	24060.000	136.638	2213.880	5.875	5.915
9	A10	14.972	30.000	11.987	9	21-Jan-94	28-Jan-94	7	23400.000	130.642	2017.688	5.885	5.904
10	A10	15.156	30.000	11.948	9	21-Jan-94	28-Jan-94	7	24780.000	137.259	2049.469	5.977	5.957
11	A10	15.024	29.800	11.747	9	21-Jan-94	28-Jan-94	7	29460.000	165.057	2223.535	5.900	5.930
AVERAGE				11.844						142.399	2126.143		

ตารางที่ 10. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อยแทนที่ทราย50%

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM SAWDUST 60% INSTEAD OF SAND

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	All	15.029	30.000	10.581	9	24-Jan-94	27-Jan-94	1	6600.000	37.203	1988.131	5.899	5.935
2	All	15.221	30.000	10.827	9	24-Jan-94	27-Jan-94	1	6660.000	37.829	2269.541	5.989	5.996
3	All	14.947	30.000	10.646	9	24-Jan-94	27-Jan-94	1	5520.000	30.596	2207.520	5.874	5.895
AVERAGE				10.685						35.210	2155.064		
4	All	15.011	30.000	11.100	9	24-Jan-94	30-Jan-94	3	9540.000	53.903	2090.593	5.888	5.932
5	All	15.236	29.900	11.590	9	24-Jan-94	30-Jan-94	3	12120.000	66.475	2126.031	5.969	6.028
6	All	15.096	30.000	11.373	9	24-Jan-94	30-Jan-94	3	12240.000	68.382	2117.932	5.918	5.969
7	All	15.100	29.800	11.059	9	24-Jan-94	30-Jan-94	3	11640.000	64.997	2072.233	5.975	5.915
AVERAGE				11.281						63.439	2101.697		
8	All	15.135	30.100	11.349	9	24-Jan-94	3-Feb-94	7	13200.000	73.374	2095.849	5.967	5.950
9	All	15.124	30.400	11.022	9	24-Jan-94	3-Feb-94	7	11400.000	64.109	2174.512	5.958	5.951
10	All	15.122	30.200	11.140	9	24-Jan-94	3-Feb-94	7	12420.000	69.727	2149.583	5.966	5.941
11	All	15.053	29.900	11.334	9	24-Jan-94	3-Feb-94	7	13500.000	75.345	2129.895	5.940	5.913
AVERAGE				11.211						70.639	2137.460		

ตารางที่ 11. การผลทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อยแทนที่ทราย60%

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM CONCRETE (1/2")

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A12	15.048	30.000	12.345	9	12-Feb-94	13-Feb-94	1	18360.000	103.231	2313.711	5.936	5.913
2	A12	14.762	29.900	12.325	9	12-Feb-94	13-Feb-94	1	18060.000	100.389	2095.849	5.954	5.670
3	A12	14.991	30.000	12.114	9	12-Feb-94	13-Feb-94	1	14040.000	78.148	2018.082	5.901	5.903
4	A12	15.014	30.100	12.214	9	12-Feb-94	13-Feb-94	1	18000.000	100.224	2053.885	5.932	5.890
AVERAGE				12.250						95.498	2120.382		
5	A12	15.070	30.200	12.245	9	12-Feb-94	15-Feb-94	3	28500.000	159.786	2273.243	5.949	5.917
6	A12	14.985	30.000	12.400	9	12-Feb-94	15-Feb-94	3	35160.000	199.371	2343.758	5.868	5.931
7	A12	15.138	30.000	12.413	9	12-Feb-94	15-Feb-94	3	34920.000	194.010	2298.824	5.969	5.951
8	A12	15.042	30.200	12.365	9	12-Feb-94	15-Feb-94	3	31140.000	175.236	2304.056	5.892	5.952
AVERAGE				12.356						182.101	2304.970		
9	A12	15.057	30.100	12.333	9	12-Feb-94	19-Feb-94	7	32340.000	181.621	2301.063	5.923	5.933
10	A12	15.061	30.100	12.454	9	12-Feb-94	19-Feb-94	7	44600.000	250.346	2322.464	5.918	5.941
11	A12	15.124	30.300	12.625	9	12-Feb-94	19-Feb-94	7	42600.000	240.132	1988.131	5.964	5.945
12	A12	15.110	30.200	12.538	9	12-Feb-94	19-Feb-94	7	43140.000	237.086	1983.414	5.932	5.966
AVERAGE				12.488						227.296	2148.768		

ตารางที่ 12. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตใช้หินขนาด 0.5"

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM SAWDUST 1:1 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A13	15.281	30.000	10.590	9	8-Feb-94	11-Feb-94	1	13140.000	71.651	1924.871	6.010	6.022
2	A13	15.048	29.800	10.517	9	8-Feb-94	11-Feb-94	1	13080.000	72.805	2319.214	5.910	5.939
3	A13	15.016	29.800	10.386	9	8-Feb-94	11-Feb-94	1	14760.000	83.341	1967.913	5.906	5.918
AVERRAGE				10.498						75.932	2070.666		
4	A13	15.056	30.200	10.660	9	8-Feb-94	14-Feb-94	3	19860.000	111.552	1982.667	5.931	5.924
5	A13	15.179	30.100	10.793	9	8-Feb-94	14-Feb-94	3	23400.000	129.312	1981.514	5.987	5.965
6	A13	15.032	30.000	10.600	9	8-Feb-94	14-Feb-94	3	22140.000	124.759	1991.028	5.922	5.914
7	A13	15.210	29.900	10.868	9	8-Feb-94	14-Feb-94	3	20100.000	110.631	2000.587	5.988	5.988
AVERAGE				10.730						119.063	1988.949		
8	A13	15.065	29.700	10.606	9	8-Feb-94	21-Feb-94	7	24600.000	138.014	2003.466	5.922	5.940
9	A13	15.143	29.800	10.786	9	8-Feb-94	21-Feb-94	7	23700.000	131.585	2009.569	5.953	5.971
10	A13	15.151	29.700	10.694	9	8-Feb-94	21-Feb-94	7	23880.000	134.882	2291.987	5.962	5.968
11	A13	14.997	30.000	10.603	9	8-Feb-94	21-Feb-94	7	23640.000	133.821	2000.709	5.879	5.930
AVERAGE				10.672						134.576	2076.433		

ตารางที่ 13. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1 โดยปริมาตรปูน

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM SAWDUST 1:2 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME (Kg./M^3)	REMARK	
1	A14	15.076	29.800	9.930	9	8-Feb-94	11-Feb-94	1	3240.000	18.150	1866.642	5.945	5.926
2	A14	15.058	29.800	9.500	9	8-Feb-94	11-Feb-94	1	3360.000	18.636	1997.126	5.951	5.906
3	A14	15.089	30.000	9.525	9	8-Feb-94	11-Feb-94	1	3060.000	17.113	1775.581	5.958	5.923
AVERRAGE				9.652						17.966	1879.783		
4	A14	15.065	30.100	10.060	9	8-Feb-94	14-Feb-94	3	4860.000	27.266	1875.074	5.959	5.903
5	A14	15.132	30.200	10.000	9	8-Feb-94	14-Feb-94	3	4980.000	27.691	1841.228	5.953	5.962
AVERAGE				10.030						27.479	1858.151		
6	A14	15.169	29.900	10.101	9	8-Feb-94	21-Feb-94	7	8280.000	45.818	1869.374	5.964	5.980
7	A14	15.062	30.000	10.119	9	8-Feb-94	21-Feb-94	7	8400.000	47.142	1892.996	5.925	5.935
8	A14	15.081	30.000	10.052	9	8-Feb-94	21-Feb-94	7	8100.000	45.736	1967.913	5.915	5.960
AVERAGE				10.091						46.232	1910.094		

ตารางที่ 14. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:2

โดยปริมาตรปูน

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM SAWDUST 1:1.5 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (Kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)	WEIGHT PER VOLUME Kg./M^3	REMARK	
1	A15	15.156	30.000	10.200	9	13-Feb-94	14-Feb-94	1	7740.000	42.901	1884.558	5.984	5.950
2	A15	14.985	30.000	10.049	9	13-Feb-94	14-Feb-94	1	9060.000	51.374	1899.389	5.919	5.880
3	A15	15.085	30.100	10.390	9	13-Feb-94	14-Feb-94	1	7980.000	44.650	1931.368	5.944	5.934
AVERRAGE				10.213						46.308	1905.105		
4	A15	15.171	30.000	10.415	9	13-Feb-94	19-Feb-94	3	13200.000	73.018	1920.418	5.973	5.973
5	A15	15.156	30.000	10.104	9	13-Feb-94	19-Feb-94	3	12540.000	69.507	1866.821	5.967	5.967
6	A15	15.199	29.900	10.118	9	13-Feb-94	19-Feb-94	3	12000.000	66.136	1865.018	5.984	5.984
7	A15	15.133	30.100	10.365	9	13-Feb-94	19-Feb-94	3	17340.000	96.403	1914.452	5.958	5.958
AVERAGE				10.251						76.266	1891.677		
8	A15	14.944	30.000	9.957	9	13-Feb-94	21-Feb-94	7	22560.000	128.621	1892.250	5.859	5.908
9	A15	15.062	29.700	10.103	9	13-Feb-94	21-Feb-94	7	22020.000	123.581	1909.094	5.917	5.943
10	A15	15.048	29.800	10.022	9	13-Feb-94	21-Feb-94	7	22140.000	124.485	1890.939	5.911	5.938
AVERAGE				10.027						125.562	1897.427		

ตารางที่ 15. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1.5

โดยปริมาตรของปูน

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM FOAM 1:1 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP cm.	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD Kg.	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	WEIGHT PER VOLUME Kg./M^3	REMARK	
1	A16	15.079	30.200	10.751	9	15-Feb-94	16-Feb-94	1	13980.000	78.287	1993.534	5.917	5.956
2	A16	15.033	30.000	10.941	9	15-Feb-94	16-Feb-94	1	12960.000	73.017	2054.732	5.937	5.900
3	A16	15.131	30.200	10.892	9	15-Feb-94	16-Feb-94	1	13800.000	76.748	2005.803	5.937	5.977
AVERRAGE				10.861						76.017	2018.023		
4	A16	15.190	30.100	11.041	9	15-Feb-94	19-Feb-94	3	24540.000	135.407	2023.996	5.982	5.979
5	A16	14.985	30.100	10.643	9	15-Feb-94	19-Feb-94	3	24300.000	137.790	2004.979	5.902	5.897
6	A16	15.146	30.100	10.999	9	15-Feb-94	19-Feb-94	3	20520.000	113.891	2028.149	5.951	5.975
AVERAGE				10.894						129.030	2019.041		
7	A16	14.944	30.200	11.130	9	15-Feb-94	23-Feb-94	7	26100.000	148.803	2101.161	5.859	5.908
8	A16	15.062	30.000	11.074	9	15-Feb-94	23-Feb-94	7	20580.000	115.499	2071.651	5.917	5.943
9	A16	15.048	30.100	10.896	9	15-Feb-94	23-Feb-94	7	23040.000	129.545	2035.354	5.911	5.938
AVERAGE				11.033						131.282	2069.389		

ตารางที่ 16. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมโฟม 1:1
โดยปริมาตรของปูน

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM FOAM 1:1.5 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP cm.	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD Kg.	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	WEIGHT PER VOLUME Kg./M^3	REMARK	
1	A17	15.079	30.000	9.648	9	15-Feb-94	16-Feb-94	1	6720.000	37.631	1800.934	5.938	5.935
2	A17	15.095	30.100	9.896	9	15-Feb-94	16-Feb-94	1	7620.000	42.578	1837.065	5.979	5.907
3	A17	15.119	30.100	9.850	9	15-Feb-94	16-Feb-94	1	7500.000	41.774	1822.693	5.954	5.951
AVERRAGE				9.798						40.661	1820.231		
4	A17	15.061	30.100	9.863	9	15-Feb-94	19-Feb-94	3	13620.000	76.451	1839.285	5.901	5.958
5	A17	15.075	30.200	10.000	9	15-Feb-94	19-Feb-94	3	12240.000	68.578	1855.215	5.950	5.920
6	A17	15.014	30.100	9.868	9	15-Feb-94	19-Feb-94	3	13440.000	75.914	1851.755	5.922	5.900
AVERAGE				9.910						73.647	1848.752		
7	A17	15.011	30.100	9.802	9	15-Feb-94	23-Feb-94	7	18300.000	103.400	1839.992	5.916	5.904
8	A17	15.160	30.200	9.931	9	15-Feb-94	23-Feb-94	7	17340.000	96.064	1821.790	5.957	5.980
9	A17	14.925	30.300	9.626	9	15-Feb-94	23-Feb-94	7	19740.000	112.830	1815.860	5.874	5.878
AVERAGE				9.786						104.098	1825.881		

ตารางที่ 17. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมโฟม 1:1.5

โดยปริมาตรปูน

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM FOAM 1:2 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN No.	CODE OF STRUCTURE	DIMENSIONS(cm.) CROSS SECTION	DIMENSIONS(cm.) HEIGHT	WEIGHT	SLUMP cm.	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD Kg.	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	WEIGHT PER VOLUME Kg./M^3	REMARK	
1	A18	15.119	30.000	8.832	9	15-Feb-94	16-Feb-94	1	5520.000	30.746	1639.765	5.942	5.963
2	A18	15.180	30.000	8.849	9	15-Feb-94	16-Feb-94	1	5580.000	30.831	1629.753	5.953	6.000
3	A18	15.052	30.100	9.076	9	15-Feb-94	16-Feb-94	1	5280.000	29.672	1694.523	5.913	5.939
AVERRAGE				8.919						30.416	1654.680		
4	A18	15.095	30.100	9.181	9	15-Feb-94	19-Feb-94	3	9960.000	55.653	1704.334	5.951	5.935
5	A18	15.025	30.200	8.821	9	15-Feb-94	19-Feb-94	3	8970.000	50.589	1647.292	5.907	5.924
6	A18	14.903	30.000	9.038	9	15-Feb-94	19-Feb-94	3	8820.000	50.560	1726.981	5.850	5.885
AVERAGE				9.013						52.267	1692.869		
7	A18	15.207	30.100	9.135	9	15-Feb-94	23-Feb-94	7	12720.000	70.034	1670.961	5.982	5.992
8	A18	15.255	30.000	8.947	9	15-Feb-94	23-Feb-94	7	10200.000	55.805	1631.655	5.995	6.017
9	A18	15.090	30.100	9.061	9	15-Feb-94	23-Feb-94	7	8460.000	47.304	1683.190	5.937	5.945
AVERAGE				9.048						57.714	1661.935		

ตารางที่ 18. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมโฟม 1:2

โดยปริมาตรของปูน

จากตารางที่ 1-18 ผลการทดสอบกำลังรับแรงและหน่วยน้ำหนัก เป็นดังนี้

A1 กำลังรับแรงอัด = 208.94 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2365 กก./ม.^{3}

A2 กำลังรับแรงอัด = 257.00 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2393 กก./ม.^{3}

A3 กำลังรับแรงอัด = 94.524 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2049 กก./ม.^{3}

A4 กำลังรับแรงอัด = 104.40 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2063 กก./ม.^{3}

A5 กำลังรับแรงอัด = 116.89 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2133 กก./ม.^{3}

A6 กำลังรับแรงอัด = 121.33 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2075 กก./ม.^{3}

A7 กำลังรับแรงอัด = 128.71 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2079 กก./ม.^{3}

A8 กำลังรับแรงอัด = 142.39 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2133 กก./ม.^{3}

A9 กำลังรับแรงอัด = 145.25 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2079 กก./ม.^{3}

A10 กำลังรับแรงอัด = 142.40 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2142 กก./ม.^{3}

A11 กำลังรับแรงอัด = 70.639 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2131 กก./ม.^{3}

A12 กำลังรับแรงอัด = 227.29 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2190 กก./ม.^{3}

A13 กำลังรับแรงอัด = 134.57 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2044 กก./ม.^{3}

A14 กำลังรับแรงอัด = 46.232 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 1882 กก./ม.^{3}

A15 กำลังรับแรงอัด = 125.54 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 1898 กก./ม.^{3}

A16 กำลังรับแรงอัด = 131.28 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 2035 กก./ม.^{3}

A17 กำลังรับแรงอัด = 104.09 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 1831 กก./ม.^{3}

A18 กำลังรับแรงอัด = 57.714 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนัก = 1669 กก./ม.^{3}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM CONCRETE

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	13.333	3510.000	20.000	75.398	46.553
2	RB	12.000	13.454	3120.000	20.000	75.398	41.380
3	RB	12.000	13.624	3540.000	20.000	75.398	46.951
4	RB	12.000	13.538	3585.000	20.000	75.398	47.548
AVERAGE							45.608

ตารางที่ 19 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตใช้หินขนาด 1.5"

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM CONCRETE MX

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	13.966	4125.000	20.000	75.398	54.710
2	RB	12.000	13.852	4185.000	20.000	75.398	55.505
3	RB	12.000	13.856	3585.000	20.000	75.398	47.548
4	RB	12.000	14.048	4050.000	20.000	75.398	53.715
AVERAGE							52.869

ตารางที่ 20 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตใช้หินขนาด 1.5"MX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK 100%

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	12.012	2250.000	20.000	75.398	29.842
2	RB	12.000	12.068	2160.000	20.000	75.398	28.648
3	RB	12.000	12.083	2910.000	20.000	75.398	38.595
4	RB	12.000	12.088	2625.000	20.000	75.398	34.815
AVERAGE							32.975

ตารางที่ 21 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 100%

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 100%

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	12.053	2520.000	20.000	75.398	33.423
2	RB	12.000	12.136	2610.000	20.000	75.398	34.616
3	RB	12.000	12.194	2535.000	20.000	75.398	33.621
4	RB	12.000	12.164	2580.000	20.000	75.398	34.218
AVERAGE							33.970

ตารางที่ 22 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 100%MX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 90%

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	12.030	2565.000	20.000	75.398	34.019
2	RB	12.000	12.098	2970.000	20.000	75.398	39.391
3	RB	12.000	11.869	2775.000	20.000	75.398	36.805
4	RB	12.000	12.110	2475.000	20.000	75.398	32.826
AVERAGE							35.760

ตารางที่ 23 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 90%MX

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 80%

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	12.070	2640.000	20.000	75.398	35.014
2	RB	12.000	11.995	2700.000	20.000	75.398	35.810
3	RB	12.000	11.951	2595.000	20.000	75.398	34.417
4	RB	12.000	11.985	3000.000	20.000	75.398	39.789
AVERAGE							36.257

ตารางที่ 24 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 80%MX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 70%

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	12.711	2700.000	20.000	75.398	35.810
2	RB	12.000	12.726	2970.000	20.000	75.398	39.391
3	RB	12.000	12.574	2775.000	20.000	75.398	36.805
4	RB	12.000	12.747	2850.000	20.000	75.398	37.799
AVERAGE							37.451

ตารางที่ 25 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 70%MX

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 60%

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	12.173	3030.000	20.000	75.398	40.187
2	RB	12.000	12.133	3015.000	20.000	75.398	39.988
3	RB	12.000	12.116	3105.000	20.000	75.398	41.181
4	RB	12.000	12.078	2985.000	20.000	75.398	39.590
AVERAGE							40.236

ตารางที่ 26 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 60%MX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM BROKEN BRICK MX 50%

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	12.145	3120.000	20.000	75.398	41.380
2	RB	12.000	12.218	3165.000	20.000	75.398	41.977
3	RB	12.000	11.920	3285.000	20.000	75.398	43.569
4	RB	12.000	12.022	3240.000	20.000	75.398	42.972
AVERAGE							42.474

ตารางที่ 27 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก 50%MX

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM SAWDUST 50% INSTEAD OF SAND

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	12.626	2910.000	20.000	75.398	38.595
2	RB	12.000	12.399	2610.000	20.000	75.398	34.616
3	RB	12.000	12.924	3615.000	20.000	75.398	47.945
4	RB	12.000	12.809	3795.000	20.000	75.398	50.333
AVERAGE							42.872

ตารางที่ 28 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 50%MX

โดยปริมาตรของปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM SAWDUST 60% INSTEAD OF SAND

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	11.718	2160.000	20.000	75.398	28.648
2	RB	12.000	11.953	2625.000	20.000	75.398	34.815
3	RB	12.000	11.945	2235.000	20.000	75.398	29.643
4	RB	12.000	11.869	2295.000	20.000	75.398	30.438
AVERAGE							30.886

ตารางที่ 29 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมซีเลือย 60%MX โดยปริมาตรของปูน

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM CONCRETE (1/2")

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	13.039	2745.000	20.000	75.398	36.407
2	RB	12.000	13.024	2685.000	20.000	75.398	35.611
3	RB	12.000	13.133	2835.000	20.000	75.398	37.600
4	RB	12.000	13.192	2775.000	20.000	75.398	36.805
AVERAGE							36.606

ตารางที่ 30 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตใช้หินขนาด 0.5"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM SAWDUST 1:1 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	11.558	2775.000	20.000	75.398	36.805
2	RB	12.000	11.628	2460.000	20.000	75.398	32.627
3	RB	12.000	11.361	2370.000	20.000	75.398	31.433
4	RB	12.000	11.621	2850.000	20.000	75.398	37.799
AVERAGE							34.666

ตารางที่ 31 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1 โดยปริมาตรของปูน

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM SAWDUST 1:1.5 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	10.637	1995.000	20.000	75.398	26.460
2	RB	12.000	10.149	1950.000	20.000	75.398	25.863
3	RB	12.000	10.855	1875.000	20.000	75.398	24.868
4	RB	12.000	10.621	1875.000	20.000	75.398	24.868
AVERAGE							25.515

ตารางที่ 32 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:2 โดยปริมาตรของปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM SAWDUST 1:2 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	10.355	1635.000	20.000	75.398	21.685
2	RB	12.000	10.586	1605.000	20.000	75.398	21.287
3	RB	12.000	10.400	1695.000	20.000	75.398	22.481
4	RB	12.000	10.509	1725.000	20.000	75.398	22.879
AVERAGE							22.083

ตารางที่ 33 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1.5

โดยปริมาตรของปูน

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM FOAM 1:1 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA (Kg./cm^2)
1	RB	12.000	11.698	3285.000	20.000	75.398	43.569
2	RB	12.000	11.776	3225.000	20.000	75.398	42.773
3	RB	12.000	11.708	3450.000	20.000	75.398	45.757
AVERAGE							44.033

ตารางที่ 34 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมโฟม 1:1

โดยปริมาตรของปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM FOAM 1:1.5 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA	(Kg./cm^2)
1	RB	12.000	10.733	3600.000	20.000	75.398	47.746	
2	RB	12.000	10.750	3225.000	20.000	75.398	42.773	
3	RB	12.000	11.059	3060.000	20.000	75.398	40.585	
AVERAGE							43.701	

ตารางที่ 35 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมโฟม 1:1.5

โดยปริมาตรของปูน

CONCRETE BOND STRESS TEST

PROJECT AGGREGATES FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE
SAMPLE FROM FOAM 1:2 BY VOLUME OF CEMENT

SPECIMEN NO.	TYPE OF STEEL	DIAMETER (mm.)	WEIGHT (Kg.)	FORCE (Kg.)	LENGHT (cm.)	SURFACE AREA (cm^2)	FORCE PER SURFACE AREA	(Kg./cm^2)
1	RB	12.000	9.925	2385.000	20.000	75.398	31.632	
2	RB	12.000	9.907	2925.000	20.000	75.398	38.794	
3	RB	12.000	9.748	3180.000	20.000	75.398	42.176	
AVERAGE							37.534	

ตารางที่ 36 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมโฟม 1:2

โดยปริมาตรของปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 19-36 ผลการทดสอบแรงยึดเกาะระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม เป็นดังนี้

A1	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	45.608	กก./ซม.^{2}
A2	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	52.869	กก./ซม.^{2}
A3	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	32.975	กก./ซม.^{2}
A4	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	33.970	กก./ซม.^{2}
A5	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	35.760	กก./ซม.^{2}
A6	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	36.257	กก./ซม.^{2}
A7	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	37.451	กก./ซม.^{2}
A8	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	40.236	กก./ซม.^{2}
A9	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	42.474	กก./ซม.^{2}
A10	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	42.872	กก./ซม.^{2}
A11	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	30.886	กก./ซม.^{2}
A12	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	36.606	กก./ซม.^{2}
A13	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	34.666	กก./ซม.^{2}
A14	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	25.515	กก./ซม.^{2}
A15	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	22.083	กก./ซม.^{2}
A16	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	44.033	กก./ซม.^{2}
A17	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	43.701	กก./ซม.^{2}
A18	หน่วยแรงยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	=	37.534	กก./ซม.^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ได้จากการทดลอง เป็นดังนี้

A1	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 2.245 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A2	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 2.533 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A3	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.218 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A4	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.292 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A5	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.438 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A6	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.406 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A7	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.452 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A8	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.588 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A9	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.542 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A10	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.597 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A11	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 3.589 \times 10^4$	กก./ซม.^{2}
A12	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 2.087 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A13	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.448 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A14	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.251 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A15	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 7.498 \times 10^4$	กก./ซม.^{2}
A16	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.421 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A17	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 1.079 \times 10^5$	กก./ซม.^{2}
A18	ค่าโมดูลัสของคอนกรีต	$= 6.994 \times 10^4$	กก./ซม.^{2}

หมายเหตุ

จากมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ดังนี้

$$E_c = w^{1.5} \times 4270 \sqrt{f'_c} \quad \text{กก./ซม.}^2$$

เมื่อ w = หน่วยน้ำหนักของคอนกรีต (ตัน ต่อ ม.^{3})

f'_c = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (กก.ต่อ ซม.^{2})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ของคอนกรีตที่ได้จากการทดลอง

A1 $f_c' = 208$ ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ $= \frac{2.29 \times \sqrt{208}}{2 \times 1.2} = 13.76$ กก./ซม.^{2}

$= 11$ กก./ซม.^{2}

A2 $f_c' = 256$ ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ $= \frac{2.29 \times \sqrt{256}}{2 \times 1.2} = 15.26$ กก./ซม.^{2}

$= 11$ กก./ซม.^{2}

A3 $f_c' = 94$ ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ $= \frac{2.29 \times \sqrt{94}}{2 \times 1.2} = 9.25$ กก./ซม.^{2}

A4 $f_c' = 104$ ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ $= \frac{2.29 \times \sqrt{104}}{2 \times 1.2} = 9.73$ กก./ซม.^{2}

A5 $f_c' = 116$ ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ $= \frac{2.29 \times \sqrt{116}}{2 \times 1.2} = 10.27$ กก./ซม.^{2}

A6 $f_c' = 121$ ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ $= \frac{2.29 \times \sqrt{121}}{2 \times 1.2} = 10.49$ กก./ซม.^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A7 f_c' = 128 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{128}}{2 \times 1.2}$ = 10.79 กก./ซม.^{2}

A8 f_c' = 142 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{142}}{2 \times 1.2}$ = 11.37 กก./ซม.^{2}

A9 f_c' = 145 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{145}}{2 \times 1.2}$ = 11.49 กก./ซม.^{2}

A10 f_c' = 142 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{142}}{2 \times 1.2}$ = 11.37 กก./ซม.^{2}

A11 f_c' = 70 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{70}}{2 \times 1.2}$ = 7.98 กก./ซม.^{2}

A12 f_c' = 227 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{227}}{2 \times 1.2}$ = 14.38 กก./ซม.^{2}

A13 f_c' = 134 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{134}}{2 \times 1.2}$ = 11.05 กก./ซม.^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A14 f_c' = 46 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{46}}{2 \times 1.2}$ = 6.47 กก./ซม.^{2}

A15 f_c' = 125 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{125}}{2 \times 1.2}$ = 10.67 กก./ซม.^{2}

A16 f_c' = 131 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{131}}{2 \times 1.2}$ = 10.92 กก./ซม.^{2}

A17 f_c' = 104 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{104}}{2 \times 1.2}$ = 9.73 กก./ซม.^{2}

A18 f_c' = 57 ksc

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ = $\frac{2.29 \times \sqrt{57}}{2 \times 1.2}$ = 7.21 กก./ซม.^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

จากมาตรฐาน ว.ส.ท. สำหรับหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กกลม

สำหรับเหล็กบนรับแรงดึง

$$\text{หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้} = \frac{2.29\sqrt{f'_c}}{2D} < 11 \text{ กก./ซม.}^2$$

สำหรับเหล็กอื่นที่รับแรงดึง

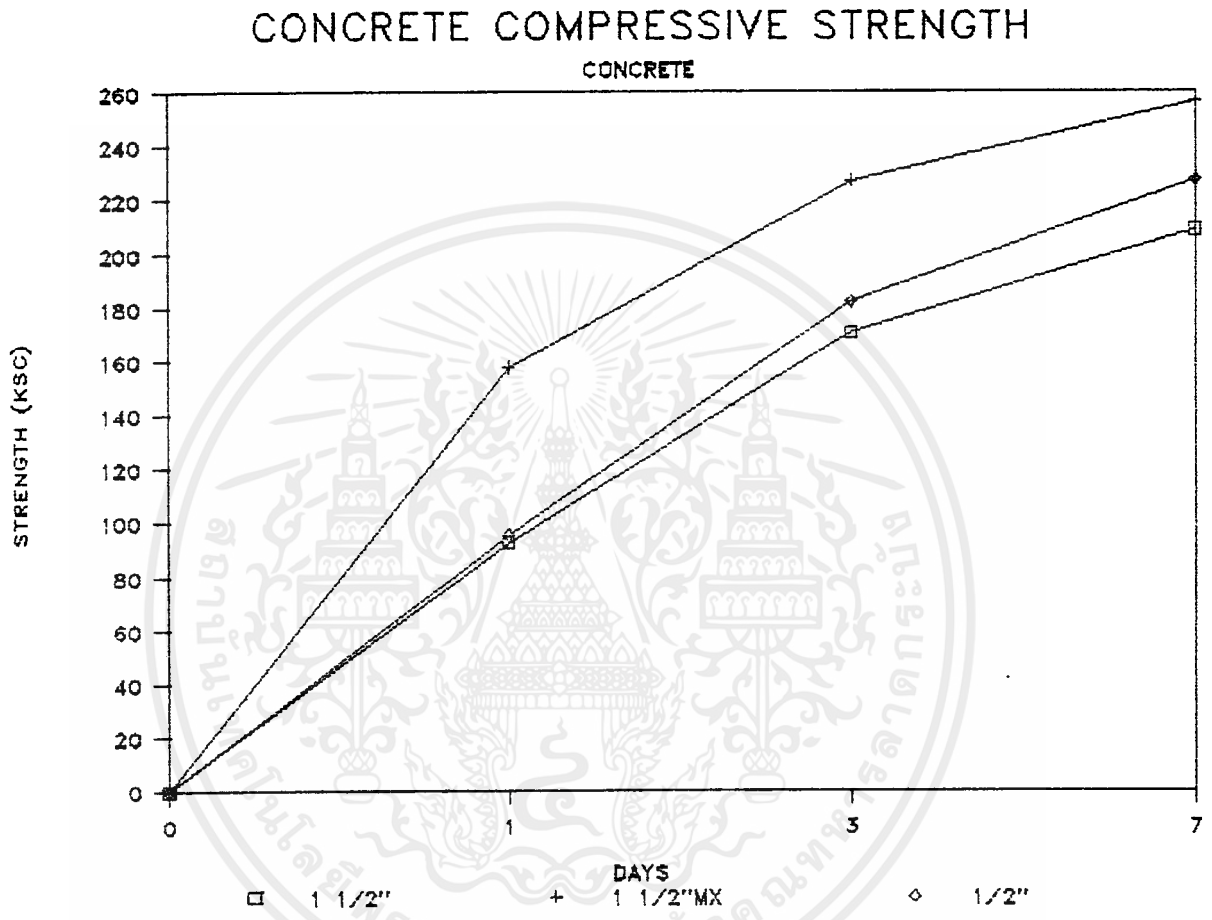
$$\text{หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้} = \frac{3.23\sqrt{f'_c}}{2D} < 11 \text{ กก./ซม.}^2$$

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก

f'_c = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต รูปทรงกระบอกเมื่ออายุ 28 วัน

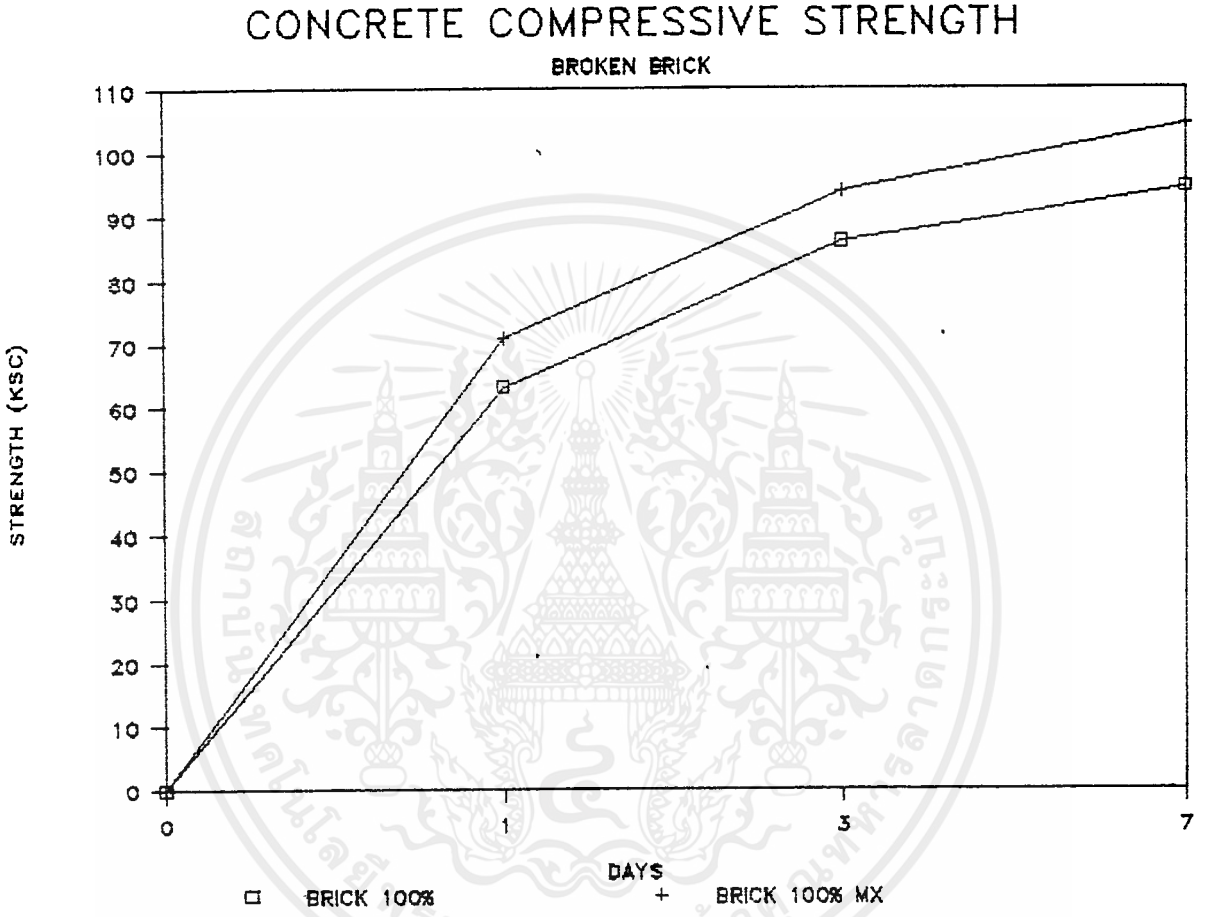
ถ้าใช้เหล็กข้ออ้อย ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต เพิ่มได้ 2 เท่าของค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต ของเหล็กกลม แต่ไม่เกิน 25 กก./ซม.^{2} สำหรับเหล็กบน และไม่เกิน 35 กก./ซม.^{2} สำหรับเหล็กอื่นที่ไม่ใช่เหล็กบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



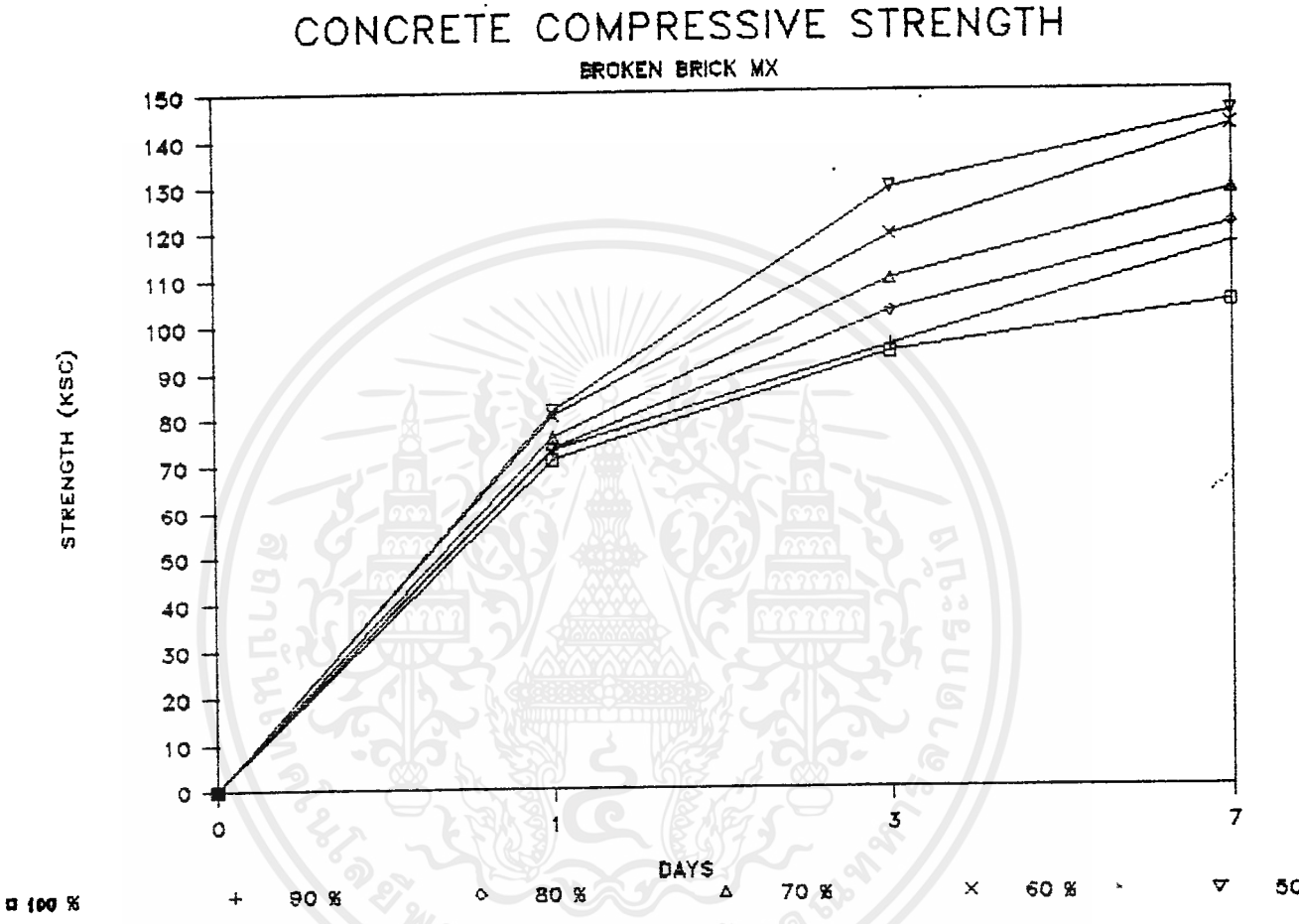
รูปที่ 1 เติมMX และ ขนาดของหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



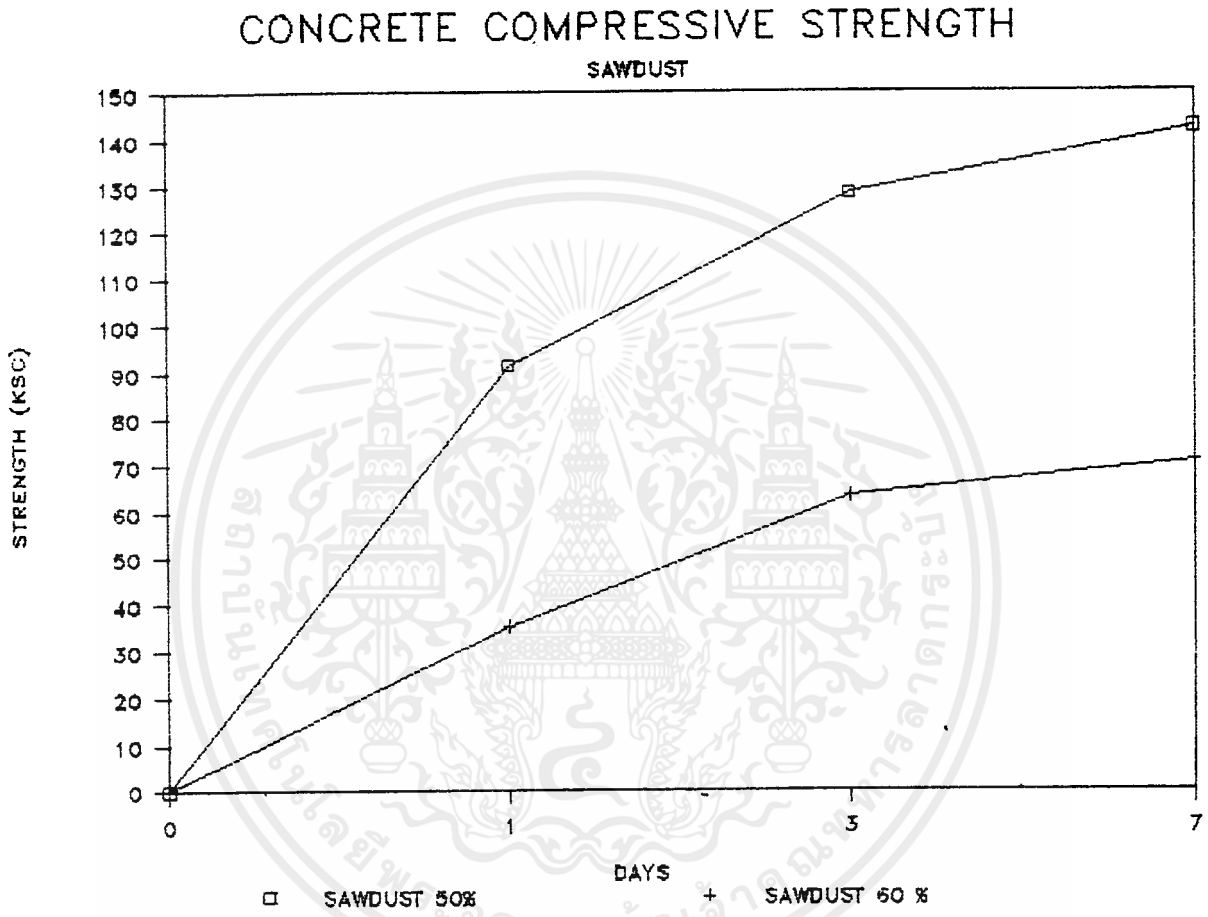
รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก100% และ 100%MX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



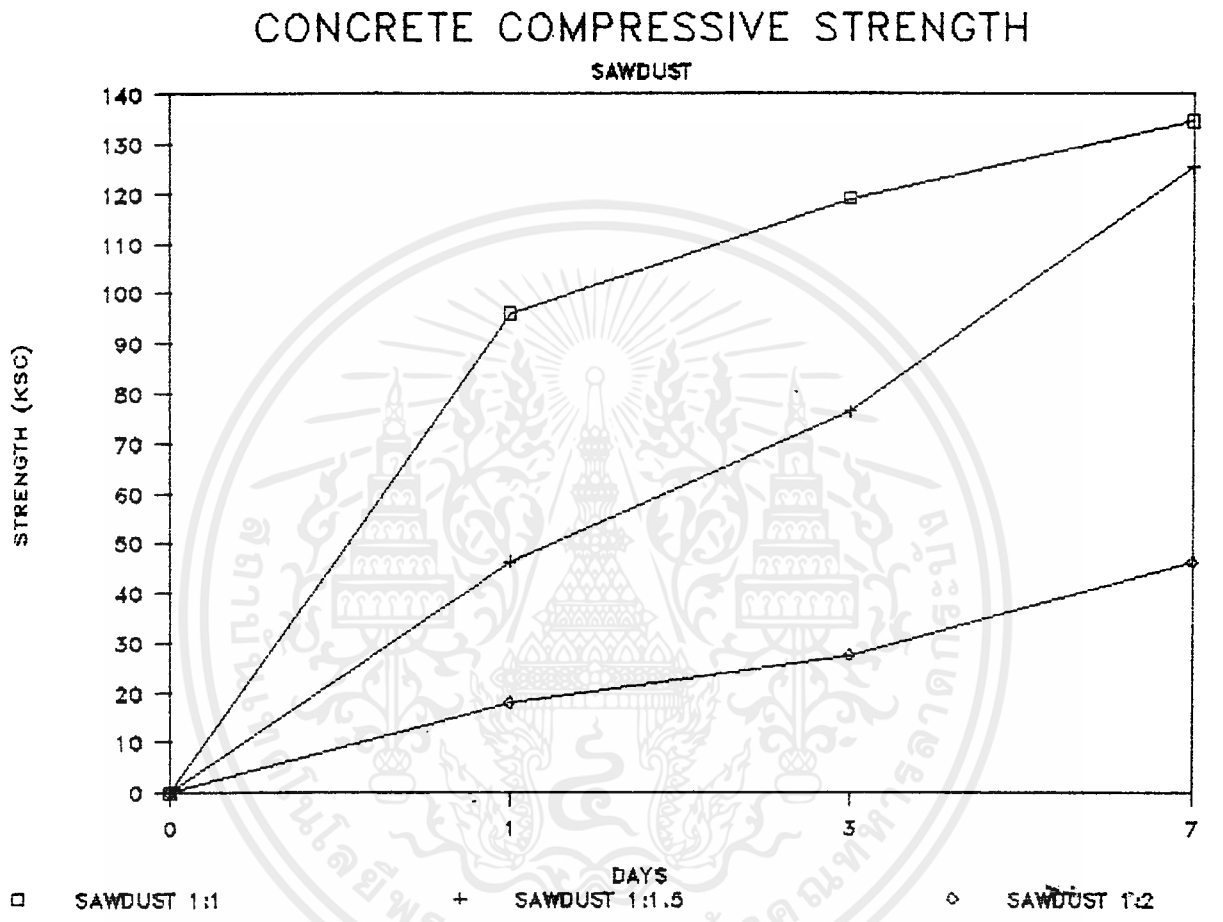
รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอิฐหัก100%MX 90%MX, 80%MNX, 70%MX, 60%MX, 50%MX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



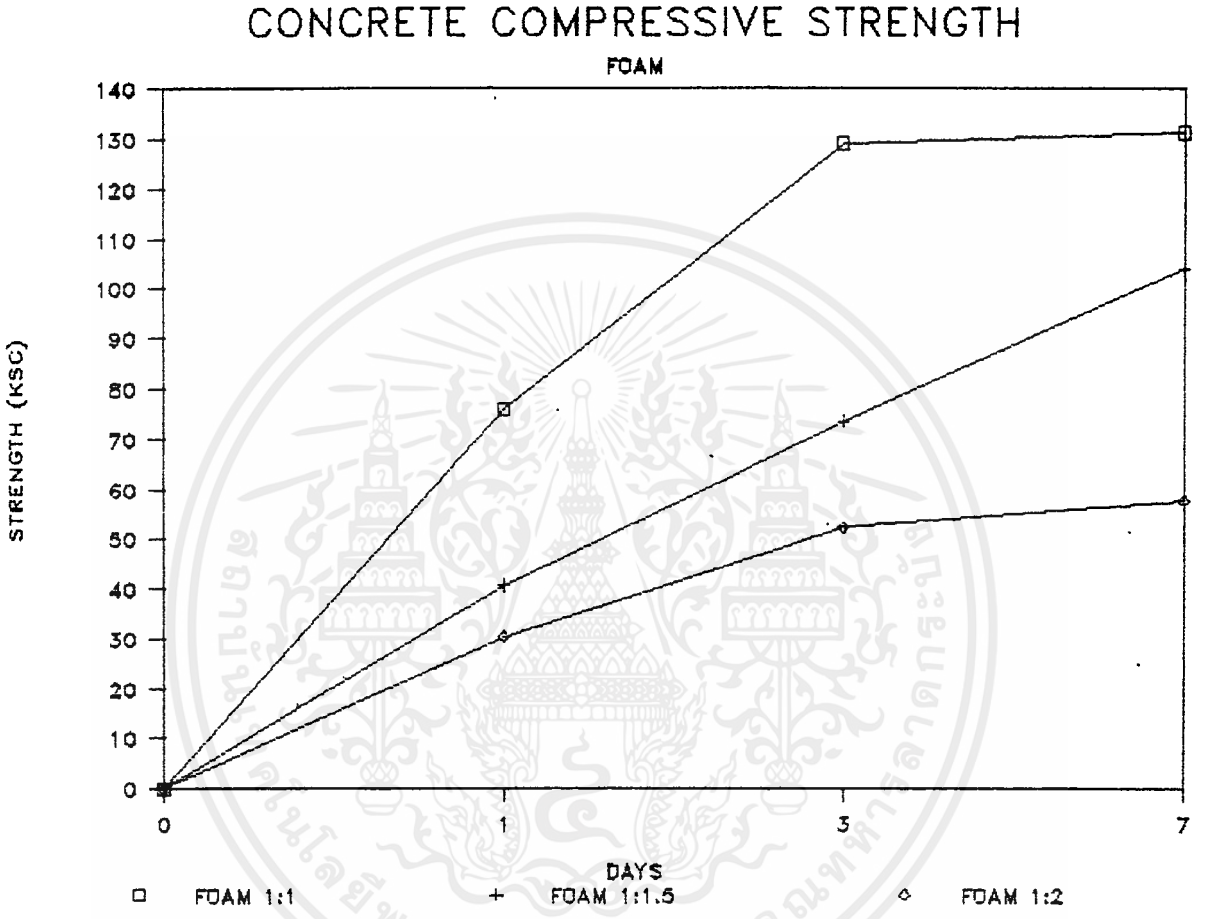
รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย แทนที่ทราย 50%MX และ 60%MX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



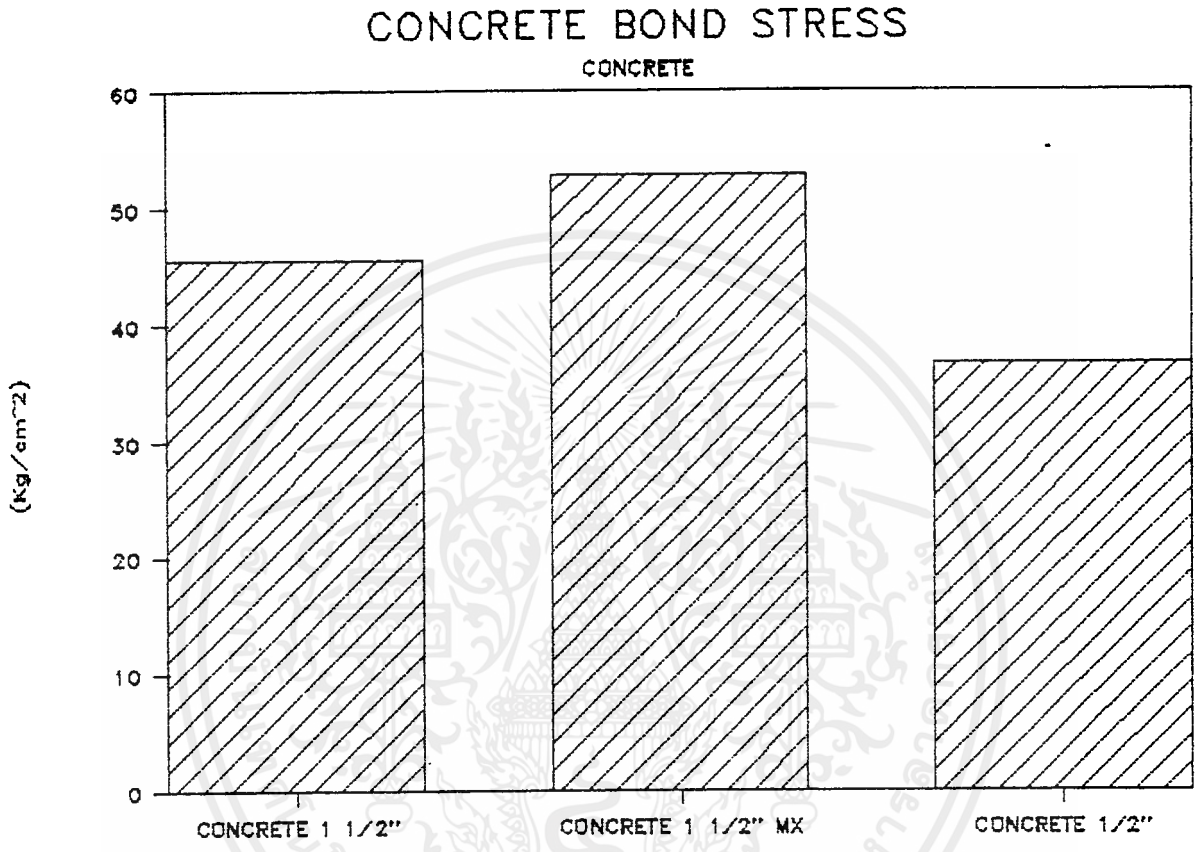
รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1, 1:1.5 และ 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



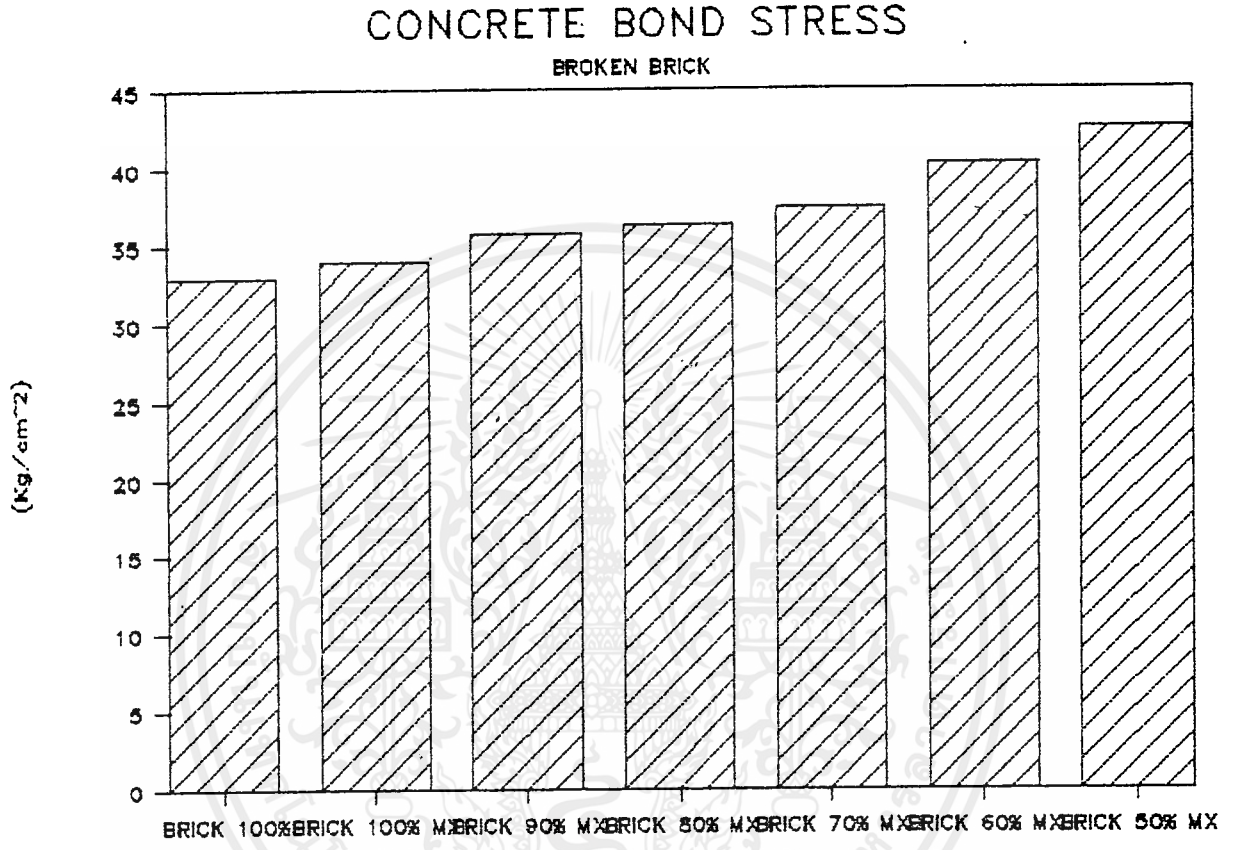
รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมโฟม 1:1, 1:1.5 และ 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



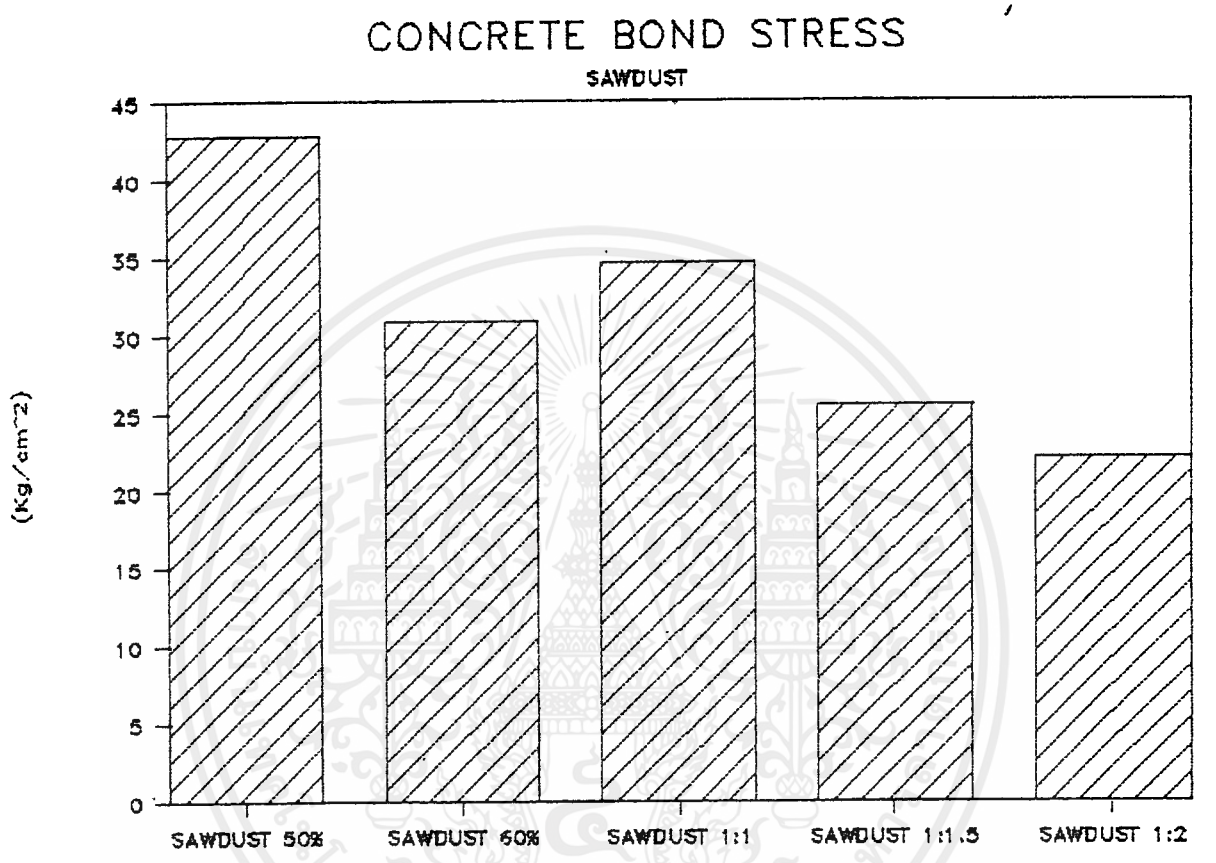
รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบแรงยึดเกาะของคอนกรีตที่ไม่เติมMX เติมMX และ ขนาดของหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



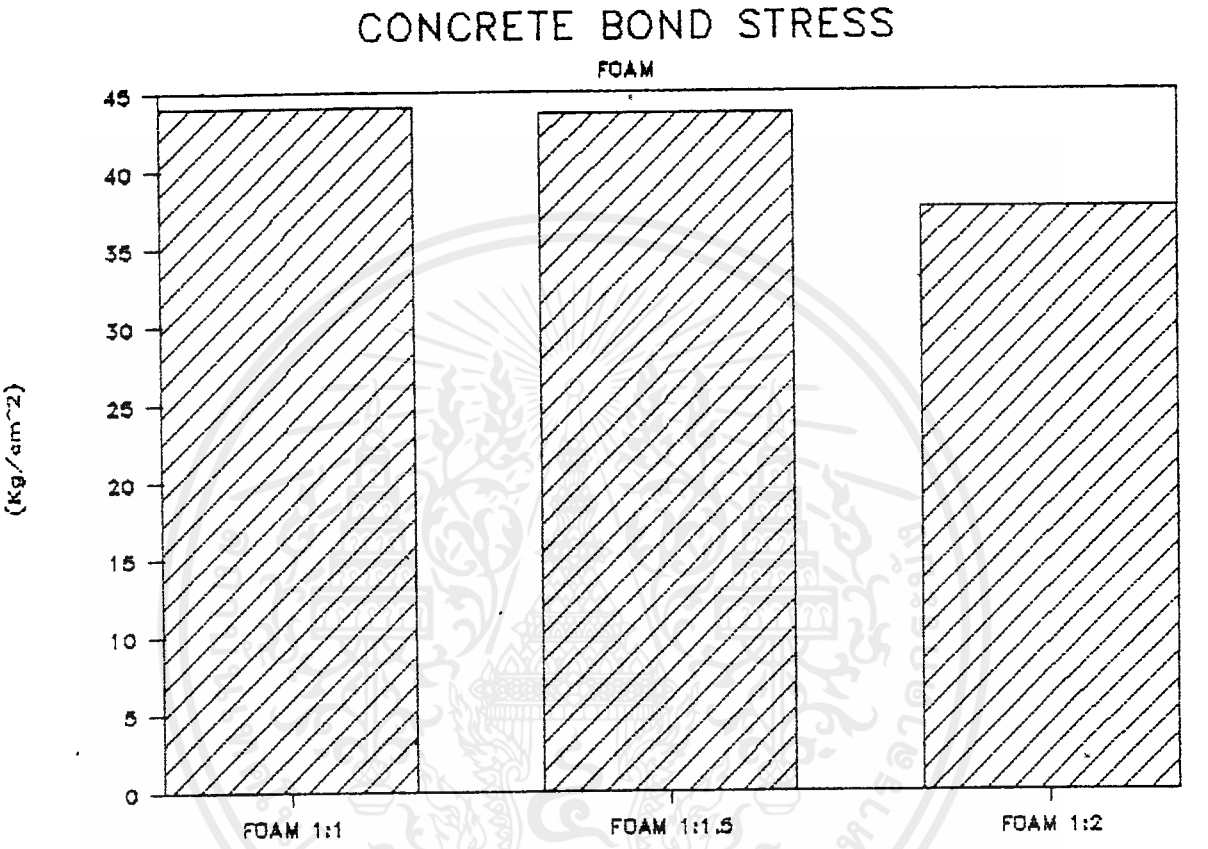
รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก100%MX 90%MX, 80%MX , 70%MX, 60%MX, 50%MX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



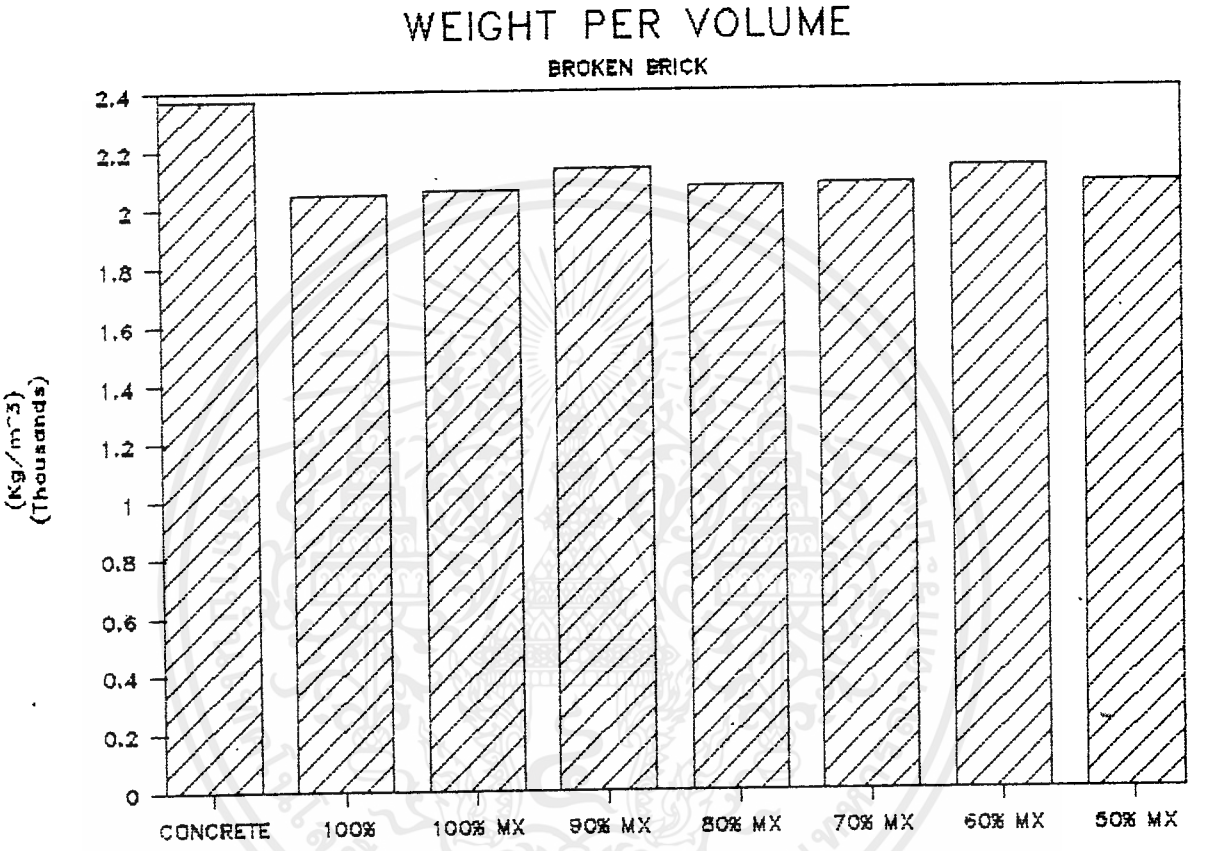
รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย
แทนที่ทราย 50%MX, 60%MX, 1:1, 1:1.5, 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



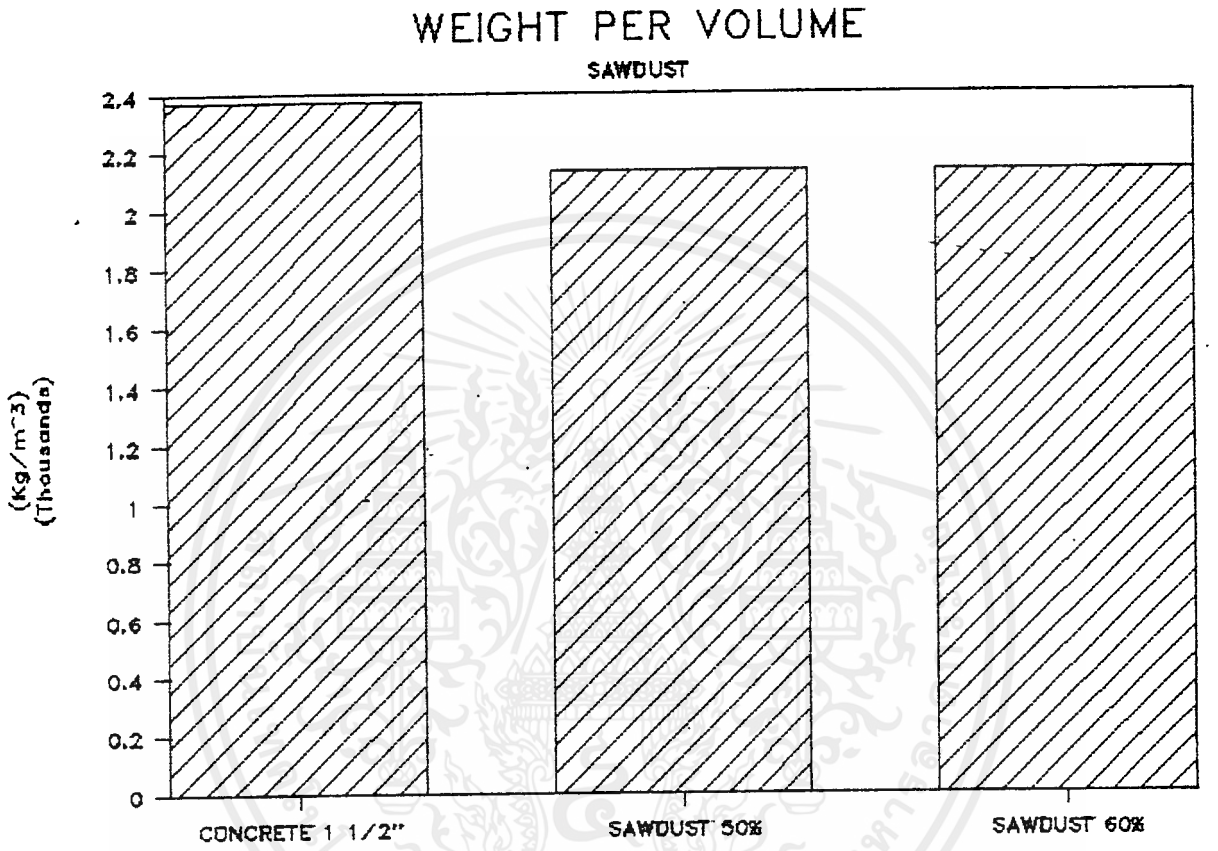
รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมโฟม
อัตราส่วน 1:1, 1:1.5, 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



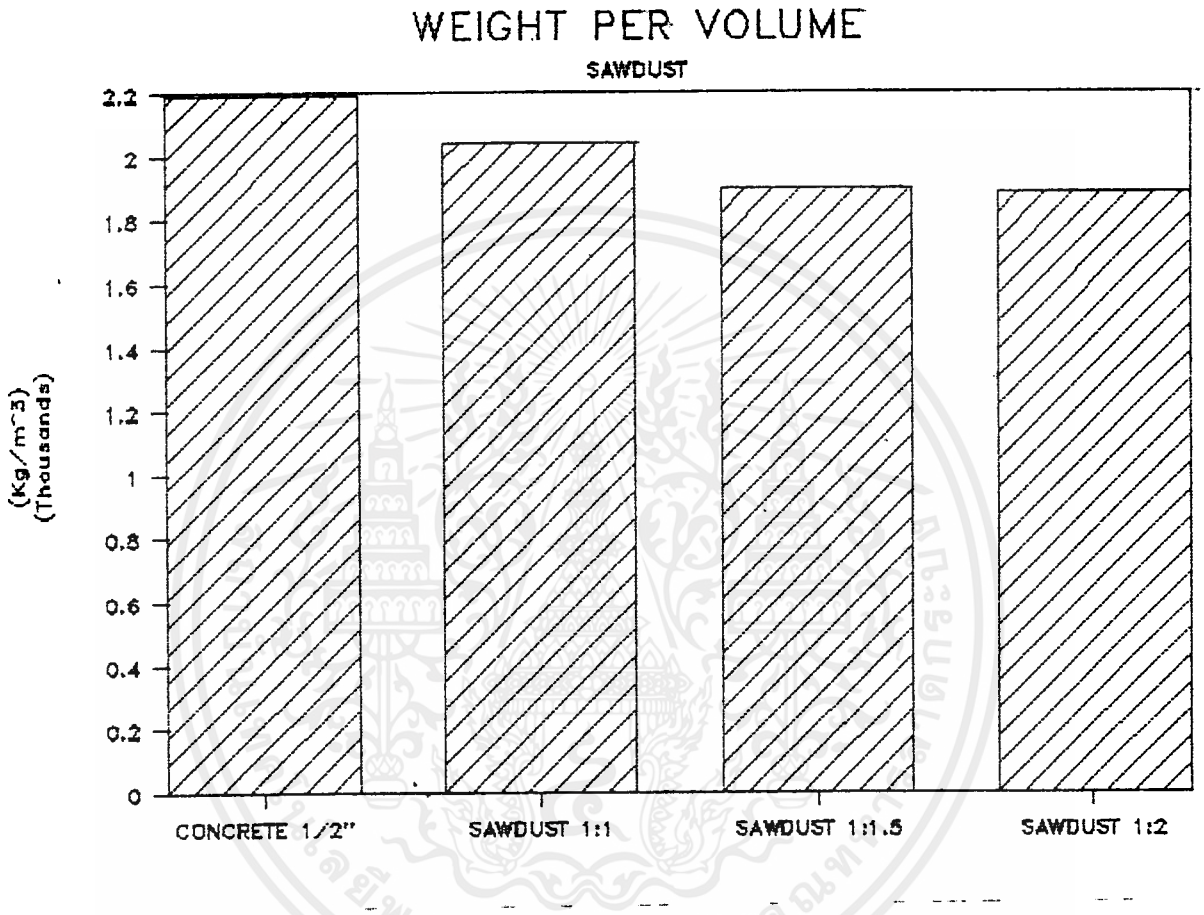
รูปที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต, อิฐหัก100%MX 90%MX, 80%MX , 70%MX, 60%MX, 50%MX.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



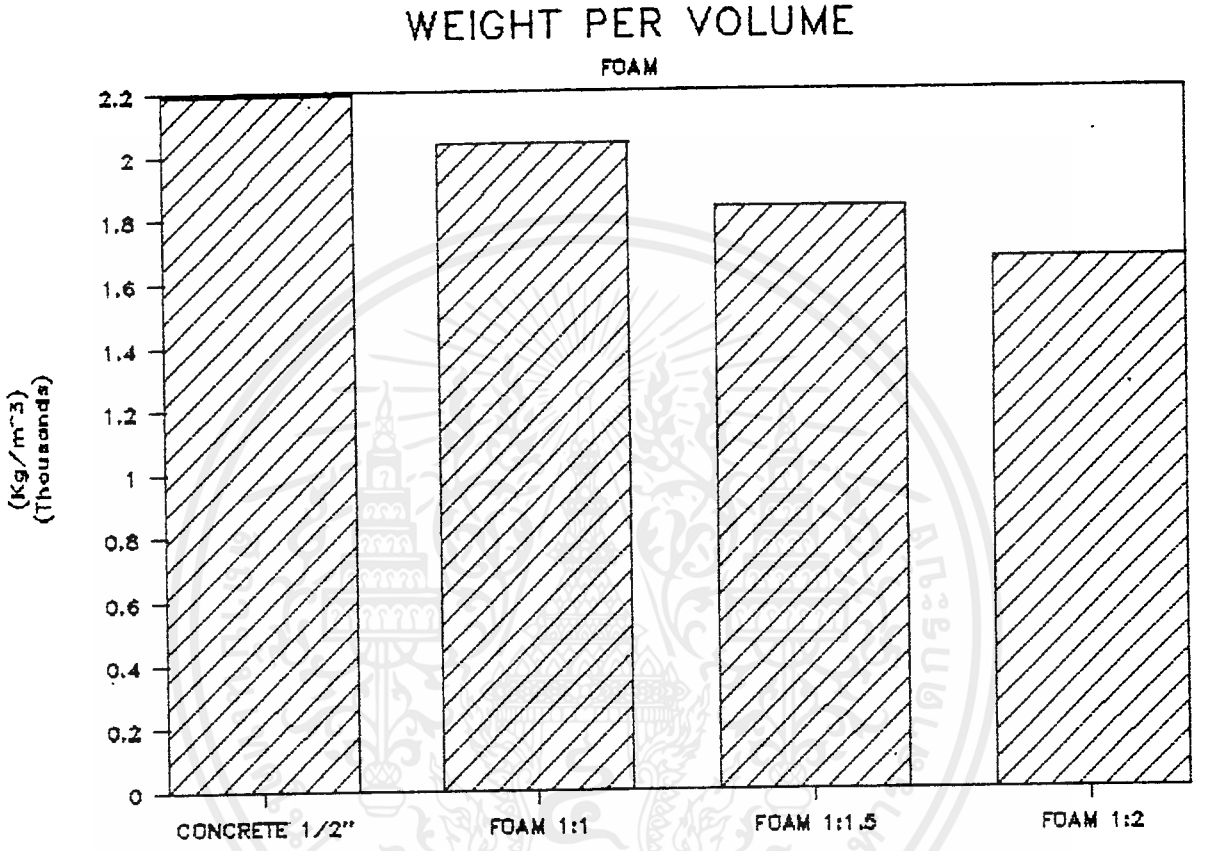
รูปที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย แทนที่ทราย 50%MX, 60%MX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย อัตราส่วน 1:1, 1:1.5, 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 การเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมโฟม
อัตราส่วน 1:1, 1:1.5, 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

กราฟที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยการใช้คอนกรีตที่ผสมมวลรวมปกติ คือ ใช้ หินะปูนะทราย และเปลี่ยนขนาดของหินลงจากใช้หิน 1.5" เป็น หิน 0.5" และเติมน้ำยาเพิ่มกำลังในคอนกรีตที่ใช้หิน 1.5"เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบว่า ในคอนกรีตปกติการรับกำลังของคอนกรีตได้กำลังตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ และเมื่อเติมสารเคมีเพื่อช่วยให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้น จะมีผลอย่างไร

จากกราฟที่ 1 แสดงให้เห็นว่าคอนกรีตทั้ง 2 ตัวอย่าง คือ ใช้หินขนาด 1.5" และหินขนาด 0.5" มีค่าการรับกำลังอัดสูงกว่า 200 กก./ซม.^{2} และคอนกรีตที่ผสมน้ำยาเพิ่มกำลังสามารถรับกำลังได้สูงกว่าคอนกรีตปกติ และ สูงกว่าการออกแบบ 56 กก./ซม.^{2}

กราฟที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบการรับกำลังของคอนกรีต โดยการใช้อิฐหัก 100% ตามอัตราส่วนผสมปกติ กับการใช้อิฐหัก 100% ผสมด้วยน้ำยาเพิ่มกำลัง

จากกราฟที่ 2 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเติมน้ำยาเพิ่มกำลังลงในส่วนผสมตามปริมาณของปูน คือใช้น้ำยา 0.8 กก.ต่อ ปูน 100 กก. คอนกรีตที่ผสมน้ำยา จะมีกำลังในการรับแรงมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมน้ำยา แสดงว่าการใช้น้ำยาเพิ่มกำลังในคอนกรีตมีส่วนช่วยให้คอนกรีตมีความสามารถในการรับกำลังเพิ่มขึ้น

กราฟที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบการรับกำลังของคอนกรีต เมื่อนำอิฐหักมาใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต โดยแทนมวลรวมหยาบ คือ หิน ในอัตราส่วนต่างๆกัน คือ ใช้อิฐหัก 50%,60%,70%,80%,90%และ 100% ของน้ำหนักอิฐหักที่ได้จากการคำนวณและมีการเติมน้ำยาในอัตราส่วนเท่าๆกัน

จากกราฟที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ส่วนผสมที่มีปริมาณของอิฐหักมาก การรับกำลังของคอนกรีตจะมีค่าน้อยและกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการลดอิฐหักเนื่องจากมีซีเมนต์เพสท์มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีต โดยการใช้ขี้เลื่อยผสมลงในคอนกรีต โดยการแทนที่ทรายดังนี้คือ แทนที่ทรายด้วยขี้เลื่อย 50% ของปริมาตรทราย และ 60% ของปริมาตรของทราย ทำการทดลองจนกระทั่งใช้ขี้เลื่อยแทนที่ทราย 100% แต่จากการทดลอง เมื่อใช้ขี้เลื่อยแทนที่ทรายจนกระทั่งมากกว่า 60% คอนกรีตไม่สามารถก่อตัวได้ จึงได้ผลการทดลองที่ 50% และ 60% เท่านั้น

จากกราฟที่ 4 กำลังของคอนกรีตที่ใช้ขี้เลื่อยแทนที่ทราย 50% จะสามารถรับกำลังได้สูงกว่า การใช้ขี้เลื่อยแทนที่ทราย 60% ลักษณะของผิวของคอนกรีตจะมีสีน้ำตาลแดง ผิวขรุขระ เนื่องจากขี้เลื่อยที่ใช้มีขนาดใหญ่ เป็นส่วนมาก เมื่อเทียบกับขนาดของทราย และ การก่อตัวของคอนกรีตโดยใช้ขี้เลื่อยแทนที่ทรายเป็นไปได้ช้า ต้องปล่อยให้คอนกรีตอยู่ในแบบหล่อ ประมาณ 3 วัน จึงจะสามารถเกาะแบบได้

กราฟที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ขี้เลื่อยที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 โดยจะมีลักษณะละเอียด น้ำหนักเบา ผสมในคอนกรีต 1:1,1:1.5 และ 1:2 โดยปริมาตรของปูน

จากกราฟที่ 5 กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ขี้เลื่อย 1:1 เท่าโดยปริมาตรของปูน สามารถรับกำลังได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับคอนกรีตที่ 1:1.5 และ 1:2 แสดงว่า เมื่อขี้เลื่อยเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการรับกำลังของคอนกรีตจะน้อยลง เนื่องจากการเกาะตัวระหว่างปูน กับ ขี้เลื่อย เป็นไปได้ยาก ทำให้เนื้อคอนกรีตค่อนข้างเปราะ ทำให้การรับกำลังมีค่าน้อยกว่าการใช้ทราย คอนกรีตผสมขี้เลื่อยจะสามารถแกะแบบได้ เมื่อบ่มไว้ในแบบ 3 วัน

กราฟที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีต โดยใช้โฟมเป็นส่วนผสมในคอนกรีต อัตราส่วนที่ใช้ 1:1, 1:1.5, 1:2 โดยปริมาตรของปูน

จากกราฟที่ 6 การใช้เม็ดโฟมเพิ่มลงไปในส่วนผสมมีผลทำให้กำลังการรับน้ำหนักของคอนกรีตเปลี่ยนไปตามปริมาณของเม็ดโฟมที่ใช้ คือ เมื่อใช้เม็ดโฟมเพิ่มเข้าไปมาก กำลังของคอนกรีตจะลดลง

โฟมเป็นวัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบามาก และไม่มีผลต่อการก่อตัวของคอนกรีต ลักษณะของผิวหน้าของคอนกรีตจะสังเกตุเห็นเม็ดโฟมอยู่ด้านบน ทั้งนี้เนื่องจากเม็ดโฟมเกิดการลอยตัว การรับกำลังของคอนกรีตจะแปรผกผันกับปริมาณของเม็ดโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบการยึดเกาะระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมเมื่อเป็นคอนกรีตปกติ

จากกราฟที่ 7 จะเห็นว่า คอนกรีตที่ใช้หินขนาด 1.5" จะมีความสามารถในการยึดเกาะมากกว่า หิน 0.5" นั่นคือ เมื่อใช้วัสดุผสมหยาบที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีการยึดเกาะที่ดีกว่า และคอนกรีตที่เติมสารเพิ่มกำลังของคอนกรีตจะมีค่าการยึดเกาะที่สูงกว่าคอนกรีตธรรมดา ประมาณ 10 กก./ซม.^{2}

กราฟที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบการยึดเกาะระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมของอิฐหักที่ส่วนผสมต่างๆกัน คือ อิฐหัก 100%,100%mx จนกระทั่งอิฐหัก 50%mx

จากกราฟที่ 8 จะเห็นว่า ค่าของแรง ยึดเกาะของคอนกรีตผสมอิฐหัก อยู่ในช่วง 33-43 กก./ซม.^{2} กล่าวคือ อิฐหักที่ 100% จะมีค่าแรงยึดเกาะต่ำที่สุด และอิฐหักที่ 100%mx จนถึงอิฐหัก 50%mx จะมีค่าสูงขึ้นตามลำดับ ดังนั้น เมื่อใช้อิฐหักแทนมวลรวมหยาบ ค่าการยึดเกาะระหว่างอิฐหักในส่วนผสมของคอนกรีตมการยึดเกาะน้อยลง เนื่องจากความแข็งแรงของอิฐหักน้อยกว่า หิน ที่ใช้เป็นมวลรวมหยาบโดยทั่วไป

กราฟที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบการยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริมของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย ทั้งตัวอย่างที่ใช้ขี้เลื่อย 50%, 60% แทนที่ทราย และขี้เลื่อย 1:2, 1:1.5, 1:2 โดยปริมาตรของปูน

จากกราฟที่ 9 คอนกรีตที่ใช้ขี้เลื่อย 50%แทนที่ทราย จะมีค่าแรงยึดเกาะสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้ขี้เลื่อย 60% แทนที่ทราย ประมาณ 15 กก./ซม.^{2} ส่วนคอนกรีตที่ใช้ขี้เลื่อย 1:1 โดยปริมาตรของปูน จะมีค่าการยึดเกาะมากกว่าคอนกรีตที่ใช้ขี้เลื่อย 1:1.5 และ 1:2 โดยคอนกรีตที่ใช้ขี้เลื่อยแทนที่ทรายจะมีค่าแรงยึดเกาะมากกว่าคอนกรีตที่ใช้ขี้เลื่อย 1:1, 1:1.5, 1:2 โดยปริมาตรของปูน

กราฟที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบการยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริมของคอนกรีตผสมโฟม 1:1, 1:1.5, 1:2 โดยปริมาตรของปูน

จากกราฟที่ 10 คอนกรีตที่ผสมเม็ดโฟม 1:1 จะมีค่าแรงยึดเกาะมากกว่า 1:1.5, 1:2 โดยที่ค่าแรงยึดเกาะของคอนกรีตผสมโฟม 1:1 และ 1:1.5 มีค่าใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคียงกัน คือ ประมาณ 44 และ 43 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ แสดงว่าคอนกรีตผสมโฟมมีค่าแรงยึดเกาะไม่ขึ้นกับปริมาณของโฟมที่ผสมลงในคอนกรีต

กราฟที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักระหว่างคอนกรีตปกติกับคอนกรีตผสมอิฐหัก

จากกราฟที่ 11 จะเห็นว่า ค่าของหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตปกติมากกว่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมอิฐหัก แสดงว่า การใช้อิฐหักเป็นส่วนผสมของคอนกรีตมีช่วยให้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตลดน้อยลง คือ จากคอนกรีตปกติ หน่วยน้ำหนักประมาณ 2400 กก./ม.^{3} ถ้าเป็นคอนกรีตผสมอิฐหักจะมีหน่วยน้ำหนักประมาณ 2000-2100 กก./ม.^{3} จากกราฟค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมอิฐหักในแต่ละส่วนผสมมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่า ไม่ว่าจะลดหรือเพิ่มอิฐหักในส่วนผสมของคอนกรีตก็ไม่มีผลต่อค่าของหน่วยน้ำหนัก แต่จะมีผลต่อกำลังของคอนกรีต

กราฟที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักระหว่างคอนกรีตปกติกับคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 50% และ 60% โดยการแทนที่ทราย

จากกราฟที่ 12 คอนกรีตปกติมีหน่วยน้ำหนักมากกว่าคอนกรีตผสมขี้เลื่อย โดยหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตปกติประมาณ 2400 กก./ม.^{3} ส่วนหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 50% และ 60% ประมาณ 2100 กก./ม.^{3}

กราฟที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักระหว่างคอนกรีตปกติกับคอนกรีตผสมขี้เลื่อย ในอัตราส่วน 1:1, 1:1.5, 1:2 โดยปริมาตรของปูน

จากกราฟที่ 13 จะเห็นว่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตปกติมีค่ามากกว่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมขี้เลื่อย และคอนกรีตผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วน 1:1 จะมีหน่วยน้ำหนักมากกว่าคอนกรีตผสมขี้เลื่อย 1:1.5 และ 1:2 แสดงว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของขี้เลื่อยจะมีผลทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบการยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริมของคอนกรีตผสมโฟม ในอัตราส่วน 1:1, 1:1.5 และ 1:2 โดยปริมตรของปูน

จากกราฟที่ 14 จะเห็นว่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตปกติ มีค่ามากกว่าคอนกรีตผสมโฟม สำหรับคอนกรีตผสมโฟมนั้นเมื่อใช้โฟมผสมลงไป 1:1 จะให้ค่าหน่วยน้ำหนักมากกว่าการใส่โฟมลงไปในอัตราส่วน 1:1.5 และ 1:2 ตามลำดับ แสดงว่า เมื่อใส่โฟมผสมลงไปในคอนกรีต ช่วยให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาลง จากเดิมมากกว่า ขึ้เลื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

คอนกรีตเบาที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปมีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 800-1850 กก./ม.^{3} มีค่ากำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 170 กก./ซม.^{2} โดยใช้วัสดุผสม ได้แก่ อิฐหัก ขี้เลื่อย และ เม็ดโฟม จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

อิฐหัก

มีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง	2049-2133	กก./ม.^{3}
กำลังต้านทานแรงอัด	94-145	กก./ซม.^{2}
ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	1.218×10^5-1.588×10^5	กก./ซม.^{2}

ขี้เลื่อย(แทนที่ทราย)

มีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง	2131-2142	กก./ม.^{3}
กำลังต้านทานแรงอัด	70-142	กก./ซม.^{2}
ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	3.589×10^4-1.597×10^5	กก./ซม.^{2}

ขี้เลื่อย(ผสมโดยปริมาตรปูน)

มีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง	1898-2190	กก./ม.^{3}
กำลังต้านทานแรงอัด	46-135	กก./ซม.^{2}
ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	7.498×10^4-1.448×10^5	กก./ซม.^{2}

เม็ดโฟม

มีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง	1620-2000	กก./ม.^{3}
กำลังต้านทานแรงอัด	50-135	กก./ซม.^{2}
โมดูลัสยืดหยุ่น	6.994×10^4-1.421×10^5	กก./ซม.^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบราคาของคอนกรีตชนิดต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง

ราคาวัสดุก่อสร้าง

หิน 1.5"	ราคา	330	บาท/ม.^{3}
หิน 0.5"	ราคา	350	บาท/ม.^{3}
ปูน	ราคา	1700	บาท/ตัน
ทราย	ราคา	150	บาท/ม.^{3}
น้ำยาเพิ่มกำลัง	ราคา	30	บาท/กก.

ราคาค่าขนส่งวัสดุโดยประมาณ

อิฐหัก	ค่าขนส่ง	100	บาท/ตัน
ขี้เลื่อย	ค่าขนส่ง	1000	บาท/ตัน

เมื่อใช้คอนกรีตธรรมดา(หิน1.5") เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

หิน	1167	กก.	=	1.167 x 330 =	385.11	บาท
ปูน	250	กก.	=	2.5 x 170 =	425	บาท
ทราย	780	กก.	=	0.78 x 150 =	117	บาท
				รวม	927	บาท

เมื่อใช้คอนกรีตธรรมดา(หิน0.5") เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

หิน	875	กก.	=	0.875 x 350 =	306.25	บาท
ปูน	307	กก.	=	3.07 x 170 =	521.90	บาท
ทราย	852	กก.	=	0.852 x 150 =	127.80	บาท
				รวม	956.00	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้คอนกรีตผสมอิฐ 100% เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

อิฐ	719	กก.	=	0.719 x 100	=	71.90	บาท
ปูน	250	กก.	=	2.50 x 170	=	425.00	บาท
ทราย	969	กก.	=	0.969 x 150	=	145.35	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง 2		กก.	=	2.00 x 30	=	60.00	บาท
				รวม		630.00	บาท

เมื่อใช้คอนกรีตผสมอิฐ 90% เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

อิฐ	647	กก.	=	0.647 x 100	=	64.70	บาท
ปูน	250	กก.	=	2.50 x 170	=	425.00	บาท
ทราย	969	กก.	=	0.969 x 150	=	145.35	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง 2		กก.	=	2.00 x 30	=	60.00	บาท
				รวม		695.00	บาท

เมื่อใช้คอนกรีตผสมอิฐ 80% เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

อิฐ	572	กก.	=	0.572 x 100	=	57.20	บาท
ปูน	250	กก.	=	2.50 x 170	=	425.00	บาท
ทราย	969	กก.	=	0.969 x 150	=	145.35	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง 2		กก.	=	2.00 x 30	=	60.00	บาท
				รวม		687.55	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้คอนกรีตผสมอิฐ 70% เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

อิฐ	503	กก.	=	0.503 x 100	=	50.30	บาท
ปูน	250	กก.	=	2.50 x 170	=	425.00	บาท
ทราย	969	กก.	=	0.969 x 150	=	145.35	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง 2		กก.	=	2.00 x 30	=	60.00	บาท
				รวม		680.65	บาท

เมื่อใช้คอนกรีตผสมอิฐ 60% เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

อิฐ	431	กก.	=	0.431 x 100	=	43.10	บาท
ปูน	250	กก.	=	2.50 x 170	=	425.00	บาท
ทราย	969	กก.	=	0.969 x 150	=	145.35	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง 2		กก.	=	2.00 x 30	=	60.00	บาท
				รวม		673.45	บาท

เมื่อใช้คอนกรีตผสมอิฐ 50% เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

อิฐ	360	กก.	=	0.360 x 100	=	36.00	บาท
ปูน	250	กก.	=	2.50 x 170	=	425.00	บาท
ทราย	969	กก.	=	0.969 x 150	=	145.35	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง 2		กก.	=	2.00 x 30	=	60.00	บาท
				รวม		666.35	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้คอนกรีตผสมขี้เลื่อย(แทนที่ทราย 50% โดยปริมาตร)เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

ขี้เลื่อย	60	กก.	=	0.060	x 1000	=	60.00 บาท
ปูน	250	กก.	=	2.50	x 170	=	425.00 บาท
ทราย	390	กก.	=	0.390	x 150	=	58.50 บาท
หิน	1167	กก.	=	1.167	x 330	=	385.11 บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง	2	กก.	=	2.00	x 30	=	60.00 บาท
				รวม			988.61 บาท

เมื่อใช้คอนกรีตผสมขี้เลื่อย(แทนที่ทราย 60% โดยปริมาตร)เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

ขี้เลื่อย	70	กก.	=	0.070	x 1000	=	70.00 บาท
ปูน	250	กก.	=	2.50	x 170	=	425.00 บาท
ทราย	312	กก.	=	0.312	x 150	=	46.80 บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง	2	กก.	=	2.00	x 30	=	60.00 บาท
				รวม			601.80 บาท

เมื่อใช้คอนกรีตผสมขี้เลื่อย (1:1 เท่าโดยปริมาตรของปูน) เทียบบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

ขี้เลื่อย	87.5	กก.	=	0.0875	x 1000	=	87.50 บาท
ปูน	307	กก.	=	3.07	x 170	=	521.90 บาท
ทราย	852	กก.	=	0.852	x 150	=	127.80 บาท
หิน	875	กก.	=	0.875	x 350	=	306.25 บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง	2.45	กก.	=	2.45	x 30	=	73.50 บาท
				รวม			1116.95 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้คอนกรีตผสมขี้เลื่อย (1:1.5 เท่าโดยปริมาตรของปูน) เทียบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

ขี้เลื่อย	106	กก.	=	0.106 x 1000	=	106.00	บาท
ปูน	307	กก.	=	3.07 x 170	=	521.90	บาท
ทราย	852	กก.	=	0.852 x 150	=	127.80	บาท
หิน	875	กก.	=	0.875 x 350	=	306.25	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง	2.45	กก.	=	2.45 x 30	=	73.50	บาท
				รวม		1135.45	บาท

เมื่อใช้คอนกรีตผสมขี้เลื่อย (1:2 เท่าโดยปริมาตรของปูน) เทียบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

ขี้เลื่อย	125	กก.	=	0.125 x 1000	=	125.00	บาท
ปูน	307	กก.	=	3.07 x 170	=	521.90	บาท
ทราย	852	กก.	=	0.852 x 150	=	127.80	บาท
หิน	875	กก.	=	0.875 x 350	=	306.25	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง	2.45	กก.	=	2.45 x 30	=	73.50	บาท
				รวม		1154.45	บาท

เมื่อใช้คอนกรีตผสมโฟม(1:1 เท่าโดยปริมาตรของปูน) เทียบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

โฟม	7.5	กก.	=	7.50 x 90	=	675.00	บาท
ปูน	307	กก.	=	3.07 x 170	=	521.90	บาท
ทราย	852	กก.	=	0.852 x 150	=	127.80	บาท
หิน	875	กก.	=	0.875 x 350	=	306.25	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง	2.45	กก.	=	2.45 x 30	=	73.50	บาท
				รวม		1704.45	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้คอนกรีตผสมโฟม(1:1.5 เท่าโดยปริมาตรของปูน) เทียบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

โฟม	12	กก.	=	12	x 90	= 1080.00	บาท
ปูน	307	กก.	=	3.07	x 170	= 521.90	บาท
ทราย	852	กก.	=	0.852	x 150	= 127.80	บาท
หิน	875	กก.	=	0.875	x 350	= 306.25	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง	2.45	กก.	=	2.45	x 30	= 73.50	บาท
				รวม		2109.45	บาท

เมื่อใช้คอนกรีตผสมโฟม (1:2 เท่าโดยปริมาตรของปูน) เทียบราคาใน 1 ม.^{3}

วัสดุที่ใช้

โฟม	16	กก.	=	16	x 90	= 1440.00	บาท
ปูน	307	กก.	=	3.07	x 170	= 521.90	บาท
ทราย	852	กก.	=	0.852	x 150	= 127.80	บาท
หิน	875	กก.	=	0.875	x 350	= 306.25	บาท
น้ำยาเพิ่มกำลัง	2.45	กก.	=	2.45	x 30	= 73.50	บาท
				รวม		2469.45	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี ข้อเสีย ของการนำ อิฐหัก ขี้เลื่อย และ โฟม มาใช้ในการผสมคอนกรีต

1. อิฐหัก

ข้อดี

- มีราคาถูก เมื่อคิดที่ปริมาตรเท่ากัน โดยจะมีราคาประมาณ 630 บาท/ม.^{3}
- หาได้ง่าย ไม่มีราคา เพราะเป็นวัสดุที่เหลือใช้
- ผิวของคอนกรีตที่ได้ จะมีลักษณะคล้ายกับคอนกรีตทั่วไป คือ มีผิวเรียบ สีค่อนข้างแดง

ข้อเสีย

- จะมีความยุ่งยากเพราะต้องนำมาทุบให้ได้ขนาด ก่อนที่จะนำมาผสมคอนกรีต ทำให้เกิดความล่าช้า และ เสียค่าแรงงานในการทุบ
- กำลังรับแรงอัดค่อนข้างต่ำ จากที่ได้ออกแบบไว้ คือ มีค่า 94-145 กก./ซม.^{3} จากที่ออกแบบไว้ 200 กก./ซม.^{2}
- ไม่สามารถทำให้น้ำหนักของคอนกรีตลดลง จนถึงระดับที่ถือได้ว่า เป็นคอนกรีตเบา โดยหน่วยน้ำหนักมีค่าระหว่าง 2049-2133 กก./ม.^{3} ส่วนหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตเบามีค่า เท่ากับ 800-1800 กก./ม.^{3}

2. ขี้เลื่อย

ข้อดี

- ราคาถูก เมื่อคิดที่ปริมาตรเท่ากัน โดยที่คอนกรีตผสมขี้เลื่อย (แทนที่ทราย) จะมีราคาอยู่ระหว่าง 532-544 บาท/ม.^{3} ส่วนคอนกรีตผสมขี้เลื่อย (จำนวนเท่าโดยปริมาตรของปูน) จะมีราคาแพงกว่า คือ มีราคาประมาณ 1029 บาท/ม.^{3}
- เป็นวัสดุที่เหลือใช้ หาได้ง่าย ไม่มีราคา

ข้อเสีย

- ลักษณะผิวของคอนกรีต จะค่อนข้างหยาบ ผิวไม่แข็งแรง หลุดง่าย เมื่อนำไปใช้งานต้องมีการฉาบผิวหน้าอีกครั้งหนึ่ง
- คอนกรีตมีการก่อตัวช้า คือ เมื่อหล่อใส่แบบแล้วต้องทิ้งไว้ 3 วัน จึงจะสามารถถอดแบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขณะเทคอนกรีตผสมขี้เลื่อยเข้าแบบหล่อ เมื่อกระทุ้ง น้ำจากเนื้อคอนกรีตจะไหลออกจากแบบหล่อมาก ทำให้คอนกรีตเกิดการไม่เกาะตัว ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้คอนกรีตผสมขี้เลื่อยหลุดลุ่ยได้ง่าย

3. เม็ดโฟม

ข้อดี

- มีน้ำหนักเบา คือ คอนกรีตที่ได้จะมีหน่วยน้ำหนัก ประมาณ 169-2035 กก./ม.^{3}
- ไม่มีผลต่อการก่อตัวของคอนกรีต สามารถแกะออกจากแบบหล่อได้ ตามกำหนด

ข้อเสีย

- มีราคาแพง เม็ดโฟมที่ใช้มีราคากิโลกรัมละ 90 บาท เพราะถ้าต้องการคอนกรีตที่มีน้ำหนักเบา การใส่เม็ดโฟมลงไปผสมในคอนกรีต ก็ต้องใส่เป็นปริมาณมากการเลือกใช้ คอนกรีตผสมเม็ดโฟม จึงต้องพิจารณาถึงความจำเป็นในการใช้งาน
- การผสมคอนกรีตทำได้ยาก เนื่องจากเม็ดโฟมมีน้ำหนักเบา และลอยตัว การผสมเม็ดโฟมเข้าไปในคอนกรีต ต้องค่อย ๆ ปล่อยเม็ดโฟม ลงไปในคอนกรีต จึงจะทำให้เม็ดโฟมผสมได้ทั่วถึงกับเนื้อคอนกรีต
- การกระทุ้งให้คอนกรีตอัดแน่น มีผลทำให้เม็ดโฟมเกิดการลอยตัวขึ้นมาบนผิวหน้าของคอนกรีต ทำให้ผิวของคอนกรีตไม่เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. การนำขี้เลื่อยไปใช้ประโยชน์ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการประหยัดใช้จ่ายในก่อสร้าง และ ไม่จำกัดเวลาของงาน เพราะคอนกรีตที่ผสมขี้เลื่อยจะก่อตัวนานกว่าปกติ อัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานที่รับกำลังอัดไม่มากนัก คือ ไม่เกิน 130 กก./ซม.^{2} สามารถเลือกใช้ส่วนผสม 1:1 และ 1:1.5 โดยปริมาตรของปูน ได้

2. คอนกรีตผสมอิฐหัก จัดอยู่ในจำพวกคอนกรีตชนิดกึ่งเบา (Semi-lightweight Concrete) สามารถนำไปใช้ทำคอนกรีตบล็อค สำหรับกำแพงรั้ว

3. คอนกรีตผสมเม็ดโฟม จะมีราคาแพง เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดา เนื่องจากเม็ดโฟมที่ใช้มีราคาแพง(กิโลกรัมละ 90 บาท) ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในงานทั่วๆไป

4.ในการหล่อคอนกรีตผสมขี้เลื่อย และเม็ดโฟม การกระทุ้ง ต้องออกแรงสม่ำเสมอเพราะจะทำให้หินลงไปอยู่ข้างล่างของแบบหล่อ ส่วนผสมของขี้เลื่อยและเม็ดโฟมจะลอยอยู่ข้างบน ซึ่งมีผลทำให้กำลังอัดของคอนกรีตน้อยลง เนื่องจากคอนกรีตจะเกิดการแตกหักช่วงบนก่อน โดยที่ส่วนล่างซึ่งประกอบด้วยคอนกรีต ยังไม่ถึงจุดประลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. วินิต ช่อวิเชียร : คอนกรีตเทคโนโลยี, 2529.

2. รักษ์ รักไทยดี : ความแข็งแรงของผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปในการรับแรงด้านข้าง, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2529.

3. ชานินทร์ หาญเจริญกิจ : คุณสมบัติทางวิศวกรรม ของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้กรวดดินเผาจากกรุงเทพฯ, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2522.

4. ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ : ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง,2535.

5. เอกชัย นิ่มพงษ์ศักดิ์,
สุรชัย ศิริอาชารุ่งโรจน์ : การเปรียบเทียบกำลังอัด และกำลังเฉือนของคอนกรีตกำลังสูงซึ่งผลิตโดยปูนซีเมนต์ TYPE 1 กับปูนซีเมนต์ TYPE 3, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2534

6. ชัยชนะ พัฒนเจริญ,
สุมนชัย เริงเขตต์กรรม : การทำผนังสำเร็จรูปด้วยแกลบ , วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2532

7. อภิชาติ เต็งเจริญกุล : ผลของสนิมที่มีต่อเหล็กเสริมในงานก่อสร้าง ,2534

8.วินิต ช่อวิเชียร ,
สนั่น เจริญเผ่า : คอนกรีตเสริมเหล็ก . พิมพ์ครั้งที่ 7 , 2530.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Asian Institute Of Technology : Materials Of Construction For Developing Countries Volume I,II. Bangkok Thailand , 1987.

10.British Standards Institution : The Structural use of Concrete Part 1 (CP 110 : Part 1) Design, Materials and Workmanshop , 1972.

11. Nevill, A.M. : Properties of Concrete, John Wiley, New York,1963.

12. Nevill,A.M. : Concrete Technology, John Wiley, New York,1987.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพประกอบ

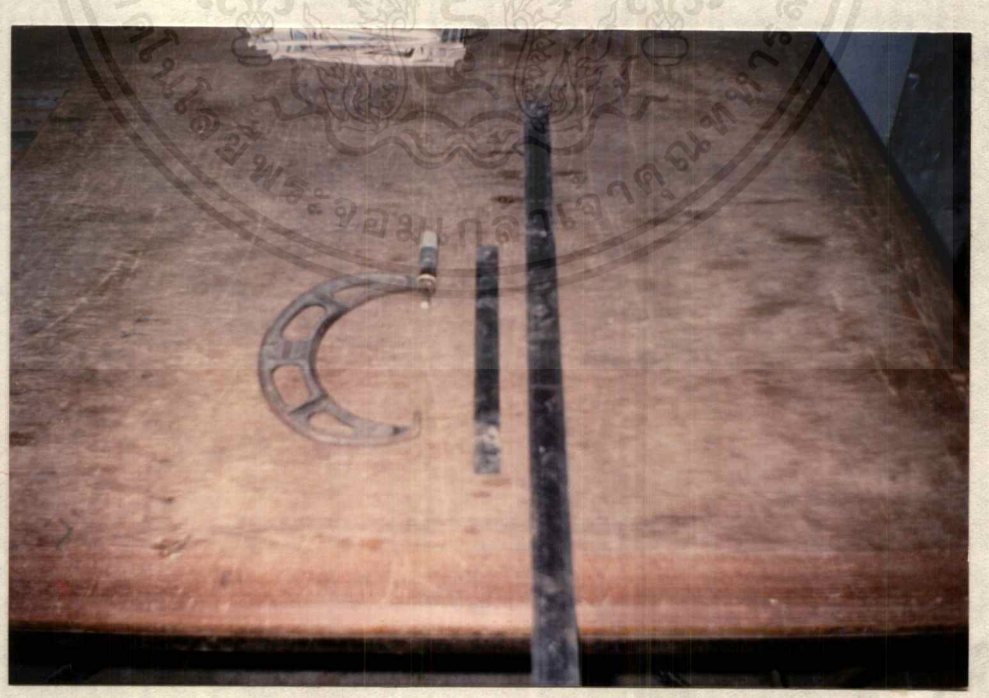
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 15 โม่ผสมคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 16 แบบหล่อคอนกรีตตัวอย่าง ทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 17 ตะแกรงร่อน ทราย หิน



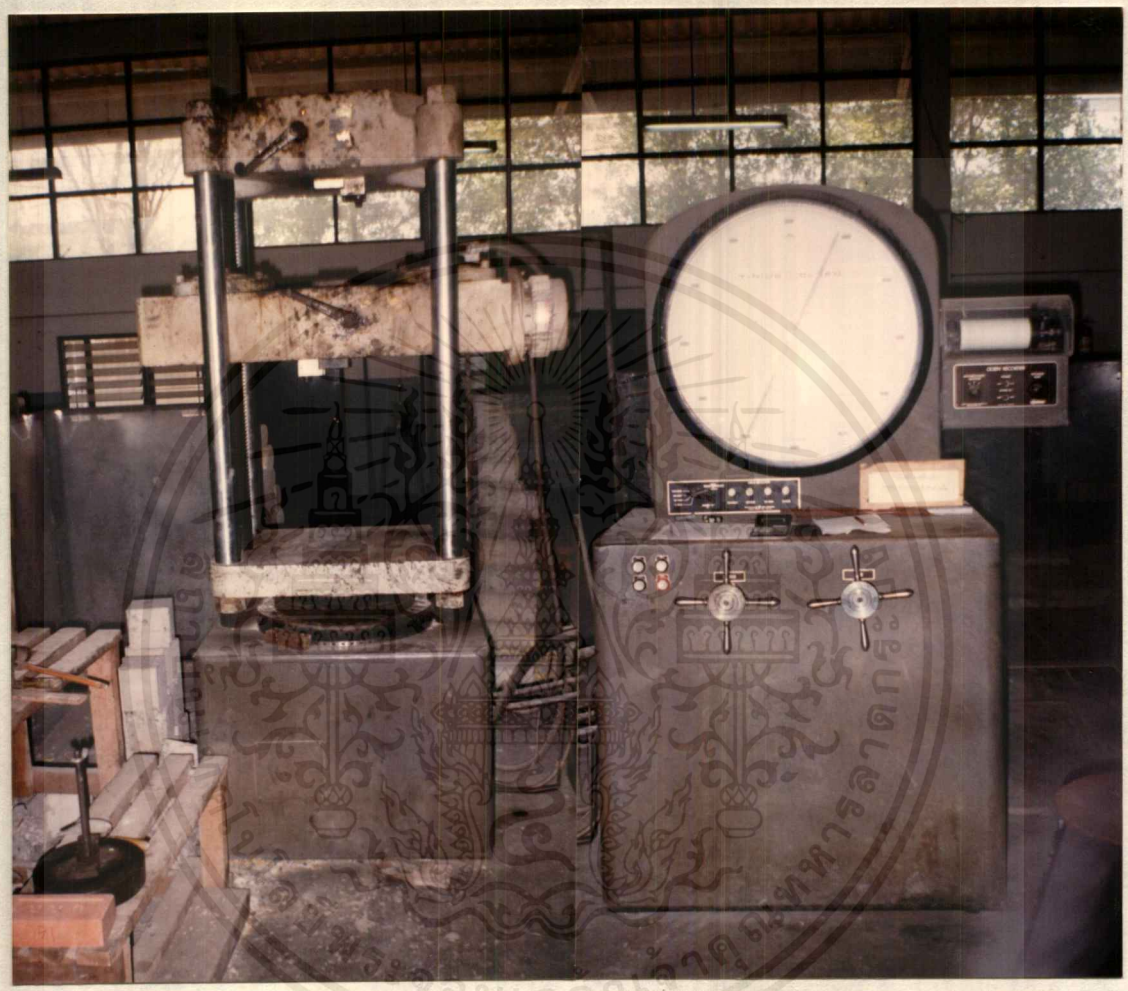
รูปที่ 18 เครื่องมือวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 19 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

รูปที่ 20 เครื่องชั่งน้ำหนักวัสดุที่มีน้ำหนักมาก

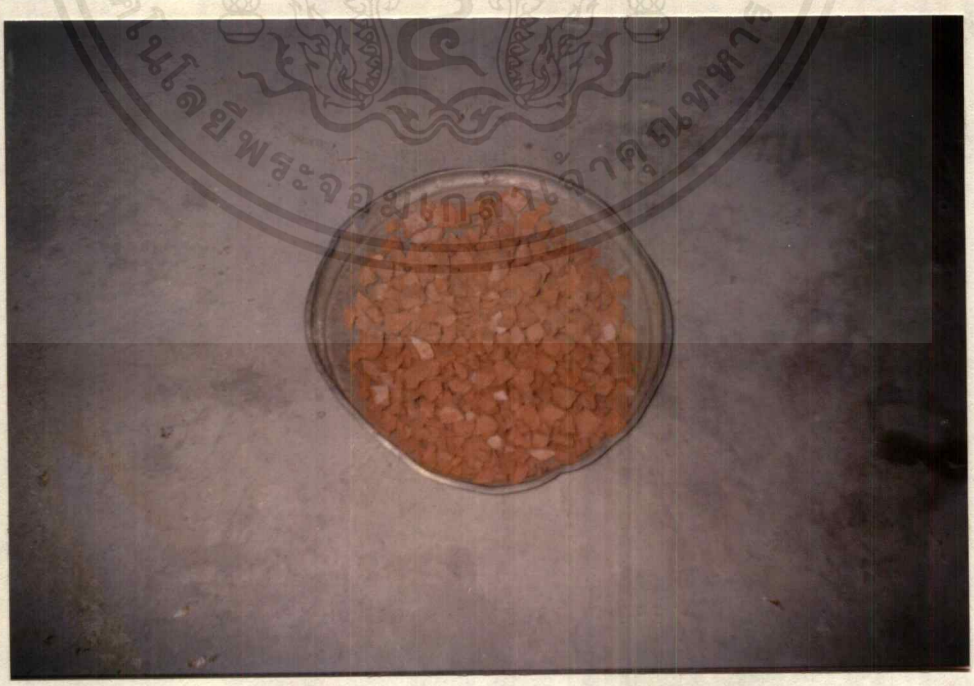
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21 เครื่อง UNIVERSAL TESTING MACHINE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 22 ตู้อบไอน้ำ



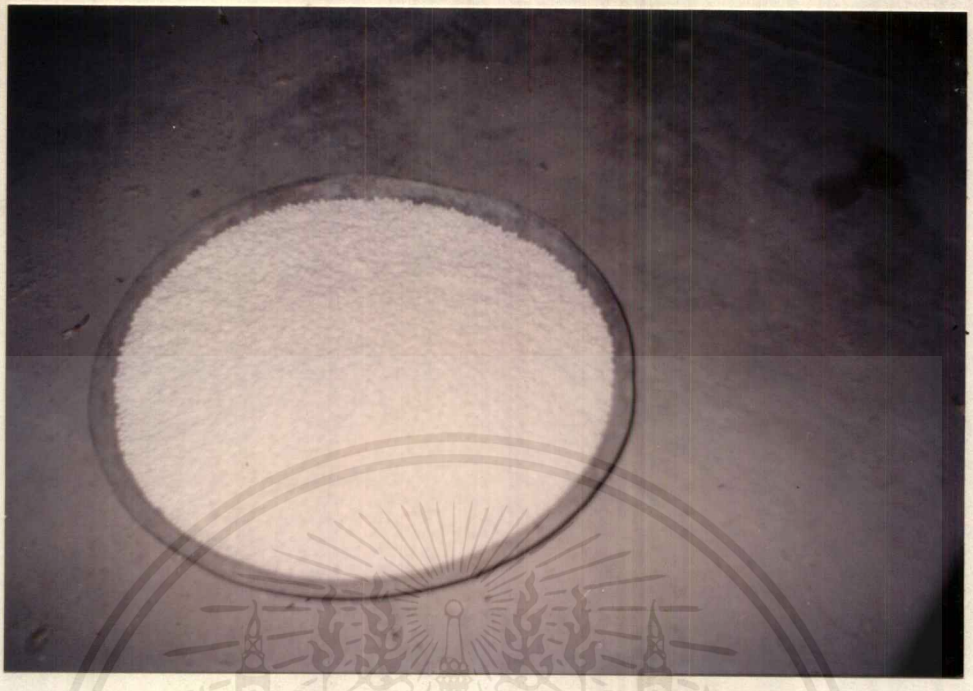
รูปที่ 23 อิฐหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 24 ขี้เลื่อยแบบไม่ร่อนผ่านตะแกรง

รูปที่ 25 ขี้เลื่อยร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 26 โฟม

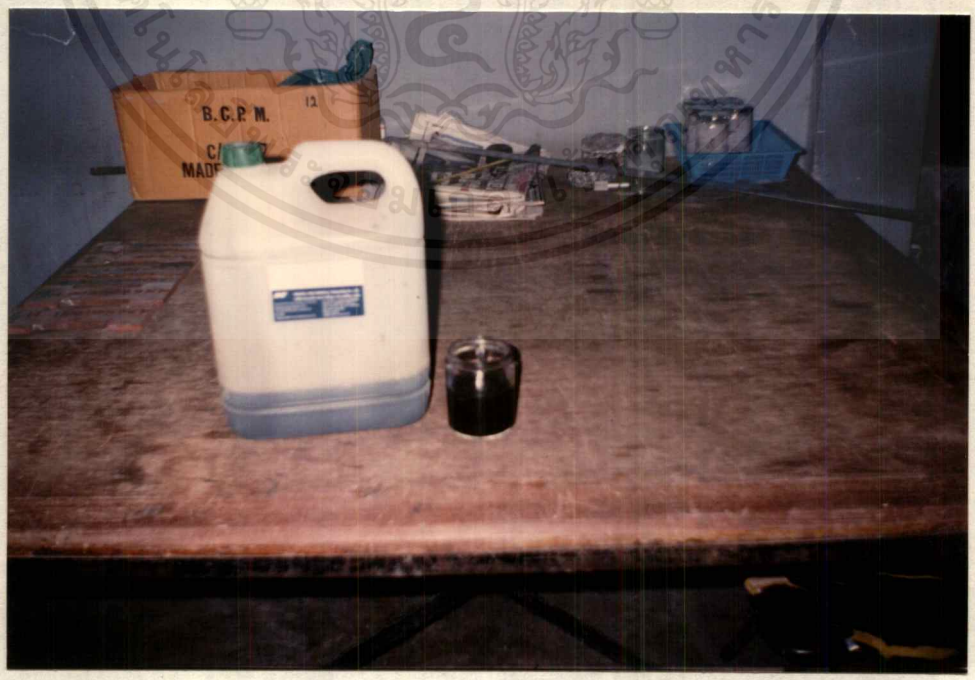
รูปที่ 27 วัสดุหยาบและวัสดุละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 28 ปูนซีเมนต์ประเภทสสาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

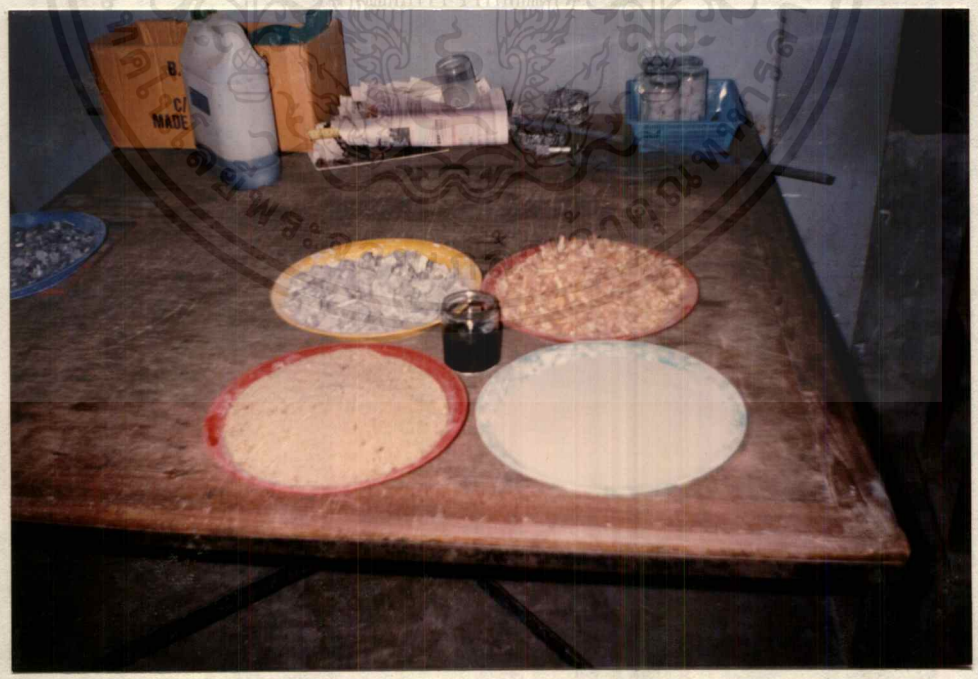
รูปที่ 29 วัสดุผสมคอนกรีตปกติ ประกอบด้วย หิน ทราย



รูปที่ 30 น้ำยาผสมเพิ่มกำลังคอนกรีต MIGHTY MX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 31 ส่วนผสมของคอนกรีตผสมอิฐ ประกอบด้วย อิฐ ทราย น้ำยา ปูน



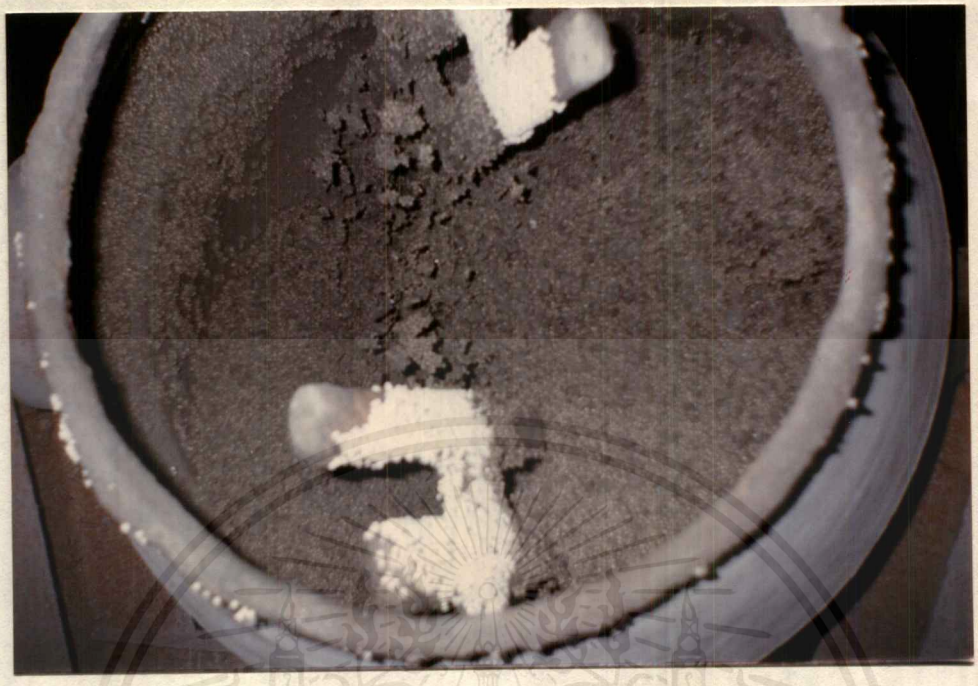
รูปที่ 32 ส่วนผสมของคอนกรีตผสมขี้เลื่อยแทนที่ทราย ประกอบด้วย หิน ขี้เลื่อย ทราย ปูน น้ำยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

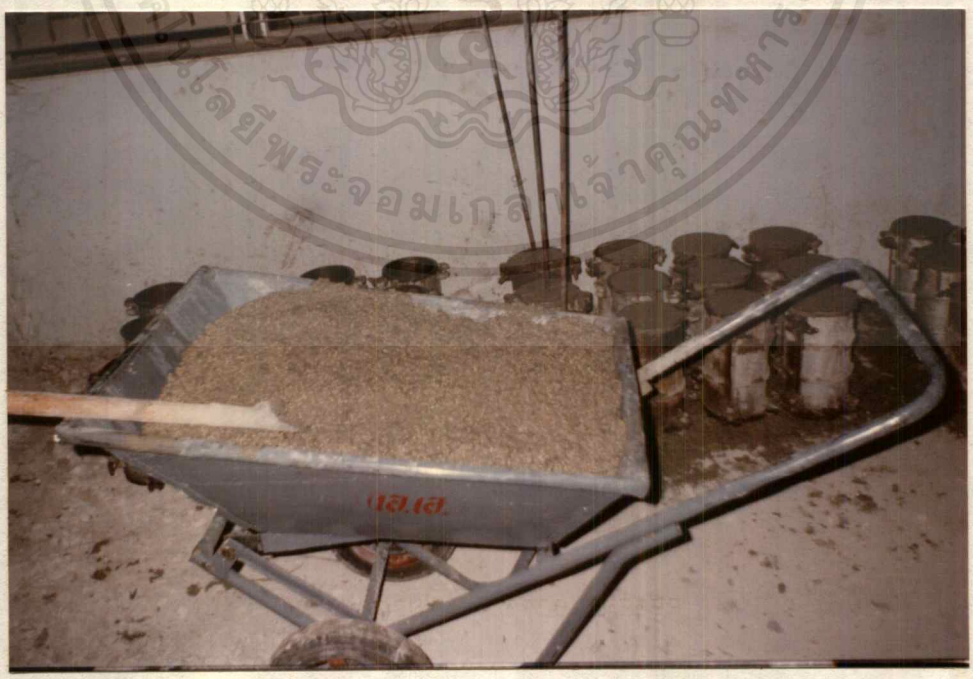
รูปที่ 33 ส่วนผสมของคอนกรีตผสมขี้เลื่อยโดยปริมาตรปูน ประกอบด้วย
หิน ทราย ปูน ขี้เลื่อย น้ำยา

รูปที่ 34 ส่วนผสมของคอนกรีตผสมโฟมโดยปริมาตรปูน ประกอบด้วย
หิน ทราย ปูน โฟม น้ำยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 35 การผสมคอนกรีตด้วยโฟม

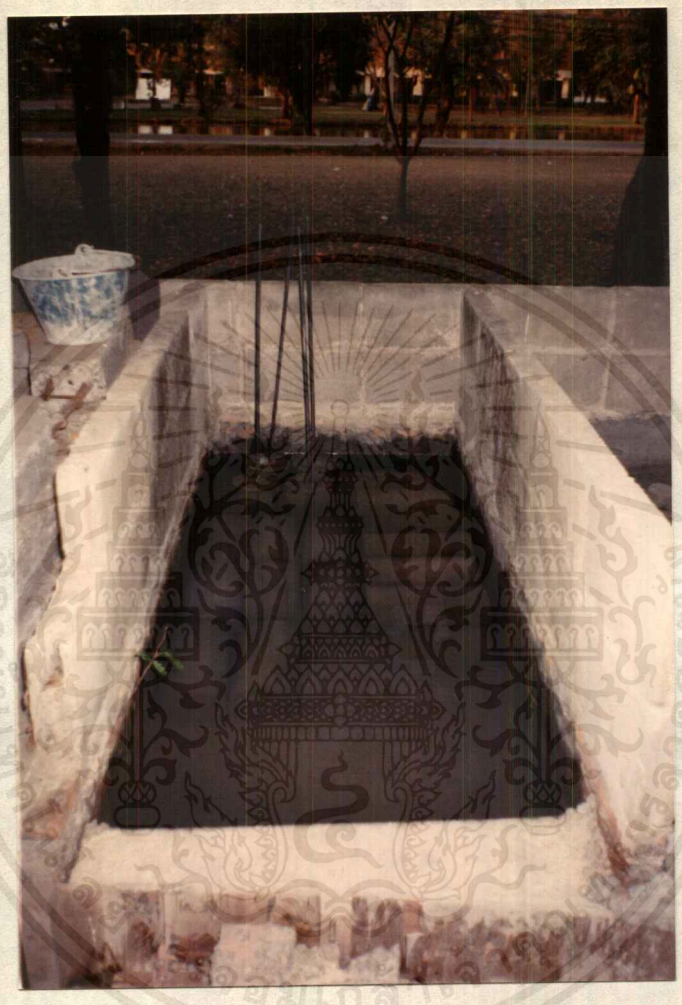


รูปที่ 36 คอนกรีตผสมเสร็จใหม่ ๆ ก่อนการเทคอนกรีตลงแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 37 คอนกรีตขณะอยู่ในแบบหล่อก่อนแกะการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 38 บ่อบ่มคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 39 แท่งคอนกรีตผสมอิฐหัก หลังการทดสอบ

รูปที่ 40 แท่งคอนกรีตผสมขี้เลื่อย หลังการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 41 แท่งคอนกรีตผสมโฟม หลังการทดสอบ

รูปที่ 42 แท่งคอนกรีตแบบต่างๆ ประกอบด้วย คอนกรีตผสมอิฐ
คอนกรีตผสมขี้เลื่อย และ คอนกรีตผสมโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อกำหนดเกี่ยวกับคอนกรีตในการใช้งานประเภทต่างๆ

ตารางที่ 1

การแบ่งประเภทคอนกรีตและเกณฑ์กำหนดเกี่ยวกับกำลังอัด

ชนิดของการก่อสร้าง	ประเภท	ค่าต่ำสุดของกำลังอัดของแท่งกระบอกคอนกรีตหลังเทแล้ว 28 วัน – กก./ซม.^{2}
ฐานรากและเสาคาน คานชอย ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนาตั้งแต่ 15 ซม.ขึ้นไป แผ่นพื้น และถังเก็บ	ก	210
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กที่บางกว่า 10 ซม. และครีบ ค.ส.ล.	ข	180
ผนังทั่วไป บ่อเกรอะบ่อซึม และคอนกรีตหยาบ 1:3:5	ค	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2

ค่าการยุบสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่างๆ

ชนิดของงานก่อสร้าง	ค่าการยุบ ซม.	
	สูงสุด	ต่ำสุด
ฐานราก	4	2
แผ่นพื้น คาน ผนัง ค.ส.ล.	6	3
เสา	10	5
ครีบ ค.ส.ล. และผนังบางๆ	10	5

ตารางที่ 3

ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่ใช้กับคอนกรีต

ชนิดของงานก่อสร้าง	ขนาดใหญ่สุด ซม.
ฐานราก เสา และคาน	4
ผนัง ค.ส.ล.หนาตั้งแต่ 15 ซม. ขึ้นไป	4
ผนัง ค.ส.ล.หนาตั้งแต่ 10 ซม. ลงมา	2
แผ่นพื้น ครีบ ค.ส.ล.และผนังกั้นห้อง ค.ส.ล.	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสม

การทดลองที่ 1

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์

(Test for Specific Gravity)

ASTM : C 188-72

วัตถุประสงค์

เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ คืออัตราส่วนของน้ำหนักต่อปริมาตรเนื้อแท้ของตัวมันเอง ซีเมนต์แต่ละชนิดจะมีความถ่วงจำเพาะเฉพาะตัวคงที่เสมอไป เมื่อใดที่ซีเมนต์เสื่อมคุณภาพลง ความถ่วงจำเพาะจะต่ำกว่าปกติและเราจะรู้ว่าซีเมนต์นี้ใช้ได้หรือไม่จากการลดลงของความถ่วงจำเพาะนี้เอง ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทราบความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ที่จะนำมาใช้ผสมคอนกรีต

วัสดุและการจัดเตรียมตัวอย่าง

1. ซีเมนต์ ซีเมนต์ที่นำมาใช้ทดสอบเปรียบเทียบแต่ละชนิด ควรเป็นซีเมนต์ใหม่ยังไม่เสื่อมคุณภาพหรือจับเป็นก้อนแข็ง หากเป็นซีเมนต์ใหม่ให้ตักออกจากถุงหรือภาชนะเก็บได้เลยตามจำนวนที่ต้องการ (ประมาณครั้งละ 100 กรัม)หากเป็นซีเมนต์เก่าให้เลือกตักจากส่วนตอนกลางถุงหรือภาชนะเก็บในปริมาณ 5 กก. แล้วนำมาทำ quartering คือ การเก็บตัวอย่างแบบแบ่งเป็นสี่ส่วนแล้วเลือกเอาเฉพาะสองส่วนตรงข้ามมาใช้ หรือนำมาแบ่งเป็นสี่ส่วนซ้ำอีก เพื่อให้เหลือปริมาณที่ต้องการ

2. น้ำมันก๊าด หรือน้ำมันเบนซิน ประมาณ 500 มล.

อุปกรณ์การทดลอง

1. ขวดแก้วสำหรับหาความถ่วงจำเพาะของเลอชาตาเลีย
2. ตาชั่ง (ความละเอียดอย่างต่ำ 0.2 กรัม)
3. ถ้วยตวง
4. ลวดแยง
5. ผ้าแห้งหรือแผ่นยาง
6. เทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. เช็ดขวดแก้วให้สะอาด แล้วเติมน้ำมันก๊าดหรือเบนซินลงในขวดแก้วให้ปริมาณอยู่ระหว่าง 250 มล.และ 251 มล.

2. ใช้ผ้าถูน้ำมันที่ค้างอยู่ภายในช่องหลอดตีบให้หมด เสร็จแล้วนำขวดแก้วลงแช่ในน้ำที่ทราบอุณหภูมิอย่างน้อย 30 นาที จึงยกขึ้นมาอ่านระดับของน้ำมันครั้งแรก โดยให้ค่าที่อ่านได้เป็น n_1 เนื่องจากระดับของน้ำมันก๊าดไม่เรียบตรงเหมือนน้ำธรรมดา ระดับผิวของน้ำมันก๊าดนั้นจะเว้าเป็นรูปโค้งหงาย ดังนั้น การอ่านค่าระดับให้วัดที่จุดต่ำสุดของส่วนโค้ง

3. ค่อยๆเติมซีเมนต์ที่จัดเตรียมไว้ทีละน้อยลงในขวดแก้ว มีข้อควรระวังคือ อย่าให้ซีเมนต์หก และอย่าให้มีสารอื่นเจือปน ถึงตอนนี้ระดับของน้ำมันก๊าดหรือเบนซินจะสูงขึ้นมาถึงคอขวดส่วนบน เมื่อเรียบร้อยแล้วให้กลิ้งขวดแก้วไปมาเพื่อไล่ฟองอากาศ การกลิ้งควรใช้ผ้าหรือแผ่นยางนุ่มๆรองรับ และข้อสำคัญ คือ ควรปิดจุกขวดแก้วเสียก่อนเพื่อป้องกันการกระฉอกของน้ำมัน

หมายเหตุ ก่อนถึงขั้นตอนนี้หากเกรงว่าซีเมนต์จะขาดไปจากที่ได้เตรียมไว้ ให้นำขวดแก้วที่เติมน้ำมันก๊าดแล้วไปชั่งบันทึกน้ำหนักเสียก่อน และเมื่อเติมซีเมนต์แล้วจึงนำไปชั่งอีกครั้ง จะได้น้ำหนักที่แท้จริงของซีเมนต์ในขวดแก้ว

4. จากนั้นนำไปแช่ในน้ำที่ทราบอุณหภูมิ นานประมาณ 30 นาที ก่อนยกขวดแก้วขึ้นให้ทำการตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำเสียก่อนว่าแตกต่างจากการวัดครั้งแรกเกิน 0.2 C หรือไม่ หากเกินจะต้องรอจนกว่าอุณหภูมิจะลดหรือเพิ่มให้อยู่ภายในขอบเขตที่กล่าวแล้วจึงจะยกขวดแก้วขึ้นมาได้และอ่านระดับของน้ำมันก๊าดอีกครั้งหนึ่ง โดยให้เป็นระดับ n_2

5. ค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์จะได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลองดังกล่าว 2 ครั้ง ค่าที่ได้จะต้องไม่ต่างกันเกิน 0.01 โดยการแทนค่าเพื่อหาความถ่วงจำเพาะจากสมการข้างล่างนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักซีเมนต์ที่แท้จริงในขวดแก้ว}}{\text{ปริมาตรน้ำมันก๊าดส่วนที่เพิ่ม}(n_2-n_1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ

	การทดลองครั้งที่ 1.	การทดลองครั้งที่ 2.
ปริมาตรน้ำมันก๊าด n_1	18.4	18.4
ปริมาตรน้ำมันก๊าด n_2	22.9	22.85
น้ำหนักซีเมนต์ในขวดแก้ว	15	15
ความถ่วงจำเพาะ	3.33	3.37
ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย	(3.33 + 3.34)/2 = 3.33	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่อยๆ เททรายที่เตรียมพร้อมไว้แล้วลงในชุดตะแกรง ปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่า จับเวลาประมาณ 10 นาที

4. ถึงขณะนี้ทรายที่มีเม็ดขนาดต่างๆจะถูกแยกและไปอยู่ในตะแกรงขนาดต่างๆ เช่นกัน ให้นำตะแกรงที่มีทรายค้างอยู่นั้นไปชั่งและจดบันทึกไว้อีกครั้งหนึ่ง แล้วคำนวณหาค่าพิกัดความละเอียดต่อไป

ข. การหาส่วนขนาดคละของหิน

1. เตรียมหินสำหรับทดลอง หากเป็นหินขนาดเล็ก คือ มีขนาดโตสุดไม่เกิน 1 1/2" ให้ใช้ประมาณ 5 กก. แต่หากเป็นหินใหญ่ควรใช้ประมาณ 20 กก.

2. ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองของทราย ตั้งแต่ข้อ 2-4

หมายเหตุ

1. ค่าพิกัดความละเอียดของมวลรวม จะหาได้จากผลรวมของอัตราที่ค้างอยู่บนตะแกรงทั้งหมดหารด้วย 100

2. ทรายสำหรับใช้ในงานคอนกรีตทั่วไป ควรมีค่าพิกัดความละเอียดระหว่าง 2.3 - 3.1

3. หินหรือกรวดที่ใช้ในงานคอนกรีต ควรมีค่าพิกัดความละเอียดระหว่าง 5.5 - 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ทราย 500 กรัม

ผลการทดสอบ

Sieve No.	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง	% น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง	% สะสม
No. 4	0	0	0
No. 8	20	4.0	4.0
No. 16	102	20.4	24.4
No. 30	146	29.2	53.6
No. 50	152	30.4	84.0
No. 100	80	16.0	100.0
รวม	500	100.0	266.0

โมดูลัสความละเอียดของทราย = 266/100 = 2.66

ใช้ขี้เลื่อย 200 กรัม ขี้เลื่อยหยาบ

ผลการทดสอบ

Sieve No.	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง	% น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง	% สะสม
No. 4	59	29.5	29.5
No. 8	70	35	64.5
No. 16	44	22	86.5
No. 30	18	9	95.5
No. 50	4	2	97.5
No. 100	1	0.5	98.0
Pan	4	2	100.0
รวม	200	100.0	571.5

โมดูลัสความละเอียดของขี้เลื่อย = 571.5/100 = 5.175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ขี้เลื่อย 200 กรัม ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4

ผลการทดสอบ

Sieve No.	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง	% น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง	% สะสม
No. 4	1	0.5	0.5
No. 8	59.65	30.02	30.52
No. 16	22.4	11.27	41.79
No. 30	73.45	29.2	78.75
No. 50	28.25	30.4	92.97
No. 100	7.35	16.0	96.67
Pan	6.9	3.33	100.00
รวม	500	100.0	100.00

โมดูลัสความละเอียดของขี้เลื่อย = 441.2/100 = 4.41

ใช้หิน 2000 กรัม

ผลการทดสอบ

ตะแกรงขนาดมาตรฐาน	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง	%น้ำหนักที่ค้าง	% สะสม
2"	0	0	0
1"	0	0	0
3/4"	638	31.90	31.90
1/2"	1133	56.65	88.55
3/8"	73	3.65	92.20
เบอร์ 4	112	5.60	97.80
เบอร์ 8	23	1.15	98.50
PAN	21	1.05	100.00
รวม	2000	100.00	508.95

โมดูลัสความละเอียดของหิน = 508.95/100 = 5.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้อิฐ 1500 กรัม

ผลการทดสอบ

ตะแกรงขนาดมาตรฐาน	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง	%น้ำหนักที่ค้าง	% สะสม
2"	0	0	0
1"	478	31.87	31.87
3/4"	657	43.80	75.67
1/2"	201	13.4	89.07
3/8"	50	3.33	92.40
เบอร์ 4	31	2.067	94.47
เบอร์ 8	9	0.6	95.067
PAN	74	4.93	100.00
รวม	1500	100.00	578.547

โมดูลัสความละเอียดของอิฐ = 578.547/100 = 5.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียด

(Test for Specific Gravity and Absorbtion of Fine Aggregate)

วัตถุประสงค์

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและอัตราการดูดซึมของมวลรวมละเอียด เช่นทราย ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง นอกจากนี้หินหรือกรวดที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 3/4" ก็สามารถใช้วิธีนี้ทดสอบได้เช่นกัน

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ทรายประมาณ 1200 - 1500 กรัม ที่อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง
2. พิคโนมิเตอร์ (Pycnometer)ซึ่งประกอบด้วยขวดโหลแห้งสำหรับบรรจุ 1 ควอต ที่มีฝาแก้วปิดในแนวราบสนิทแน่นกับปากขวด
3. ตาชั่ง
4. เตาอบ
5. โถแก้วกันความชื้น

ขั้นตอนการทดลอง

1. แบ่งทรายที่เตรียมไว้เป็นสองส่วนเท่าๆ กัน ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย B
2. นำทรายส่วนหนึ่งเข้าเตาอบให้แห้งสนิทประมาณ 1ชม. แล้วจึงนำมาใส่ในโถแก้วกันความชื้น เพื่อทิ้งให้วัสดุตัวอย่างเย็นลงตามปกติ แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่าแทนด้วย A
3. เทน้ำที่ทราบอุณหภูมิลงในขวดพิคโนมิเตอร์ให้สูงประมาณ 3/4 ของขวด นำทรายส่วน B เติมลงไป เขย่าหรือคนให้ทั่วเพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด จากนั้นจึงเติมน้ำลงไปให้เต็มพอดีปากขวด พร้อมกับทำให้ไม่มีอากาศเหลืออยู่เลยเช่นเดียวกัน แล้วจึงปิดฝาแก้ว นำไปชั่งและบันทึกค่าแทนด้วย W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นจึงนำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะ(เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = A/W_c+B-W

ความถ่วงจำเพาะ(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง) = B/W_c+B-W

อัตราการดูดซึม =[(B-A)/B]*100 %

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งหลังจากผ่านการอบแห้งสนิท

B = น้ำหนักมวลรวมภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

W = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำและมวลรวม

W_c = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำชนิดเดียวกับที่ใช้ทดสอบเต็มปากขวด

ผลการทดสอบ

ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของทราย

A = 587 g

B = 600 g

W = 1689 g

W_c = 1329 g

ความถ่วงจำเพาะ(เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = 587/(1329+600-1689) = 2.445

ความถ่วงจำเพาะ(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง) = 600/(1329+600-1689) = 2.5

อัตราการดูดซึม = [600-587/600]*100 = 2.1667 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของขี้เลื่อยหยาบไม่ผ่านการร่อน

A = 93.60 g

B = 100 g

W = 1337 g

W_c = 1336 g

ความถ่วงจำเพาะ(เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = 93.6/(1337+100-1336) = 0.9267

ความถ่วงจำเพาะ(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง)= 100/(1337+600-1336) = 0.99

อัตราการดูดซึม = [100-93.6/100]*100 = 6.4 %

ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของขี้เลื่อยหยาบไม่ผ่านการร่อน

A = 89.75 g

B = 100 g

W = 1383 g

W_c = 1390 g

ความถ่วงจำเพาะ(เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = 89.75/(1390+100-1383) = 0.838

ความถ่วงจำเพาะ(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง)= 100/(1390+600-1383)= 0.934

อัตราการดูดซึม = [100-89.75/100]*100 = 10.25 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4

การหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ

(Test for Specific Gravity and Absorbtion of Coarse Aggregate)

ASTM : C 127-77

วัตถุประสงค์

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและอัตราการดูดซึมของมวลรวมหยาบ เพื่อประโยชน์ในการออกแบบอัตราส่วนผสมของคอนกรีต

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. มวลรวมหยาบประมาณ 5 กก. ได้มาจากการแบ่งสี่ และคัดเอามวลรวมหยาบที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ออก
2. ตะกร้าลวดที่สามารถใส่มวลรวมได้ถึง 5 กก.
3. เตาอบ
4. ตาชั่งขนาดใหญ่
5. ตะแกรงเบอร์ 4
6. โถแก้วกันความชื้น

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมวัสดุที่จะนำมาทำการทดลอง ด้วยการล้างให้ทั่วถึงเพื่อให้ฝุ่นผงหรือเศษวัสดุอื่นๆที่ติดอยู่กับผิวหลุดออกจนหมด และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1-3 ชม.
2. จากนั้นให้แช่วัสดุในน้ำสะอาดเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 ชม.
3. นำวัสดุขึ้นจากน้ำเมื่อครบเวลา เทลงบนผ้าผืนใหญ่ๆที่สามารถดูดซับน้ำได้ กลิ้งวัสดุไปมาเพื่อให้ผ้าซับน้ำจนสังเกตด้วยตาเปล่าไม่เห็นมีน้ำอยู่ที่ผิววัสดุ แม้ว่าที่จริงแล้วผิวจะยังชื้นอยู่ก็ตาม หรือถ้าวัสดุเป็นก้อนใหญ่มากอาจจับมาเช็ดเป็นก้อนๆ ไปก็ได้ แต่ต้องระวังไม่ให้เกิดการระเหยหายไปของน้ำขณะอยู่ในขั้นตอนนี้
4. วัสดุที่จบขั้นตอนที่ 3 นี้ จะเรียกว่าอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง ให้นำตัวอย่างวัสดุนี้ชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกไว้ แล้วรีบใส่ลงในตะกร้าลวดและทำการชั่งวัสดุนี้ในน้ำทันที และบันทึกค่าไว้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หลังจากนั้นนำวัสดุเข้าเตาอบด้วยอุณหภูมิระหว่าง 100-110 องศา ประมาณ 1 ชม.แล้วจึงนำมาใส่ในโถแก้วกันความชื้น เพื่อทิ้งให้วัสดุตัวอย่างเย็นลงตามปกติอีกประมาณ 1-3 ชม. แล้วจึงชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง

6. จากนั้นให้นำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(ขณะวัสดุมีความชื้นอากาศ) = A/B-C

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง) = B/B-C

ความถ่างจำเพาะของมวลรวม(เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = A/A-C

อัตราการดูดซึม = [(B-A)/A]*100

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศหลังจากผ่านการอบแห้งสนิทแล้ว

B = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอสกาศภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

C = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในน้ำ

ผลการทดสอบ

ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของหิน

A = 4.95 kg

B = 4.969 kg

C = 3.10 kg

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(ขณะวัสดุมีความชื้นอากาศ)= 4.95/4.969-3.1 = 2.65

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง)= 4.969/4.969-3.1=2.66

ความถ่างจำเพาะของมวลรวม(เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = 4.95/4.95-3.1 = 2.67

อัตราการดูดซึม = [4.969-4.95/4.95]*100

= 0.3838 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของหิน

A = 4.884 kg

B = 5.8 kg

C = 2.9 kg

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(ขณะวัสดุมีความชื้นอากาศ)= 4.884/5.8-2.9 = 1.68

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง)= 5.8/5.8-2.9 = 2.00

ความถ่างจำเพาะของมวลรวม(เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = 4.884/4.884-2.9 =2.46

อัตราการดูดซึม = [5.8-4.884/4.884]*100

= 18.755 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 5

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

ปริมาตรลิตร	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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 และเกลี่ยผิวหน้าให้เรียบและใช้เหล็กกระทุ้งๆให้เกือบถึงกัน 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เมื่อได้น้ำหนักที่แท้ของมวลรวมแล้ว คูณด้วยแฟคเตอร์ที่หาได้ในข้อ 3 ของข้อ ก. ก็จะได้ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมเมื่ออัดตัวแน่นเช่นเดียวกัน

ตารางแสดงค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ

อุณหภูมิ C	กก./ม^3
15.6	999.01
18.3	998.53
21.1	997.97
23.0	997.35
23.9	997.32
26.7	996.60
29.4	995.80

ผลการทดสอบ

ก. หาหน่วยน้ำหนักของน้ำ

อุณหภูมิน้ำ 33.5 C

น้ำหนักน้ำในภาชนะ 20.95 กก.

จากตาราง

ที่อุณหภูมิ 33.5 C

หน่วยน้ำหนักของน้ำที่ใช้ในการทดลอง = 994.58 = 994.58 กก./ม^3

ค่าแฟคเตอร์ของภาชนะ = 994.58/20.95 = 47.474

ข. หาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม โดยวิธีใช้เหล็กกระทุ้ง

น้ำหนักถังเปล่า	1.25	กก.
น้ำหนักถัง + หิน (ขนาด 1.5 นิ้ว)	34.30	กก.
น้ำหนักถัง + ทราย	35.25	กก.
น้ำหนักถัง + อิฐ	21.20	กก.
น้ำหนักถัง + ขี้เลื่อย	6.20	กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักหิน = 34.30-1.25 = 33.05 กก.

น้ำหนักทราย = 35.25-1.25 = 34.00 กก.

น้ำหนักอิฐ = 21.20-1.25 = 19.95 กก.

น้ำหนักขี้เลื่อย = 6.20 -1.25 = 4.95 กก.

หน่วยน้ำหนักของหิน = 33.05*47.474 = 1570 กก/ม^3

หน่วยน้ำหนักของทราย = 34.00*47.474 = 1614 กก/ม^3

หน่วยน้ำหนักของอิฐ = 19.95*47.474 = 947 กก/ม^3

หน่วยน้ำหนักของขี้เลื่อย=4.95*47.474 = 234.996 กก/ม^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 6

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 ปี๊บ
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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ

ปริมาณความชื้นของทราย

น้ำหนักทรายก่อนเผา 500 กรัม

น้ำหนักทรายหลังเผา 490 กรัม

ปริมาณความชื้นของทราย = 100(500-490)/490 = 2.0 %

ปริมาณความชื้นของอิฐ

น้ำหนักอิฐก่อนเผา 3000 กรัม

น้ำหนักอิฐหลังเผา 2968 กรัม

ปริมาณความชื้นของอิฐ = 100(3000-2968)/2968 = 1.07816 %

ปริมาณความชื้นของขี้เลื่อย

น้ำหนักขี้เลื่อยก่อนเผา 500 กรัม

น้ำหนักขี้เลื่อยหลังเผา 435 กรัม

ปริมาณความชื้นของขี้เลื่อย = 100(500-435)/435 = 14.9425 %

ปริมาณความชื้นของหิน (ขนาด 1.5 นิ้ว)

น้ำหนักหินก่อนเผา 3000 กรัม

น้ำหนักหินหลังเผา 2967 กรัม

ปริมาณความชื้นของหิน = 100(3000-2967)/2967 = 1.111 %

ปริมาณความชื้นของหิน (ขนาด 0.5 นิ้ว)

น้ำหนักหินก่อนเผา 500 กรัม

น้ำหนักหินหลังเผา 450.20 กรัม

ปริมาณความชื้นของหิน = 100(500-450.20)/450.20 = 11.06 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต

1.1 การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม

การทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำคอนกรีต จะมีการทดสอบในห้องทดลอง เพื่อทราบถึงความเหมาะสมของวัสดุผสมที่จะใช้ในการคำนวณหาสัดส่วนการผสมตลอดจน เพื่อการควบคุมคุณภาพของคอนกรีต

ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบนั้นควรเป็นตัวแทนของวัสดุทั้งหมดที่จะนำไปใช้ผสมคอนกรีตจริงๆ ซึ่งการเลือกตัวอย่างวัสดุควรจะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างและปริมาณของตัวอย่างนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนครั้งของการทดสอบ

ความแข็งแรงของคอนกรีต ส่วนใหญ่เกิดจากความแข็งแรงของวัสดุผสม (ซึ่งปกติหินจะมีความสามารถต้านทานแรงอัดได้ถึง 700-3500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ฉะนั้นเมื่อต้องการทราบพฤติกรรมของคอนกรีต จะต้องทราบคุณสมบัติบางประการของวัสดุที่นำมาผสมกันเป็นคอนกรีตเสียก่อน สำหรับการศึกษาในโครงงานนี้จะทำการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมดังต่อไปนี้

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะของวัสดุผสมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแร่ธาตุที่เป็นส่วนผสมและความพรุนของก้อนวัสดุ ความชื้นอาจทำให้ความถ่วงจำเพาะของวัสดุเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งความถ่วงจำเพาะนี้ ใช้ในการคำนวณหาสัดส่วนการผสมของหินและทรายในคอนกรีต โดยใช้เป็นตัวเปลี่ยนน้ำหนักที่กำหนดให้ของวัสดุผสมเป็นปริมาตรเนื้อแท้หรือเปลี่ยนปริมาตรเนื้อแท้ไปเป็นน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณวัสดุสำหรับการผสมนั้น

ตามปกติ ในการคำนวณหาสัดส่วนการผสมคอนกรีตจะใช้ความถ่วงจำเพาะเนื้อแท้ (Bulk Specific Gravity)ของวัสดุผสมที่อิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface dry) ซึ่งความถ่วงจำเพาะของวัสดุผสมโดยมากมีค่าระหว่าง 2.4 - 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาหน่วยน้ำหนักและช่องว่าง

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

การทดสอบหาการดูดซึม

สำหรับวัสดุผสมหยาบอาจทำได้โดย นำตัวอย่างที่ชั่งมาทำให้อยู่ในสภาวะอิ่มตัวและผิวแห้งโดยการเช็ดด้วยผ้าที่ดูดซับน้ำได้ดี หรือทำอย่างคร่าวๆโดยผึ่งลมให้แห้งจนกระทั่งเปลี่ยนจากสีเข้มเป็นสีอ่อนแล้วชั่ง เสร็จแล้วทำให้แห้งสนิทโดยใช้ความร้อนแล้วจึงชั่งอีกครั้งหนึ่งน้ำหนักที่หายไปหลังจากได้รับความร้อน จะแสดงถึงปริมาณความจุของการดูดซึม

การทดสอบหาความชื้น

สำหรับวัสดุผสมหยาบและละเอียด อาจหาความชื้นที่ผิวได้โดยการชั่งน้ำหนักของวัสดุตัวอย่างที่ชื้น แล้วผึ่งลมให้แห้งจนอยู่ในสภาวะอิ่มตัวและผิวแห้ง การทดสอบนี้จะต้องทราบความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่อิ่มตัวและผิวแห้งเสียก่อน

ส่วนขนาดคละของวัสดุผสม

การร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานใช้เป็นหลักในการควบคุมส่วนขนาดคละ และในการทดสอบความต้องการของส่วนขนาดคละตามเกณฑ์ อาจใช้การวิเคราะห์วัสดุผสมหยาบด้วยตะแกรง ในการหาอัตราส่วนผสมของวัสดุผสมแต่ละชนิด เพื่อที่จะผสมให้ได้ส่วนขนาดคละใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด ส่วนขนาดคละที่เหมาะสมของวัสดุผสมในสัดส่วนการผสมคอนกรีต จะช่วยให้ได้คอนกรีตมีราคาถูก มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ คุณภาพดีและทำงานง่ายนอกจากนี้ยังมีผลต่อการแยกตัวของคอนกรีต ปริมาณน้ำที่ผสมความสะดวกในการทำงาน ความยากง่ายในการตบแต่งผิวหน้าคอนกรีต

ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสม

ความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ = 3.33

ความถ่วงจำเพาะของหิน = 2.66

ความถ่วงจำเพาะของทราย = 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยน้ำหนักของหิน	=	1570
หน่วยน้ำหนักของทราย	=	1614
ความชื้นของหิน	=	1.1
ความชื้นของทราย	=	2.04
อัตราการดูดซึมของหิน	=	0.38
อัตราการดูดซึมของทราย	=	2.167

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความทนทาน (Durability)

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ปริมาณน้ำที่แสดงนี้เป็นปริมาณสูงสุดสำหรับหินที่มีรูปร่างดี ช่วยให้ทำงานง่าย และลดหลั่นดีตามข้อกำหนด

ถ้าจำเป็นต้องเพิ่มน้ำในส่วนผสม จะต้องเพิ่มปูนซีเมนต์ เพื่อให้อัตราส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์คงที่ นอกจากผลการทดลองแสดงว่าคอนกรีตมีกำลังสูงเกินต้องการ

ถ้าส่วนผสมต้องการน้ำน้อยกว่ากำหนด ยังไม่ควรลดปริมาณปูนซีเมนต์ นอกจากผลการทดลองแสดงว่า คอนกรีตให้กำลังสูงกว่าที่ต้องการ

ตารางที่ 1.2 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุดโดยน้ำหนักที่ยอมให้ใช้ได้สำหรับคอนกรีตในสภาวะเปิดเผยที่รุนแรง

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

* ถ้าใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต (ประเภทสองหรือประเภทห้า) อาจเพิ่มค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์นี้ได้อีก 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขนาดคละและลักษณะของวัสดุผสม

ส่วนขนาดคละของหินและทรายมีผลต่อสัดส่วนการผสม ถ้ามีทรายหยาบอยู่มากจะทำให้งานนั้นทำงานลำบาก ถ้ามีทรายละเอียดอยู่มากก็ทำให้ไม่ประหยัด ถ้าส่วนขนาดคละของหินไม่ดีจะต้องใช้ทรายมากขึ้นเพื่อช่วยให้ทำงานได้ง่ายขึ้น ทรายที่เหมาะสมต้องมีเมล็ดคมและสะอาด และหินที่ใช้ควรมีลักษณะผิวขรุขระหินที่เป็นแผ่นบางไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ทำคอนกรีต

ปริมาณของวัสดุผสมคอนกรีต

ในการทำคอนกรีต มักเลือกใช้ปริมาณของวัสดุผสมให้สูง แต่จะอยู่ในเกณฑ์ที่จะเทและทำงานง่าย โดยใช้ปริมาณน้ำผสมให้ต่ำและให้ได้กำลังคอนกรีตออกมาตามต้องการ หินและทรายที่ใช้ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต จะขึ้นอยู่กับขนาดโตสุดของวัสดุผสมนั้นและค่าความละเอียดของทราย

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 การหาปริมาตรส่วนผสมของคอนกรีต

จะเป็นการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างปริมาณของส่วนประกอบแต่ละอย่างของคอนกรีต สำหรับงานหนึ่งๆ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความข้นเหลวพอเหมาะ และสะดวกในการทำงาน และเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว มีความทนทานและกำลังตามต้องการ และ ได้ราคาที่ประหยัดที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ในการศึกษาในโครงงานครั้งนี้ ได้คำนวณหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธี ACI 211.1-70 กำลังที่ใช้ออกแบบคือ 200 กก./ซม

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 ถ้าค่าการยุบตัวมากเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไป ให้เติมหินและทรายลงไปอีก แต่ถ้าการยุบตัวน้อยไปให้เติมน้ำและซีเมนต์ โดยยังต้องรักษาอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ไว้คงที่ เมื่อได้ความข้นเหลวตามที่ต้องการแล้ว ก็วัดหาปริมาณของหินและทรายที่ใช้ไป

5. หาอัตราส่วนระหว่างซีเมนต์ต่อทรายต่อหิน ซึ่งอาจจะเปรียบเทียบโดยน้ำหนักหรือโดยปริมาตรก็ได้ และเมื่อคำนวณได้สัดส่วนที่ให้ความข้นเหลวตามที่ต้องการแล้ว ก็หาอัตราส่วนของทรายต่อหินด้วยการทดลองผสมอีก แต่ยังคงรักษาความข้นเหลว และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ไว้คงเดิม จนกระทั่งได้ส่วนผสมที่ใช้ปริมาณซีเมนต์เพสท์น้อยที่สุด

6. เมื่อได้ส่วนผสมที่ดีที่สุดแล้ว จึงปรับอัตราส่วนผสมตามปริมาณความชื้นในวัสดุผสม เมื่อนำไปใช้ในงาน

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 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

*อาจเพิ่มได้อีก 2 ซม. สำหรับการทำคอนกรีตให้แน่นตัวโดยวิธีการอื่น ที่นอกเหนือไปจากการใช้เครื่องสั่น(Vibrator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 จะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสมและความข้นเหลวสามารถจอที่จะทำงานได้สะดวก กรณีไม่ได้กำหนดค่ายุบตัวมาให้ ค่ายุบตัวที่เหมาะสมกับประเภทของงานอาจหาได้จากตาราง 1.4

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ประมาณปริมาณน้ำที่เหมาะสมและปริมาณช่องอากาศที่เกิดขึ้น ปริมาณน้ำที่ต้องการในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต เพื่อให้ได้ค่ายุบตัวตามที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับขนาดโตสุด รูปร่างและส่วนขนาดคละของวัสดุผสม ดังตารางที่ 1.1

4.เลือกอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะที่คอนกรีตนั้นถูกนำออกไปใช้งานและกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ต้องการ ถ้าไม่ระบุมาก็ให้เลือกใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์จากตารางที่ 1.2 และ 1.3

ตาราง 1.2 ให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่มากที่สุดสำหรับประเภทงาน และสภาวะแวดล้อมต่างๆ ส่วนตารางที่ 1.3 ให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่มากที่สุดสำหรับค่าเฉลี่ยของกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ต้องการ และให้เลือกใช้ค่าอัตราส่วนดังกล่าวที่ต่ำที่สุดซึ่งหาได้จากสองตารางนี้

5.คำนวณปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการใช้ เมื่อทราบปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการใช้ในคอนกรีตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรย่อมหาได้ ซึ่งเท่ากับ 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. การปรับส่วนผสมด้วยการทดลองผสมสัดส่วนของผสมต่างๆที่คำนวนแล้วเป็นเกณฑ์โดยประมาณทั้งสิ้น ซึ่งจะต้องตรวจสอบดูด้วย ถึงผลที่ได้ ทั้งในด้านกำลังของคอนกรีต และความยากง่ายในการทำงาน โดยการทดลองผสมจริงจากนั้นตรวจสอบดูหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ปริมาตรที่ใช้และปริมาณอากาศแล้วจึงปรับส่วนผสมต่างๆ ให้เหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้