

การศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยใช้ศิลาแลงและหินคลุกเป็นมวลรวมหยาบ
 STUDY OF COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE USING LATERITE AND
 CRUSHED ROCK AS COARSE AGGREGATES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2563

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

STUDY OF COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE USING LATERITE AND
CRUSHED ROCK AS COARSE AGGREGATES



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

STUDY OF COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE USING LATERITE AND
CRUSHED ROCK AS COARSE AGGREGATES

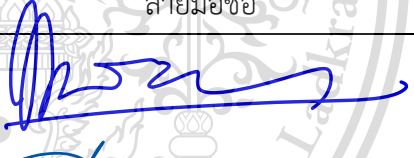



ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยใช้ศิลาแลงและหินคลุกเป็นมวลรวม
หยาบ

| | | | |
|------------------|----------------------------|--------------|----------|
| นักศึกษา | นาย จักรกฤษณ์ จู้อี้ | รหัสประจำตัว | 61015013 |
| | นาย ชญากร อินทร์มา | รหัสประจำตัว | 61015020 |
| | นาย วัชรินทร์ พรหมโสภา | รหัสประจำตัว | 61015067 |
| หลักสูตร | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมโยธา | | |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รศ.ดร. แหลมทอง เหล่าคงถาวร | | |

| คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ | ลายมือชื่อ |
|----------------------------|--|
| รศ.ดร. แหลมทอง เหล่าคงถาวร |  |
| ผศ. สมเกียรติ ขวัญพุกักษ์ |  |
| ผศ.ดร. ชดชนก อัทฒพงษ์ |  |
| รศ.ดร. ชลิตา อุตะเภา |  |

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ.ดร. อาทิตย์ เพชรศิธร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงวันที่ลงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยใช้ศิลาแลงและหินคลุกเป็นมวลรวมหยาบ

| | | |
|-----------------------|--------------|----------|
| นาย จักรกฤษณ์ จูอี | รหัสประจำตัว | 61015013 |
| นาย ชญากร อินทร์มา | รหัสประจำตัว | 61015020 |
| นาย วัชรินทร์ พรมโสภา | รหัสประจำตัว | 61015067 |

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. แผลมทอง เหล่าคงถาวร

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันงานก่อสร้างเกือบทั้งหมด จะใช้คอนกรีตเป็นส่วนประกอบสำคัญในการรับแรงอัด ส่วนประกอบหลักของคอนกรีตก็คือมวลรวมหยาบ โดยทั่วไปแล้วจะใช้หินคลุกเป็นมวลรวมหยาบในการผสม คอนกรีตแต่บางพื้นที่หินคลุกมีราคาที่สูงเนื่องจากค่าขนส่ง แต่ในพื้นที่นั้นๆอยู่ใกล้กับบ่อศิลาแลง ซึ่งมี เศษศิลาแลงเหลือทิ้งจำนวนมากจากการขุดตัด เศษศิลาแลงเหล่านี้ไม่ได้ถูกนำไปทำการก่อสร้าง ประดับ ตกแต่ง หรือทำให้เกิดประโยชน์อื่นๆ โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเศษหินศิลาแลงมาใช้ผสม คอนกรีต

โดยศิลาแลงที่ได้จากบ่อศิลาแลง บ่อศิลาเพชร จังหวัดกำแพงเพชร เศษศิลาแลงที่เหลือทิ้งจากการขุด ตัด มาศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยทำการทดสอบคุณสมบัติของหินคลุกและศิลาแลง และ ทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต เมื่อเทียบกับคอนกรีตที่ไม่มีหินศิลาแลงเป็นส่วนผสม โดยมีอัตรา ส่วนผสมของหินคลุกและศิลาแลง คือ 100-0 65-35 35-65 และ 0-100% โดยปริมาตรของทรายและ ปูนซีเมนต์สำหรับกำลังรับแรงอัด 210 ksc และ 480 ksc ที่เวลาบ่ม 28 วัน

คาดว่า กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 210 ksc และ 480 ksc เมื่อมีศิลาแลงเข้าไปแทนที่ที่อัตรา ส่วนผสมต่างๆทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลง เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การสึกหรอที่มากกว่าหินคลุก และ เนื้อของ ศิลาแลงมีรูพรุนที่มากกว่าหินคลุก แต่จะลดค่าใช้จ่ายของหินคลุกตามปริมาณที่นำศิลาแลงมาแทนที่เป็น ส่วนผสมมวลรวมหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

STUDY OF COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE USING LATERITE AND CRUSHED ROCK AS COARSE AGGREGATES

CHAKKIRT JUEE Student ID. 61015013

CHAYAKRON INMA Student ID. 61015020

WATCHARIN POMSOPA Student ID. 61015067

Advisor, Assoc. Prof.Dr.Laemthong Laokongthavorn

Academic year 2020

Abstract

At the present, almost all construction works use concrete as a major material. The main component of concrete is coarse aggregate. Generally, crushed stone is used as a coarse aggregate to mix concrete, but some areas crushed stone is quite expensive due to transportation costs. Laterite is cutted in form of tile and used for decoration. So there are many laterite scraps from cutting that become waste. Hence this special project aims to study on using laterite scraps for concrete mixing.

It was collected from Sila Petch Pit, Kamphaeng Phet province. Both of crushed stone one and laterite were tested physical properties. Concrete samples were mixed with crushed stone and laterite ratio as 100 : 0 , 65 : 35, 35 : 65 and 0 : 100 by weight of sand and concrete for 210 and 480 ksc. compressive strength.

It was expected that concrete compressive strength of 210 and 480 ksc. mixed with laterite were lower than concrete mixed without laterite. This is because laterite has wish weaning and porosity. However it can be used for other purposes which don't require high compressive strength.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร ที่เกี่ยวข้องกับผู้ทำโครงการ ที่ได้ให้คำแนะนำ ให้ข้อชี้แนะแก้ไข ให้ความอนุเคราะห์ต่อผู้ทำโครงการมาโดยตลอดผู้ทำโครงการขอกราบขอพระคุณในความกรุณาของท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอพระคุณคณาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ท่านกรุณาสละเวลาในการให้ข้อมูลสนับสนุน การดำเนินการดำเนินการทำโครงการในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และคำให้แนะนำเรื่องอื่นๆ ที่ได้ให้ความกรุณาถามข้อสงสัย และคอยเป็นกำลังใจให้ผู้ทำโครงการตลอดมา

ท้ายนี้ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ในสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา รวมถึงคำแนะนำ แก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ และช่วยเหลือทุกสิ่งอย่างแก่ผู้ทำโครงการ



คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

| | |
|--|------|
| | หน้า |
| ปกในภาษาไทย | I |
| ปกในภาษาอังกฤษ | II |
| ใบรับรองโครงการพิเศษ | III |
| บทคัดย่อ | IV |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | V |
| กิตติกรรมประกาศ | VI |
| สารบัญ | VII |
| สารบัญ (ต่อ) | VIII |
| สารบัญ (ต่อ) | IX |
| สารบัญ (ต่อ) | X |
| สารบัญรูปภาพ | XI |
| สารบัญรูปภาพ(ต่อ) | XII |
| สารบัญตาราง | XIII |
| สารบัญตาราง(ต่อ) | XIV |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 กล่าวนำ | 1 |
| 1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 2 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 2 |
| 1.4 ขอบเขตการศึกษา | 3 |
| 1.5 วิธีการศึกษา | 3 |
| 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 5 |
| | |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง | 6 |
| 2.1 องค์ประกอบของคอนกรีต | 6 |
| 2.2 ประเภทของปูนซีเมนต์ | 7 |
| 2.3 ปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ | 8 |
| 2.4 สารประกอบที่สำคัญของPortland cement | 9 |
| 2.5 ตารางแสดงสารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์และตารางแสดงคุณสมบัติของ สารประกอบของซีเมนต์ | 9 |
| 2.6 การผลิตปูนซีเมนต์ | 10 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 2.7 คุณสมบัติของมวลรวมในงานคอนกรีต | 12 |
| 2.8 การผสมซีเมนต์ | 21 |
| 2.9 การบ่มคอนกรีต | 21 |
| 2.10 คุณสมบัติคอนกรีตสด | 22 |
| 2.11 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อโดยตรงกับคุณภาพของซีเมนต์ | 22 |
| 2.12 คุณสมบัติด้านกำลังอื่นๆ ของคอนกรีต | 23 |
| 2.13 การทดลองคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ | 23 |
| บทที่ 3 วิธีการศึกษา | 27 |
| 3.1.1 การทดลองที่ 1 การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ | 28 |
| 3.1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 28 |
| 3.1.3 ขนาดคละ (Gradation) | 28 |
| 3.1.4 ผลของขนาดคละต่อคุณสมบัติของคอนกรีตคือ | 28 |
| 3.1.5 การวิเคราะห์ขนาดคละของวัสดุผสมด้วยการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน | 29 |
| 3.1.6 ข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับขนาดคละ | 29 |
| 3.1.7 ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) | 30 |
| 3.1.8 ขนาดใหญ่สุดของมวลรวม | 31 |
| 3.1.9 เครื่องมือทดสอบและวัสดุทดสอบ | 31 |
| 3.1.10 วัสดุทดลอง | 31 |
| 3.1.11 วิธีการทดลอง | 32 |
| 3.1.12 การคำนวณ | 34 |
| 3.2.1 การทดลองที่ 2 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวม | 35 |
| 3.2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 35 |
| 3.2.3 สภาวะของวัสดุผสม | 36 |
| 3.2.4 เครื่องมือทดสอบและวัสดุทดสอบ | 36 |
| 3.2.5 วิธีการทดลอง | 37 |
| 3.2.6 การคำนวณ | 38 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่แต่งขึ้นขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 3.3.1 การทดลองที่ 3 การทดสอบความต้านทานต่อการขัดสีของมวลรวมโดยใช้เครื่อง ลอสแอนเจลลิส | 39 |
| 3.3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 39 |
| 3.3.3 เครื่องมือทดสอบและวัสดุทดสอบ | 41 |
| 3.3.4 วิธีการทดลอง | 42 |
| 3.4.1 การทดลองที่ 4 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก และช่องว่างระหว่างมวลรวม | 43 |
| 3.4.2 บทนำ | 43 |
| 3.4.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 43 |
| 3.4.4 การคำนวณ | 44 |
| 3.4.5 ช่องว่างระหว่างมวลรวม | 46 |
| 3.5.1 การทดลองที่ 5 การทดสอบออกแบบส่วนผสมคอนกรีต | 47 |
| 3.5.2 บทนำ | 47 |
| 3.5.3 ทฤษฎี | 48 |
| 3.5.4 วัสดุทดสอบ | 52 |
| 3.6.5 เครื่องมือทดสอบ | 52 |
| 3.5.6 วิธีทดสอบ | 53 |
| 3.5.7 การทดสอบหาค่าการไหลแผ่ของคอนกรีต | 55 |
| บทที่ 4 ผลการศึกษา และ วิเคราะห์ | 58 |
| 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมหยาบ | 58 |
| 4.1.1 ผลการทดลองที่ 1 การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวม หยาบ | 58 |
| 4.1.2 ผลการทดลองที่ 2 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะการดูดซึมของมวลรวม | 59 |
| 4.1.3 ผลการทดลองที่ 3 การทดสอบความต้านทานต่อการขัดสีของมวลรวมโดยใช้เครื่อง ลอสแอนเจลลิส | 59 |
| 4.1.4 ผลการทดลองที่ 4 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก และช่องว่างระหว่างมวลรวม | 60 |
| 4.1.5 ผลการทดลองที่ 5 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต | 60 |
| 4.2 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีต | 61 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ | 64 |
| 5.1 คุณสมบัติรับกำลังแรงอัดของคอนกรีตรับแรงที่มีหินแกรนิตและหินคลุกเป็นส่วนผสมมวลรวมหายาบ | 64 |
| 5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน | 64 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ | 65 |
| บรรณานุกรม | 66 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ

| | หน้า |
|--|------|
| 1.1 รูปภาพการตัดหินการทำอุตสาหกรรมหิน | 1 |
| 1.2 แสดงขั้นตอนการทำงาน | 4 |
| 2.1 รูปภาพองค์ประกอบของคอนกรีต | 7 |
| 2.2 รูปภาพกราฟแสดงระยะเวลาการก่อตัวและแข็งตัวกับจำนวนสารประกอบ | 10 |
| 2.3 รูปภาพแสดงกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ | 12 |
| 2.4 รูปภาพมวลรวมหยาบ | 15 |
| 2.5 รูปแสดงเครื่องขัดแยกขนาด | 16 |
| 2.6 รูปแสดงเครื่องคัดขนาดหิน ททราย | 17 |
| 2.7 รูปแสดงความชื้นและการดูดซึ่มของมวลรวม | 17 |
| 2.8 รูปแสดงความชื้นและการดูดซึ่มของมวลรวม | 18 |
| 2.9 รูปแสดงการคำนวณหาความถ่วงจำเพาะ | 19 |
| 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักและปริมาณมวลรวมละเอียด | 20 |
| 2.11 รูปการแสดงการบ่มคอนกรีตด้วยกระสอบเปียก | 22 |
| 3.1 เศษศิลาแลงที่เก็บมาจากป่อ | 27 |
| 3.2 ย่อยขนาดศิลาแลงด้วยค้อน | 27 |
| 3.3 ตัวอย่างศิลาแลงที่ย่อยขนาดแล้ว | 33 |
| 3.4 การทดสอบ SIEVE ANALYSIS | 33 |
| 3.5 น้ำหนักของหินที่ค้างอยู่บนตะแกรง | 34 |
| 3.6 มวลรวมหยาบที่ออกจากเตาอบ | 37 |
| 3.7 แข่มวลรวมหยาบในน้ำ 20-28 ชั่วโมง | 38 |
| 3.8 นำมวลรวมหยาบที่ทดสอบล้างน้ำ | 42 |
| 3.9 นำมวลรวมออกมาร้อนผ่านตะแกรงเบอร์12 | 42 |
| 3.10 ภาพการทดสอบหน่วยน้ำหนัก และ ช่องว่างของมวลรวม | 44 |
| 3.11 รูปปริมาตรที่เพิ่มขึ้น เมื่อทรายมีความชื้น | 46 |
| 3.12 รูปการเรียงตัวของขนาดคละต่างๆกัน | 46 |
| 3.13 ชิ้นส่วนผสมคอนกรีตตามทีออกแบบ | 53 |
| 3.14 ทำการผสมคอนกรีต | 53 |
| 3.15 นำกรวยเหล็กสำหรับวัดการยุบตัว ไปวางบนแผ่นเหล็ก | 54 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับวัดการยุบตัว ไปวางบนแผ่นเหล็ก ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 3.16 กระทั่งให้ลี้กถึงแผ่นเหล็ก จำนวน 25 ครั้ง | 54 |
| 3.17 วัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต | 55 |
| 3.18 เทคอนกรีตใส่แบบ | 56 |
| 3.19 รอให้คอนกรีตแข็งตัว | 56 |
| 3.20 แกะคอนกรีตออกจากแบบหล่อ | 57 |
| 3.18 ทำการบ่มคอนกรีตเป็นเวลา 28 วัน | 57 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|---|------|
| 2.1 แสดงสารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ | 9 |
| 2.2 แสดงคุณสมบัติของสารประกอบของซีเมนต์ | 9 |
| 2.3 ตัวอย่างการทำ SIEVE ANALYSIS ของหิน | 14 |
| 3.1 ขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ | 28 |
| 3.2 แสดงปริมาณซีเมนต์และทรายต่อขนาดของหิน | 30 |
| 3.3 ขนาดน้ำหนักร้อยต่อขนาดโตสุดผ่านตะแกรง | 32 |
| 3.4 แสดงจำนวนน้ำหนักลูกเหล็กตามการจัดขนาดคละของตัวอย่าง | 41 |
| 3.5 สัดส่วนการผสมคอนกรีตสำหรับงานประเภทต่าง ๆ | 48 |
| 3.6 ค่าความยวบตัวของคอนกรีตที่ใช้สำหรับการก่อสร้างประเภทต่าง ๆ | 49 |
| 3.7 ขนาดโตสุดของวัสดุผสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ | 49 |
| 3.8 ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับค่าความยวบและวัสดุผสมขนาดต่าง ๆ | 50 |
| 3.9 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุดโดยน้ำหนักที่ยอมให้ใช้ได้สำหรับคอนกรีตในสภาวะเปิดเผย รุนแรง | 50 |
| 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์กับกำลังอัดประลัยของคอนกรีต | 51 |
| 3.11 ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบต่อหนึ่งปริมาตรของคอนกรีต | 51 |
| 4.1 ผลการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ | 58 |
| 4.2 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะการดูดซึมน้ำของมวลรวม | 59 |
| 4.3 การทดสอบความต้านทานต่อการขัดสีของมวลรวมโดยใช้ ลอสแอนเจลิส | 59 |
| 4.4 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก และช่องว่างของมวลรวม | 60 |
| 4.5 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต $f_c' = 210$ ksc | 60 |
| 4.6 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต $f_c' = 480$ ksc | 61 |
| 4.7 ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต ที่ 28 วัน กำหนดไว้ที่ 210 ksc | 61 |
| 4.8 ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต ที่ 28 วัน กำหนดไว้ที่ 480 ksc | 62 |
| 4.9 ตารางการเปรียบเทียบผลการทดสอบมวลรวมหยาบ ระหว่างหินคลุก และ ศิลาแลง | 62 |

ภาคผนวก

| | |
|--|----|
| เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า | |
| ภาคผนวก ก. มาตรฐานการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวม ASTM C33 | 68 |
| ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลีจิงหนิงเป็นจุดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ | |
| ก-1 มวลของตัวอย่างมวลรวมหยาบที่ใช้ในการทดสอบ | 70 |

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง(ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| ก-1 มวลของตัวอย่างมวลรวมหยาบที่ใช้ในหารทดสอบ | 70 |
| ภาคผนวก ข. ตารางแสดงผลการทดสอบการรับแรงอัด | 71 |
| ข-1 ผลการทดสอบการรับแรงอัด กำหนดค่าแรงที่ 280 ksc ที่การบ่ม 28 วัน | 72 |
| ข-2 ผลการทดสอบการรับแรงอัด กำหนดค่าแรงที่ 480 ksc ที่การบ่ม 28 วัน | 73 |
| ภาคผนวก ค. ชั้นคุณภาพของคอนกรีต และ ค่ากำลังอัดทรงลูกบาศก์ | 74 |
| ค.-1 ชั้นคุณภาพของคอนกรีต และ ค่ากำลังอัดทรงลูกบาศก์ Mpa อายุ 28 วัน | 75 |
| ค.-2 ชั้นคุณภาพของคอนกรีต และ ค่ากำลังอัดทรงลูกบาศก์ ksc อายุ 28 วัน | 76 |
| ค.-3 ค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ที่ใช้งานในลักษณะโครงสร้างประเภทงาน ต่างๆ | 78 |
| ค.-3 ค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ที่ใช้งานในลักษณะโครงสร้างประเภทงาน ต่างๆ | 79 |
| ประวัติผู้จัดทำ | 80 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

งานทางด้านวิศวกรรมโยธาเป็นงานที่มีบทบาทมากในการพัฒนาประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนา เช่น การสร้างเขื่อน สะพาน ถนน บ้านเรือนที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น งานโยธาเหล่านี้จะมีการขยายตัวอย่างมากและต่อเนื่องสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา โครงสร้างต่างๆ ในงานก่อสร้างเหล่านี้จำเป็นต้องใช้คอนกรีตเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่สามารถออกแบบให้รับน้ำหนักได้ตามความต้องการมีความคงทนถาวรและมีอายุการใช้งานยาวนาน นอกจากนี้ยังมีการวิจัย ศึกษา คิดค้นเทคโนโลยีและวิธีการใหม่ๆ ที่จะสามารถนำคอนกรีตมาใช้ได้สะดวก ประหยัดค่าใช้จ่าย โดยที่สามารถคงคุณสมบัติในการรับกำลังในด้านต่างๆของคอนกรีตไว้ได้วัสดุผสมคอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหินก่อสร้างหรือหินกรวด และทรายโดยรวมเรียกว่าวัสดุผสม(Aggregates) โดยจะต้องเป็นแร่ธาตุเฉื่อย (Inert Material) ที่ไม่ทำปฏิกิริยา กับซีเมนต์เพสต์ (Cement paste) โดยมีหน้าที่ในการแทรกในเนื้อซีเมนต์เพสต์ประมาณสามในสี่ส่วนของ เนื้อคอนกรีตและจะต้องมีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ดังนั้นวัสดุผสมจึงต้องมีส่วนที่ทำให้ราคาคอนกรีตถูกลงด้วย โดยที่คอนกรีตจะต้องมีคุณสมบัติที่เรากำลังต้องการคงเดิม (วินิต ซอวีเชียน, 2544)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.1 รูปภาพการตัดหินการทำอุตสาหกรรมหิน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หินศิลาแลง เป็นหินก่อสร้างชนิดหนึ่ง ที่เกิดจากการขุดตัดขึ้นมา นำมาทำเป็นสิ่งปลูกสร้าง โดยการตัดแต่งหินศิลาแลงให้เป็นขนาดที่ต้องการ โดยส่วนใหญ่การตัดแต่งหินนั้นจะมีเศษหินศิลาแลงเป็นจำนวนมาก คิดว่าเป็นเศษวัสดุที่หลงเหลือจากการผลิตและเป็นภาระที่ต้องนำไปทิ้ง ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ในการศึกษาวิจัยคุณสมบัติของศิลาแลงในการนำไป ทดแทนหินคลุก เป็นส่วนผสมคอนกรีต เพื่อจะได้สามารถหาคุณสมบัติเปรียบเทียบในการรับ กำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งจะทำได้สามารถลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของคอนกรีตลงได้ โดยจะส่งผลให้สามารถนำทรัพยากร เศษศิลาแลงที่ถือเป็นวัสดุเหลือใช้มาสร้างให้เกิดคุณค่า และจะส่งผลต่อการลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโดยรวมต่อไป

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมเหมืองหิน เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทย แหล่งอุตสาหกรรมผลิตหินเพื่อการก่อสร้างเป็นหินที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศที่มีมูลค่าการผลิตมากกว่า 10,000 ล้านบาท และมีการใช้ประโยชน์จากหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างหลายด้านโดยเฉพาะใช้เป็นการรองพื้นถนนและใช้ในงานผสมคอนกรีต หินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างจึงนับเป็นวัตถุดิบในการก่อสร้างต่างๆ โดยเฉพาะ โครงการสาธารณูปโภคต่างๆทั้งภาครัฐและเอกชน ดังนั้นหินเพื่อการก่อสร้างจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนา และการขยายตัวของเศรษฐกิจของประเทศ จากการผลิตหินเพื่อการก่อสร้าง พบว่าจำนวนเหมืองการผลิตหินในประเทศไทย 318 แห่ง ส่วนใหญ่กระจายอยู่จังหวัดต่างๆ เช่น ตาก เชียงใหม่ สระบุรี ชลบุรี เป็นต้นโดยเฉพาะแหล่งผลิตหินในภาคเหนือ มีจำนวนอยู่ 118 แห่ง ซึ่งถือว่ามากที่สุดในประเทศไทย นอกจากการผลิตหินเพื่อการก่อสร้างแล้วยังมีการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องครัวและวัสดุตกแต่งต่างๆ เพราะเหตุนี้จึงทำให้การผลิตหินเพื่อการก่อสร้างในภาคเหนือมีปริมาณการผลิตมากขึ้นทุกวันจึงทำให้เกิดการส่งออกไปยังจังหวัดต่างๆ เช่น หินศิลาแลงจาก บ่อศิลาแลง บ่อศิลาเพชร จังหวัดกำแพงเพชร ที่เกิดจากการขุดตัดขึ้นมา นำมาทำเป็นสิ่งปลูกสร้าง โดยการตัดแต่งหินศิลาแลงให้เป็นขนาดที่ต้องการ โดยส่วนใหญ่การตัดแต่งหินนั้นจะมีเศษหินศิลาแลงเป็นจำนวนมาก คิดว่าเป็นเศษวัสดุที่หลงเหลือจากการผลิตและเป็นภาระที่ต้องนำไปทิ้ง

ดังนั้นทางผู้ศึกษาวิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษานำเศษหินศิลาแลงเข้ามาปรับปรุงใช้ในงานคอนกรีต โดยการนำเศษหินศิลาแลงเข้ามาแทนที่มวลรวมหยาบของคอนกรีตและศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ซึ่งเน้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมเศษหินศิลาแลง

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของศิลาแลงจากหินศิลาแลงที่เหลือใช้จากงานตกแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. เพื่อศึกษา กำลังอัดของคอนกรีตโดยใช้ศิลาแลงเป็นส่วนผสมแทนที่หินคลุกเมื่อใช้ศิลาแลงและหินคลุกใน อัตราส่วนต่างๆ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. ในการศึกษาใช้วัสดุประสานปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. เศษศิลาแลงที่ใช้ทดสอบจากหินศิลาแลงที่เหลือใช้จากงานตกแต่ง
3. ทดสอบความแข็งแรงของมวลรวมหยาบโดย ย่อยเศษศิลาแลงให้ขนาดเท่ากับหิน 1/2”
3/8” โดยวิธีการทุบแล้วนำเข้าเครื่อง Los Angeles หมุน จำนวน 500 รอบ

1.5 วิธีการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของศิลาแลง
2. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีตลอดจนวิธีและมาตรฐานการทดสอบต่างๆที่จะทำให้การทดลองนั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
3. ออกภาคสนามเพื่อทำการเก็บข้อมูลที่มาแหล่งการผลิตและเศษวัสดุเหลือใช้ และทำการเก็บตัวอย่างเศษศิลาแลง
4. นำตัวอย่างเศษศิลาแลงที่เก็บได้จากภาคสนามมาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ที่สถาบันฯ
5. ทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต และ ทำการผสมคอนกรีต ตามอัตราส่วนที่ออกแบบ
6. เทคอนกรีตสดที่ทำการผสมใส่ในแบบหล่อคอนกรีต ขนาด 15x15x15 ซม. ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 20-28 ซม.
7. ทำการบ่มคอนกรีตโดยการแช่น้ำเป็นเวลา 28 วัน
8. ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต บันทึกผล
9. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ เพื่อนำมาหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างการรับแรงอัดของคอนกรีตเมื่อใช้วัสดุผสมมวลรวมหยาบที่ต่างกันระหว่างหินคลุกและศิลาแลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เก็บตัวอย่างเศษเศษศิลาแลงจากหินศิลาแลงจากบ่อศิลาแลง
บ่อศิลาเพชร จังหวัดกำแพงเพชร



ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ
(Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates)



ออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต
(Concrete Mixed Design)



ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด
(Test for Compressive Tensile Strength
of Cubic Concrete Specimens)



ผลการทดสอบ



วิเคราะห์ผลการทดสอบ



อภิปรายผลการทดสอบและ
สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกร ใช้ในงานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดรูปที่ 1.2 แสดงขั้นตอนการทำงานเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

นักศึกษามีความเข้าใจถึงความสำคัญถึงความสำคัญของมวบรวม คุณสมบัติของมวบรวมและสามารถทดสอบคุณสมบัติของมวบรวมเบื้องต้นได้ สามารถเลือกมวบรวมได้ถูกต้องและตรงกับลักษณะงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีและคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

มีสิ่งก่อสร้างในปัจจุบันเป็นจำนวนมากที่สร้างขึ้นด้วยส่วนผสมของซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำ เราเรียกส่วนผสมนี้ว่าคอนกรีต คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีปริมาณการใช้งานเพิ่มขึ้นทุกที ทั้งนี้เพราะไม้ซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างที่เคยใช้มาแต่เดิมหายากขึ้นราคาแพง ไม้ทนทาน รับน้ำหนัก ได้น้อยไม่ เหมาะสำหรับการก่อสร้างอาคารหรือสิ่งก่อสร้างใหญ่ๆ และคอนกรีตสามารถหล่อ เป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการได้ จึงสะดวกต่องานก่อสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารหลายๆ ชั้น สะพาน โรงงาน ท่อระบายน้ำเชื่อมกันน้ำ เป็นต้น คอนกรีตจะแข็งแรงมากขึ้นถ้าใส่เหล็กไว้ ภายในเราเรียกคอนกรีตชนิดนี้ว่า "คอนกรีตเสริมเหล็ก" (Reinforced concrete)

ในสมัยโบราณเมื่อยังไม่มีคอนกรีตใช้กับงานก่อสร้างใหญ่ๆ เป็น ส่วนผสมของปูนขาว ทรายและน้ำ อาจมีวัสดุอื่นผสม เช่น น้ำอ้อย เป็นต้น เพื่อให้ปูนขาวและ ทรายยึดตัวกันดีขึ้น เราเรียกส่วนผสมนี้ว่า "ปูนสอ" (Mortar) ในทางปฏิบัติคนสมัยก่อนมักจะ เรียกปูนสอว่า ซีเมนต์ คำว่าซีเมนต์มาจากภาษาละติน ซึ่งแปลว่า "ตัด" โดยใช้เรียกหินปูนที่ตัด เป็นชิ้นๆ เพื่อนำมาเผาเป็นปูนขาวแต่ซีเมนต์ในปัจจุบันหมายถึงตัวประสานวัสดุสองชนิด หรือหลายๆ ชนิดให้ติดแน่น ในกรณีของคอนกรีตหรือคอนกรีตเสริมเหล็ก ซีเมนต์เป็นตัวทำให้ ทรายหิน และเหล็ก ยึดติดกันแน่นเมื่อแห้งและแข็งตัวดีแล้ว

2.1 องค์ประกอบของคอนกรีต

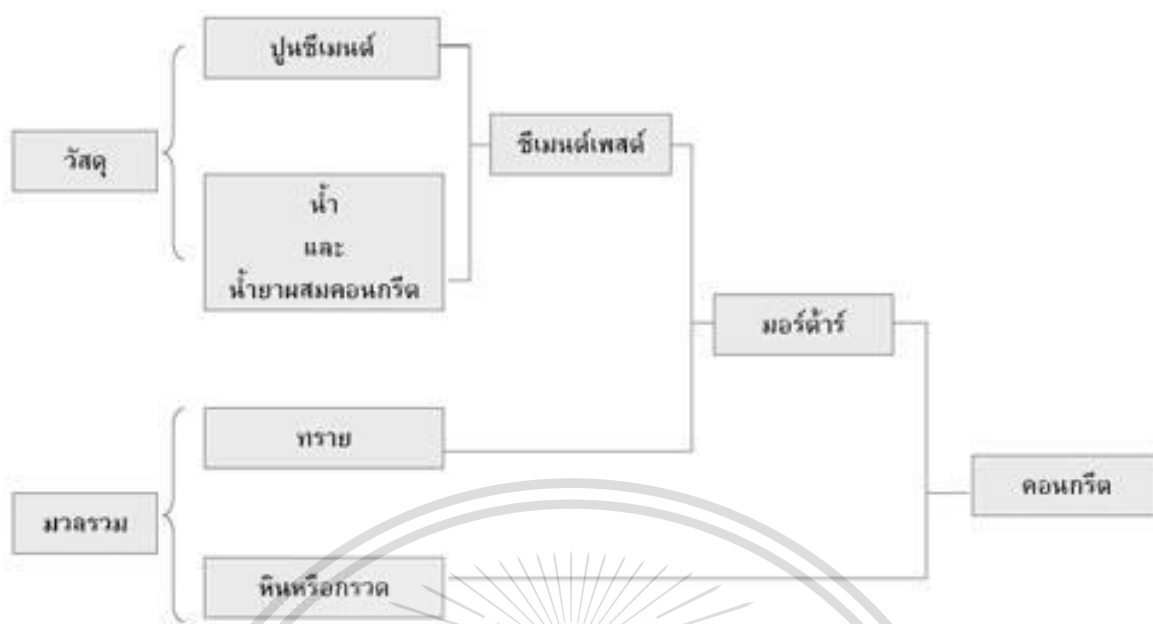
จากอดีตจนถึงปัจจุบันนี้เราพบว่า "คอนกรีต" ยังคงเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีความนิยมใช้งาน ทั้งนี้เพราะคอนกรีตมีความเหมาะสมกว่าวัสดุก่อสร้างอื่นๆ ทั้งด้านราคาและด้านคุณสมบัติต่างๆ และอาจแยกพิจารณา คอนกรีตออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนที่เป็นตัวประสาน ได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต
2. ส่วนที่เป็นมวลรวม ได้แก่ ทราย หิน หรือ กรวด

เมื่อนำวัสดุต่างๆ ของคอนกรีตมาผสมกัน คอนกรีตจะเป็นของเหลวที่มีความหนืดเวลาหนึ่งซึ่ง สามารถนำไปเทลงแบบหล่อตามต้องการได้เมื่ออายุมากขึ้นคอนกรีตก็จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวมาเป็นกึ่งเหลวกึ่งแข็งและในเวลาต่อมาก ก็จะเป็นของแข็งในที่สุดซึ่งสามารถรับกำลังอัดได้มากขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจนถึงช่วงเวลาหนึ่งความสามารถรับกำลังอัดก็จะ เริ่มคงที่ การเรียกชื่อองค์ประกอบของคอนกรีตโดยทั่วๆ ไปวัสดุสำหรับใช้ผสมทำคอนกรีต ประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำและน้ำยาผสมคอนกรีตเมื่อ

ผสมวัสดุต่างๆ เข้าด้วยกันเราจะเรียกชื่อของวัสดุต่างๆ ที่ผสมกันดังนี้ ปูนซีเมนต์ผสมน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่า Cement paste (Cement Paste) Cement paste ผสมกับทราย เรียกว่า มอร์ตาร์ (Mortar) มอร์ตาร์ ผสมกับหินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete) ดังแสดงตามรูปด้านล่างนี้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของคอนกรีต

2.2 ประเภทของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่มีใช้กันอยู่ในโลกสามารถแบ่งตามมาตรฐานการผลิตได้ 2 ประเภทได้แก่

1. Portland cement ผลิตตาม มาตรฐานอุตสาหกรรม.15 แบ่งเป็น 5 ประเภท

ประเภทที่ 1 Ordinary Portland Cement สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการ คุณภาพพิเศษกว่าธรรมดาและสำหรับใช้ในการก่อสร้าง ตามปกติทั่วไปที่ไม่อยู่ในภาวะอากาศรุนแรงหรือในที่ที่มีอันตรายจาก ซัลเฟตเป็นพิษหรือที่มีความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำ จะไม่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงขั้นอันตราย เป็นปูนซีเมนต์ 5 ที่มีคุณภาพรับแรงอัดสูง สำหรับงานคอนกรีตขนาดใหญ่ เช่น อาคารขนาดใหญ่ สนามบิน สะพาน ถนนได้แก่ ปูนซีเมนต์ トラ TPI สีแดง , トラซัง , トラอินทรีย์เพชร

ประเภทที่ 2 Modified Portland Cement สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่ต้องการลดอุณหภูมิเนื่องจากสภาพอากาศ ที่มีอุณหภูมิสูง งานคอนกรีตเหลว หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อน คอนกรีต กำแพงดินหนา ๆ หรือท่อคอนกรีตขนาดใหญ่ ๆ ต่อมา ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร ปัจจุบันไม่มีการผลิต ในประเทศไทย

ประเภทที่ 3 High Early Strength Portland Cement ให้ค่าความต้านทานแรงอัดช่วงต้นสูงกว่าปูนซีเมนต์ TPI (สีแดง) เม็ดปูนมีความละเอียดมากกว่า เป็นปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการรับน้ำหนักได้เร็วหรือต้องการถอดแบบได้เร็วรวมทั้งใช้ทำผลิตภัณฑ์ คอนกรีตอัดแรงทุกชนิด เช่นงานเสาเข็ม งานตอม่อสะพานคอนกรีต งานพื้นสำเร็จรูป โรงหล่อ เสาเข็ม, พื้นสำเร็จรูปได้แก่ ปูนซีเมนต์ตรา TPI สีดำ , トラเอราวิน , トラอินทรีย์ดำ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประเภทที่ 4 Low Heat Portland Cement ใช้กับงานที่ต้องการคอนกรีตความร้อนต่ำ สามารถลดปริมาณความร้อน เนื่องจากการรวมตัวของปูนซีเมนต์กับน้ำซึ่งจะสามารถลดการขยายตัวและหดตัวของคอนกรีต ภายหลังการแข็งตัว ใช้มากใน การสร้างเขื่อน เนื่องจากอุณหภูมิ ของคอนกรีตต่ำกว่างานชนิดอื่นไม่เหมาะสำหรับโครงสร้างทั่วไปเพราะแข็งตัวช้า ปัจจุบัน ไม่มีผลิตในประเทศไทย

ประเภทที่ 5 Sulfate Resistant Portland cement ใช้ในบริเวณที่ดินหรือบริเวณใต้น้ำที่มีปริมาณซัลเฟตสูงมีระยะเวลา แข็งตัวช้า และมีการกระทำของซัลเฟตอย่างรุนแรงได้แก่ปูนซีเมนต์ตรา TPI สีฟ้า, ตราช้างสีฟ้า, ตราอินทรีฟ้า

2.ปูนซีเมนต์ผสม ผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรม.80 ผลิตโดยเป็นปูนซีเมนต์ที่ได้จากการบดปูนเม็ดของ Portland cement ธรรมดา กับทรายประมาณ 25-30% จึงมีราคาถูกลง มีลักษณะแข็งตัว ช้าไม่ยัดหรือหดตัว มากเหมาะสำหรับงานก่ออิฐ ฉาบปูน ทำถนน เทพื้น ตอม่อ หล่อภาชนะ คอนกรีต หล่อท่อกระเบื้องหลังคา งานอาคาร 2 ถึง 3 ชั้น ตึกแถวหรืองานที่ไม่ต้องการ กำลังอัดมาก ไม่เหมาะสำหรับงานก่อสร้างที่ต้องการกำลัง สูงได้แก่ ปูนซีเมนต์ตรา TPI สีเขียว, ตรา เสือ, ตราอินทรีแดง

นอกจากนี้ยังมีปูนซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ อีก เช่น Portland pozzolana cement ซึ่งเหมาะสำหรับงาน อาคารคอนกรีต ในทะเล ปูนซีเมนต์ผสมซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ซิลิกา (Portland cement ธรรมดา กับทราย 25 -30%) ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราเสือ ตราภูเขา และตราอินทรี มีราคาถูก แข็งตัวช้า ไม่ยัดหรือหดตัวเหมาะ กับงานก่ออิฐ ทำถนน เทพื้น ตอม่อ หล่อท่อ ภาชนะคอนกรีต กระเบื้องหลังคา และตึกแถว เป็นต้น

2.3 ปฏิกริยาของปูนซีเมนต์

เราทราบแล้วว่าปูนซีเมนต์เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญตัวหนึ่งในคอนกรีต เมื่อปูนซีเมนต์รวมตัวกับ น้ำจะเป็นของเหลว มีความหนืดเรียกว่า “เพสต์” เพสต์จะทำหน้าที่เสมือนกาวประสานมวลรวมเข้าไว้ด้วยกัน เมื่ออายุมากขึ้นเพสต์ก็จะเปลี่ยน สถานะจากของเหลวมาเป็นกึ่งเหลวกึ่งแข็งและในเวลาต่อมาก็จะกลายเป็น ของแข็งในที่สุด ซึ่งจะสามารถรับกำลังอัดได้มากขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุที่เพิ่มขึ้นจนถึงช่วงเวลาหนึ่ง ความสามารถรับกำลังอัดก็จะเริ่มคงที่การที่ปูนซีเมนต์รวมตัวกับน้ำแล้วเกิดการ ก่อตัวและแข็งตัวของ ปูนซีเมนต์ขึ้น เราเรียกลักษณะเช่นนี้ว่า “การเกิดปฏิกริยาไฮเดรชัน”ซึ่งเกิดจากสารประกอบในซีเมนต์ทำ ปฏิกริยาทางเคมีกับน้ำเป็น ปฏิกริยาคายความร้อน ดังนั้นเราจึงรู้สึกว่าร้อนขึ้นเมื่อสัมผัสกับปูนซีเมนต์ที่ทำ ปฏิกริยากับน้ำ เราสามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ง่าย ๆ ได้ดังนี้ $Cement + Water \rightarrow C-S-H \text{ gel} + Ca(OH)_2 + heat$

2.4 สารประกอบที่สำคัญของPortland cement

Portland cement ประกอบด้วย หินปูน (Limestone) และดินเหนียว (clay) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ก็มีเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) และโคโลไมต์ ($MgCO_3$) เป็นจำนวนเล็กน้อย Portland cement ธรรมดาในบ้านเราที่ใช้กันทั่วไป (ตราเสือ ตราช้าง ตราภูเขา) ปกติจะมีสีเทาแกมเขียว (greenish gray) และ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

มีน้ำหนักประมาณ 92 ปอนด์/ฟุต³ เมื่อเผาวัตถุดิบของปูนซีเมนต์ซึ่งได้แก่ 7 สารออกไซด์ของธาตุแคลเซียม ซิลิกอน อลูมิเนียม และ เหล็ก สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันทางเคมี และรวมตัวกันเป็นสารประกอบอยู่ในปูนเม็ด ในรูปของผลึกที่ละเอียดมาก ซึ่งจำนวน สารประกอบที่อยู่ในปูนซีเมนต์ทำให้คุณสมบัติของปูนซีเมนต์เปลี่ยนแปลงไป เช่น ทำให้ปูนซีเมนต์มี กำลังรับแรงเร็วหรือช้า ระยะเวลาการก่อตัวและแข็งตัวอาจเร็วขึ้นหรือช้าลง ความร้อนที่ได้จาก การปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์อาจสูงหรือต่ำ เป็นต้น ดังแสดงในตาราง

2.5 ตารางแสดงสารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์และตารางแสดงคุณสมบัติของสารประกอบของซีเมนต์

ตารางที่ 2.1 แสดงสารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์

| ชื่อของสารประกอบ | ส่วนประกอบทางเคมี | ชื่อย่อ |
|--------------------------------|---|---------|
| ไตรแคลเซียม ซิลิเกต | $3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$ | C3S |
| ไดแคลเซียม ซิลิเกต | $2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$ | C2S |
| ไตรแคลเซียม อะลูมิเนต | $3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ | C3A |
| เตตราแคลเซียม อะลูมิโน เฟอไรต์ | $4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ | C4AF |

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของสารประกอบของซีเมนต์

| สารประกอบ | คุณสมบัติ |
|-----------|---|
| C3S | ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้เร็วภายใน 14 วัน |
| C2S | ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้ช้า ความร้อนเกิดขึ้นน้อย |
| C3A | ทำให้ปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาเริ่มแข็งตัวเกิดความร้อนสูง มีกำลังรับแรงเร็ว |
| C4AF | มีผลน้อย ให้ความแข็งแรงเล็กน้อยเติมเข้าไปเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้น |

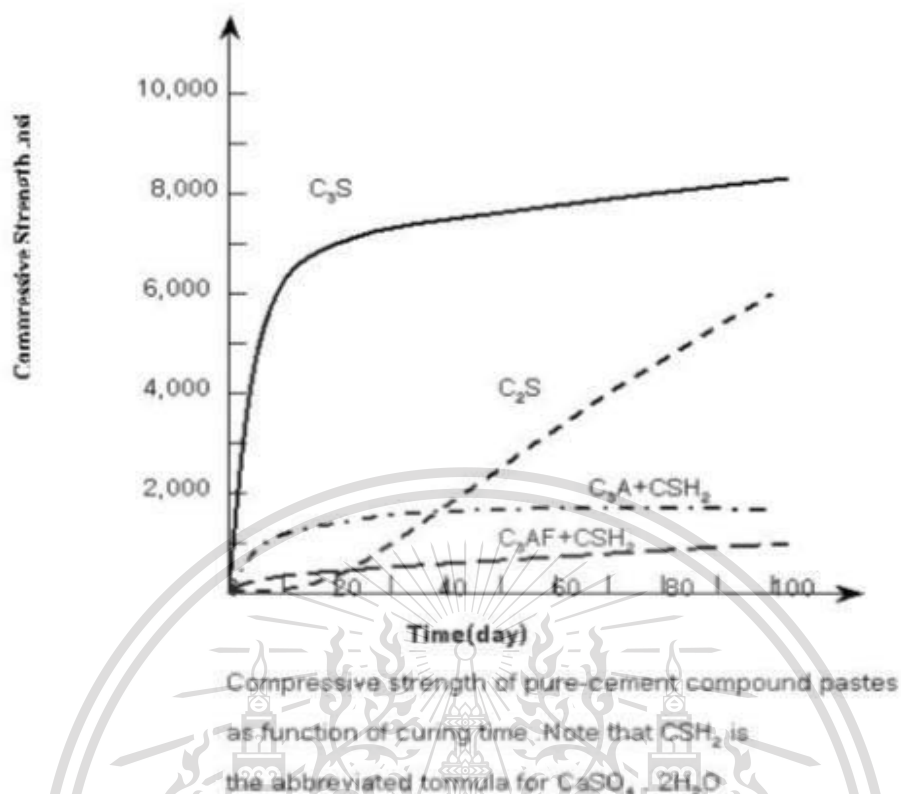
2.6 การผลิตปูนซีเมนต์

การผลิตปูนซีเมนต์มีทั้งแบบเผาแห้ง (Semi – dry process) และแบบเผาเปียก (wet process) ซึ่งกรรมวิธีในการผลิตโดยรวม ๆ จะเหมือนกันแต่จะต่างกันในด้านที่ 2 ดังที่จะแสดงในรูปต่อไปซึ่งการผลิตจะมีเอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้ากรรมวิธีดังต่อไปนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงระยะเวลาการก่อตัวและแข็งตัวกับจำนวนสารประกอบ

ในการผลิตปูนซีเมนต์เผาแห้งมีกรรมวิธีเป็นขั้นๆ คือ นำวัตถุดิบที่มีธาตุอะลูมินาและธาตุซิลิกาซึ่งมีอยู่มากในดินดำ กับเหล็กซึ่งมีอยู่มากในศิลาแลง มาผสมกันตามสัดส่วน บดให้ละเอียดและนำมาตีกับน้ำจะเป็นน้ำดินแล้วนำไปเผาในหม้อเผา (Cement kiln) จนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจับกันเป็นเม็ดเล็กๆ ที่เรียกว่า ปูนเม็ด (clinker) เมื่อนำปูนเม็ดไปบดรวมกับยิปซัมก็จะได้ปูนซีเมนต์ตามที่ต้องการ

ในการเตรียมวัตถุดิบตามวิธีนี้ จะต้องนำวัตถุดิบที่จะใช้การผลิตปูนซีเมนต์ ได้แก่ ดิน ขาว ดินดำ และศิลาแลง มาวิเคราะห์หาส่วนประกอบเพื่อคำนวณหาอัตราส่วนที่จะใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ผสมวัตถุดิบดังกล่าวแล้วนำไปตีรวมกันกับน้ำในบ่อเตรียมดิน (Wash mill) ให้ละเอียดจนเป็นน้ำดิน (slurry) วัตถุดิบประสงค์ของกรรมวิธีขั้นนี้ก็เพื่อที่จะย่อยดินขาวส่วนที่แข็งมากให้แหลกลงแล้วกรองผลิตผลที่ดีแล้วเพื่อกันเอาส่วนละเอียดไปใช้และควบคุมปริมาณของน้ำไม่ให้มีมากเกินไป เพราะจะทำให้หมดเปลืองเชื้อเพลิงโดยเปล่าประโยชน์ ส่วนกากของดินนำไปบดให้ละเอียดใหม่ในหม้อบดดิน (tube mill) แล้วนำมากรองใหม่อีกครั้งหนึ่ง

อย่างไรก็ตามในการเตรียมวัตถุดิบดังกล่าวมาแล้วนี้ส่วนผสมของวัตถุดิบก็อาจจะคลาดเคลื่อนไปได้บ้าง เพราะความชื้นในดินตลอดจนความเปลี่ยนแปลงในส่วนผสมของดินอีกเล็กน้อยจึงต้องกวนน้ำดินที่ได้บรรจุไว้ในถัง (Slurry silo) โดยวิธีอัดลมลงไปเบาให้เดือดฟล่านเป็นเวลา 1 คืน แล้วจึงนำมาวิเคราะห์ทางเคมี

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เป็นครั้งที่สอง ถ้าจำเป็นก็จะจัดการผสมน้ำดินนี้ให้ถูกส่วนตามที่ต้องการต่อไป แล้วสูบน้ำดินนี้ไปลงถังพัก (slurry agit tank) ซึ่งมีพายและลมสำหรับกวนและเป่าน้ำดิน เพื่อป้องกันไม่ให้ตกตะกอน และเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในส่วนผสมให้มากที่สุดที่จะทำได้

ขั้นต่อมาให้เตรียมดินผงโดยเอาหินปูนแห้งมาบดกับดินดำแห้งให้ละเอียดและมีส่วนผสมทางเคมีกวนเข้ากับน้ำดิน เอาน้ำดินและดินผงผสมกันแล้วมาบดแบบขมบวลอยเม็ดดินนี้จะมีความชื้นประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ถ้าผลิตโดยกรรมวิธีเปียก (wet process) น้ำดินจะต้องมีความชื้นถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ก่อนที่จะป้อนเข้าหม้อเผา ด้วยความชื้นต่ำของน้ำดินและ

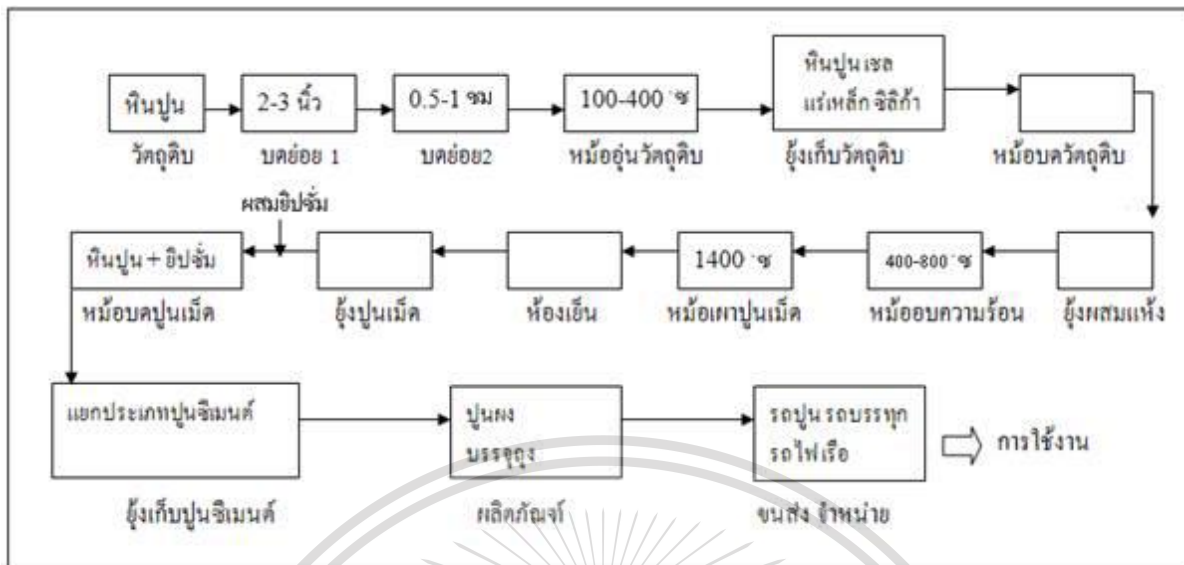
โดยการเพิ่มตระกรันเผาเม็ดดินเข้าอีกชุดหนึ่ง การใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงจะเป็นไปในอัตราต่ำ และมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบเผาเปียก ทำให้เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าไปในหม้อเผาปริมาณเดียวกัน สามารถเผาปูนเม็ดได้เพิ่มขึ้นอีก 50 เปอร์เซ็นต์ หรือถ้า จะกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าวิธีเผาเปียก

ใช้ความร้อนประมาณ 1,500 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม เมื่อใช้วิธีเผาแห้งใช้ความร้อนลดลงเหลือประมาณ 1,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม สูบน้ำดังกล่าวไปเผาในหม้อเผา (cement rotary kiln) ซึ่งวางนอนอยู่บนแท่นคอนกรีตและหมุนรอบตัวเองอยู่บนลูกกลิ้งประมาณนาที่ละ 1 รอบ และน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง

ภายในหม้อเผาจะมีอิฐทนไฟ (refractory lining bricks) เพื่อเก็บความร้อนไว้ภายในและมีช่องเป็นชุด ๆ แขนงไว้ทำหน้าที่ต่าง ๆ กันเช่น ชูบน้ำดินที่ไหลผ่านมา แล้วให้ปะทะกับลมร้อนที่จะผ่าออกทางปล่อง ทำให้น้ำระเหยออกจากน้ำดิน บันดินที่น้ำระเหยออกไปบ้างแล้วให้เป็นเม็ดกลม ๆ มีขนาดเท่าปลายนิ้วมือหรือใกล้เคียงกันเม็ดดินที่ผ่านช่องเป็นชุด ๆ มานั้นจะถูกเผาให้ร้อนขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อร้อนถึง 800 – 1000 องศาเซลเซียส เม็ดดินก็จะเริ่มคายคาร์บอนไดออกไซด์ออก เมื่อเม็ดดินนี้ร้อนถึงประมาณ 1,450 องศาเซลเซียสก็จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีคือเม็ด ดินเปลี่ยนเป็นปูนเม็ดโดยฉับพลัน ปูนเม็ดซึ่งร้อนถึง 1,450 องศาเซลเซียสจะถูกปล่อยลงไปในถังลดความเย็น (cooler) อันเป็นทำเลที่จะพ่นลมเข้าไปในปูนเม็ดเย็นตัวลงเพื่อให้เกิดไตรแคลเซียมซิลิเกต (C3S) มากที่สุดในขณะที่ปูนเม็ดเริ่มแข็งตัวแล้วจึงเก็บปูนเม็ดนี้ไว้ในถัง (storage) ต่อไปก็นำปูนเม็ดนี้ไปบดให้เป็นปูนซีเมนต์ผงในหม้อบดปูนซีเมนต์ (Cement mill) โดยใส่ยิปซัมผสมลงไปด้วยหม้อบดนี้ มีเครื่องสามารถตั้งให้จำนวนปูนเม็ดที่บดเป็นปูนซีเมนต์แล้วมีความละเอียดและมีความแข็งตัวตามที่ต้องการด้วยในทุกๆ ชั่วโมง ซึ่งจะนำตัวอย่างปูนซีเมนต์

ที่บดนี้ไปทดลองหาเวลาแข็งตัวและความละเอียดตลอดจนเก็บไว้ส่วนหนึ่งเพื่อรวมกัน ประกอบ เป็นตัวอย่างสำหรับทดลองกำลังการยัดตัว และส่วนผสมทางเคมีของปูนซีเมนต์ที่บดแต่ละตัวด้วยปูนซีเมนต์ที่บดแล้วนี้ นำไปเก็บไว้ในถังเก็บปูนซีเมนต์ (cement silo) โดยอาศัยกำลังลมอัดไปแล้วจะนำมาบรรจุถุงจำหน่ายได้ต่อไป

การอุ่นดินผงให้ร้อนใช้วิธีโปรยดินผงลงทางยอดหอคอยมีถังดักแบบไซโคลนขนาดใหญ่เรียงอยู่เป็นแถวขึ้นๆ เพื่อนำลมร้อนที่ออกจากหม้อเผามาอุ่นดินผงให้ร้อนจัด เป็นการประหยัดความร้อนอย่างดีที่สุด ในกรรมวิธีการเผาปูนในปัจจุบันนี้ ความร้อนที่ออกจากไซโคลนนี้ยังจะถูกจัดส่งโดยท่อขนาดใหญ่ ไปอุ่นวัตถุดิบที่ใช้ มีความชื้นให้แห้งเสียก่อนนำไปเก็บไว้ในถังแบบไซโคลนอีกด้วย



รูปที่ 2.3 รูปแสดงกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

มวลรวม

มวลรวมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของคอนกรีตและส่งผลถึงประสิทธิภาพในการยึดเกาะของซีเมนต์ด้วย โดยที่มวลรวมหรือวัสดุผสมคือวัสดุเฉื่อย ได้แก่ หิน ทราย กรวด มวลรวมมีปริมาตร 70-80%ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด จึงมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของคอนกรีตมาก หินที่ใช้ผสมคอนกรีต ได้แก่ หินปูน หินแกรนิต หรือกรวดทราย ได้แก่ ทรายแม่น้ำ ทรายบก หรือ หินบดละเอียด

2.7 คุณสมบัติของมวลรวมในงานคอนกรีต

1. ความแข็งแรง (STRENGTH)
2. รูปร่างและลักษณะผิว (PARTICLE SHAPE AND SURFACE TEXTURE)
3. ความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมี (CHEMICAL STABILITY)
4. ขนาดใหญ่สุด (MAXIMUM SIZE)
5. ขนาดละเอียด (GRADATION)
6. ค่าความละเอียด (FINENESS MODULUS, F.M.)
7. ความชื้นและการดูดซึมน้ำ (MOISTURE AND ABSORPTION)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. หน่วยน้ำหนักและช่องว่าง (UNIT WEIGHT AND VOID)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. ความแข็งแรง (STRENGTH)

กำลังอัด (COMPRESSIVE STRENGTH) ของคอนกรีตขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของมอร์ตาร์และมวลรวม ดังนั้นเมื่อมวลรวมมีความแข็งแรงสูงก็จะส่งผลให้คอนกรีตสามารถรับ กำลังอัดได้สูงขึ้นด้วยมวลรวมต้องมีความสามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่ากำลังที่ต้องการ ของคอนกรีตความแข็งแรงของหินปูนมีค่าประมาณ 700 - 1500 ก.ก./ ซม.2

2. รูปร่างและลักษณะผิว (PARTICLE SHAPE AND SURFACE TEXTURE)

รูปร่างและลักษณะผิวของมวลรวมจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตมากกว่าของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมวลรวมที่มีผิวหยาบมีรูปร่างแบนยาวจะต้องการปริมาณซีเมนต์เพสต์มากกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมรูปร่างกลมมน หรือเหลี่ยมที่ระดับความสามารถเทได้(WORKABILITY) เดียวกัน มวลรวมที่มีรูปร่างแบนและยาวมีโอกาสที่จะแตกหักเนื่องจากแรงดัดได้ง่ายกว่ามวลรวมที่มีรูปร่างกลมหรือเหลี่ยมส่งผลให้กำลัง (STRENGTH) ของคอนกรีตลดต่ำลงเช่นเดียวกับมวลรวมที่มีผิวเรียบลื่นทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างก้อนโดยเพสต์น้อยลงทำให้การแตกหักของคอนกรีตจะเกิดขึ้นในบริเวณส่วนที่เป็นซีเมนต์เพสต์ซึ่งทำให้กำลังยึดเกาะน้อยกว่าความสามารถรับกำลังอัดของมวลรวมดังนั้นมวลรวมที่ใช้ควรมีลักษณะเป็นแฉ่งเหลี่ยมคม ไม่เป็นแผ่นแบนหรือชิ้นยาวควรมีผิวหยาบหรือด้านเพื่อช่วยให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างก้อนดีขึ้น

3. ความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมี (CHEMICAL STABILITY)

มวลรวมต้องไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ หรือกับสิ่งแวดล้อมภายนอกมวลรวมบางประเภทจะทำปฏิกิริยากับด่าง (ALKALI) ในปูนซีเมนต์เกิดเป็นวุ้น และขยายตัวก่อให้เกิดรอยร้าว โดยทั่วไปในคอนกรีตเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ALKALI -AGGREGATEREACTION (AAR)

4. ขนาดใหญ่สุดของมวลรวม (MAXIMUM SIZE OF AGGREGATE)

ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมวัด จากขนาดตะแกรงอันที่ใหญ่กว่าถัดไปจากตะแกรงที่มีเปอร์เซ็นต์ของมวลรวมที่ค้างมากกว่าหรือเท่ากับ15% มวลรวมขนาดใหญ่ต้องการปริมาณน้ำน้อยกว่ามวลรวมที่มีขนาดเล็ก เพื่อให้การเทได้(WORKABILITY) เท่ากัน เนื่องจากมีพื้นที่ผิวสัมผัสโดยรอบน้อยกว่าเมื่อน้ำหนักของมวลรวมเท่ากัน ดังนั้นถ้าให้ปริมาณซีเมนต์และค่ายุบตัว (SLUMP) เท่ากันคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมขนาดใหญ่ก็จะให้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่ามวลรวมขนาดเล็กแต่ทั้งนี้คุณภาพของหินต้องเป็นไปตามข้อ กำหนดควรระวัง เรื่องของ MICROCRACKING ซึ่งมีลักษณะเป็นรอยร้าวขนาดเล็กๆเกิดจากกรรมวิธีการผลิตหินมัก จะเกิดขึ้นกับหินที่มีขนาดใหญ่หินที่มี MICRO-CRACKINGเมื่อนำมาผสมทำคอนกรีตก็จะทำให้กำลังของคอนกรีตต่ำลงได้ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปมักจะมีขนาดไม่เกิน 40 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการทำ SIEVE ANALYSIS ของหิน

| ขนาดตะแกรง | น้ำหนักค้าง (กรัม) | % ค้าง |
|-------------------|--------------------|------------|
| 1" | 9 | - |
| 3/4" | 1484 | 7.2 |
| 1/2" | 7968 | 38.9 |
| 3/8" | 8745 | 42.7 |
| เบอร์ 4 | 971 | 4.7 |
| เบอร์ 8 | 815 | 4.0 |
| ถาดรอง | 508 | 2.5 |
| รวมน้ำหนัก | 20500 | 100 |

ตะแกรงที่มีเปอร์เซ็นต์ของมวลรวมที่ค้างมากกว่าหรือเท่ากับ 15% คือ ตะแกรงเบอร์ 1/2 นิ้ว
 ดังนั้นขนาดใหญ่สุดของมวลคือขนาดของตะแกรงเบอร์ใหญ่กว่าถัดไป ดังนั้นขนาดใหญ่สุดของหินนี้คือ 3/4 นิ้ว

5. ขนาดคละ (GRADATION)

ขนาดคละ คือ การกระจายของขนาดต่างๆ ของอนุภาคมวลรวมในคอนกรีต ประกอบด้วย มวลรวมหยาบ มวลรวมละเอียด ซึ่งจะต้องมีขนาดใหญ่ เล็กคละกันไปคอนกรีตที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดคละดีจะมีส่วนผสมที่เข้ากันสม่ำเสมอ เทเข้าแบบได้ง่ายไม่ออกหินออก ทราบ ทำให้แน่นได้ง่าย การปาดแต่งผิวหน้า กำลังอัด และความทนทานยัง เป็นไปตามข้อกำหนดมวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 4 ประมาณ 95-100% เราเรียกว่า “ มวลรวมหยาบ ” ซึ่งได้แก่ หิน กรวด เป็นต้น มวลรวมที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 4 ประมาณ 95-100% เราเรียกว่า “ มวลรวมละเอียด ” ซึ่งได้แก่ ทราย หินบดละเอียด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.4 รูปภาพมวลรวมหยาบ

มวลรวมที่มีขนาดคละดีจะทำให้ช่องว่างเหลือน้อยที่สุดทำให้ใช้ปริมาณซีเมนต์เฟสตันน้อยที่สุดซึ่งช่วยให้คอนกรีตมีราคาต่ำ ลงได้คอนกรีตที่มีมวลรวมละเอียดมากเกินไป จะทำให้ความสามารถในการเทได้ (WORKABILITY) น้อยลง จึงต้องเพิ่มน้ำ และเฟสตันให้มากขึ้นแต่ก็ส่งผลต่อกำลังของคอนกรีตคอนกรีตที่มีมวลรวมหยาบมากเกินไปแม้ว่าความสามารถในการเทได้(WORKABILITY)จะดีแต่ก็อาจก่อให้เกิดปัญหาการแยกตัว (SEGREGATE) ของคอนกรีตมวลรวมที่มีขนาดคละดีก็จะส่งผลให้คอนกรีตมี WORKABILITY ดี , STRENGTH ดี และราคาต่ำด้วยมวลรวมที่มีขนาดคละดี หมายถึง มวลรวมที่มีมวลรวมหยาบและละเอียดขนาดต่างๆกัน คละคล้ำกัน ให้เหลือช่องว่างน้อยที่สุดอัตราส่วนของทรายต่อมวลรวม (S/A) อยู่ในช่วง 0.40-0.50 โดยน้ำหนัก หินที่ใช้มี SIZE NUMBER 6 (หินกลาง) และ SIZE NUMBER 7 (หินเล็ก) นำ มารวมกันในอัตราส่วน SIZE NO.6 /SIZE NO.7 เท่ากับ 50-65% โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ก) เครื่องคัดแยกขนาด



(ข) เครื่องทดสอบการกระแทกและซัดสี

รูปที่ 2.5 รูปแสดงเครื่องคัดแยกขนาดและเครื่องทดสอบการกระแทกและซัดสี

6. ค่าความละเอียด (FINENESS MODULUS) , (F.M.)

โมดูลัส ความละเอียดเป็นค่าที่บอกความละเอียดของทรายหาได้โดยการรวมค่า เปอร์เซ็นต์ค้ำงสะสม (CUMULATIVE PERCENTAGES RETAINED) บนตะแกรงเบอร์ 4,8,16, 30, 50 และ 100 แล้วหารด้วย 100

- ทรายสำหรับผลิตคอนกรีต ควรมีค่าโมดูลัสความละเอียดตั้งแต่ 2.2 - 3.2
- ค่า F.M. น้อย (F.M. 2.2) แสดงว่า ทรายละเอียด
- ค่า F.M. มาก (F.M. 3.2) แสดงว่า ทรายหยาบ
- ค่า F.M. ที่เหมาะกับงานคอนกรีต = 2.7

ทรายที่มีความละเอียด (F.M. 2.2) จำเป็นต้องใช้น้ำมากเพื่อให้ได้ความสามารถเทได้ (WORKABILITY) ที่เท่ากันเนื่องจากพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า เมื่อน้ำหนักเท่ากันถ้าทรายมีความ หยาบมากเกินไป (F.M. 3.2) ก็จะทำให้ความสามารถในการแทรกประสานเข้าไปในช่อง ระหว่างมวลรวมหยาบไม่ดีพอ ต้องใช้ปริมาณเพสต์เพื่อเข้าไปแทนที่ช่องว่างมากขึ้นอันทำให้คอนกรีตที่ได้มีราคาสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เครื่องคัดขนาดหิน ททราย

รูปที่ 2.6 รูปแสดงเครื่องคัดขนาดหิน ททราย

7. ความชื้นและการดูดซึ่ม (MOISTURE AND ABSORPTION)

มวลรวมมีรูพรุนภายในบางส่วนติดต่อกับผิวนอกจึงสามารถดูดความชื้นและน้ำบางส่วนตั้งนั้น มวลรวมที่เก็บอยู่ในสภาพธรรมชาติจึงมีความชื้นต่างๆ กัน ไปหากมวลรวมอยู่ในสภาพแห้งก็จะดูดน้ำผสมเข้าไปทำให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จริงลดลง หากเปียกขึ้นก็ทำให้อัตราส่วนน้ำ ต่อซีเมนต์จริงสูงกว่าที่ควรจะเป็น



ทรายหยาบ

ทรายมาตรฐาน

ทรายละเอียด

F.M. 3.15

F.M. 2.65

F.M. 2.10

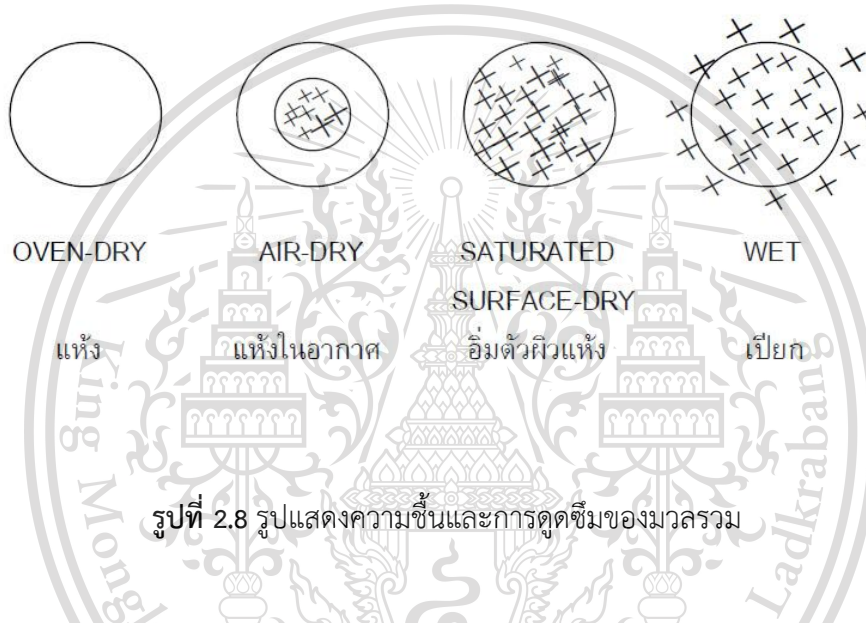
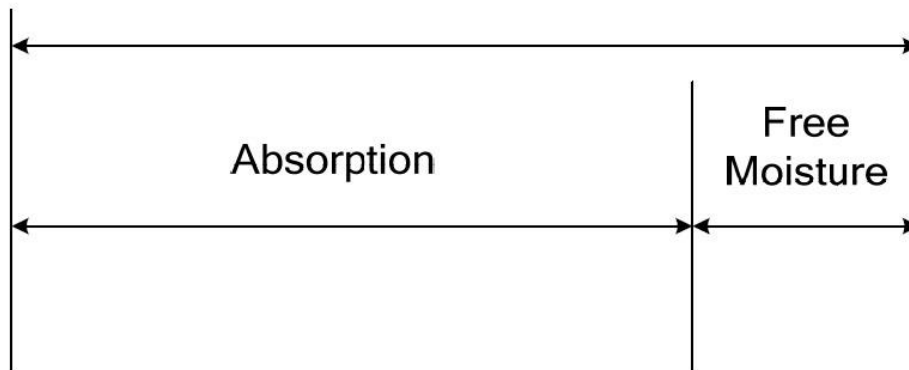
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลนี้โดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 รูปแสดงค่าความชื้นและการดูดซึ่มของมวลรวม

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อาจแบ่งสภาพความชื้นออกได้เป็น 4 ลักษณะ ดังนี้



รูปที่ 2.8 รูปแสดงความชื้นและการดูดซึมของมวลรวม

1. อบแห้ง (OVEN-DRY) ความชื้นถูกขับออกด้วยความร้อนในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่
2. แห้งในอากาศ (AIR-DRY) ผิวแห้งแต่อาจมีน้ำในรูพรุน
3. อิมตัวผิวแห้ง (SATURATED SURFACE-DRY) รูพรุนเต็ม ไปด้วยน้ำแต่ผิวแห้ง
4. เปียก (WET) รูพรุนเต็ม ไปด้วยน้ำ และมีน้ำบนผิวด้วย

ในการคำนวณออกแบบส่วนผสมทุกครั้งจะถือว่ามวลรวมอยู่ในสภาวะ “อิมตัว” ผิวแห้ง(SSD)แล้ว จึงปรับปริมาณน้ำ ตามลักษณะของวัสดุที่เป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\text{TOTAL MOISTURE} = \left(\frac{\text{น้ำหนักทราย} - \text{น้ำหนักทรายแห้ง}}{\text{น้ำหนักทรายแห้ง}} \right) \times 100 \quad (2.1)$$

$$\text{ABSORPTION} = \left(\frac{\text{นน.ทรายอิมตัวผิวแห้ง} - \text{นน.ทรายแห้ง}}{\text{นน.ทรายแห้ง}} \right) \times 100 \quad (2.2)$$

$$\text{FREE MOISTURE} = \text{TOTAL MOISTURE} - \text{ABSORPTION} \quad (2.3)$$

ABSORPTION ของทราย = 0.7 โดยน้ำหนัก

ABSORPTION ของหิน = 0.5 โดยน้ำหนัก

รูปที่ 2.9 รูปแสดงการคำนวณหาความถ่วงจำเพาะ

8. ความถ่วงจำเพาะ (SPECIFIC GRAVITY)

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมคือ อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของมวลรวมต่อความหนาแน่นของน้ำ หรือ ถ.พ. ของมวลรวม = น้ำหนักมวลรวม / น้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน ถ.พ. ทราย = 2.65 ถ.พ. หิน = 2.70 ถ.พ. ซีเมนต์ = 3.15 ค่า ถ.พ. ใช้ในการแปลงน้ำหนักของวัตถุนั้นให้เป็นปริมาตร เช่น ซีเมนต์หนัก 315 กก. = 315 / 3.15 = 100 ลิตร

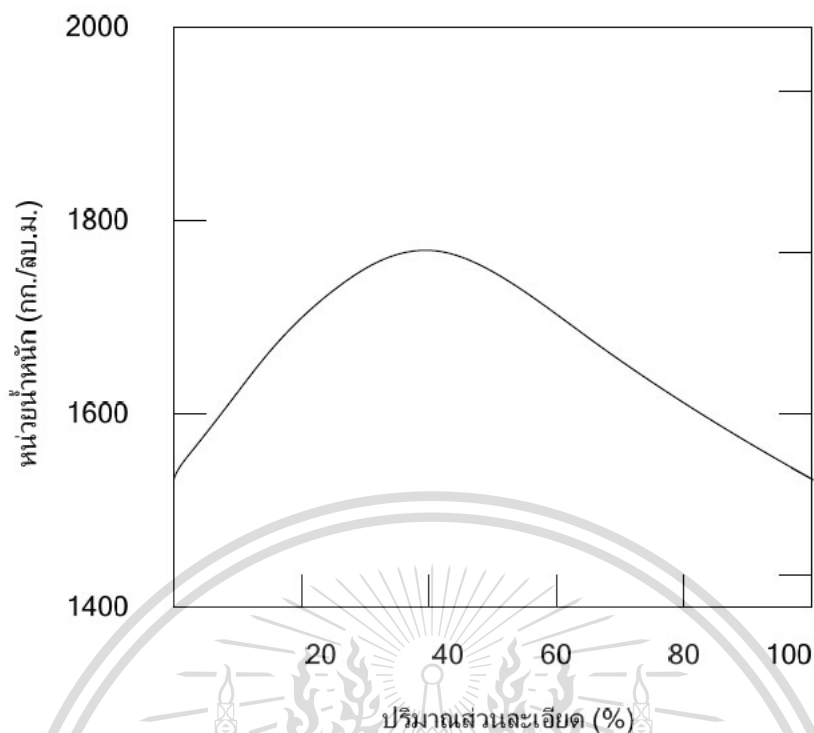
9. หน่วยน้ำหนัก และช่องว่าง (UNITWEIGHT AND VOID)

หน่วยน้ำหนัก คือ น้ำหนักของมวลรวมในขนาดคละที่ต้องการต่อหน่วยปริมาตรหน่วยน้ำหนักจะบอกถึงปริมาตรและช่องว่างระหว่างมวลรวมที่มวลรวมน้ำหนักหนึ่งๆ จะบรรจุลงได้หน่วยน้ำหนัก ของมวลรวมที่ใช้ อยู่ทั่วไปในประเทศไทยมีค่า 1,400-1,600 กก./ลบ.เมตรการนำเอามวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดมา ผสมกันด้วยอัตราส่วนต่างๆ จะมีผลต่อหน่วยน้ำหนักของมวลรวมผสม ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักและปริมาณมวลรวมละเอียด

ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักและปริมาณมวลรวมละเอียด

หน่วยน้ำหนักสูงสุดเกิดขึ้นเมื่อใช้มวลรวมละเอียด 30 - 40% โดยน้ำหนักของมวลรวม ทั้งหมดตั้งนั้นถ้า คำนึงเฉพาะราคาคอนกรีต (ใช้ซีเมนต์เพสต์น้อยที่สุด) เราควรใช้เปอร์เซ็นต์ทรายในช่วงดังกล่าว แต่ในทางปฏิบัติต้องคำนึงถึงความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตอีกด้วย

ตามมาตรฐาน ASTM C33

หินที่ใช้ในการผสมทำคอนกรีต ได้แก่ หินปูน หินแกรนิต กรวด แล้วนำมาแปรรูปให้มีคุณสมบัติเหมาะสมแก่การใช้งานขนาดของหินที่จะนำมาใช้ผสมทำคอนกรีตใช้ SIZE NUMBER

- 6 (19 - 9.5 mm)
- 7 (12.5 - 4.75 mm)
- 67 (19 - 4.75 mm)

ทรายที่นำมาผสมทำคอนกรีตได้แก่ ทรายแม่น้ำมีขนาดเล็กกว่า 4.75 มม. หรือที่สามารถลอดผ่านตะแกรง

ร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 มม.ในงานคอนกรีตทั่วไป ใช้ทรายเม็ดหยาบขนาดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.07-4.75 มม. ใช้ในงานคอนกรีตเทพื้น ฐานราก และในที่ที่ต้องการให้รับแรงอัดมากๆ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8 การผสมซีเมนต์

การวัดส่วนผสมอาจทำได้ 2 วิธี คือ การตวงส่วนผสมโดยปริมาตรและการชั่งส่วนผสมโดยน้ำหนักการชั่งน้ำหนักจะให้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำกว่าการตวงปริมาตรมาก จึงเหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่ งานคอนกรีตกำลังอัดปานกลาง-สูงในกรณีที่ดินทรายมีความชื้นเราก็สามารถปรับน้ำหนักส่วนผสมให้ถูกต้องเนื่องจากความชื้นได้แต่วิธีการตวงทำไม่ได้

เวลาในการผสมคอนกรีต

เวลาที่เหมาะสมที่สุดในการผสมคือ เวลาพอดีที่ทำให้ได้คอนกรีตที่มีเนื้อสม่ำเสมอทุกๆครั้งที่ผสมซึ่งจะได้ออกจากการทดลองผสมก่อนใช้งานจริง ได้ข้อสรุปดังนี้

1. ถ้าส่วนผสมแห้ง ปูนซีเมนต์น้อย จะต้องผสมเป็นเวลานาน
2. ถ้ามวลรวมมีความเป็นเหลี่ยมมุม จะต้องใช้เวลาผสมนานกว่ามวลรวมที่มีรูปร่างกลม

ในกรณีที่คอนกรีตถูกผสมเป็นเวลานานน้ำจะระเหยออกจากคอนกรีตนั้น ส่งผลให้คอนกรีตมีความสามารถสิ้นไหลเข้าแบบลดลงและจะเริ่มก่อตัวขึ้น จะส่งผลดังนี้คือ มวลรวมที่กำลังต่ำจะแตกทำให้ส่วนละเอียดเพิ่มขึ้น ความสามารถที่จะลดลง และผลของแรงเสียดทานจะก่อให้เกิดอุณหภูมิของส่วนผสมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณฟองอากาศลดลงอีกด้วย

2.9 การบ่มคอนกรีต

คอนกรีตจำเป็นต้องได้รับการบ่มทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการเทและควรบ่มต่อไปจนกระทั่งคอนกรีตมีกำลังตามที่ต้องการ หลักการทั่วไปของการบ่มคอนกรีตที่ดีจะต้องสามารถป้องกันคอนกรีตไม่ให้เกิดการสูญเสียความชื้นไม่ว่าจะด้วยความร้อนหรือลมไม่ให้คอนกรีตร้อนหรือเย็นมากเกินไปไม่สัมผัสกับสารเคมีที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีต และไม่ถูกชะล้างโดยน้ำฝนหลังจากเทคอนกรีตเสร็จใหม่ๆ เป็นต้น

การบ่มเปียก

ในกรณีทั่วไปคอนกรีตต้องได้รับการป้องกันจากการสูญเสียความชื้นจากแสงแดดและลมหลังจากเสร็จการเทจนกระทั่งคอนกรีตเริ่มแข็งแรง และหลังจากที่คอนกรีตเริ่มแข็งแรงแล้วผิวหน้าของคอนกรีตที่สัมผัสกับบรรยากาศยังต้องคงความเปียกชื้นอยู่ซึ่งอาจทำได้ด้วยการปกคลุมด้วยกระสอบเปียกน้ำ ผ้าเปียกน้ำหรือฉีบน้ำให้ชุ่ม เป็นต้น คอนกรีตที่ใช้ Portland cement ประเภทที่ 1 ควรบ่มเปียกติดต่อกันอย่างน้อย 7 วัน ส่วนคอนกรีตที่ใช้ Portland cement ประเภทที่ 3 ควรบ่มอย่างน้อย 3 วัน ในกรณีของคอนกรีตที่มีวัสดุผสมปอซโซลานผสมควรบ่ม มากกว่า 7 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัสดุปอซโซลานที่ใช้ในคอนกรีตที่ไม่ได้รับการบ่มอย่างถูกต้องจะไม่มีการพัฒนาการกำลังเท่าที่ควรเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันต้องการน้ำนอกจากนั้น การสูญเสียความชื้นจากผิวหน้าของคอนกรีตที่ไม่ได้รับการบ่มจะทำให้เกิดการแตกร้าวด้วยกรณีใช้กระสอบ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หรือผ้าในการบ่มคอนกรีต กระจกหรือผ้าที่ใช้ควรเป็นวัสดุที่มีความหนาพอสมควรเพื่อไม่ให้แห้งเร็วเกินไป และต้องรดน้ำให้เปียกชุ่มอยู่ตลอดเวลาการบ่มด้วย



รูปที่ 2.11 รูปการแสดงการบ่มคอนกรีตด้วยกระจกเปียก

2.10 คุณสมบัติคอนกรีตสด

คอนกรีตสดที่ดีควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ซึ่งคุณสมบัติต่อไปนี้ ซึ่งคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตสด จะส่งผลโดยตรงต่อกำลังและความทนทานของคอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

1. ความสามารถเทได้ (WORKABILITY) คือ ความสามารถในการที่จะเทคอนกรีตเข้าสู่ แบบให้แน่น และไม่เกิดการแยกตัวของส่วนผสม
2. การยึดเกาะ (COHESION) คือ การที่เนื้อคอนกรีตสามารถจับรวมตัวกันเป็นกลุ่ม หรือ แยกออกจากกันได้ยาก
3. ความชื้นเหลว (CONSISTENCY) คือ สภาพความเหลวของคอนกรีตซึ่งขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำเป็นส่วนใหญ่โดยการทดลองต่างๆ เช่น ค่ายุบตัว การไหล เป็นต้น
4. การแยกตัว (SEGREGATION) คือ การแยกออกของส่วนประกอบต่างๆ ในเนื้อ คอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีเนื้อไม่สม่ำเสมอ
5. การเยิ้ม (BLEEDING) คือ การแยกตัวชนิดหนึ่ง เป็นการแยกตัวในแนวตั้งโดยที่วัสดุ ผสมที่หนักจะจมลงด้านล่างและวัสดุผสมที่เบาจะลอยขึ้นด้านบนสู่ผิวของคอนกรีต

2.11 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของซีเมนต์

1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จากการทดลองพบว่ากำลังอัดของคอนกรีตจะแปรผกผันกับอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์นั่นคือกำลังอัดของคอนกรีตจะมากขึ้นถ้าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลดลงอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์น้อยที่สุดและเหมาะสมประมาณ 0.30 (W/C = 0.3) เนื่องจาก ปูนซีเมนต์ต้องใช้น้ำในการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. ชนิดของปูนซีเมนต์ขึ้นอยู่กับสารประกอบในปูนซีเมนต์และขนาดเม็ดปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์มีการบดละเอียดเม็ดเล็ก พื้นที่ผิวสัมผัสจะมาก ทำปฏิกิริยาได้เร็ว ทำให้สามารถรับกำลังอัดได้สูงในระยะเวลาเร็ว

2.12 คุณสมบัติด้านกำลังอื่นๆ ของคอนกรีต

1. TENSILE STRENGTH. ความต้านทานในด้านรับแรงดึงของคอนกรีตมีค่าต่ำมาก ประมาณ 10 % ของกำลังอัดประลัยความต้านทานในการรับแรงดึงของคอนกรีตจะช่วยในการควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตเนื่องจากผลกระทบต่างๆ เช่น อุณหภูมิ การหดตัว งานคอนกรีตอัดแรง งานก่อสร้างเก็บของเหลว เป็นต้น

2. BOND STRENGTH. ความต้านทานต่อการลื่นไถลของเหล็กเสริมที่หล่ออยู่ในเนื้อคอนกรีตขึ้นอยู่กับชนิดของซีเมนต์ สารผสมเพิ่ม w/c ซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของเพสต์ แรงยึดเหนี่ยวกับเหล็กเสริมในแนวอนจะน้อยกว่าแนวตั้ง เพราะน้ำที่เกิดจากการเยิ้มอาจไปเกาะอยู่ที่เหล็กเสริมตามแนวอนได้เมื่อคอนกรีตแข็งตัวจึงเกิดเป็นรูโพรงใต้เหล็กเสริมนั้น ทำให้ลดกำลังยึดเหนี่ยวลง

3. SHEAR STRENGTH.

4. IMPACT STRENGTH.

5. การต้านทานการเสียดสีขึ้นกับ - w/c (กำลังอัด) สูงจะมีความต้านทานสูง

- Agg/C (มวลรวม/ซีเมนต์) สูงจะมีความต้านทานสูง
- ความต้านทานต่ำเมื่อใช้มวลรวมเบา
- ความต้านทานเพิ่มขึ้นถ้าเกิดการเยิ้มขึ้นเพียงเล็กน้อย
- ประการที่สำคัญที่สุด คือ การบ่มคอนกรีตอย่างถูกต้องและเพียงพอ

2.13 การทดลองคุณสมบัติของปูนซีเมนต์

1. คุณสมบัติทางกายภาพ

1.1 Finess Specific Surface (พื้นที่ผิวจำเพาะ) หมายถึง ความละเอียดของปูนซีเมนต์ โดย วัดพื้นที่ผิวของซีเมนต์ 1 กรัม มีพื้นที่ผิวรวมกันได้ที่ตารางเซนติเมตร สำหรับ Portland Type I จะมีความละเอียด 2800 - 3000 cm²/g ,Type III 4000 - 4800 cm²/g ค่าความละเอียดยิ่งมาก ค่า Compressive Strength ก็ยิ่งมากขึ้นด้วย และการเกิดปฏิกิริยากับน้ำจะเร็วขึ้นทำให้เวลาในการ ก่อตัว (Setting Time) เร็วขึ้นด้วย

1.2 Soundness (ความอยู่ตัว) เป็นการทดลองการขยายตัวของปูนซีเมนต์ โดยใช้ Autoclave เพื่อดูว่า ปูนซีเมนต์มีการขยายตัวที่เปอร์เซ็นต์ถ้ามีการขยายตัวมาก (เนื่องจากมี MgO สูง) จะมีผลทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าว

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3 Time of setting (ระยะเวลาการก่อตัว) เป็นการหาระยะเวลาการก่อตัวของปูนซีเมนต์ เมื่อผสมกับน้ำ ถ้าใช้เวลาน้อยเกินไป แสดงว่าปูนแข็งตัวเร็ว จะทำให้การเทคอนกรีตลงในแบบ ไม่ทันถ้าใช้เวลามากเกินไปก็จะแข็งตัวช้า

1.4 Air Content of Mortar (ปริมาณอากาศในมอร์ตาร์) จำนวนปริมาตรของอากาศที่อยู่ในมอร์ตาร์ จะทำให้เกิดช่องว่างอยู่ภายใน ถ้ามีมากจะทำให้ค่าแรงอัดลดลง

1.5 Heat of Hydration เป็นปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำถ้าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นมีค่าสูง จะทำให้คอนกรีตมีอุณหภูมิสูงด้วย ซึ่งเป็นผลให้เกิด การขยายตัวทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้

1.6 False set (การก่อตัวผิดปกติ) คือการที่ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำแล้วเกิดการแข็งตัวเร็ว ผิดปกติ ไม่สามารถที่จะเทลงแบบได้ทั้งนี้เกิดจากระหว่างที่บดซีเมนต์ มีความร้อนเกิดขึ้นสูง หรือเก็บปูนซีเมนต์ไว้ในที่ที่อุณหภูมิสูง ทำให้ยิปซัมที่ใส่ไว้สำหรับควบคุมเวลาการก่อตัวของ ปูนซีเมนต์ต้องสูญเสียน้ำไปเนื่องจากความร้อน (Dehydration) ทำให้คุณสมบัติของยิปซัมในการควบคุม setting time เสียไป

1.7 Compressive Strength of Mortar เป็นการหาค่าแรงอัดของปูนซีเมนต์ในมอร์ตาร์ ที่ อายุ 1 วัน , 3 วัน, 7 วันและ 28 วัน เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของปูนซีเมนต์ในด้านการรับแรงอัด และบ่งบอกถึงระยะเวลาของการถอดแบบอีกด้วย

2. คุณสมบัติทางเคมี

2.1 Main Oxide ได้แก่ SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 และ CaO แสดงส่วนประกอบของ สารประกอบซีเมนต์ โดยเป็นตัวบ่งชี้ถึงประเภทของปูนซีเมนต์ซึ่งจะมีปริมาณของสารประกอบ ที่แตกต่างกันออกไป

C3S ให้แรงอัดในทุกๆระยะ โดยเฉพาะระยะแรกให้แรงอัดมาก และให้แรงอัดเพิ่มขึ้น เล็กน้อยหลังจาก 28 วัน

C2S ให้แรงอัดในระยะยาว แรงอัดที่เกิดขึ้นในระยะ 7 วันมีค่าต่ำหลังจาก 1 เดือนไปแล้ว จึงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

C3A ให้แรงอัดเพียงเล็กน้อยระยะ 1 - 3 วัน แต่จะช่วยเร่งอัตราการให้แรงอัดระยะแรก ของ C3S ให้เร็วขึ้น

C4AF เป็นสารประกอบที่ทำให้ปูนซีเมนต์มีสีเข้มและทนต่อการกัดกร่อนของ Sulphate

2.2 Sulfate Trioxide (SO_3) ได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้เผาปูนซีเมนต์วัตถุดิบและยิปซัมที่ใส่ในปูนซีเมนต์ ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งเป็นสาร active สำหรับการควบคุมระยะเวลาในการก่อตัวถ้ามีมากจะเกิดการขยายตัว ทำให้คอนกรีตแตกร้าว และทำให้ปูนซีเมนต์เกิด False set แต่ถ้ามีน้อยจนเกินไปจะทำให้เกิด False set ทำให้ปูนซีเมนต์แข็งตัวอย่างรวดเร็วเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ

2.3 Insoluble residue เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสิ่งเจือปนต่างๆ ที่ไม่ละลายในกรดต่าง เช่น ทราลัยและดิน ที่ปะปนอยู่ในปูนซีเมนต์ถ้ามีมากจะมีผลทำให้กำลังอัดลดลง การควบคุมคุณภาพคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ผู้สอนเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม การทำซ้ำ การดัดแปลง การเผยแพร่ การแจกจ่าย การขาย หรือการนำเอกสารนี้ไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. การควบคุมวัตถุดิบการควบคุมวัตถุดิบในการผลิตปูนซีเมนต์สามารถควบคุมได้ดังนี้

- ปูนซีเมนต์
- หิน ทราย
- น้ำ
- น้ำยาผสมคอนกรีต
- วัสดุทดแทนซีเมนต์

2. การออกแบบคุณสมบัติของส่วนผสมคอนกรีต

- พิจารณาศึกษาทบทวนข้อกำหนด
- การทบทวน ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง ข้อกำหนด ให้เหมาะสม
- พัฒนาและเลือกคุณสมบัติของส่วนผสม
- การเสนอส่วนผสมเพื่ออนุมัติใช้งาน
- การประชุมหารือก่อนการเทคอนกรีต
- การรวบรวมข้อมูลลักษณะเฉพาะของคอนกรีต

3. การควบคุม ณ โรงงานคอนกรีต หรือ ณ หน่วยงานผลิต

- การสุ่มตรวจสอบวัตถุดิบที่เข้าโรงงาน
- การเก็บวัตถุดิบเช่นการป้องกันสิ่งสกปรกเจือปนการระบายน้ำของมวลรวม

การชั่งตวงส่วนผสม เช่น ระบบชั่งและระบบเคลื่อนย้ายวัตถุดิบที่เชื่อถือได้, การตรวจสอบ (Calibrated) เครื่องชั่งและอุปกรณ์ตวงน้ำยา (Dispenser)

- ความถูกต้องในการชั่งตวง
- การบำรุงรักษาเครื่องจักรและกระบวนการผลิต

4. การควบคุมคอนกรีต

- การสุ่มตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทดลอง
- การทดลองคอนกรีตสด
- การสังเกต ณ หน่วยงานก่อสร้าง
- รายงานข้อมูลเทคนิคต่างๆ ในสนาม

รายงานของพนักงานจัดส่ง

- การเปรียบเทียบผลทดลองระหว่างห้องปฏิบัติการ

- การจัดทำผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ที่สงวน ยกเว้นห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. การบริการลูกค้า

- การตรวจสอบข้อร้องเรียนของลูกค้า
- การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด
- เสนอแนะทางแก้ไขปัญหาและหาทางป้องกัน
- ป้อนข้อมูลส่งกลับไปหน่วยงานผลิต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

จากการออกภาคสนามเพื่อทำการเก็บข้อมูลที่มาแหล่งการผลิตและเศษวัสดุเหลือใช้ และทำการเก็บตัวอย่างเศษศิลาแลง จากบ่อศิลาแลง บ่อศิลาเพชร จังหวัดกำแพงเพชร โดย นำเศษศิลาแลงมาย่อยให้เป็นก้อนเล็กๆ แล้วจึงนำไปทดลอง



รูปที่ 3.1 เศษศิลาแลงที่เก็บมาจากบ่อ



รูปที่ 3.2 ย่อยขนาดศิลาแลงด้วยค้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.1 การทดลองที่ 1 การทดสอบหาส่วนขนาดละเอียดและมวลรวมหยาบ (Test for Tensile Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates)

3.1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ชนิดของมวลที่ใช้ในการผสมคอนกรีต เป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของคอนกรีตทั้งในด้านความเหมาะสมต่อการใช้งาน ความทนทาน และกำลังของคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้วการเลือกใช้มวลรวมที่ขนาดแตกต่างกันอย่างพอเหมาะพอดี จะทำให้สามารถทราบคุณภาพคอนกรีตได้ตามที่ต้องการ โดยปกติมวลรวมที่หาได้ตามธรรมชาติอาจจะมีขนาดละเอียดที่มากเกินไปจึงต้องนำมวลรวมที่มีอยู่มาทำการวิเคราะห์ และหาเปอร์เซ็นต์ส่วนละเอียดเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้มวลรวมที่มีขนาดละเอียดที่เหมาะสม ช่วงขนาดละเอียดของมวลที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผสมคอนกรีตมีดังนี้

ตารางที่ 3.1 ขนาดละเอียดของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

| ขนาดตะแกรงมาตรฐาน | เปอร์เซ็นต์ผ่าน | เปอร์เซ็นต์ค้าง |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| 1 1/2" | 98-100 | 0-2 |
| 3/4" | 68-80 | 20-32 |
| 3/8" | 47-57 | 43-53 |
| No. 4 | 35-45 | 55-56 |
| No. 8 | 26-36 | 64-74 |
| No. 16 | 18-27 | 73-82 |
| No. 30 | 11-19 | 87-89 |
| No. 50 | 2-8 | 92-98 |
| No. 100 | 1-2 | 98-99 |

3.1.3 ขนาดละเอียด (Gradation)

ขนาดละเอียด(Gradation) คือการกระจายของขนาดต่างๆ ของอนุภาค ขนาดละเอียดของมวลรวมนับเป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับการกำหนดปริมาณเนื้อซีเมนต์เพสต์ที่ต้องการนำไปหล่อหุ้มมวลรวม

3.1.4 ผลของขนาดละเอียดต่อคุณสมบัติของคอนกรีตคือ

ปริมาณของซีเมนต์เพสต์ คอนกรีตที่มีขนาดละเอียดของมวลรวมดี มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด การค้า จะต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสม เมื่อนำมาผสมรวมกันแล้วมวลรวมที่ขนาดเล็กกว่าจะต้องบรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างมวลรวมที่ใหญ่กว่าให้มากที่สุด การที่มวลรวมมีขนาดละเอียดที่ดีจะส่งผลให้ช่องว่างระหว่างมวลรวมมี

ปริมาณน้อยลง ปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่ใช้เพื่อยึดมวลรวมและอุดช่องว่างจึงลดลง ทำให้ลดปริมาณ ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ลงได้

- ความสามารถเทได้ (Workability) คอนกรีตที่ใช้มวลรวมซึ่งมีขนาดละเอียดจะมีปริมาณซีเมนต์ เพสต์ที่เหลือจากการเติมช่องว่างในมวลรวมมากกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมขนาดละเอียด (Single Size) หรือขนาดละเอียดช่วง (Gap Grade) ดังนั้นปริมาณซีเมนต์เพสต์ดังกล่าวจะทำหน้าที่หล่อลื่นและลดแรง เสียดทานระหว่างมวลรวมทำให้ความสามารถเทได้เพิ่มขึ้น

- การแยกตัว (Segregation) โดยปกติการแยกตัวของคอนกรีตมี 2 ชนิด คือ การแยกตัวของมอร์ตาร์ออกจากเนื้อคอนกรีต ในคอนกรีตปกติทั่วไปที่ได้รับการจี้เขย่ามากเกินไป (Over vibration) ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ การเยิ้ม (Bleeding) โดยมีลักษณะคือ จะมีการจมนของมวลรวม (องค์ประกอบที่หนักกว่า) ซึ่งจะ ดันให้น้ำบางส่วน (ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เบาที่สุดของส่วนผสม) ลอยตัวขึ้นมาบนผิวหน้าของคอนกรีต ซึ่งมี สาเหตุมาจากความสามารถของส่วนผสมที่จะกักน้ำที่แผ่กระจายอยู่เอาไว้ขณะที่มวลรวมที่หนักกว่าน้ำจมน

3.1.5 การวิเคราะห์ขนาดละเอียดของวัสดุผสมด้วยการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน

เพื่อควบคุมตรวจสอบให้ขนาดละเอียดของมวลรวมเป็นไปตามที่กำหนดไว้รวมทั้งใช้เพื่อหาอัตราส่วนผสมของมวลรวมขนาดต่างๆ เพื่อให้ได้ขนาดละเอียดที่เหมาะสม การวิเคราะห์ทำโดยการเก็บตัวอย่างมาปริมาณหนึ่งมาร่อนบนตะแกรงขนาดต่างๆ ซึ่งวางเรียงกันตามขนาดช่องว่างของตะแกรงจากขนาดใหญ่สุดอยู่ข้างบนจนถึงขนาดเล็กสุด โดยใช้การเขย่าชุดตะแกรง ดังกล่าว

3.1.6 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับขนาดละเอียด

สำหรับทราย ปริมาณอนุภาคละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 50 และ 100 มีผลต่อความสามารถเทได้ การ แต่งผิวหน้าและการเยิ้มของคอนกรีตสด(Bleeding) นอกจากนี้อนุภาคขนาดเล็กยังช่วยให้คอนกรีตเกาะรวมตัวกันได้ดีดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมของอนุภาคละเอียดคือ ผ่านตะแกรง เบอร์ 50 อย่างน้อย 5% แต่ ต้องไม่ให้มีอนุภาคที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 5% เพราะอนุภาคขนาดเล็กนี้มักประกอบด้วยดิน เหนียว ซึ่ง มีผลคือจะต้องใช้ปริมาณน้ำมากขึ้นในการผสมทำให้ปริมาตรของคอนกรีตมีอัตราการ เปลี่ยนแปลงสูง(เกิดการหดตัว)

สำหรับหิน งานก่อสร้างทั่วไปในประเทศไทยพบว่าหินที่ใช้ผสมคอนกรีตมักเป็นหินเพียงขนาดเดียว (Single size) เช่น หิน 1 หรือ หิน 2 ซึ่งไม่ได้มีขนาดละเอียดที่ถูกต้องตามทฤษฎีสำหรับงานคอนกรีต ดังนั้นจึงมี ข้อเสนอแนะในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย คือ เมื่อใช้หินย่อยและทราย แม่น้ำที่เป็นวัตถุดิบหลักในประเทศไทยนั้น ปริมาณส่วนละเอียด ได้แก่ ปริมาณปูนซีเมนต์และปริมาณทราย ที่เหมาะสมที่จะทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ไม่แยกตัวหรือเกิดการเยิ้มมากและได้กำลังอัดตาม ต้องการมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณซีเมนต์และทรายต่อขนาดของหิน

| ขนาดของหิน | ปริมาณปูนซีเมนต์ + ปริมาณทราย |
|--------------|-------------------------------|
| 1'' - # No.4 | 38 % โดยปริมาตร หรือ 380 ลิตร |
| ¾'' - # No.4 | 40% โดยปริมาตร หรือ 400 ลิตร |

สำหรับงานพิเศษบางประเภทเช่น งานคอนกรีตเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ที่มีค่ายุบตัวมากกว่า 15 ซม. นั้น ในการออกแบบอาจจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณส่วนละเอียดขึ้นไปเป็น 42% - 45% โดยปริมาตรเพื่อป้องกันปัญหาการแยกตัว

3.1.7 ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus)

ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus F.M.) คือ ตัวเลขดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของก้อนวัสดุในมวลรวม โดยที่

$$F.M. = (1/100) (\text{ผลบวกของเปอร์เซ็นต์สะสมของมวลรวมที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐาน}) \quad (3.1)$$

ค่าโมดูลัสความละเอียด เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย เป็นตัวบ่งบอกว่าลักษณะทรายนั้นหยาบหรือละเอียดค่า โมดูลัสความละเอียดไม่สามารถใช้บอกขนาดละเอียดของมวลรวมได้ แต่สามารถใช้ควบคุมความสม่ำเสมอของ มวลรวมที่ผลิตจากแหล่งเดียวกันทรายที่มี F.M.=3.2 จะมีความหยาบมากกว่าทรายที่มี F.M.=2.3 เนื่องจากทรายที่มีความละเอียดมากจำเป็นต้องใช้น้ำมากเพื่อให้ได้ความสามารถเท่าๆ กัน ดังนั้นทรายที่เหมาะสมสำหรับผลิตคอนกรีต ควรมีค่าโมดูลัสความละเอียดในช่วง 2.25-3.25 และ 5.5-7.5 สำหรับหิน นอกจากนี้ค่าโมดูลัสความละเอียดยังบอกถึงขนาดโดยส่วนใหญ่ของมวลรวมว่าค้างอยู่บน ตะแกรงลำดับที่เท่าใดโดยเริ่มนับจากตะแกรงเบอร์ 100 ตัวอย่างเช่น ค่า F.M.=3 หมายถึง มวลรวมที่ค้างบน ตะแกรงลำดับที่ 3 (เบอร์ 30) นับจากตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 100 เป็นขนาดเฉลี่ยโดยส่วนใหญ่ของมวลรวม ซึ่งหาได้จากการคิดที่ว่า ถาดรองเป็นตะแกรงลำดับที่ 0 ตะแกรงเบอร์ 100 เป็นตะแกรงลำดับที่ 1 จนถึง ตะแกรงเบอร์ 4 เป็นตะแกรงลำดับที่ 6 ตามลำดับต่อจากนั้นทำการหาค่า F.M. จากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของ ขนาดตะแกรงและเปอร์เซ็นต์ที่ค้าง

โมดูลัสความละเอียดนอกจากใช้บอกถึงความละเอียดของมวลรวมแล้วยังมีประโยชน์ในการนำไปใช้ หา

อัตราส่วนผสมของมวลรวม(Combined Aggregate) แต่ละชนิดอีกด้วย ซึ่งทำได้โดยการทดลองหาอัตราผสมของมวลรวมหยาบต่อมวลรวมละเอียดเพื่อให้ได้ขนาดละเอียดของมวลรวมผสมอยู่ในขอบเขตที่กำหนด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.8 ขนาดใหญ่สุดของมวลรวม

ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมที่มีผลโดยตรงกับปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่ต้องการ และขนาดคละของ วัสดุผสม กล่าวคือมวลรวมที่มีขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ผิว(Surface Area) โดยรวมน้อยกว่ามวลรวมที่มีขนาดเล็กเมื่อมีน้ำหนักมวลรวมเท่ากัน

ดังนั้นมวลรวมขนาดใหญ่จึงต้องการปริมาณน้ำและปริมาณซีเมนต์ เพื่อเคลือบผิวมวลรวมน้อยกว่า เพื่อให้มีความสามารถเท่ากัน หรือถ้าใช้ปริมาณซีเมนต์และค่ายุบตัวเท่ากันกำลังคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น เพราะสามารถลดน้ำหรือลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์นั่นเอง

ในทางปฏิบัติผู้ออกแบบควรตัดสินใจเลือกขนาดใหญ่สุดของมวลรวมโดยคำนึงถึง ดังนี้

1. ขนาดใหญ่สุดของมวลรวม ต้องมีขนาดไม่เกิน $1/5$ ของส่วนที่แคบที่สุดของแบบหล่อ ไม่เกิน $3/4$ ของระยะแคบสุดระหว่างเหล็กเสริมกับแบบหล่อ และไม่เกิน $1/3$ ของความหนาของพื้น
2. สำหรับกรณีใช้ปี้ม ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมต้องไม่เกิน $1/5$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ คอนกรีตปี้ม
3. สำหรับกรณีคอนกรีตกำลังอัดสูง การวิบัติของคอนกรีต (Failure) จะเกิดที่มวลรวม แทนที่จะเกิด ที่ซีเมนต์เพสต์เหมือนคอนกรีตกำลังอัดทั่วไป เพราะว่าในมวลรวมขนาดใหญ่มีโอกาสมันจะมีรอยร้าว ขนาดเล็กอยู่ (Micro cracks) ดังนั้นมวลรวมควรมีขนาดเล็กลงเมื่อใช้ในงานคอนกรีตกำลังอัดสูง ดังนั้นขนาดใหญ่สุดของมวลรวมที่ใช้ในงานคอนกรีตทั่วไปควรมีขนาดไม่เกิน 40 มม. และควรมี ขนาดเล็กลงเมื่อใช้ในงานคอนกรีตกำลังอัดสูง

3.1.9 เครื่องมือทดสอบและวัสดุทดสอบ

เครื่องมือทดสอบ

1. เครื่องชั่งสามารถอ่านค่าละเอียดได้ถึง 0.5 กรัม และมีความถูกต้องไม่น้อยกว่า 0.1% ของน้ำหนักที่ชั่งทั้งหมด
2. ตะแกรงมาตรฐาน ขนาด $3''$ $1\frac{1}{2}''$ $\frac{3}{4}''$ $\frac{3}{8}''$ และเบอร์ 4 สำหรับมวลรวมหยาบตะแกรงมาตรฐานขนาด No.4 No.8 No.16 No.30 No. 50 และ No. 100 สำหรับมวลรวมละเอียด
3. เครื่องเขย่าตะแกรง (Mechanical Sieve Shaker) มวลรวมหยาบพร้อมตะแกรงมาตรฐาน
4. เครื่องเขย่าตะแกรง (Mechanical Sieve Shaker) มวลรวมละเอียด
5. ตู้อบไฟฟ้า ควบคุมอุณหภูมิได้ ระหว่าง $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $110\text{ }^{\circ}\text{C}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.10 วัสดุทดลอง

1. ทรายจำนวน 1000 กรัม
2. หินจำนวน 3500 กรัม

ตารางที่ 3.3 ขนาดน้ำหนักร้อยละน้อยต่อขนาดโตสุดผ่านตะแกรง

| ขนาดโตสุดที่ผ่านตะแกรง | น้ำหนักอย่างน้อย (กรัม) |
|------------------------|-------------------------|
| 3/8 นิ้ว | 1,000 |
| 1/2 นิ้ว | 2,000 |
| ขนาดโตสุดที่ผ่านตะแกรง | น้ำหนักอย่างน้อย (กรัม) |
| 3/4 นิ้ว | 5,000 |
| 1 นิ้ว | 10,000 |
| 1 1/2 นิ้ว | 15,000 |

3.1.11 วิธีการทดลอง

มวลรวมละเอียด

1. นำทรายที่ต้องการทดสอบและชั่งน้ำหนักมา 1000 กรัม ตัวอย่างทดลองต้องแห้งจนมีน้ำหนักคงที่
2. เททรายตัวอย่างลงในตะแกรงที่เรียงกันไว้ตามลำดับจากหยาบไปหาละเอียดปิดฝาและยึดให้แน่น
3. เดินเครื่องเขย่าประมาณ 10 นาที แล้วหยุดเครื่อง ชั่งน้ำหนักของทรายที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้นอย่างละเอียด ถ้าผลรวมของน้ำหนักทั้งหมดของมวลรวมที่ค้างตะแกรงขนาดต่างๆ แตกต่าง ไปจากน้ำหนักตัวอย่างก่อนทดสอบเกิน 0.30% ให้ทำการทดลองซ้ำ

4. จากน้ำหนักของมวลที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้นนำไปหาค่า Fineness Modulus (F.M.) และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของตะแกรง และเปอร์เซ็นต์ของ Cumulative retained หรือ Percentage of Coarser

มวลรวมหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

1. นำตัวอย่างหินที่ต้องการทดสอบและชั่งน้ำหนักมา 3500 กรัม ตัวอย่าง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างศิลาแลงที่ย่อยขนาดแล้ว

2. นำหินไปใส่ในตะแกรงตามขนาดต่างๆ ที่ระบุไว้และเดินเครื่องเขย่า จนกว่าหินจะไม่ลอดผ่านตะแกรงอีก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.4 การทดสอบ SIEVE ANALYSIS อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. นำหินที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้นไปชั่งอย่างละเอียด



รูปที่ 3.5 น้ำหนักของหินที่ค้างอยู่บนตะแกรง

4. จากน้ำหนักของหินที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้นนำไปหาค่า F.M. และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของตะแกรงและเปอร์เซ็นต์ของ Cumulative retained หรือ Percentage of Coarser

3.1.12 การคำนวณ

1. คำนวมน้ำหนักของมวลที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาดเป็นเปอร์เซ็นต์ (Individual percent retained)
2. หาน้ำหนักของมวลเป็นเปอร์เซ็นต์สะสมบนตะแกรงแต่ละขนาด (Cumulative percent retained)
3. คำนวณหาค่า Fineness Modulus (F.M.) โดยใช้ค่าผลรวมของเปอร์เซ็นต์สะสมที่ค้างบนตะแกรงขนาดต่างๆ แล้วหารด้วย 100

หมายเหตุ

ทรายทั่วไปแบ่งเป็นทรายละเอียดมาก ทรายละเอียดและทรายหยาบ แต่ละชนิดมีค่าพิกัดความละเอียดแตกต่างกัน

ทรายละเอียดมาก ค่า F.M. = 0.50 – 1.50

ทรายละเอียด ค่า F.M. = 1.50 – 2.50

ทรายหยาบ ค่า F.M. = 2.50 – 3.50

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทรายที่ใช้ในงานคอนกรีต ควรมีค่าพิกัดความละเอียดอยู่ระหว่าง 2.3 – 3.1

หินหรือกรวดที่ใช้ในงานคอนกรีต ควรมีค่าพิกัดความละเอียดอยู่ระหว่าง 5.5 – 8 ในการทำ Mixed Design จะใช้แค่ค่า F.M. ของทรายเป็นหลัก เนื่องจากมีผลทาง Workability มาก ทรายที่มีความละเอียดมากนั้น ค่า F.M. ต่ำ ทำให้ทำงานได้ดีกว่าค่า F.M. ของทรายที่ใช้จริงๆ ซึ่งจะต้องต่างจากที่กำหนดใน Mixed Design ไม่เกินกว่า 0.2 เพราะจะทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับ ค่า F.M. ของกรวดและหินนั้นไม่ใช้ในการ Mixed Design

3.2.1 การทดลองที่ 2 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวม (Specific Gravity and Absorption of Concrete Aggregate)

3.2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต จำเป็นต้องรู้คุณสมบัติของมวลรวมที่จะนำมาใช้ได้แก่ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำ เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณของมวลรวมที่จะใช้ในส่วนผสมและเพื่อปรับปริมาณน้ำในสภาพที่เป็นจริง ให้เป็นไปตามที่คำนวณไว้

ความถ่วงจำเพาะของงานคอนกรีตอาจแยกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. **Bulk Specific Gravity** คืออัตราส่วนของน้ำที่ของมวลที่มีปริมาตรที่กำหนด (รวมช่องว่างที่ดูดซับน้ำได้) ต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันที่อุณหภูมิมาตรฐาน (20 C หรือ 68 F) การหาค่า Bulk Specific Gravity สามารถหาได้ที่สภาพอิมตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) และสภาพแห้งด้วยเตาอบ (Oven Dry)) คำนวณสัดส่วนการผสมคอนกรีตโดยทั่วไปจะใช้ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมที่สภาพอิมตัวผิวแห้ง ซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 2.4-2.9

2. **Apparent Specific Gravity** คืออัตราส่วนของน้ำหนักของมวลที่มีปริมาตรที่กำหนด (ไม่รวมช่องว่างที่ดูดซับน้ำ) ต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน

สภาพความชื้นและการดูดซึมน้ำของมวลรวมอาจแบ่งได้ 4 สภาวะดังนี้

1. แห้งด้วยเตาอบ (Oven dry) ในสภาพนี้จะไม่มีความชื้นอยู่เลย ทั้งภายในและภายในช่องว่างของมวลรวม ทำได้ด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 C – 110 C

2. แห้งด้วยอากาศ (Air dry) ในสภาพนี้ไม่มีความชื้นที่ผิว แต่มีความชื้นอยู่ภายในช่องว่างข้างในบ้าง แต่ไม่ถึงสภาพอิมตัวยังคงดูดความชื้นได้เล็กน้อย

3. อิมตัวและผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) ในสภาพนี้จะมีน้ำความชื้นอยู่ภายในช่องว่างของมวลรวมเต็มที่ เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งาน เพราะจะไม่มีน้ำหรือความชื้นที่สูญหายจากคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4. ชื้นหรือเปียก (Damp or Wet) ในสภาพนี้ภายในช่องว่างของมวลจะอึดตัวไปด้วยความชื้น และที่ผิวนอกจะมีน้ำหุ้มอยู่ด้วยปริมาณความชื้นทั้งหมดในสภาวะอึดตัวอึดตัวผิวแห้ง (Saturated Surface-dry) เรียกว่าความจะในการดูดซึม (Absorption Capacity) ปริมาณความชื้นที่ต้องการใช้เพื่อปรับสภาพของมวลรวมจากสภาวะแห้ง ด้วยอากาศเป็นสภาวะอึดตัวผิวแห้งเรียกว่า Effective Absorption

3.2.3 สภาวะของวัสดุผสม

หน่วยน้ำหนักของวัสดุผสม หมายถึง น้ำหนักของวัสดุผสม (เป็นกิโลกรัม) ที่เติมลงไปจนเต็ม ภาชนะจุ 1 ลูกบาศก์เมตร น้ำหนักที่กล่าวนี้เป็นน้ำหนักของวัสดุรวมกับช่องว่างระหว่างเม็ดทรายในการหา สัดส่วนการผสมหน่วยน้ำหนักเป็นตัวใช้สำหรับหาปริมาณช่องว่างในวัสดุผสมและสำหรับการเปลี่ยน ปริมาตรเป็นน้ำหนัก หรือเปลี่ยนน้ำหนักเป็นปริมาตรหน่วยน้ำหนักของวัสดุชนิดหนึ่งๆ จะแปรเปลี่ยนไป ตามอัตราการแน่นตัว(ร่วนหรือแน่น) และปริมาณความชื้น

โดยปกติหน่วยน้ำหนักของวัสดุผสมที่ใช้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1440 -1940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.2.4 เครื่องมือทดสอบและวัสดุทดสอบ

เครื่องมือทดสอบสำหรับมวลละเอียด

1. เครื่องชั่งสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 1 กก. และอ่านค่าละเอียดได้ถึง 0.1 กรัม
2. โถแก้วกันความชื้น
3. เครื่องวัดตอณูหภูมิ
4. พิคโนมิเตอร์ (Pycnometer) ซึ่งประกอบด้วยขวดโหลแห้งสำหรับบรรจุขนาด 1 ควอท ที่มีฝาแก้วปิดในแนวราบสนิทแน่นกับปากขวด
5. เตาอบ

เครื่องมือทดสอบสำหรับมวลหยาบ

1. เครื่องชั่งขนาดใหญ่ และอ่านค่าละเอียดได้ถึง 0.1
2. ตะกร้าลวดตาข่ายแบบมาตรฐาน
3. ถังบรรจุน้ำสะอาด
4. เตาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 5. โถแก้วกันความชื้น ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดวัสดุทดลองนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. ทรายหนักประมาณ 1,200-1,500 กรัม ที่อยู่ในสภาวะอิมตัวผิวแห้ง
2. หินหนักประมาณ 5,000 กรัม สำหรับหินไม่โตเกิน 1½ นิ้ว และประมาณ 8,000-10,000 กรัมสำหรับหินที่โตกว่า 2 นิ้ว

3.2.5 วิธีการทดลอง

สำหรับมวลละเอียด

1. แบ่งทรายที่เตรียมไว้เป็นสองส่วนเท่าๆกัน ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า (แทนด้วย B)
2. นำทรายอีกส่วนหนึ่งเข้าเตาอบให้แห้งสนิทประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำใส่ในโถกันความชื้น เพื่อทิ้งให้วัสดุตัวอย่างเย็นลงตามปกติ จึงนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า (เป็น A)
3. เทน้ำที่ทราบอุณหภูมิ ลงในขวดพิคโนมิเตอร์ให้สูงประมาณ $\frac{3}{4}$ ของขวด นำทรายส่วน B เดิมลงไป เข้าหรือคนให้ทั่วเพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด จากนั้นจึงเติมน้ำลงไปให้เต็มพอดีปากขวดพร้อมกับทำให้ไม่มีอากาศเหลืออยู่เลยเช่นเดียวกัน แล้วจึงปิดฝาแก้ว นำไปชั่งและบันทึกค่าแทน W

สำหรับมวลรวมหยาบ

1. เตรียมวัสดุที่นำมาทำการทดสอบด้วยการล้างให้ทั่วถึงเพื่อให้ฝุ่นผงหรือเศษวัสดุอื่นๆที่ติดอยู่กับผิวหลุดออกจนหมด และนำไปทำให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 105-115 C และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1-3 ชั่วโมง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 มวลรวมหยาบที่ออกจากเตาอบ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. จากนั้นให้แช่วัสดุในน้ำสะอาดเป็นเวลาประมาณ 20-28 ชั่วโมง



รูปที่ 3.7 แช่มวลรวมหยาบในน้ำ 20-28 ชั่วโมง

3. นำวัสดุขึ้นจากน้ำเมื่อครบเวลา เทลงผ้าผืนใหญ่ๆที่สามารถดูดซับน้ำได้ กลิ้งวัสดุไปมา เพื่อให้ผ้าซับน้ำจนสังเกตเห็นด้วยตาเปล่าไม่เห็นมีน้ำอยู่ที่ผิววัสดุ แม้ว่าที่จริงแล้วผิวอาจจะยังชื้นอยู่ก็ตามหรือถ้าวัสดุเป็นก้อนใหญ่มากอาจจับมาเช็ดเป็นก้อนๆก็ได้ แต่ต้องระวังไม่ให้เกิดการระเหยหายไปของน้ำขณะที่อยู่ในขั้นตอนนี้
4. วัสดุที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 นี้เรียกว่าอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) ให้นำตัวอย่างวัสดุนี้ชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกไว้ แล้วรีบใส่ลงในตะกร้าลวดและทำการชั่งวัสดุนี้ในน้ำทันทีและบันทึกค่าไว้เช่นกัน อุณหภูมิของน้ำควรอยู่ที่ 21.3-24.7 C
5. หลังจากนั้นนำวัสดุเข้าเตาอบ อบด้วยอุณหภูมิประมาณ 105-115 C ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาใส่ในโถแก้วกันความชื้น เพื่อทิ้งให้วัสดุตัวอย่างเย็นตัวลงตามปกติอีกประมาณ 1-3 ชั่วโมง หรือเย็นพอที่จะสัมผัสได้ จึงชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง

3.2.6 การคำนวณ

สำหรับมวลรวมละเอียด

$$1. \text{ Bulk Specific Gravity} = A / (W_c + B - W) \quad (3.2)$$

$$2. \text{ Bulk Specific Gravity (Saturated Surface dry)} = B / (W_c + B - W) \quad (3.3)$$

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$3. \text{ Apparent Specific Gravity} = A / (W_c + A - C) \quad (3.4)$$

$$4. \text{ Absorption (\%)} = [(B - A) / A] * 100\% \quad (3.5)$$

โดยที่ A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งหลังจากผ่านการอบแห้งสนิท

B = น้ำหนักมวลรวมภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

W_c = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำชนิดเดียวกับที่ใช้ทดสอบเต็มปากขวด

W = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำและมวลรวม

สำหรับมวลรวมหยาบ

$$1. \text{ Bulk Specific Gravity} = A / (B - C) \quad (3.6)$$

$$2. \text{ Bulk Specific Gravity (Saturated Surface dry)} = B / (B - C) \quad (3.7)$$

$$3. \text{ Apparent Specific Gravity} = A / (A - C) \quad (3.8)$$

$$4. \text{ Absorption (\%)} = [(B - A) / A] * 100\% \quad (3.9)$$

โดยที่ A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศหลังจากผ่านการอบแห้งสนิทแล้ว

B = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศภายใต้สภาวะอิ่มตัว

C = น้ำหนักปริมาตรมวลรวมที่ชั่งในน้ำ

3.3.1 การทดลองที่ 3 การทดสอบความต้านทานต่อการขัดสีของมวลรวมโดยใช้เครื่องลอสแองเจลลิส (Abrasion Test of Coarse Aggregate by Use of the Los Angeles Machine)

3.3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ความคงทน(Durable) เป็นคุณสมบัติประการที่หนึ่งของคอนกรีตโดยเฉพาะในงานคอนกรีตที่ต้องการรับแรงกระแทกและเสียดสีมาก ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเกี่ยวข้องกับโดยการขัดสีหรือทนต่อการสึกกร่อนได้ดี

คอนกรีตนอกจากเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโครงสร้างอาคารเช่น เสาคาน กำแพงรับแรงเฉือน (Shear wall) และเสาเข็มแล้วยังนำไปใช้ในงานถนน ลานจอดรถ พื้นโรงงาน พื้นสนามบินอีกด้วย ผิวหน้าของคอนกรีต นอกจากทำหน้าที่รับน้ำหนักจากล้อยานพาหนะเพื่อถ่ายลงสู่พื้นทางแล้วยังต้องมี ความสามารถรับแรงเสียดสีและแรงกระแทกจากล้อยานพาหนะที่กระทำอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นความสามารถ ของหินในการต้านทานการสึกกร่อนจึงเป็นค่าที่สำคัญอีกค่าหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง เพื่อให้คอนกรีตมีความทนทานสูงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการฝ่าฝืนกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การทดสอบความต้านทานการสึกกร่อนของหินโดยเครื่องทดสอบลอสแอนเจลิสทำได้จากการวัดค่าความสึกกร่อนที่เกิดขึ้นกับมวลรวม จากการกระแทกและการเสียดสีกับลูกเหล็กกลม ซึ่งมีขนาดตามที่กำหนด และมีจำนวนขึ้นอยู่กับขนาดคละของตัวอย่างทดสอบในขณะที่ถังหมุนรอบตัวเองจะมีแผ่นเหล็กที่ตั้งฉากกับผนังของถัง จะพาตัวอย่างทดสอบและลูกเหล็กกลมอยู่สูงขึ้นไปจะตกลงมากระทบกับผนังด้านตรงข้ามในถังเหล็กกระบวนการณ์นี้จะทำซ้ำกันไปเรื่อยๆ จนครบจำนวนรอบที่กำหนดจากนั้นจะนำตัวอย่างทดสอบออกจากถังแล้วนำมาแยกขนาดด้วยตะแกรงเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การสึกกร่อน

จากมาตรฐาน ASTM C 33 หินที่ใช้ในงานคอนกรีตที่ต้องรับแรงเสียดทานมาก เช่น งานถนนคอนกรีต เมื่อผ่านการทดสอบโดยเครื่องลอสแอนเจลิสแล้วจะต้องมีส่วนที่สึกกร่อนไปไม่เกิน 35 % ของน้ำหนักเดิมจึงเหมาะสมกับการนำมาผสมเพื่อทำคอนกรีต

ถ้ามวลรวมหยาบมีความต้านทานต่อการสึกกร่อนที่ต่ำแล้ว ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต เพื่อให้มีคุณสมบัติในการรับแรงเสียดสีและแรงกระแทกตามความต้องการนั้น จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณน้ำ และปูนซีเมนต์โดยจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองมากขึ้น นอกจากความต้านทานการสึกกร่อนของหินที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อความต้านทานการสึกกร่อนของคอนกรีต แล้วยังมีปัจจัยสำคัญอื่นๆ ที่ควรพิจารณาดังนี้คือ

1. กำลังอัดของคอนกรีต การเพิ่มความสามารถในการต้านทานการเสียดสีสามารถทำได้โดยการเพิ่มกำลังอัดคอนกรีต จากการศึกษาพบว่าคอนกรีตที่มีกำลังอัด 140 KSC (ทรงลูกบาศก์) จะมีอัตรา เสียดสีประมาณ 5 เท่าของคอนกรีตที่มีกำลังอัด 280 KSC (ทรงลูกบาศก์) ส่วนคอนกรีตที่กำลังอัดระหว่าง 280-420 KSC (ทรงลูกบาศก์) จะมีความต้านทานการเสียดสีที่ดีมาก

2. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ บริเวณผิวคอนกรีตด้านบนที่มีการไย้มจะมีความอ่อนแอที่สุด ดังนั้นการลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ไม่ให้เกิน 0.45-0.50 จะช่วยลดการไย้มและเพิ่มความทนทานต่อการสึกกร่อนบริเวณผิวหน้าของคอนกรีต

3. หินและทราย นอกจากการเลือกใช้หินและทรายที่มีความแข็งแรงแล้ว ยังสามารถเพิ่มความต้านทานการสึกกร่อนได้โดยการใช้หินที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

4. การเทและการแต่งผิวหน้า ควรจี้เขย่าคอนกรีตให้แน่นอย่างสม่ำเสมอในแบบหล่อรวมทั้งต้องแต่งผิวหน้าให้เหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้คอนกรีตที่ได้มีคุณภาพที่ดีและช่วยลดปริมาณฟองอากาศในคอนกรีต จะทำให้คอนกรีตที่ได้มีคุณภาพที่ดีและช่วยลดปริมาณฟองอากาศในคอนกรีต

5. การบ่ม ควรบ่มคอนกรีตด้วยวิธีการเหมาะสมและมีระยะเวลาการบ่มที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันที่ สมบูรณ์ที่สุด

6. ลักษณะผิวคอนกรีต ในกรณีที่มีการเสียดสีอย่างมากจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดสูงมาก หรือใช้วัสดุอื่น เคลือบผิวหรือในบางโครงสร้างอาจจะต้องทำให้ผิวคอนกรีตเรียบมากขึ้น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7. รอยต่อ ควรออกแบบและก่อสร้างรอยต่อให้เหมาะสมเพื่อลดการกระแทก

3.3.3 เครื่องมือทดสอบและวัสดุทดสอบ

1. เครื่องลอสแอนเจลิส (Los Angeles Machine) เป็นเครื่องมือทดสอบความทนทานต่อการขัดสีของมวลรวมทำด้วยเหล็กรูปทรงกระบอก ปลายปิดทั้งสองข้าง มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน $28" \pm 0.2"$ และความยาว ภายใน $20" \pm 0.2"$ สามารถหมุนรอบแกนในแนวนอนด้วยความเร็ว 30 – 33 รอบต่อนาทีมีช่องเปิดสำหรับใส่ตัวอย่างทดลอง ภายในมีแผ่นเหล็กขนาด $3.5" \pm 0.1"$ ยื่นออกมาในแนวรัศมีตลอดความยาวของกระบอก

2. ลูกเหล็ก (Abrasive Charge) ประกอบด้วยลูกเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ $1 \frac{27}{34}"$ และ แต่ละลูกมีน้ำหนักระหว่าง 390 – 445 กรัม การเลือกจำนวนและขนาดของลูกเหล็กให้เลือกใช้ตามเกรดของ มวลรวมดังนี้

3. เครื่องชั่ง (Balance) วัดละเอียดถึง 0.1 %

4. ตะแกรงมาตรฐาน (Sieve) ขนาด $1 \frac{1}{2}"$, $1"$, $\frac{3}{4}"$, $\frac{1}{2}"$, $\frac{3}{8}"$, $\frac{1}{4}"$, เบอร์ 4, เบอร์ 8 ตามมาตรฐาน ASTM Designation E11

5. มวลรวมหยาบที่เตรียมมาทดสอบ

ตารางที่ 3.4 แสดงจำนวนน้ำหนักลูกเหล็กตามการจัดขนาดคละของตัวอย่าง

| แบบการจัดขนาดคละ (Grading) | จำนวนลูกเหล็ก | น้ำหนักรวมของลูกเหล็ก (กรัม) |
|-------------------------------|---------------|---------------------------------|
| A | 12 | 4975-5025 |
| B | 11 | 4559-4609 |
| C | 8 | 3310-3350 |
| D | 6 | 2485-2515 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.4 วิธีการทดลอง

1. นำมวลรวมหยาบที่ทดสอบล้างน้ำแล้วนำไปอบจนแห้ง พร้อมกับคัดขนาดคละของมวลรวมหยาบให้ใกล้เคียงกับขนาดคละที่กำหนดไว้ในตารางการเตรียมตัวอย่างทดสอบ บันทึกน้ำหนักมวลรวมเรียบร้อยแล้ว ใส่ลงในเครื่องพร้อมลูกเหล็กตามจำนวนของแบบการจัด



รูปที่ 3.8 นำมวลรวมหยาบที่ทดสอบล้างน้ำ

2. เปิดเครื่องลอสแอนเจนิสให้หมุนด้วยความเร็ว 30 ถึง 33 รอบ/นาที ไปจนครบ 500 รอบ จากนั้นนำมวลรวมออกมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 12



รูปที่ 3.9 นำมวลรวมออกมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิใช้ข้อมูลไปเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. นำมวลรวมที่ค้ำบนตะแกรงดังกล่าวไปล้าง แล้วอบในเตาอบให้แห้งสนิท ที่อุณหภูมิ 105-110 C
4. ชั่งน้ำหนักมวลรวมแห้ง วัดละเอียดถึง 1 กรัม
5. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสึกกร่อน

3.3.5 การคำนวณ

$$\text{Percentage of wear} = [(A-B) \times 100] / A \quad (3.10)$$

โดยที่ A = น้ำหนักของมวลรวมหยาบที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด มีหน่วยเป็นกรัม

B = น้ำหนักของมวลรวมหยาบที่ค้ำบนตะแกรงเบอร์ 12 หลังจากการล้างและอบแล้ว

มีหน่วยเป็นกรัม

3.4.1 การทดลองที่ 4 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก และ ช่องว่างระหว่างมวลรวม (Unit Weight and Voids in Aggregate)

3.4.2 บทนำ

การทดสอบนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาค่าหน่วยน้ำหนักและช่องว่างในมวลรวม ค่าหน่วยน้ำหนัก (Bulk Unit Weight) ใช้สำหรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักเป็นค่าปริมาตรหรือค่าปริมาตรเป็นค่าน้ำหนัก เมื่อใช้วิธีการ ออกแบบ ส่วนผสมโดยปริมาตร และมีความสัมพันธ์ในการหาปริมาณช่องว่างระหว่างมวลรวม (Voids)

3.4.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) หน่วยน้ำหนักเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงว่าในหนึ่งหน่วยปริมาตรของมวลรวมจะมีน้ำหนักเท่าใดโดยหน่วย น้ำหนักแบ่งออกเป็น

- 1.1 หน่วยน้ำหนักสมบูรณ์(Absolute Unit Weight) เป็นค่าน้ำหนักของมวลรวมทั้งหมดในหนึ่งหน่วยปริมาตร โดยไม่รวมช่องว่างระหว่างมวลรวม (Voids) สามารถหาได้โดยการ คำนวณจากสูตรดังนี้

Absolute Unit Weight-Specific Gravity (SSD) x Unit Weight ของน้ำ

- 1.2 หน่วยน้ำหนัก (Bulk Unit Weight) เป็นค่าน้ำหนักของมวลรวมทั้งหมดในหนึ่งหน่วยปริมาตร

โดยรวม ช่องว่างระหว่างมวลรวม (Voids) สามารถหาได้จากการทดสอบตาม ASTM C 29 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทำโดยการใส่มวลรวมในถังเหล็กทรงกระบอก ชั่งน้ำหนักคำนวณหาปริมาตรถัง แล้วคำนวณหาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ค่าหน่วยน้ำหนัก(Bulk Unit Weight)จาก อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักมวล รวมกับปริมาตรของ
ถึง

ค่าหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) ที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมโดยปริมาตรนั้นเป็นค่าหน่วย น้ำหนักแบบ Bulk Unit Weight ทั้งนี้เพราะในทางปฏิบัตินั้นไม่สามารถทำให้มวลรวมอัดแน่นในเนื้อคอนกรีตจนไม่มี ช่องว่างระหว่างมวลรวมได้ (Voids)

ตัวอย่างที่ 1 การใช้ค่าหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) ในการออกแบบส่วนผสมโดยปริมาตร งานก่อสร้างขนาดเล็ก ส่วนใหญ่ จะกำหนดสัดส่วนผสมโดยปริมาตร 1: 2 : 4 คือ ใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน หิน 4 ส่วน โดยปริมาตร

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณที่ได้จากการทดสอบ

หน่วยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ = 1,235 กก./ลบ.ม

หน่วยน้ำหนักของหินขนาด (3/4" - #4) = 1,574 กก./ลบ.ม.

หน่วยน้ำหนักของทราย = 1,666 กก./ลบ.ม.



รูปที่ 3.10 ภาพการทดสอบหน่วยน้ำหนัก และ ช่องว่างของมวลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.4 การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{ปูน 1 ถุง 50 กก. มีปริมาตร} &= 50/1,235 \\ &= 0.04 \text{ลบ.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้น ททราย 2 ส่วน} &= 2 \times 0.04 \\ &= 0.08 \text{ลบ.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นน้ำหนักทราย} &= 0.08 \times 1,666 \\ &= 133.3 \text{กก.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หิน 4 ส่วน} &= 4 \times 0.04 \\ &= 0.16 \text{ลบ.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นน้ำหนักหิน} &= 0.16 \times 1,574 \\ &= 251.8 \text{กก.} \end{aligned}$$

ปริมาณน้ำที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับปูน 1 ถุงเพื่อให้ได้ค่ายุบตัว ประมาณ 10 ซม. เท่ากับ 30 ลิตร (จากการทดลอง)

ดังนั้นในการผสมคอนกรีตด้วยไม้เล็ก เพื่อให้ได้ส่วนผสม 1 : 2 : 4 โดยปริมาตรจะต้องใช้

| | | | |
|-----------|---------|-----|---------|
| ปูน 1 ถุง | 50 กก. | หิน | 251 กก. |
| ทราย | 133 กก. | น้ำ | 30 ลิตร |

ค่าหน่วยน้ำหนัก(Bulk Unit Weight) ขึ้นอยู่กับ ความสามารถในการอัดแน่น (Compact ability) ของมวลรวมที่ถูกอัดลงในถังและปริมาณความชื้น

• ความสามารถในการอัดแน่น ดังกล่าวขึ้นอยู่กับ

1. ขนาดคละของมวลรวม (Gradation)
2. รูปร่างของมวลรวม (Shape)

ทั้งนี้เพราะมวลรวมที่มีขนาดคละดี มวลรวมขนาดเล็ก จะแทรกอยู่ระหว่างมวลรวมขนาดใหญ่ ทำให้

ช่องว่างระหว่างมวลรวมมีขนาดเล็ก ส่วนรูปร่างของมวลรวมนั้น จะมีผลอย่างมากต่อความสามารถที่มวลรวม
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
จะถูกอัดให้อยู่รวมกัน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

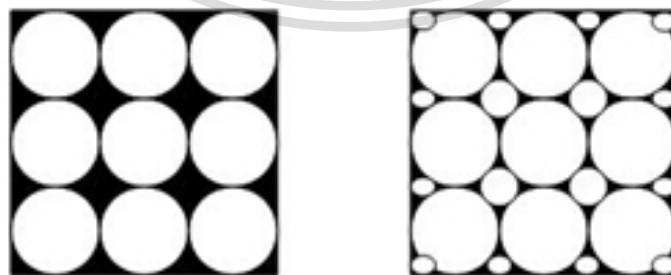
ปริมาณความชื้น เช่น ในกรณีทรายละเอียดที่มีความชื้นค่าหน่วยน้ำหนักอาจลดลงถึง 25% อันเนื่องจากแรงตึงผิว ของน้ำที่ผิวของทรายจะผลักรันให้อนุภาคของทรายห่างออกจากกันทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาตรทรายที่เท่ากัน น้ำหนักของทรายที่มีความชื้นจะน้อยกว่าน้ำหนักทรายปกติ ซึ่งจะมีผลให้การหาหน่วยน้ำหนักและการหาส่วนผสมคอนกรีตด้วยการตวงปริมาตรมีโอกาสผิดพลาด ดังนั้นการหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวมควรทำในสภาพอบแห้ง (Oven-Dry)



รูปที่ 3.11 รูปปริมาตรที่เพิ่มขึ้น เมื่อทรายมีความชื้น

3.4.5 ช่องว่างระหว่างมวลรวม (Voids)

เป็นค่าที่แสดงถึงว่ามีอากาศปนแทรกอยู่ระหว่างมวลรวมเท่าใด โดยทั้งนี้ไม่รวมช่องว่างภายในของมวลรวม (Pores in Aggregate) และยังบอกถึงอัตราการจัดแน่นของวัสดุผสมว่าแน่นเพียงใด นั่นคือ มวลรวมชนิดเดียวกัน (มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากัน) ถ้ามวลรวมมีค่าหน่วยน้ำหนักมากกว่า แสดงว่า มวลรวมนั้น มีช่องว่างระหว่างมวลรวมที่น้อยกว่า และการลดช่องว่างระหว่างมวลรวมทำได้โดยการเลือกใช้ มวลรวมที่มีขนาดคละไล่เรียงกัน ซึ่งจะทำให้ช่วยลดปริมาณซีเมนต์เพสต์



รูปที่ 3.12 รูปการเรียงตัวของขนาดคละไล่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิยอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดจกัการทดลองผสมมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดด้วยอัตราส่วนต่างๆ และการทำกักรหาหน่วยน้ำหนักพบว่า หน่วยน้ำหนักจะมีค่าสูงสุดเมื่อใช้ปริมาณส่วนละเอียด 34%-40% โดยน้ำหนัก ณ จุดดังกล่าว

มวลรวมจะมีความแน่นสูงสุด (ช่องว่างระหว่างมวลร่วนน้อยสุด) ดังนั้น เราจึงควรใช้สัดส่วนของส่วนละเอียดในช่วงดังกล่าวเพราะจะใช้ซีเมนต์เพสต์ที่น้อยที่สุด แต่ในทางปฏิบัติต้องคำนึงถึงความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตด้วย

การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักและช่องว่างระหว่างมวลรวม

มาตรฐานที่ใช้ ASTM C 29 Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate

3.5.1 การทดลองที่ 5 การทดสอบออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Concrete Mix Design)

3.5.2 บทนำ

ในงานคอนกรีตใดๆถ้าสามารถผสมคอนกรีตให้มีความชื้นเหลวสม่ำเสมอกับทุกครั้งคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วจะมีเนื้อแน่นและมีกำลังแข็งแรงสม่ำเสมอที่ทั่วตลอด การที่ผสมคอนกรีตให้ได้ดีเหมือนกันทุกครั้งนอกจากจะวัดสัดส่วนของปูนซีเมนต์ ทราย หิน ให้ถูกต้องตามสภาพการทำงาน และให้น้ำปูนกระจายหุ้มหินทราย และเหล็กเสริมในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยไม่มีรูโพรง ไม่มีการแยกตัวของวัสดุผสมและไม่มีน้ำเอี่ยมมากบนผิวแล้ว คอนกรีตที่เพิ่งผสมใหม่ๆ ซึ่งยังเหลวพอเทได้หรือที่เรียกว่าคอนกรีตสด (Fresh Concrete) ต้องมีความสามารถในการเทเข้าแบบได้ดีด้วย (Workability) สิ่งเหล่านี้เป็นคุณสมบัติของคอนกรีตสด

ความสามารถเทได้ (Workability) ความสามารถเทได้เป็นคุณสมบัติที่ต้องการอย่างหนึ่งของคอนกรีตสด หมายถึง การที่คอนกรีตสดสามารถไหลเข้าแบบหล่อได้ดี ทำให้แน่นตัวได้ง่ายและคอนกรีตที่หล่อได้ปราศจากรูโพรงต่างๆ กล่าวคือ ช่องว่างทั้งสิ้นระหว่างวัสดุผสมต้องมีซีเมนต์เพสต์บรรจุเต็ม เหล็กเสริมก็ต้องมีคอนกรีตหุ้มอยู่ได้อย่างดี และต้องไม่มีการแยกขนาดของส่วนผสมคอนกรีต ความสามารถเทได้ของคอนกรีตขึ้นอยู่กับ

1. ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ซึ่งอยู่ในเทอมของอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ กล่าวคือถ้าใช้น้ำมากเกินไป คอนกรีตจะเหลวและและเหลวในแบบหล่อได้ง่าย แต่กำลังความแข็งแรงของคอนกรีตจะลดลง ควรใช้ปริมาณน้ำให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้เกิดความสามารถเทได้ในขั้นนี้
2. รูปร่างและส่วนขนาดคละของวัสดุผสม ถ้าใช้วัสดุผสมที่มีลักษณะเป็นก้อนกลมจะทำให้ได้ "ความสามารถเทได้" ดีกว่าวัสดุผสมที่มีรูปเป็นเหลี่ยมเป็นมุม วัสดุผสมที่มีความลดหล่นของขนาดอยู่ในพิกัด ทำให้ได้คอนกรีตมีเนื้อแน่นสม่ำเสมอต้องการปริมาณน้ำผสมน้อย มีคุณภาพดีและทำงานง่าย
3. ปริมาณซีเมนต์และชนิดของซีเมนต์ ปริมาณซีเมนต์มีผลมาจากอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ ถ้าใช้ซีเมนต์ที่ละเอียดจะมีผลทำให้ได้คอนกรีตที่เทเข้าแบบได้ง่ายกว่าปริมาณสารกระจายก็ฟองอากาศ ถ้าใช้ในปริมาณที่พอเหมาะคอนกรีตจะมีความสามารถเทได้ง่าย แต่ถ้าใช้มากเกินไปจะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงอีก ทั้งความคงทนก็มีได้เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งหากมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ จะช่วยให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ดีขึ้น และนอกจากนั้นจะช่วยแก่การเย็บที่ผิวหน้าของคอนกรีต

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. เวลาและอุณหภูมิ ถ้าทั้งคอนกรีตที่เพิ่งผสมเสร็จใหม่ๆ ใช้นานเกินกว่า 15 นาที คอนกรีตจะมีความสามารถเทได้ต่ำลง หรืออาจแข็งตัวไปเลย หากใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์น้อยเกินไปการเทคอนกรีตในวันที่ยากหรือร้อนหรืออุณหภูมิสูง ควรเพิ่มปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมคอนกรีตให้มากขึ้นเล็กน้อย เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำและรักษา "ความสามารถเทได้" ของคอนกรีตให้คงที่

3.5.3 ทฤษฎี

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความชื้นเหลวเหมาะสำหรับการทำงาน เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วมีกำลังและความคงทนตามที่ต้องการในราคาที่เหมาะสม มีวิธีการทำ 2 ขั้นตอน คือ

- การเลือกวัสดุประกอบที่เหมาะสม
- การคำนวณหาสัดส่วนของวัสดุผสม

ตารางที่ 3.5 สัดส่วนการผสมคอนกรีตสำหรับงานประเภทต่าง ๆ

| ขนาดความหนา ของโครงสร้าง (ซม.) | ขนาดโสรของวัสดุผสม | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|---------|------------------------------|-----|-------------------------------|-------|-------------------------------|--------|
| | คาน ผึงและเสา คสล. | | ผนังคอนกรีต ไม่เสริมเหล็ก | | พื้นถนน คสล. รับน้ำหนักมาก | | พื้นคอนกรีต รับน้ำหนักน้อย | |
| | นิ้ว | มม. | นิ้ว | มม. | นิ้ว | มม. | นิ้ว | มม. |
| 5.0-15. | ½-¾ | 12.5-20 | ¾ | 20 | ¾-1 | 20-25 | ¾-1 ½ | 20-40 |
| 15.0-30.0 | ¾-1 ½ | 20-40 | 1 ½ | 40 | 1 ½ | 40 | 1 ½-3 | 40-75 |
| 30.0-75.0 | 1 ½-3 | 40-75 | 3 | 75 | 1 ½-3 | 40-75 | 3 | 75 |
| มากกว่า 75.0 | 1 ½-3 | 40-75 | 6 | 150 | 1 ½-3 | 40-75 | 3-6 | 75-150 |

การคำนวณหาวัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีต สำหรับในงานเล็ก ๆ ที่ไม่ต้องการกำลังคอนกรีตสูงมากหรือใช้ปริมาณคอนกรีตไม่มากนัก อาจกำหนดได้เลยโดยอาศัยข้อมูลหรือสถิติที่เคยปฏิบัติมาแล้วเป็นเกณฑ์ ดังในตารางที่ 3.9 สำหรับงานที่ต้องการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตที่ได้ ก็จะมีวิธีการอยู่ 2 อย่าง คือ วิธีทดลองผสมและวิธีของ ACI

วิธีของ ACI ถูกเสนอโดยสถาบันคอนกรีตของอเมริกา เป็นวิธีที่ให้ผลค่อนข้างแน่นอนไม่เปลี่ยนแปลงและถูกต้อง ซึ่งจะต้องทราบถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่ใช้ทำคอนกรีตเสียก่อน เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะ หน่วยน้ำหนัก โมดูลัสความละเอียด และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ สามารถดำเนินการเป็นขั้น ๆ ดังนี้

เอกสารเลือกค่าความยวบตัวที่เหมาะสมกับประเภทของงาน เพื่อให้ได้ความชื้นเหลวพอที่จะทำงานได้สะดวก (ตารางที่ 3.10) ไม่ว่าจะแก้ไขใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.6 ค่าความยวบตัวของคอนกรีตที่ใช้สำหรับการก่อสร้างประเภทต่าง ๆ

| ประเภทของงาน | ค่าความยวบตัว (ซม.) | | |
|---|---------------------|-----------|--------------------|
| | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าที่ใช้โดยทั่วไป |
| งานฐานราก กำแพง คอนกรีตเสริมเหล็ก | 8.0 | 2.0 | 7.5 ± 2.5 |
| งานฐานรากคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก งานก่อสร้างใต้น้ำ | 8.0 | 2.0 | 7.5 ± 2.5 |
| งานพื้น คาน และผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก | 10.0 | 2.0 | 10.0 ± 2.5 |
| งานเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก | 10.0 | 2.0 | 10.0 ± 2.5 |
| งานพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก | 8.0 | 2.0 | 7.5 ± 2.5 |
| งานคอนกรีตขนาดใหญ่ | 5.0 | 2.0 | 5.0 ± 2.5 |

เลือกขนาดโตสุดของวัสดุผสม ไม่ควรเกินกว่า $1/5$ ของส่วนแคบที่สุดของแบบ หรือ $1/3$ ของความหนาของแผ่นพื้น หรือ $3/4$ ของขนาดความห่างของเหล็กเสริมที่น้อยที่สุด(ตารางที่ 3.11)

ประมาณปริมาณน้ำที่ผสมและปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดโตสุด รูปร่าง และส่วนขนาดคละของวัสดุผสม (ตารางที่ 3.12)

ตารางที่ 3.7 ขนาดโตสุดขอวัสดุผสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ

| ขนาดความหนาของโครงสร้าง (ซม.) | ขนาดโตสุดของวัสดุผสม | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|---------|--------------------------|-----|----------------------------|-------|--------------------------------|--------|
| | คาน ผนังและเสา คสล. | | ผนังคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก | | พื้นถนน คสล. รับน้ำหนักมาก | | พื้นคอนกรีตรับน้ำหนักน้อย | |
| | นิ้ว | มม. | นิ้ว | มม. | นิ้ว | มม. | นิ้ว | มม. |
| 5.0-15. | $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ | 12.5-20 | $\frac{3}{4}$ | 20 | $\frac{3}{4}$ -1 | 20-25 | $\frac{3}{4}$ -1 $\frac{1}{2}$ | 20-40 |
| 15.0-30.0 | $\frac{3}{4}$ -1 $\frac{1}{2}$ | 20-40 | 1 $\frac{1}{2}$ | 40 | 1 $\frac{1}{2}$ | 40 | 1 $\frac{1}{2}$ -3 | 40-75 |
| 30.0-75.0 | 1 $\frac{1}{2}$ -3 | 40-75 | 3 | 75 | 1 $\frac{1}{2}$ -3 | 40-75 | 3 | 75 |
| มากกว่า 75.0 | 1 $\frac{1}{2}$ -3 | 40-75 | 6 | 150 | 1 $\frac{1}{2}$ -3 | 40-75 | 3-6 | 75-150 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.8 ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับค่าความยวบตัวและวัสดุผสมขนาดต่าง ๆ

| ค่าความยวบตัว (จม.ป) | ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 ม. ³ สำหรับวัสดุผสมขนาดต่าง ๆ | | | | | | | |
|--|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | ¾" | ¾" | ¾" | 1" | 1 ½" | 2" | 3" | 6" |
| | (10 มม.) | (12 มม.) | (20 มม.) | (25 มม.) | (40 มม.) | (50 มม.) | (75 มม.) | (150 มม.) |
| 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 | - |
| ปริมาณ ฟองอากาศ (%) 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 | - |
| ปริมาณ ฟองอากาศ (%) โดยปริมาตร | 8 | 7 | 6 | 5 | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 |

เลือกอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ ขึ้นอยู่กับลักษณะที่คอนกรีตนั้นถูกนำออกไปใช้งานและกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ต้องการ (ตารางที่ 3.13 และ 3.14)

ตารางที่ 3.9 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุดโดยน้ำหนักที่ยอมให้ใช้ได้สำหรับคอนกรีตในสภาวะเปิดเผย รุนแรง

| ชนิดของโครงสร้าง | โครงสร้างที่เปื่อยกตลอดเวลาหรือมีการ เสียดสีและการละลายของน้ำ สลับกันบ่อย ๆ (เฉพาะคอนกรีต กระจายกักฟองอากาศเท่านั้น) | โครงสร้างในน้ำเค็มหรือถูก กับซัลเฟต |
|--|---|--|
| โครงสร้างบาง ๆ ที่มีเหล็ก หุ้มบางกว่า 3 ซม. | 0.45 | 0.40 |
| โครงสร้างอื่น ๆ ทั้งหมด | 0.50 | 0.45 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์กับกำลังอัดประลัยของคอนกรีต

| กำลังอัดประลัยของคอนกรีต ที่ 28 วัน (กก./ซม.2) | อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนัก | |
|--|----------------------------------|------------------------------|
| | คอนกรีตไม่กระจายกัก ฟองอากาศ | คอนกรีตกระจายกัก ฟองอากาศ |
| 450 | 0.38 | - |
| 400 | 0.43 | - |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 30 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |

คำนวณปริมาณซีเมนต์ที่ต้องใช้ เมื่อทราบปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต และอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักแล้ว ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องใช้ในคอนกรีตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรยอมหาได้ซึ่งเท่ากับ ปริมาณน้ำจากชั้นที่ 3 หาดด้วยอัตราส่วนจากชั้นที่ 4

คำนวณปริมาณวัสดุผสมหยาบ ปริมาณของวัสดุผสมหยาบคิดเป็นน้ำหนักมีค่าเท่ากับปริมาตรของวัสดุผสมหยาบคูณด้วยหน่วยน้ำหนักของวัสดุผสมหยาบนั้น โดยพิจารณาได้จากตารางที่ 3.15\

ตารางที่ 3.11 ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบต่อหนึ่งปริมาตรของคอนกรีต

| ขนาดโตสุดของหิน นิว (มม.) | ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่นต่อหน่วยปริมาตร ของคอนกรีต สำหรับค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายต่าง ๆ กัน | | | |
|------------------------------|--|------|------|------|
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| $\frac{3}{8}$ (10) | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| $\frac{1}{2}$ (12.5) | 0.59 | 0.57 | 0.5 | 0.53 |
| $\frac{3}{4}$ (20) | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1 (25) | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| $1\frac{1}{2}$ (40) | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2 (50) | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3 (75) | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 4 (150) | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประมาณปริมาณวัสดุผสมละเอียด เมื่อได้ค่าต่าง ๆ ของส่วนผสมจนถึงลำดับที่ 6 แล้ว ปริมาณของวัสดุผสมละเอียดจะหาได้ดังนี้

ปริมาตรเนื้อแท้ของวัสดุผสมละเอียด = ปริมาตรของคอนกรีต - ปริมาตรเนื้อแท้ของส่วนผสมต่าง ๆ (ยกเว้นทราย)

โดยปริมาตรเนื้อแท้ของวัสดุคำนวณได้จากความถ่วงจำเพาะ และน้ำหนักของวัสดุ คือ ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้นของวัสดุผสม ตามปกติ วัสดุผสมที่ใช้งานจริงจะมีความชื้นสูงกว่าในสภาวะอิมพัลส์และผิวแห้ง ดังนั้นจึงต้องแก้ส่วนผสมให้เข้ากับสภาพจริง โดยเพิ่มน้ำหนักของวัสดุผสมขึ้นเท่ากับน้ำหนักน้ำที่ติดมา และลดน้ำในส่วนผสมออกในจำนวนเท่ากัน ในกรณีที่วัสดุผสมแห้งกว่าสภาวะอิมพัลส์ ผิวแห้ง จะต้องแก้ส่วนผสมเช่นเดียวกันในทางตรงกันข้าม แล้วการปรับส่วนผสมด้วยการทดลองผสม

3.5.4 วัสดุทดสอบ

คอนกรีตที่มีมวลรวมใหญ่สุดไม่เกิน 38 มม. (1 ½")

หมายเหตุ

ให้ผสมคอนกรีตในปริมาณที่เพียงพอสำหรับการหล่อแท่งตัวอย่างสำหรับการทดสอบในตอนที่ 2, 3 และ 4 ดังนี้

1. ตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. จำนวน 3 ตัวอย่าง
2. ตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 20 ซม. จำนวน 3 ตัวอย่าง
3. ตัวอย่างรูปคานหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 10 x 10 ซม. ยาว 50 ซม. จำนวน 3 ตัวอย่าง
4. ตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 ซม. สูง 15 ซม. จำนวน 3 ตัวอย่าง

3.6.5 เครื่องมือทดสอบ

1. กรวยเหล็กสำหรับวัดการยุบตัว ซึ่งเป็นรูปกรวยตัดทำด้วยแผ่นโลหะ ตอนล่างมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 200 มม. (8") ตอนบนมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 100 มม. (4") และสูง 300 มม. (12") มีหูสำหรับยกทั้งสองข้าง
2. โต๊ะการไหลแผ่นมาตรฐาน (Standard Flow Table) เป็นฐานแผ่นเรียบทำด้วยโลหะ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 762 มม. (30") มีเครื่องหมุน ซึ่งสามารถยกโต๊ะการไหลมาตรฐานให้ขึ้นและปล่อยให้ตกลงได้เป็นระยะ 12.7 มม. (½")
3. แบบรูปกรวยตัด (Frustum cone) ตอนบนมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 171 มม. (6 ¾") ตอนล่างมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 254 มม. (10") และสูง 127 มม. (5")
4. เหล็กกระทุ้ง เป็นแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. (5/8") ยาวประมาณ 600 มม. (24")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด เครื่องวัดระยะการยุบตัว หักดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6. เกรียงเหล็กและแปรงเหล็ก
7. แผ่นเหล็ก
8. ไม้บรรทัด

3.5.6 วิธีทดสอบ

การทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test of Concrete)

1. นำกรวยเหล็กสำหรับวัดการยุบตัว (Slump Cone) มาทำให้เปียกชื้นเสียก่อน แล้วนำไปวางบนแผ่นเหล็ก โดยเอาปลายตัดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าให้อยู่ด้านล่างยึดกรวยเหล็กให้แน่นโดยเอาเท้าทั้งสองข้างเหยียบที่เหยียบไว้



รูปที่ 3.13 ชั่งส่วนผสมคอนกรีตตามที่ออกแบบ



รูปที่ 3.14 ทำการผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.15 นำกรวยเหล็กสำหรับวัดการยุบตัว ไปวางบนแผ่นเหล็ก

2. นำคอนกรีตที่ต้องการทดสอบหาค่าการยุบตัวเทลงไปในกรวยเหล็กให้ได้ปริมาตรประมาณ $1/3$ ของปริมาตรของกรวยเหล็ก (ชั้นแรกจะสูงประมาณ 67 มม. แล้วกระทุ้งให้เหล็กถึงแผ่นเหล็ก จำนวน 25 ครั้ง



รูปที่ 3.16 กระทุ้งให้เหล็กถึงแผ่นเหล็ก จำนวน 25 ครั้ง

เอกสารนี้ 3. เติมน้ำคอนกรีตลงไปในกรวยเหล็กอีกประมาณ $1/3$ ของปริมาตร (เติมให้สูงถึงระดับประมาณ 255 มม.) การค้ำไม่ว่ากรณีใด แล้วกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง โดยให้ปลายเหล็กกระทุ้งถึงผิวบนของคอนกรีตชั้นแรกเท่านั้น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4. เติมคอนกรีตลงไปในกรวยเหล็กอีกจนล้น แล้วกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง โดยให้ปลายเหล็กกระทุ้งถึงผิวบนของคอนกรีตชั้นที่สองเท่านั้น หากระดับของคอนกรีตต่ำกว่ากรวยเหล็กในระหว่างกระทุ้ง ให้เติมคอนกรีตให้เต็มอยู่เสมอ
5. ปาดคอนกรีตที่ผิวบนของกรวยเหล็กโดยใช้ส่วนยาวของเหล็กกระทุ้งค่อย ๆ หมุนเลื่อนไปจนผิวเรียบ
6. ยกกรวยเหล็กขึ้นในแนวตั้งอย่างระมัดระวังและสม่ำเสมอโดยใช้เวลาในการยกประมาณ 5-10 วินาที คอนกรีตจะยุบตัวลง
7. วัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต โดยวัดค่าความแตกต่างระหว่างความสูงของกรวยเหล็กและความสูงของคอนกรีตที่ยุบตัวลงไป (วัดที่แนวแกนตั้ง)



รูปที่ 3.17 วัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต

หมายเหตุ : ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมดตั้งแต่เริ่มใส่คอนกรีตจนกระทั่งยกกรวยเหล็กออกควรอยู่ในระยะเวลา 2 ½ นาที

3.5.7 การทดสอบหาค่าการไหลแผ่ของคอนกรีต (Flow Test of Concrete)

ก่อนจะทำการทดลอง ให้รดน้ำลงบนจานของโต๊ะการไหลแผ่มาตรฐาน พร้อมทั้งทำความสะอาดเอาสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ออกให้หมด เอาฟองน้ำซับน้ำที่เหลือน้ำบนจานให้หมด

วางแบบรูปกรวยตัดให้ตั้งบนกลางจานของโต๊ะ การไหลแผ่มาตรฐาน โดยให้ปลายตัดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าตั้งอยู่ด้านบน บรรจุคอนกรีตที่เพิ่งผสมเสร็จใหม่ ๆ ลงในกรวยประมาณ ½ ของปริมาตรทั้งหมด แล้วกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง หลังจากนั้นก็เติมคอนกรีตให้เต็มและกระทุ้งแบบเดียวกันอีก 25 ครั้ง

ปาดหน้าคอนกรีตให้เรียบด้วยเกรียง คอนกรีตที่เกินออกมาจากแบบรูปกรวยตัดให้นำออกจากจานให้หมด ทำไม่ว่า

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากนั้นค่อย ๆ ยกกรวยออก คอนกรีตจะยุบตัวลงเล็กน้อย แล้วหมุนที่หมุนให้โต๊ะการไหลแผ่มาตรฐาน ให้ขึ้นและปล่อยให้ตกลงเป็นระยะ 12.7 มม. โดยจะต้องยกขึ้น-ลง เป็นจำนวน 15 ครั้ง ภายใน 15 วินาที ด้วยอัตราที่สม่ำเสมอทำให้คอนกรีตสแตมป์กระจายออกไปรอบด้าน วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอนกรีตที่แผ่กระจายออกโดยเฉลี่ยจำนวน 6 ครั้ง

การหล่อและบ่มคอนกรีต



รูปที่ 3.18 เทคอนกรีตใส่แบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแต่งเนื้อหาใดๆของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 รอให้คอนกรีตแข็งตัว

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.20 แกะคอนกรีตออกจากแบบหล่อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.18 ทำการบ่มคอนกรีตเป็นเวลา 28 วัน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการศึกษา และ วิเคราะห์

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมหยาบ (Coarse aggregate properties test results)

4.1.1 ผลการทดลองที่ 1 การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ (Test for Tensile Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates)

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

| ตะแกรงเบอร์ | น้ำหนักค้าง (กรัม) | เปอร์เซ็นต์ค้าง (%) | เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม (%) | เปอร์เซ็นต์ผ่าน(%) |
|-------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|--------------------|
| 2" | 0 | 0 | 0 | 100.00 |
| 1 ½" | 0 | 0 | 0 | 100.00 |
| 1" | 77 | 2.2 | 2.2 | 97.80 |
| ¾" | 741 | 21.17 | 23.37 | 76.63 |
| ½" | 423 | 12.08 | 35.48 | 64.52 |
| ⅜" | 1482 | 42.34 | 77.79 | 22.21 |
| #4 | 729 | 20.83 | 98.62 | 1.38 |
| Pan | 48 | 1.37 | 100.00 | 0 |
| Total | 3500 | 100 | | |

$$F.M. = \frac{0+23.37+77.79+98.62+500}{100} = 7.00$$

Nominal Maximum Size = 1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.2 ผลการทดลองที่ 2 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะการดูดซึมของมวลรวม (Specific Gravity and Absorption of Aggregate)

ตารางที่ 4.2 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะการดูดซึมของมวลรวม

| | น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม) |
|--|------------------------|
| น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศหลังผ่านการอบแห้งสนิทแล้ว | 4916 |
| น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศภายใต้สภาวะอิ่มตัว | 5000 |
| น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในน้ำ | 3288 |

$$1. \text{Bulk Specific Gravity} = \frac{4916}{5000 - 3285} = 2.87$$

$$2. \text{Absorption} = \frac{5000 - 1916}{4916} = 1.71\%$$

4.1.3 ผลการทดลองที่ 3 การทดสอบความต้านทานต่อการขัดสีของมวลรวมโดยใช้เครื่องลอสแองเจลลิส (Abrasion Test of Coarse Aggregate by Use of the Los Angeles Machine)

ตารางที่ 4.3 การทดสอบความต้านทานต่อการขัดสีของมวลรวมโดยใช้ ลอสแองเจลลิส

| | น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม) |
|--|------------------------|
| น้ำหนักมวลรวมหยาบที่ใช้ในการทดสอบ | 5000 |
| น้ำหนักของมวลรวมหยาบที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 12 หลังจากล้างและอบแล้ว | 2681 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการตีพิมพ์นี้หรือ สิ่งพิมพ์อื่นใดก็ตามจะมี (5000 - 2681) x 100
 Percentage of wear = $\frac{5000 - 2681}{5000} = 46.38$ ต้องถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.4 ผลการทดลองที่ 4 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก และช่องว่างระหว่างมวลรวม (Unit Weight and Voids in Aggregate)

ตารางที่ 4.4 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก และช่องว่างของมวลรวม

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| | น้ำหนักตัวอย่าง |
| น้ำหนักมวลรวมหยาบ + น้ำหนักของถัง | 7.483 (กก.) |
| น้ำหนักของถัง | 2.950 (กก.) |
| น้ำหนักของน้ำในถัง | 3.029 (กก.) |
| ปริมาณของถัง | 0.00299 (ลบ.ม.) |

$$1. \text{ Bulk Specific Gravity} = \frac{7.483 - 2.950}{0.00299} = 2.87$$

$$2. \text{ Absorption} = \frac{(1.49 \times 3029) - 1516.05}{(1.49 \times 3029)} \times 100 = 66.41\%$$

4.1.5 ผลการทดลองที่ 5 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Concrete Mix Design)

ตารางที่ 4.5 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต $f_c' = 210 \text{ ksc}$

| $f_c' = 210 \text{ ksc}$ | | | |
|--------------------------|---|---------------------|----------------------------------|
| | ต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต (kg/m^3) | ต่อ 1 ตัวอย่าง (kg) | 3 ตัวอย่างต่อผสม 1 ครั้ง (kg) |
| น้ำ | 111 | 0.375 | 1.125 |
| ซีเมนต์ | 257 | 0.867 | 2.60 |
| หิน(ชั้น) | 1108 | 3.740 | 11.22 |
| ทราย(ชั้น) | 946 | 3.193 | 9.58 |
| รวม | 2422 | 8.2 | 25 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.6 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต $f_c' = 480 \text{ ksc}$

| $f_c' = 480 \text{ ksc}$ | | | |
|--------------------------|---|---------------------|----------------------------------|
| | ต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต (kg/m^3) | ต่อ 1 ตัวอย่าง (kg) | 3 ตัวอย่างต่อผสม 1 ครั้ง (kg) |
| น้ำ | 124 | 0.42 | 1.26 |
| ซีเมนต์ | 500 | 1.690 | 5.07 |
| หิน(ชั้น) | 1108 | 3.74 | 11.22 |
| ทราย(ชั้น) | 689 | 2.32 | 6.96 |
| รวม | 2421 | 8.2 | 25 |

4.2 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีต (Uniaxial Compressive Strength)

ตารางที่ 4.7 ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต ที่ 28 วัน กำหนดไว้ที่ 210 ksc.

| Age (Day) | Specimen | | Area (cm^2) | Load (kN) | Load (kg) | Strength (ksc) |
|--------------|----------|---------|---------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| | หินคลุก | ศิลาแลง | | | | |
| 28 | 100% | 0% | 225 | รอฟล | รอฟล | รอฟล |
| | 65% | 35% | 225 | รอฟล | รอฟล | รอฟล |
| | 35% | 65% | 225 | รอฟล | รอฟล | รอฟล |
| | 0% | 100% | 225 | รอฟล | รอฟล | รอฟล |

หมายเหตุ

การทดสอบรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต มีปัญหาในเรื่องของโรคระบาด Covid-19 ระลอกที่ 3 ทำให้ไม่สามารถทดสอบรับกำลังแรงอัดของคอนกรีตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.8 ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต ที่ 28 วัน กำหนดไว้ที่ 480 ksc.

| Age (Day) | Specimen | | Area (cm ²) | Load (KN) | Load (kg) | Strength (Ksc) |
|--------------|----------|---------|----------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| | หินคลุก | ศิลาแลง | | | | |
| 28 | 100% | 0% | 225 | รอฟล | รอฟล | รอฟล |
| | 65% | 35% | 225 | รอฟล | รอฟล | รอฟล |
| | 35% | 65% | 225 | รอฟล | รอฟล | รอฟล |
| | 0% | 100% | 225 | รอฟล | รอฟล | รอฟล |

หมายเหตุ

การทดสอบรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต มีปัญหาในเรื่องของโรคระบาด Covid-19 ระลอกที่3 ทำให้ไม่สามารถทดสอบรับกำลังแรงอัดของคอนกรีตได้

ตารางที่ 4.9 ตารางการเปรียบเทียบผลการทดสอบมวลรวมหยาบ ระหว่างหินคลุก และ ศิลาแลง

| Experiment | Crushed rock | Laterite |
|---|----------------------------|----------------------------|
| sieve analysis F.M | 5.6 | 7.00 |
| specific gravity | 2.61 | 2.48 |
| absorption | 0.56% | 1.71% |
| Abrasion Test of Coarse Aggregate, Percentage of wear | 22.18% | 46.38% |
| Unit weight | 1614.50 kg/ m ³ | 1516.25 kg/ m ³ |
| voids content | 38.35 % | 66.41 % |

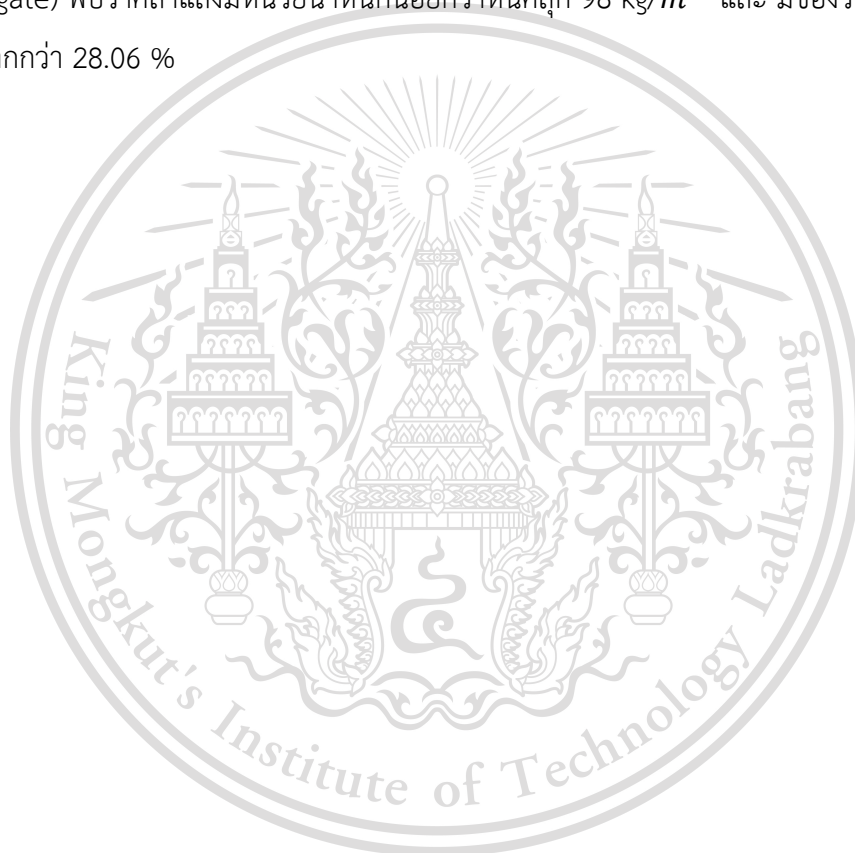
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หมายเหตุ

- จากผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะการดูดซึ่มของมวลรวม (Specific Gravity and Absorption of Aggregate) ของศิลาแลง พบว่าศิลาแลงสามารถดูดซึ่มน้ำได้มากกว่า หินคลุกถึง 1.15 % หรือประมาณ 3 เท่า
- จากผลการทดสอบความต้านทานต่อการขัดสีของมวลรวมโดยใช้เครื่องลอสแอนเจลิส (Abrasion Test of Coarse Aggregate by Use of the Los Angles Machine) พบว่า ศิลาแลงมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอที่มากกว่าหินคลุกถึง 24.20 % หรือประมาณ 2 เท่า
- จากผลการทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก และช่องว่างระหว่างมวลรวม (Unit Weight and Voids in Aggregate) พบว่าศิลาแลงมีหน่วยน้ำหนักน้อยกว่าหินคลุก 98 kg/m^3 และมีช่องว่างระหว่างมวลรวมมากกว่า 28.06 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 คุณสมบัติรับกำลังแรงอัดของคอนกรีตรับแรงที่มีหินแกรนิตและหินคลุกเป็นส่วนผสมมวลรวมหยาบ

จากการศึกษาคุณสมบัติของหินแกรนิตและหินปูนเพื่อผลิตคอนกรีตรับแรงในอัตราส่วนผสมที่ 0% 35% 65% และ 100% โดยที่มีผลกำลังแรงอัดที่กำหนด 210 ksc และ 480 ksc ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1.) ที่กำลังรับแรงอัดกำหนดมาเอง 210 ksc ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน โดยที่อัตราส่วนการผสมของหินคลุกเป็นหลักต่อหินแกรนิต(ส่วนผสมมวลรวมหยาบ)ได้ดังนี้

- หินคลุก 0% ต่อศิลาแลง 100% ได้ค่าเฉลี่ย Strength ที่ รอผล ksc
- หินคลุก 35% ต่อศิลาแลง 65% ได้ค่าเฉลี่ย Strength ที่ รอผล ksc
- หินคลุก 65% ต่อศิลาแลง 35% ได้ค่าเฉลี่ย Strength ที่ รอผล ksc
- หินคลุก 100% ต่อศิลาแลง 0% ได้ค่าเฉลี่ย Strength ที่ รอผล ksc

2.) ที่กำลังรับแรงอัดกำหนดมาเอง 480 ksc ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน โดยที่อัตราส่วนการผสมของหินแกรนิตเป็นหลักต่อหินปูน(ส่วนผสมมวลรวมหยาบ)ได้ดังนี้

- หินคลุก 0% ต่อศิลาแลง 100% ได้ค่าเฉลี่ย Strength ที่ รอผล ksc
- หินคลุก 35% ต่อศิลาแลง 65% ได้ค่าเฉลี่ย Strength ที่ รอผล ksc
- หินคลุก 65% ต่อศิลาแลง 35% ได้ค่าเฉลี่ย Strength ที่ รอผล ksc
- หินคลุก 100% ต่อศิลาแลง 0% ได้ค่าเฉลี่ย Strength ที่ รอผล ksc

ผลที่ได้จากการทดลอง

- เศษศิลาแลง เปราะแตกง่ายมีรูพรุน และมีฝุ่นมากกว่าถ้าเทียบกลับหินคลุก
- ศิลาแลงดูดซึมน้ำได้มากกว่าหินคลุกกว่าถึง 28.06 %
- ศิลาแลงมาค่าการสึกกร่อนมากกว่าหินคลุกกว่าถึง 24.2 %

ผลที่คาดว่าจะได้จากการทดลอง

- ศิลาแลงที่นำมาผสมคอนกรีตจะมีค่ารับแรงอัดที่น้อยกว่าหินคลุกเนื่องจากเปอร์เซ็นต์การสึกหรอที่มากกว่าหินคลุก และ เนื้อของศิลาแลงมีรูพรุนที่มากกว่าหินคลุก แต่จะลดค่าใช้จ่ายของหินคลุกตามปริมาณที่นำศิลาแลงมาแทนที่เป็นส่วนผสมมวลรวมหยาบ
- ศิลาแลงมีอัตราการดูดซึมน้ำที่มากอาจจะทำให้เกิดผลเสียในระยะยาวในโครงสร้าง เช่น เส้า หรือ คาน จะทำให้เหล็กเสริมเกิดสนิมได้ง่ายกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน

- 1.) ศิลปินที่นำมาทดสอบไม่ได้มีการผ่านการโหมหินมาจึงต้องนำมาทาบเองเพื่อทดสอบคุณสมบัติ
- 2.) ขั้นตอนการผสมคอนกรีตได้ทำการผสมโดยแรงงานคนจึงทำให้ล่าช้าในส่วนของผสม
- 3.) การทดสอบรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต มีปัญหาในเรื่องของโรคระบาด Covid-19 ระลอกที่3 ทำให้ไม่สามารถทดสอบรับกำลังแรงอัดของคอนกรีตได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทดลองการผสมคอนกรีตที่มีศิลปินและหินคลุกเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนต่างๆมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม คือ ควรปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ ทรายหยาบ หินคลุกและศิลปินผสมทรายให้แตกต่างกันออกไป ซึ่งอาจส่งผลทำให้ค่ากำลังแรงอัด (Compressive Strength) หรือ ค่ารับแรงอัด ประลัย (Uniaxial Compressive Strength) ของคอนกรีตเพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- [1] ปูนซีเมนต์ไทย, บริษัท ปูนซีเมนต์ไทยจำกัดมหาชน, 2544
- [2] ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. คอนกรีตเทคโนโลยี CPAC. พิมพ์ครั้งที่ 8. มกราคม 2543
- [3] วินิต ช่อวิเชียร. คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology). พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ป. สัมพันธ์พานิชย์; 2544.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ก.

มาตรฐานการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวม ASTM C33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขอบข่าย

1. มาตรฐานการทดสอบนี้ใช้สำหรับการทดสอบมวลรวมเฉพาะในงานคอนกรีต
2. มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาการกระจายของขนาด (Particle Size Distribution) ของมวล รวมทั้งมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบโดยการร่อนด้วยตะแกรง ขนาดมาตรฐาน
3. ค่าพิกิตความละเอียด (Fineness Modulus) ในการทดสอบนี้ ใช้สำหรับมวลรวมหยาบ เท่านั้น
4. มาตรฐานการทดสอบนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก

นิยาม

“การกระจายของขนาดวัสดุมวลรวม (Particle Size Distribution)” หมายถึง การที่มวลรวมประกอบด้วยเม็ด วัสดุหลายขนาดต่างๆ กัน ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพของมวลรวมจะขึ้นอยู่กับขนาด ของเม็ด วัสดุ โดยการ กระจายของขนาดเม็ดวัสดุมวลรวมจะแสดงด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาด ตะแกรง มาตรฐานในสเกล ลอการิทึม (Logarithm Scale) เป็นแกนนอนกับร้อยละโดยมวลของมวลรวม ที่ผ่านตะแกรง เป็นแกนตั้ง ซึ่ง เรียกว่า กราฟการกระจายของขนาดวัสดุมวลรวม

“ขนาดระบุใหญ่สุด (Nominal Maximum Size)” หมายถึง ขนาดช่องผ่านของตะแกรงเล็กที่สุดที่มวล รวมสามารถผ่านได้ทั้งหมด หรือมีสัดส่วนการผ่านตะแกรงเป็นไปตามที่กำหนด

“พิกิตความละเอียด (Fineness Modulus)” หมายถึง ตัวเลขดัชนีที่เป็นปฏิกิริยาโดยประมาณกับขนาด เฉลี่ยของมวลรวม

“มวลรวม (Aggregate)” หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดตั้งแต่ 0.075 มิลลิเมตร ขึ้นไป

“มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate)” หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดตั้งแต่ 0.075 มิลลิเมตร ถึง 4.75 มิลลิเมตร

“มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate)” หมายถึง วัสดุที่ใช้ใน ส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดตั้งแต่ 4.75 มิลลิเมตร ขึ้นไป

มาตรฐานอ้างอิง

มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงถึงในมาตรฐานนี้ ประกอบด้วย

1. มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริม เหล็ก
2. มาตรฐาน American Society of Testing Materials ASTM C 33: Specification for Concrete Aggregates

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การเตรียมตัวอย่าง

1. เตรียมตัวอย่างมวลรวมละเอียดโดยการสุมตัวอย่างที่นำมาด้วยวิธีการแบ่งสี่ (Quartering) นำไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส จนมีมวลคงที่แล้ว ชั่งตัวอย่างมวลรวมหลังอบแห้ง
2. เตรียมตัวอย่างมวลรวมหยาบโดยการสุมตัวอย่างที่เก็บมาจากสนามด้วยวิธีแบ่งสี่ (Quartering) หรือ เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) นำไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส จนมีมวลคงที่แล้ว ชั่งตัวอย่างมวลรวมหลังอบแห้งให้ได้ตามตาราง ก-1 โดยพิจารณาจากขนาดระบุใหญ่สุดของตัวอย่างมวลรวมหยาบ

ตาราง ก-1 มวลของตัวอย่างมวลรวมหยาบที่ใช้ในการทดสอบ

| ขนาดระบุใหญ่สุด (Nominal Maximum Size) | มวลตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ไม่น้อยกว่า (กิโลกรัม) |
|---|---|
| 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) | 10 |
| 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) | 10 |
| 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) | 10 |
| 25.0 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) | 10 |
| 37.5 มิลลิเมตร (1.5 นิ้ว) | 10 |

การทดสอบ

1. สำหรับมวลรวมละเอียด ให้เตรียมตะแกรงขนาดต่างๆ ที่จะใช้ทดสอบ ดังนี้ ขนาด 9.50 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) ขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ขนาด 2.36 มิลลิเมตร (เบอร์ 8) ขนาด 1.18 มิลลิเมตร (เบอร์ 16) ขนาด 0.60 มิลลิเมตร (เบอร์ 30) ขนาด 0.30 มิลลิเมตร (เบอร์ 50) และขนาด 0.15 มิลลิเมตร (เบอร์ 100)
2. สำหรับมวลรวมหยาบ ให้เตรียมตะแกรงขนาดต่างๆ ที่จะใช้ทดสอบตามตารางที่ ก-1 โดย พิจารณาจากขนาด ระบุใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง ข-1 ผลการทดสอบการรับแรงอัด กำหนดค่าแรงที่ 280 ksc ที่การบ่ม 28 วัน

| ส่วนผสมหิน คลุก-หินแกรนิต (%-%) | พื้นที่หน้าตัด (cm) | ชุดตัวอย่างทดสอบกำลังแรงอัด (KN) | | | กำลังแรงอัด เฉลี่ย (KN) |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------|-------|----------------------------|
| | | รอมผล | รอมผล | รอมผล | |
| 0% - 100% | 225 | รอมผล | รอมผล | รอมผล | รอมผล |
| 35% - 65% | 225 | รอมผล | รอมผล | รอมผล | รอมผล |
| 65% - 35% | 225 | รอมผล | รอมผล | รอมผล | รอมผล |
| 100% - 0% | 225 | รอมผล | รอมผล | รอมผล | รอมผล |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง ข-2 ผลการทดสอบการรับแรงอัด กำหนดค่าแรงที่ 480 ksc ที่การบ่ม 28 วัน

| ส่วนผสมหิน คลุก-หินแกรนิต (%-%) | พื้นที่หน้าตัด (cm) | ชุดตัวอย่างทดสอบกำลังแรงอัด (KN) | | | กำลังแรงอัด เฉลี่ย (KN) |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------|-------|----------------------------|
| | | รอปผล | รอปผล | รอปผล | |
| 0% - 100% | 225 | รอปผล | รอปผล | รอปผล | รอปผล |
| 35% - 65% | 225 | รอปผล | รอปผล | รอปผล | รอปผล |
| 65% - 35% | 225 | รอปผล | รอปผล | รอปผล | รอปผล |
| 100% - 0% | 225 | รอปผล | รอปผล | รอปผล | รอปผล |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง ค.-1 ชั้นคุณภาพของคอนกรีต และ ค่ากำลังอัดทรงลูกบาศก์ Mpa อายุ 28 วัน

| ชั้นคุณภาพ | ความต้านแรงอัด (เมื่ออายุ 28 วัน) | |
|------------|---|---|
| | Mpa ไม่น้อยกว่า | |
| | แท่งทรงกระบอก ขนาด 150 mm. x 300 mm. | แท่งทรงลูกบาศก์ ขนาด 150 mm. x 150 mm. |
| C14.5/18 | 14.5 | 18.0 |
| C17/21 | 17.0 | 21.0 |
| C19.5/24 | 19.5 | 24.0 |
| C23/28 | 23.0 | 28.0 |
| C25/30 | 25.0 | 30.0 |
| C27/32 | 27.0 | 32.0 |
| C30/35 | 30.0 | 35.0 |
| C33/38 | 33.0 | 38.0 |
| C35/40 | 35.0 | 40.0 |
| C37/42 | 37.0 | 42.0 |
| C40/45 | 40.0 | 45.0 |
| C45/50 | 45.0 | 50.0 |
| C50/55 | 50.0 | 55.0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง ค.-2 ชั้นคุณภาพของคอนกรีต และ ค่ากำลังอัดทรงลูกบาศก์ ksc อายุ 28 วัน

| ชั้นคุณภาพ | กำลังอัด(ksc) | | ขนาดปูน (kg./m ³) |
|------------|---------------|-----------|----------------------------------|
| | ทรงลูกบาศก์ | ทรงกระบอก | |
| C14.5/18 | 180 | 140 | 250 |
| C17/21 | 210 | 180 | 275 |
| C19.5/24 | 240 | 210 | 300 |
| C23/28 | 280 | 240 | 325 |
| C25/30 | 300 | 250 | 335 |
| C27/32 | 320 | 280 | 350 |
| C30/35 | 350 | 300 | 375 |
| C33/38 | 380 | 320 | 400 |
| C35/40 | 400 | 350 | 420 |
| C37/42 | 420 | 380 | 450 |
| C40/45 | 450 | 400 | 475 |

ลักษณะการนำไปใช้งานของชั้นคุณภาพ

- ชั้น C14.5/18 สามารถนำไปใช้งาน
 - ด้านงานถนนที่ไม่มีการจราจร
- ชั้น C17/21 สามารถนำไปใช้งาน
 - ด้านงานอาคารบ้านเล็ก เช่น บ้านชั้นเดียว และบ้าน 2 ชั้น
 - ด้านงานเทพื้นภายในบ้าน เช่น พื้นรอบอาคาร พื้นร้านค้า
 - ด้านงานทับแผ่นพื้นอาคารที่พักอาศัย
 - ด้านงานถนนที่มีการจราจรน้อย เช่น ลานจอดรถเก๋ง รถกระบะ ลานวัด ลานโรงเรียน
 - นำไปใช้งานในลักษณะชั้นคุณภาพ C14.5/18 ได้
- ชั้น C19.5/24 สามารถนำไปใช้งาน
 - ด้านงานถนนที่มีการจราจรหนาแน่น เช่น ถนน เทศบาล, อบต. และ อบจ.
 - ด้านงานอาคารขนาดกลาง เช่น โรงแรม อาคารสำนักงาน 2-4 ชั้น
 - นำไปใช้งานในลักษณะชั้นคุณภาพ C14.5/18 C17/21 ได้
- ชั้นคุณภาพ C23/28 สามารถนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงเนื้อหาบนเอกสารนี้ภายใต้ชื่อของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ด้านงานอาคารขนาดกลาง เช่น อาคารที่พักอาศัย อาคารเรียน 4 – 6 ชั้น
- นำไปใช้งานในลักษณะชั้นคุณภาพ C14.5/18 C17/21 และ C19.5/24 ได้

5. ชั้นคุณภาพ C25/30 สามารถนำไปใช้งาน

- อาคารสูงมีเหล็กหนาแน่น เช่น โรงแรมสูง คอนโดมิเนียม 4-8 ชั้น
- ด้านงานโรงงานอุตสาหกรรม เช่น พื้นโกดังเก็บสินค้า และ พื้นร้านค้า
- นำไปใช้งานในลักษณะชั้นคุณภาพ C14.5/18 C17/21 C19.5/24 และ C23/28 ได้

6. ชั้นคุณภาพ C27/32 สามารถนำไปใช้งาน

- ด้านงานอาคารสูงมีเหล็กหนาแน่น เช่น ศูนย์การค้า ศูนย์อาหาร คอมเพล็กซ์สูงกว่า 8 ชั้น
- นำไปใช้งานในลักษณะชั้นคุณภาพ C14.5/18 C17/21 C19.5/24 C23/28 และ C25/30 ได้

ส่วนชั้นคุณภาพ C30/35 C33/38 C35/40 C37/42 และ C40/45 สามารถนำไปใช้งานได้ทุก ประเภทของงานคอนกรีต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง ค.-3 ค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ที่ใช้งานลักษณะโครงสร้างประเภทงานต่างๆ

| ที่ | ลักษณะโครงการ | ประเภทงาน | ชนิดของคอนกรีต |
|--|------------------------------------|---|---|
| 1 | โครงสร้าง : งานฐานราก ตอม่อ เสาคาน | | |
| | 1.1 อาคารขนาดเล็ก | บ้านชั้นเดียว 2 ชั้น | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 210-240 กก/ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. |
| | | อาคารพาณิชย์ 2-4 ชั้น | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 240-280 กก/ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. |
| | 1.2 อาคารขนาดกลาง | โรงแรม อาคารสำนักงาน 2-4ชั้น | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 240-280 กก/ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. |
| | | อาคารที่พักอาศัยอาคารเรียน 4-6ชั้น | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 280-380 กก/ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. |
| | 1.3 อาคารสูงที่มีเหล็ก หนาแน่น | โรงแรมสูง คอนโดมิเนียม 4-8 ชั้น | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 280-380 กก/ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. |
| ศูนย์การค้า ศูนย์อาหารคอมเพล็กซ์สูงกว่า 8 ชั้น | | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 320-380 กก/ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. | |
| 2 | งานถนน | | |
| | 2.1 ถนนที่มีการจราจรน้อย | งานถนนที่มีการจราจรน้อย | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 210-240 กก/ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. ความหนา10-15 ซม. |
| | | ลานจอดรถแก่ง รถกระบะ ลาดวัด ลานโรงเรียน | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 320-380 กก/ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. ความหนา8-12 ซม. |
| | 2.2 ถนนที่มีการจราจร หนาแน่น | ถนน เทศบาล อบต. อบจ. | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 320-380 กก/ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. ความหนา 15 ซม. |
| | | ถนน.กรมทางหลวง,สนง.ทางหลวงชนบท | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 320-380 กก/ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. ความหนา 15-25 ซม. |
| | | ถนน ที่ต้องการเปิดจราจรภายใน 3 วัน | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 320-380 กก/ตร.ซม. 10 ± 2.5 ซม. 7.5 ± 2.5 ซม. |

ตาราง ค.-3 ค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ที่ใช้งานในลักษณะโครงสร้างประเภทงานต่างๆ

| ที่ | ลักษณะโครงการ | ประเภทงาน | ชนิดของคอนกรีต |
|--------------|---------------------------------------|--|--|
| | งานเทพื้น, เททับแผ่นพื้น | | |
| 3 | 3.1 เทพื้นภายในบ้าน | พื้นรอบอาคาร, พื้นร้านค้า | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 210-280 กก/ตร.ซม. 10 ± 2.5 ซม. |
| | | งานทับแผ่นพื้นอาคารที่พักอาศัย | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 210-280 กก/ตร.ซม. 10 ± 2.5 ซม. |
| | 3.2 โรงงานอุตสาหกรรม | พื้นโกดังเก็บสินค้า, พื้นปัมน้ำมัน | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 280-380 กก/ตร.ซม. 10 ± 2.5 ซม. |
| | | งานเทสระว่ายน้ำ, พื้นด้านฟ้า, พื้นห้องน้ำ | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 240-380 กก/ตร.ซม. ผสมกับนํ้ายากันซึม 10 ± 2.5 ซม. |
| คอนกรีตพิเศษ | | | |
| 4 | 4.1 งานเทพื้นคอนกรีตอัดแรง ภายหลัง | พื้น post-tension ที่การพัฒนา กำลังอัดของ คอนกรีตสูงขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 3 วัน | กำลังอัดทรงลูกบาศก์ได้ 280 กก/ตร.ซม. ที่ 3 วันเพื่อการดึงลวด ค่ายุบตัว 0 ± 2.5 ซม. |

ประวัติผู้จัดทำ

ประวัติผู้จัดทำ

ผู้จัดทำ

นายวัชรินทร์ พรหมโสภา (ชื่อเล่น : ปี)

เกิดเมื่อ วันที่ 18 พฤศจิกายน 2538 ที่อยู่ บ้านเลขที่ 406 ตำบลคำพราน อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี 18220 หมายเลขโทรศัพท์ 092-272-1456 Email: watc-832@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชางานก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี แห่งที่2
- ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาเครื่องมืองลและซ่อมบำรุงเครื่องจักรกล วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี
- กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา (ต่อเนื่อง) ภาควิศวกรรมโยธา คณะ

วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้จัดทำ

นาย ชญากร อินทร์มา (ชื่อเล่น : มายด์)

เกิดเมื่อ วันที่ 29 สิงหาคม 2540 ที่อยู่ บ้านเลขที่ 165/1 หมู่ 9 ต.บางขันหมาก อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000 หมายเลขโทรศัพท์ 091-7933621 Email : inma2540@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชางานก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี
- ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชางานก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี
- กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา (ต่อเนื่อง) ภาควิศวกรรมโยธา คณะ

วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้จัดทำ

นาย จักรกฤษณ์ จู้อี้(ชื่อเล่น : เคน)

เกิดเมื่อ วันที่ 31 กรกฎาคม 2540 ที่อยู่ บ้านเลขที่ 300/6 หมู่ 4 ต.มหาโพธิ์.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์ 60230 หมายเลขโทรศัพท์ 0882188790

Email : 61015013@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชางานก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์
- ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชางานก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์
- กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา (ต่อเนื่อง) ภาควิศวกรรมโยธา คณะ

วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.