การศึกษาการรับกำลังอัดของคอนกรีตที่แช่อยู่ในน้ำเสีย

THE STUDY OF ULTIMATE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE IN THE WASTE WATER

โดย

นายนรินทร์ ผ่องกุศล

Mr.NARIN PONGUSON

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033268

THE STUDY OF ULTIMATE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE IN THE WASTE WATER

Mr.NARIN PONGUSON

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาการรับกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่แช่อยู่ในน้ำเสีย

THE STUDY OF ULTIMATE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE IN THE WASTE WATER

นักศึกษา นาย นรินทร์ ผ่องกุศล รหัสประจำตัว 33100162

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ

คณะกรรมการสอบโครงงาน	ลายมือชื่อ
อ. สุรัตน์ หวังเจริญ	.....
อ. ศักดิ์ชัย สถานุพงษ์	.....
อ. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์	.....

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

.....

(สุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการรับกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่แช่ในน้ำเสีย

THE STUDY OF ULTIMATE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE IN THE WASTE WATER

โดย นายนรินทร์ ผ่องกุศล

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ

บทคัดย่อ

การบ่มคอนกรีตนับเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในงานคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการรับกำลังประลัยของคอนกรีตที่แช่อยู่ในน้ำเสียภายใน 28 วันแรกของการก่อตัว โดยการนำแท่งหล่อคอนกรีตตัวอย่างไปแช่ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำทิ้งจากชุมชน แล้วนำมาทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 7,14,21 และ 28 วันตามลำดับ จากการวิจัยพบว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตจะลดลงประมาณ 12 % เมื่อถูกแช่อยู่ในน้ำเสีย โดยกำลังของคอนกรีตจะลดลงแตกต่างกันตามแหล่งที่มาของน้ำเสียและชนิดของสารเคมีที่ละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้นหากไม่จำเป็นไม่ควรนำคอนกรีตแช่ในน้ำเสียภายในช่วง 28 วันแรกของการก่อตัว

Abstract

The curing of concrete is more important for concrete reinforcement. This experiment,to study ultimate strength concrete that submerge in waste water at 28 days of setting time, in with the standard concrete cylinder was submerged in waste water form industry factory and community,Then to test the ultimate strength at 7,14,21 and 28 days.Form experiment the ultimate compressive strength of concrete was decreased amount 12 %.The ultimate compressive strength were different independent locate of waste water and type of chemical to solve in water.Then not nescessary do not to take concrete to submerge in waste water before 28 days of setting.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สามารถสำเร็จลงได้นั้นมิได้เกิดจากผู้เขียนโดยลำพัง จึงใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลที่มีส่วนให้รายงานฉบับนี้สำเร็จลงได้ดังนี้

อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พิศมัย ชัยรัตน์อุทัย

อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้คำปรึกษาแนะนำ

อาจารย์และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ช่วยให้คำแนะนำและทดสอบน้ำเสีย

การนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังที่ให้ความร่วมมือสนับสนุนข้อมูลและน้ำเสียที่ใช้ในการทดสอบ

พ่อ แม่ พี่น้องของข้าพเจ้ารวมถึงเพื่อนๆน้องๆที่คอยให้กำลังใจและเสียสละเวลามาช่วยทำโครงงานพิเศษนี้

ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณบุคคลเหล่านี้อีกครั้งและจะระลึกถึงตลอดไป

นาย นรินทร์ ผ่องกุศล

1 เมษายน 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	II
สารบัญ	III
สารบัญกราฟ	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	1
1.3 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงการ	2
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แหล่งและคุณลักษณะของน้ำทิ้ง	4
2.1 ประเภทของน้ำทิ้ง	4
2.2 คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน	5
2.3 น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	5
2.4 สิ่งสกปรกในน้ำทิ้ง	7
บทที่ 3 คอนกรีต	9
3.1 คอนกรีต	9
3.2 น้ำ	11
3.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	12
3.4 น้ำสำหรับผสมและบ่มคอนกรีต	15
3.5 คุณสมบัติของทรายและหิน	19
3.6 ความเสียหายของคอนกรีต	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
บทที่ 4 การดำเนินการวิจัย	39
4.1 การดำเนินการวิจัย	39
4.2 วิธีการทดสอบ	39
4.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ	40
4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	41
บทที่ 5 การนำเสนอผลการทดลอง	42
บทที่ 6 การสรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	73
6.1 การวิเคราะห์ผลการวิจัย	73
6.2 สรุปผลการวิจัย	75
บรรณานุกรม	79
ภาคผนวก	80

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญกราฟ

กราฟที่ 5.1 แสดงกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำเสียจากที่ต่างๆ
เป็นเวลา 7,14,21 และ 28 วัน

กราฟที่ 5.2 แสดงกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำสะอาด 7,14, 21 และ 28 วัน

กราฟที่ 5.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำจากที่ต่างๆ
เป็นเวลา 7 วัน

กราฟที่ 5.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำจากที่ต่างๆ
เป็นเวลา 14 วัน

กราฟที่ 5.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำจากที่ต่างๆ
เป็นเวลา 21 วัน

กราฟที่ 5.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำจากที่ต่างๆ
เป็นเวลา 28 วัน

กราฟที่ 5.7 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่ในน้ำสะอาดกับโรงงาน K.C.E.
ที่ 7,14,21 และ 28 วัน

กราฟที่ 5.8 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่ในน้ำสะอาดกับบ่อบำบัดน้ำเสีย
ที่ 7,14,21 และ 28 วัน

กราฟที่ 5.9 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่ในน้ำสะอาดกับชุมชนร่มเกล้า
ที่ 7,14,21 และ 28 วัน

กราฟที่ 5.10 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่ในน้ำสะอาดกับโรงงาน HONDA
ที่ 7,14,21 และ 28 วัน

กราฟที่ 5.11 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่ในน้ำสะอาดกับคลองพระโขนง
ที่ 7,14,21 และ 28 วัน

กราฟที่ 5.12 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดี 7,14,และ 21 วันแล้วนำมา
บ่มในน้ำเสียจากชุมชนร่มเกล้าจนครบ 28 วัน

กราฟที่ 5.13 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดี 7,14,และ 21 วันแล้วนำมา
บ่มในน้ำเสียจากคลองพระโขนงจนครบ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.14 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดี 7,14,และ 21 วันแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจากโรงงาน HONDA จนครบ 28 วัน

กราฟที่ 5.15 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดี 7,14,และ 21 วันแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจากโรงงาน K.C.E.จนครบ 28 วัน

กราฟที่ 5.16 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดี 7,14,และ 21 วันแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียจนครบ 28 วัน

กราฟที่ 5.17 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตในน้ำดี 7 วันแล้วนำไปแช่ในน้ำเสียจากที่ต่างๆจนครบ 28 วัน

กราฟที่ 5.18 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตในน้ำดี 14 วันแล้วนำไปแช่ในน้ำเสียจากที่ต่างๆจนครบ 28 วัน

กราฟที่ 5.19 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตในน้ำดี 21 วันแล้วนำไปแช่ในน้ำเสียจากที่ต่างๆจนครบ 28 วัน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่

ตารางที่ 2.1 ปริมาณน้ำทิ้งของโรงงานบางประเภท 6

ตารางที่ 3.1 ปริมาณที่ยอมให้ของสารเจือปนในน้ำ 16

ตารางที่ 3.2 กำลังรับแรงอัดของหิน 20

ตารางที่ 3.3 สิ่งสกปรกที่เจือปนในหินและทรายที่ยอมให้ 23

ตารางที่ 3.4 ขนาดหินที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่างๆ 24

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตในน้ำดี 7,14,21 แล้วนำไปแช่ในน้ำเสียจนครบ 28 วันกับน้ำดี 77

ตารางที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตในน้ำดีกับน้ำเสีย 77

ตารางที่ 6.3 แสดงปริมาณสารเคมีในน้ำเสีย 78

ตารางที่ ผ1 ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับค่าความยุบตัวและวัสดุขนาดต่างๆ 83

ตารางที่ ผ2 อัตราน้ำต่อซีเมนต์สูงสุดโดยน้ำหนักที่ยอมให้ใช้ได้สำหรับคอนกรีตในสภาวะเปิดเผยที่รุนแรง 84

ตารางที่ ผ3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และกำลังอัดประลัยของคอนกรีต 85

ตารางที่ ผ4 ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่ใช้สำหรับการก่อสร้างประเภทต่างๆ 86

ตารางที่ ผ5 ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต 87

ตารางที่ ผ6 ขนาดโตสุดของวัสดุสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่างๆ 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการก่อสร้างตอม่อสะพาน , อาคารริมน้ำหรือโครงสร้างอื่นๆ ที่อยู่กลางน้ำซึ่งโครงสร้างเหล่านี้ต้องสัมผัสหรือแช่น้ำอยู่ตลอดเวลา อาจจะเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงหรือแม้กระทั่งการเกิดน้ำท่วมอย่างฉับพลัน จากสภาพของแม่น้ำลำคลอง ในปัจจุบันน้ำในแม่น้ำลำคลองมักจะเป็นที่รวมของแหล่งน้ำเสียจากที่ต่าง ๆ เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม , น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน หากคอนกรีตที่ยังรับกำลังได้ไม่เต็มที่หรือคอนกรีตที่มีอายุการบ่ม 7,14,21 วันถูกแช่หรือสัมผัสกับน้ำเหล่านี้แล้วกำลังของคอนกรีตจะเป็นอย่างไร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1. เพื่อศึกษากำลังของคอนกรีต เมื่อถูกแช่อยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำเสียจากชุมชน

1.2.2. เพื่อศึกษากำลังของคอนกรีต ที่มีอายุการบ่ม 7,14,21 วัน แล้วถูกแช่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำเสียจากชุมชน

1.2.3. เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีต ที่บ่มในน้ำสะอาดกับที่บ่มในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำเสียจากชุมชน

1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ

ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังของคอนกรีต ประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของซีเมนต์ อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ ขนาดคละของวัสดุ ส่วนผลกระทบภายนอก ที่มีผลต่อกำลังของคอนกรีตได้แก่ การบ่ม การควบคุมการผสม อุณภูมิ การขนส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญตัวหนึ่งที่จะช่วยให้ปฏิกริยาHydrationเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ หากน้ำที่นำมาใช้บ่มคอนกรีตมีสารเคมีต่างๆเจือปนอยู่ เช่น อนุมูลของ ซัลเฟต,คาร์บอเนต โซเดียม,คลอไรด์,แมกนีเซียม ย่อมส่งผลต่อกำลังของคอนกรีตโดยตรง ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นอาจรุนแรงมากน้อยแตกต่างกันตาม ชนิดของสารเคมี,ปริมาณ,ระยะเวลาที่สารเคมีทำปฏิกริยากับ Cement Paste โดยตัวสารเคมีจะไปทำให้ Cement paste ก่อตัวและแข็งตัวเร็วกว่าปรกติและทำให้ Cement paste เกิดการขยายตัวซึ่งเป็นสาเหตุให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวและสูญเสียกำลังในที่สุด

1.4 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1.4.1 ศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ถูกบ่มอยู่ในน้ำชนิดต่าง ๆ หลังจากหล่อเสร็จ เป็นเวลา 7,14,21 วันโดยการหล่อตัวอย่างแบบ CYLINDER โดยน้ำที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้

1.4.1.1. น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตรถยนต์ HONDA นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

1.4.1.2. น้ำเสียจากคลองพระโขนง เขตพระโขนง กรุงเทพฯ

1.4.1.3. น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนชุมชนเคหะร่มเกล้า เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ

1.4.1.4. น้ำทิ้งจากบริษัท K.C.E.ELECTRONIC จำกัด

1.4.1.5. น้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

1.4.1.6. น้ำประปา

1.4.2 ศึกษากำลังของคอนกรีตที่แช่อยู่ในน้ำเสียที่อยู่ในสภาวะนิ่ง(static)

1.4.3 เป็นการศึกษาเฉพาะอนุมูลของ ซัลเฟต, คาร์บอเนต,โซเดียม, คลอไรด์,แมกนีเซียม,เหล็ก,แคลเซียม เท่านั้นที่มีผลต่อกำลังของคอนกรีต

1.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษ

แบ่งวิธีการดำเนินการออกเป็น 3 ส่วน คือ

1.5.1. การบ่มคอนกรีตในน้ำเสียจากชุมชน

1.5.2. การบ่มคอนกรีตในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3. การบ่มคอนกรีตในน้ำที่สะอาด

โดยน้ำเสียที่จะนำมาทำการทดสอบ ต้องมีการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี เช่น อุณหภูมิ, สี, กลิ่น, ความขุ่น แล้วนำผลที่ได้จากการบ่มคอนกรีตแต่ละชนิดมาทำการทดสอบกำลังของคอนกรีต ที่มีระยะเวลาในการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดยการเขียนเป็นกราฟต่าง ๆ

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบชนิดและปริมาณสารเคมีที่มีผลกระทบต่อกำลังของคอนกรีต
2. ทราบชนิดของน้ำเสียจากโรงงานต่างๆที่ศึกษาว่ามีผลกระทบต่อกำลังของคอนกรีตอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แหล่งและคุณลักษณะของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้ง (wastewater) หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ อาทิ เช่น การชำระล้างร่างกาย , การประกอบอาหาร , การขับถ่ายของเสีย , การล้างวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม, การล้างเครื่องจักร, การหล่อเย็นเครื่องจักร ฯลฯ ทำให้คุณลักษณะของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิม เนื่องจากมีสิ่งสกปรกต่าง ๆ ทั้งสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ ถ่ายเทลงมาเจือปนอยู่ในน้ำ ปริมาณสิ่งสกปรกในน้ำทิ้งหรือความสกปรกของน้ำทิ้งจึงขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของน้ำ ดังนั้นน้ำทิ้งจากแต่ละแหล่งจึงมีคุณลักษณะไม่เหมือนกัน

2.1 ประเภทของน้ำทิ้ง

2.1.1 น้ำทิ้ง แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามแหล่งกำเนิด คือ

2.1.1.1 น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน (sewage) ได้แก่ น้ำทิ้งจากบ้านพักอาศัย, อาคาร, ร้านค้า, ตลาด, โรงมหรสพ, โรงแรม ฯลฯ เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ อาทิเช่น การชำระล้างร่างกาย การซักเสื้อผ้า การประกอบอาหาร การขับถ่าย ฯลฯ สิ่งสกปรกต่าง ๆ ในน้ำทิ้งประเภทนี้ ส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร สบู่ ผงซักฟอก อุจจาระ ปัสสาวะ ฯลฯ

2.1.1.2 น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastew-ater) ได้แก่ น้ำทิ้งที่เกิดจากขบวนการต่าง ๆ ในขบวนการอุตสาหกรรม เช่น การล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักร การระบายความร้อน ฯลฯ สิ่งสกปรกในน้ำทิ้งมีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำ และชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม

2.1.2 น้ำทิ้ง อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามคุณลักษณะของสิ่งสกปรกส่วนใหญ่ ในน้ำทิ้ง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 น้ำทิ้งอินทรีย์ (organic wastewater) ได้แก่ น้ำทิ้งที่มีสิ่งสกปรกส่วนใหญ่ เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ น้ำทิ้งประเภทนี้ ได้แก่ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานกระดาษ โรงทอผ้า โรงงานประกอบอาหาร โรงฆ่าสัตว์ ฯลฯ ลักษณะเด่นของน้ำทิ้งนี้ คือ จะเน่าเหม็นได้หากปล่อยทิ้งไว้นาน ๆ

2.1.2.2 น้ำทิ้งอนินทรีย์ (inorganic wastewater) ได้แก่ น้ำทิ้งที่มีสิ่งสกปรกส่วนใหญ่ เป็นสารอนินทรีย์ น้ำทิ้งประเภทนี้ ได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมโลหะและโรงงานผลิตสารเคมี เช่น โรงงานชุบโลหะ โรงงานถลุงเหล็ก โรงงานผลิตกรดกำมะถัน โรงงานผลิตปุ๋ยฟอสเฟต ฯลฯ

อย่างไรก็ตาม น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท อาจมีคุณลักษณะเด่น เป็นได้ทั้งน้ำทิ้งอินทรีย์ และน้ำทิ้งอนินทรีย์ เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานประกอบรถยนต์ มีสารประกอบสังกะสีละลายปนอยู่มาก และมีสารอินทรีย์ปนอยู่มากเช่นกัน

2.2 คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน มีคุณลักษณะเป็นกลาง มีค่า pH ไม่ต่างจาก 7 มากนัก สิ่งสกปรกในน้ำทิ้ง มีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งและสารละลาย นอกจากนี้ยังอาจมีเชื้อโรคและพยาธิปนอยู่ด้วย แต่สิ่งสกปรกที่สำคัญที่สุด ได้แก่ สารอินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ นิยมวัดรวมกันเป็นค่า Biochemical Oxygen Demand หรือ BOD สำหรับในประเทศไทยนั้น ยังไม่มีข้อมูลที่แน่นอน แต่คาดว่าคุณลักษณะของน้ำทิ้งคงคล้ายคลึงกับน้ำทิ้งใน อินเดีย หรือสิงคโปร์

2.3 น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

2.3.1 ประเภทของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรม แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

2.3.1.1 น้ำหล่อเย็น (cooling water) เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากการระบายความร้อนในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ โดยปรกติไม่สกปรกมากนัก แต่น้ำหล่อเย็นจากโรงงานบางชนิดอาจสกปรกมาก น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิสูงตั้งแต่ 40-60 องศาเซลเซียส ความร้อนนี้ จัดว่าเป็นสิ่งสกปรกอย่างหนึ่งเช่นกัน (thermal pollution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 น้ำล้าง (wash water) ได้แก่ น้ำทิ้งที่เกิดจากการล้างวัตถุดิบ เครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ และพื้นโรงงาน เป็นต้น น้ำล้างนี้ อาจมีความสกปรกมาก เช่น มีสารเคมีต่าง ๆ ในการล้างทำความสะอาด ละลายปนอยู่มาก

2.3.1.3 น้ำจากขบวนการผลิต (process wastewater) เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากขบวนการผลิต ส่วนใหญ่เป็นน้ำที่สกปรกมาก

2.3.1.4 น้ำทิ้งอย่างอื่น (miscellaneous wastewater) เช่น น้ำคอนเดนเซอร์ (condenser water) ซึ่งเป็นน้ำที่ใช้ในการควบแน่นไอน้ำในบาร์โรเมตริกคอนเดนเซอร์ (barometriccondenser) น้ำทิ้งจากหม้อน้ำ (boiler blowdown) น้ำทิ้งจากเครื่องทำน้ำอุ่น ฯลฯ ที่สำคัญที่สุด ได้แก่ น้ำคอนเดนเซอร์ซึ่งมีปริมาณมาก อุณหภูมิสูง และมีสิ่งสกปรกละลายปนอยู่ด้วย

2.3.2 ปริมาณน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณน้ำทิ้งจากโรงงานอุต--สาหกรรม ขึ้นอยู่กับชนิดของอุตสาหกรรม แม้แต่โรงงานอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน ปริมาณน้ำทิ้งอาจไม่เท่ากัน เนื่องจากข้อแตกต่างในด้านการผลิต และการควบคุมการผลิต ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ในต่างประเทศและในประเทศไทย โรงงานอุตสาหกรรมที่มีน้ำทิ้งมาก ได้แก่ โรงงานทอผ้า โรงงานกระดาษ โรงงานน้ำตาล โรงงานแป้งมันสำปะหลัง ฯลฯ

ตารางที่ 2.1 ปริมาณน้ำทิ้งของโรงงานบางประเภท

ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม	ปริมาณน้ำทิ้ง $ม^3$/ตันผลผลิต
โรงงานแป้งมันสำปะหลัง	35
โรงงานทำเยื่อกระดาษจากชานอ้อย	150
โรงงานทำกระดาษเขียน	150
โรงงานทอผ้าฝ้าย	12
โรงงานฆ่าสัตว์	5.6-22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำทิ้งจากโรงงาน--อุตสาหกรรมต่าง ๆ มีคุณลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม

2.4 สิ่งสกปรกในน้ำทิ้ง

สิ่งสกปรกต่าง ๆ ในน้ำทิ้ง ที่ต้องกำจัดออก มีดังต่อไปนี้ คือ

2.4.1 จุลินทรีย์ (microorganisms) มีอยู่มากในน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน จุลินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรีย (bacteria) และเชื้อโรคต่าง ๆ

2.4.2 สารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ (biodegradable organics) ได้แก่ สารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารได้ เช่น แป้ง, น้ำตาล, โปรตีน เป็นต้น

2.3.3 ตะกอนแขวนลอย (suspended solids) ได้แก่ สิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ และอยู่ในรูปของตะกอนแขวนลอย เช่น ตะกอนเศษเยื่อกระดาษ ตะกอนแป้ง ตะกอนดินทราย ฯลฯ

2.4.4 สารอินทรีย์บางชนิดที่มีปริมาณน้อยมาก (traces organics) สารอินทรีย์บางชนิด ที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ถึงแม้จะมีปริมาณน้อยมาก แต่ก็ทำให้เกิดกลิ่นและรสในแหล่งน้ำ ตัวอย่าง สารอินทรีย์ประเภทนี้ ได้แก่ ฟีนอล (phenol)

2.4.5 สารมีพิษ (toxic substances) ได้แก่ โลหะหนัก เช่น ปรอท แคดเมี่ยม และสารอินทรีย์บางชนิด เช่น ไซยาไนด์ ยาฆ่าแมลง ฯลฯ

2.4.6 สีและความขุ่น สีในน้ำทิ้ง ถึงแม้ว่าส่วนมากจะไม่เป็นพิษ แต่ทำให้น้ำในแหล่งน้ำมีสีน่ารังเกียจ การกำจัดสีทำได้ยากในทางปฏิบัติ เพราะค่าใช้จ่ายสูงมาก ความขุ่นก็เช่นกัน ทำให้น้ำในแหล่งน้ำดูสกปรก

2.4.7 สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นปุ๋ยของพืชน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียว ที่เรียกว่า อัลจี (algae) ถ้าน้ำทิ้งมีสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากเกินไป อาจทำให้น้ำมีสีเขียวขุ่นได้

2.4.8 สารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ยาก (nonbiodegradeable organics) สารเหล่านี้ อาจทำให้เกิดสภาพที่น่ารังเกียจขึ้นได้ในลำน้ำ เช่น ผงซักฟอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(alkyl benzene sulphonate) อาจทำให้เกิดฟองในลำน้ำได้

2.4.9 น้ำมันและสิ่งสกปรกลอยน้ำ (oil and floating material) น้ำมันและสิ่งสกปรกลอยน้ำ เช่น ขยะมูลฝอย ทำให้น้ำในแหล่งน้ำ มีสภาพน่ารังเกียจ นอกจากนี้ น้ำมันยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำอีกด้วย

2.4.10 สารที่ระเหยได้(volatile material) ไฮโดรเจนซัลไฟด์และสารระเหยต่าง ๆ อาจทำให้เกิดปัญหาอากาศเสียขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
คอนกรีต

3.1 คอนกรีต

คอนกรีต โดยทั่วไปประกอบด้วยวัสดุ 3 ชนิด คือ ปูนซีเมนต์ ทรายหิน และน้ำ ในบางกรณี จึงจะมีวัสดุชนิดที่ 4 ร่วมด้วย เพื่อประโยชน์โดยเฉพาะบางประการ เช่น วัสดุที่ทำให้เกิดฟองอากาศ หรือวัสดุที่เป็นตัวเร่ง หรือหน่วงให้คอนกรีตก่อตัวเร็วหรือช้า เป็นต้น

ปูนซีเมนต์ ในเนื้อคอนกรีต โดยปรกติมีปูนซีเมนต์ผสมอยู่ 10-15 % โดยปริมาตร แต่นับว่าเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญ และมีราคาสูงกว่าวัสดุอื่น เมื่อปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ จะเป็นซีเมนต์ข้น (paste) ซึ่งจะทำหน้าที่ห่อหุ้มทรายและหิน และอุดตามช่องว่างระหว่างเม็ดของทรายและหินรวมทั้งเป็นตัวยึดทรายและหินเข้าด้วยกันเป็นก้อน

ประเภทของซีเมนต์

สมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (ASTM) และสำนักงานมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย (มอก.15) แบ่งปูนซีเมนต์ ออกเป็น 5 ประเภท คือ

ประเภทหนึ่ง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตธรรมดาในงานก่อสร้างตามปกติ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และตราเพชรเม็ดเดียว

ประเภทสอง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) ใช้กับงานที่ต้องการความร้อนต่ำ ทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อน กำแพงกันดินหนา

ประเภทสาม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวเร็ว (High-early Strength Portland Cement) ใช้สำหรับงานที่ต้องการถอดแบบเร็ว หรือทำให้คอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033269

ประเภทสาม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวเร็ว (High-early Strength Portland Cement) ใช้สำหรับงานที่ต้องการถอดแบบเร็ว หรือทำให้คอนกรีตแข็งตัวเร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต ถนน

ประเภทสี่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ (Low-Heat Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนต่ำสุด

ประเภทห้า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดทนซัลเฟตสูง (Sulfate-Resistant Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ต้านทานซัลเฟตได้สูง เหมาะสำหรับโครงสร้างที่มีการกระทำของซัลเฟตรุนแรง

ทราย หิน เป็นส่วนผสมที่มีปริมาณมากที่สุดในเนื้อคอนกรีต โดยทั่วไปจะมีปริมาณ 66-78 % โดยปริมาตร ฉะนั้น การเลือกใช้ทรายและหินที่เหมาะสม หรือที่มีอยู่ในท้องถิ่นที่ทำการก่อสร้าง จะช่วยให้ได้คอนกรีตที่มีราคาถูกยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม คุณภาพของทราย หิน หรือวัสดุอื่นที่จะนำมาใช้จะต้องได้ตามมาตราฐานที่กำหนดด้วย

ทรายและหิน ที่ใช้ทำคอนกรีต ถูกแบ่งเป็น 2 พวกตามขนาดของเม็ด คือ

1. **ทรายหรือวัสดุละเอียด** มีขนาดของเม็ดตั้งแต่ 6.4 มม. (1/4") ลงไป จนถึงขนาดเล็กเท่าเมล็ดฝุ่น ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ได้แก่ ทรายธรรมชาติ หรือทรายที่ทำขึ้น หรือส่วนผสมของทรายทั้งสองชนิดที่กล่าวถึง

2. **หินหรือวัสดุหยาบ** ส่วนใหญ่ที่ใช้กันอยู่ ได้แก่ หินย่อย กรวด มีขนาดลดหลั่นกัน และก้อนใหญ่ที่สุด มักมีขนาดไม่เกิน 50 มม. (2")

อันที่จริงแล้ว ยิ่งก้อนใหญ่ที่สุดของหินยิ่งโตมากขึ้นจะทำให้ได้คอนกรีตที่มีราคาถูกยิ่งขึ้น เพราะจะลดปริมาณซีเมนต์ลงได้ สำหรับคอนกรีตที่มีความแข็งแรงเท่า ๆ กัน แต่ทั้งนี้ รูปร่าง และขนาดของคอนกรีตที่ต้องการ และความถี่ห่างของเหล็กเสริมจะเป็นตัวบังคับให้ต้องใช้หินที่มีขนาดจำกัด โดยทั่วไป กำหนดให้ขนาดของหินก้อนใหญ่ที่สุดไม่โตกว่า 1 ใน 5 ของส่วนที่แคบที่สุดของโครงสร้าง เช่น คาน หรือเสา และไม่โตกว่า 3 ใน 4 ของระยะห่างระหว่างผิวของเหล็กเสริมคู่ที่ชิดกันที่สุด

ความลดหลั่น (Gradation) ของขนาดของก้อนหินและทรายนั้น เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่ง หิน ทราย ที่มีขนาดลดหลั่นดี จะช่วยให้เกิดผลดี 2 ประการ คือ

1. ก้อนหินและทราย สามารถเรียงตัวกันได้ดี ทำให้มีความแน่นสูง และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอ

2. ลดปริมาณซีเมนต์ข้น (paste) ที่จะต้องไปอุดตามช่องว่างระหว่างก้อนหินและทรายช่วยให้ใช้ปูนซีเมนต์น้อยลง ทำให้ราคาถูกยิ่งขึ้น

กำลังของคอนกรีตที่ทำขึ้น อัตราส่วนผสมที่ใช้ และความถูกแพงในการทำคอนกรีตนั้น ขึ้นอยู่กับรูปร่าง ความลดหลั่นของขนาด และขนาดที่ใหญ่ที่สุดของก้อนหินที่ใช้ทรายและหินที่ใช้จะต้องสะอาด แข็ง ทนทาน ปราศจากสารเคมีเจือปน ไม่มีดินหรือสิ่งอื่นใดห่อหุ้ม ก้อนหินที่มีลักษณะแหลมคม ธรุขระ หรือเป็นแผ่นยาว จะต้องการทรายมาผสมในปริมาณสูงกว่าชนิดอื่นที่เป็นก้อนกลม หรือเป็นก้อนลูกบาศก์ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ความสะดวกในการทำงาน (workability) เท่าๆกัน ผลการทดสอบในห้องทดลอง จะช่วยกำหนดส่วนผสมระหว่างหินและทราย รวมทั้งปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องใช้เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังความต้องการและในราคาที่ประหยัดที่สุด

3.2 น้ำ

ในปัจจุบันนี้ การทำงานคอนกรีตโดยส่วนใหญ่(นอกจากในรายที่มีการควบคุมอย่างใกล้ชิด) ทั้งผู้ที่ทำงานและผู้ควบคุมแทบมิได้เอาใจใส่ในปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตเลย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ น้ำเป็นส่วนผสมที่มีราคาถูกที่สุด หรืออาจกล่าวได้ว่าแทบไม่มีราคาเลย ผู้ที่ทำงาน จึงเติมน้ำลงในส่วนผสมให้มาก ๆ ไว้ เพื่อให้สะดวกแก่การทำงานและโดยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ผู้ควบคุมงานบางราย แม้จะรู้อยู่ว่าไม่ควรแต่ก็ปล่อยปละละเลยมิได้เอาใจใส่กวดขัน ยิ่งไปกว่านั้น ผู้ควบคุมงานบางราย มิได้รู้ในข้อเสียนี้ จึงปล่อยให้ผู้ทำงานทำไปตามที่เคยทำมา

น้ำเป็นส่วนผสมที่มีความสำคัญมากอันหนึ่ง ปริมาณน้ำที่ใส่ลงในส่วนผสมของคอนกรีต มีความสัมพันธ์กับกำลังอัดของคอนกรีต ถ้ามีน้ำมากเกินไป กำลังของคอนกรีตจะลดลง เพราะน้ำที่เพิ่มขึ้น จะไปทำให้ซีเมนต์ข้น (paste) เจือจางและลดกำลังยึดเหนี่ยว ทำให้คอนกรีตแตกร้าวมากขึ้น เพราะหดตัวมากและเมื่อน้ำส่วนที่เกินไปนี้ ระเหยออกจากคอนกรีตแล้ว จะทำให้เกิดรูโพรงในเนื้อของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตไม่แน่นทึบ

ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับคอนกรีต พึงระลึกอยู่เสมอว่า ปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีต เป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งซึ่งจะกำหนดกำลังของคอนกรีตที่ทำขึ้น และเพื่อให้เห็นชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงขอนำผลการทดลองกำลังของคอนกรีต ซึ่งใช้ส่วนผสมอื่น ๆ เช่นเดียวกัน ผิดกันแต่ปริมาณน้ำในส่วนผสมและทำการทดลองในสภาพเช่นเดียวกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของกำลังของคอนกรีตที่ได้รับ

หน้าที่ของน้ำในส่วนผสมมี 2 ประการ คือ หนึ่ง เปลี่ยนสภาพปูนซีเมนต์ทราย และหินที่แห้ง ให้เป็นวัสดุเปียก ทำงานได้สะดวก และสอง ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ ทำให้ส่วนผสมเปียกกลายเป็นมวลรวมแน่นแข็งและมีความแข็งแรง

การกำหนดปริมาณของน้ำในส่วนผสม จึงต้องคำนึงถึง หน้าที่ทั้งสองประการนี้ โดยทั่วไป ปริมาณของน้ำ จะถูกกำหนดเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ระหว่างน้ำหนักของน้ำที่ใช้ผสมกับน้ำหนักของปูนซีเมนต์ในส่วนผสม เรียกว่า อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำและปูนซีเมนต์ (water-cement ratio) ซึ่งยิ่งทำให้อัตราส่วนนี้ต่ำได้เพียงใด จะได้คอนกรีตที่มีเนื้อแน่น และมีกำลังสูงขึ้นเพียงนั้น

ปริมาณของน้ำ เพื่อที่จะไปทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์นั้น มีปริมาณเกือบจะคงที่ คือ ประมาณ 0.25 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ส่วนที่ต้องการเพิ่มขึ้นจากนี้ ก็คือ ปริมาณของน้ำที่จะทำให้ส่วนผสมทำงานได้สะดวก ซึ่งทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง ความลดหลั่นของขนาดหินและทรายที่ใช้ สภาพดินฟ้าอากาศ รวมทั้งชนิดของงานคอนกรีตที่จะทำขึ้นด้วย

การหาปริมาณน้ำที่พอเหมาะในส่วนผสมของคอนกรีต ซึ่งใช้ทรายและหินต่างๆ กัน รวมทั้งในชนิดของงานคอนกรีตต่าง ๆ กัน ทำได้โดยง่าย จากการทดสอบ ซึ่งเรียกว่า ทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (slump test) ซึ่งวิธีทดสอบนี้ จะช่วยกำหนดปริมาณน้ำที่พอเหมาะในส่วนผสม

3.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ คือ ซีเมนต์ที่มีคุณภาพตามความต้องการในบทกำหนดมาตราฐาน ซึ่งอาจแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยในแต่ละประเทศ ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีลักษณะพิเศษ คือ เป็นซีเมนต์ที่แข็งตัวในน้ำได้และทำได้โดยการเผาของผสม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปูนชิลิก้า และอะลูมิน่า กับเหล็กอ๊อกไซด์เล็กน้อย ให้ถึงจุดนุ่มตัว กลายเป็นปูนเม็ด แล้วนำไปบดให้เป็นผงละเอียด

ต่อไปนี้เป็นรายการวิเคราะห์ทางเคมีตามปกติธรรมดาของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ไทย (ซีเมนต์ตราช้างเปอร์หรือตราช้าง) ในเวลาเดียวกันก็ได้แสดงตัวเลขที่ตรงกัน ของซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนต์ปอร์ตแลนด์ไทยชนิดความร้อนปานกลางไว้ด้วย

รายการวิเคราะห์ซีเมนต์

ปอร์ตแลนด์ไทย	(ตราชูเปอร์และตราช้าง)	ปอร์ตแลนด์ไทยความร้อนปานกลาง
ซิลิก้า, SiO_2	% 21.30	% 22.62
อะลูมิน่า, Al_2O_3	% 5.72	% 5.12
เหล็กอ๊อกไซด์, Fe_2O_3	% 2.58	% 5.10
ปูน, CaO	% 65.50	% 63.80
แม็กนีเซีย, MgO	% 1.13	% 0.98
กำมะถันไตรอ๊อกไซด์, SiO_3	% 1.62	% 1.10
สูญไปในการเผาผลาญ	% 1.72	% 1.06
นอกนั้น	% 0.38	% 0.22
รวมทั้งสิ้น	100.00	100.00

องค์ประกอบของซีเมนต์ดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

	ปอร์ตแลนด์ไทย(ตราชูเปอร์และตราช้าง)	ปอร์ตแลนด์ไทยความร้อนปานกลาง
ไตรแคลเซียมซิลิเกท		
3 $CaO.SiO_2$ หรือ C_3S	% 50.76	% 38.71
ไดแคลเซียมซิลิเกท		
2 $CaO.SiO_2$ หรือ C_2S	% 22.79	% 35.66
ไตรแคลเซียมอะลูมิเนท		
3 $CaO.Al_2O_3$ หรือ C_3A	% 10.79	% 4.94
เทตระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอไรท์		
4 $CaO,Al_2O_3Fe_2O_3$ หรือ C_4AF	% 7.50	% 15.52
ปูนเสรี, CaO	% 1.78	% 1.04
แม็กนีเซีย, MgO	% 11.30	% 0.98
แคลเซียมซัลเฟต, $CuSO_4$	% 2.75	% 1.87
สูญไปในการเผาผลาญ	% 1.72	% 1.06
นอกนั้น	% 0.38	% 0.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมทั้งสิ้น	100.00	100.00

สีของปูนซีเมนต์ ขึ้นอยู่กับปริมาณเหล็กในนั้นซีเมนต์จะมีสีเข้มยิ่งขึ้น ถ้ามีเหล็กผสมอยู่มากขึ้น กระบวนการต่าง ๆ ในการผลิตซีเมนต์ เช่น การเผาและการบดย่อยนั้น อาจทำให้สีของมันเปลี่ยนไปได้เหมือนกัน

ซีเมนต์ผสมกับน้ำ จะเปลี่ยนสภาพพลาสติกเป็นก้อนแข็ง ภายในเวลา 2-3 ชั่วโมง การแข็งตัวนี้จะดำเนินต่อไปกระทั่งเนื้อซีเมนต์แข็งเหมือนหิน กระบวนการในระยะแรก เรียกว่า การก่อตัวของซีเมนต์ ซึ่งเกิดการแข็งตัวตามติดมา

การบังเกิดสารเคมี $C_2S,4H_2O$ ซึ่งทำหน้าที่เกาะยึดนั้น เป็นกระบวนการทางเคมีที่สำคัญที่สุด ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการก่อตัวและการแข็งตัวการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างนี้ อาจชะงักได้ หากมีสารประกอบเช่นน้ำตาลปนมาแม้แต่เพียงนิดเดียวเมื่อผลิตให้ถูกวิธี การแข็งตัวของซีเมนต์จะเกิดขึ้นโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรมากนัก อีกนัยหนึ่ง ก็คือ ซีเมนต์จะคงตัวดีนั่นเอง

การขยายตัวของซีเมนต์ จะเกิดขึ้นหลังการก่อตัว หากเก็บคอนกรีตไว้ในน้ำ แต่การหดตัวจะเกิดขึ้น หากปล่อยให้ซีเมนต์แห้งไป

การหดตัว จะเป็นเหตุให้เกิดความเค้นแรงดึงขึ้นในเนื้อคอนกรีต ซึ่งอาจก่อให้เกิดรอยแตกร้าว จากการหดตัวอีกด้วย การมีรอยแตกร้าวอย่างนั้นขึ้นในคอนกรีต ขึ้นอยู่กับสภาพการณ์หลายประการ อาทิ สัดส่วนระหว่างซีเมนต์และมวลรวม ขนาดรูปร่างของมวลสารคอนกรีต ฯลฯ แต่ส่วนใหญ่ ขึ้นอยู่กับวิธีบ่มคอนกรีต

กระบวนการแข็งตัวของซีเมนต์ ทำให้เกิดแรงขึ้น และแรงอย่างนี้ ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังระยะเวลาหนึ่งผ่านไปแล้ว จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของซีเมนต์ ซีเมนต์ยิ่งละเอียดเท่าใด ก็ยิ่งมีเนื้อที่ผิวของเมล็ดซีเมนต์เผยต่อกระบวนการแข็งตัวมากขึ้นเพียงนั้น ซึ่งทำให้เกิดแรงสูงขึ้น หากสภาพอื่น ๆเท่ากันทุกประการ

องค์ประกอบทางเคมีของซีเมนต์ ก็มีผลต่อแรงของซีเมนต์ด้วยและมีความสำคัญอยู่บ้าง แรงที่เกิดในระยะต้น ๆ นั้น เนื่องมาก C_3S เป็นส่วนใหญ่ ส่วน C_2S นั้นมีความสำคัญในการก่อให้เกิดแรงเพิ่มเติมในระยะต่อมาหากมีปริมาณของปูนมากขึ้น ก็จะมี C_3S เป็นเปอร์เซ็นต์มากขึ้น แต่หากซีเมนต์จะต้องคงตัวดีต่อไป ปริมาณปูนก็ไม่ควรเกินระดับหนึ่ง ทั้งนี้ก็โดยการเพิ่มปริมาณปูน จะเป็นการเพิ่มปริมาณปูนเสรีในปูนเม็ดด้วย ซีเมนต์ที่คงตัวดี ไม่ควรจะมีปูนเสรีมากกว่า 2 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 น้ำสำหรับผสมและบ่มคอนกรีต

คุณภาพของน้ำ มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อกำลังของคอนกรีต จึงไม่ควรใช้น้ำที่จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดต่ำไป เป็นส่วนผสม ในกรณีจำเป็น ซึ่งไม่อาจหาน้ำที่ดีมาใช้ได้ ควรคำนวณส่วนผสมขึ้นใหม่ โดยเพิ่มปริมาณซีเมนต์ขึ้น ให้ชดเชยกับคุณภาพของน้ำนั้น

สารบางชนิด ซึ่งละลายอยู่ในน้ำตามธรรมชาติ จะทำให้ผิวของคอนกรีตเปื้อนหรือเกิดสีเมื่อนำน้ำนั้นมาบ่มคอนกรีต จึงไม่ควรใช้น้ำนั้นเพื่อบ่มคอนกรีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนบริเวณผิวภายนอกของคอนกรีต ซึ่งไม่ต้องการให้มีรอยเปรอะเปื้อน โดยทั่วไป เรามักจะไม่ได้ให้ความสนใจต่อคุณภาพของน้ำเท่าใดนัก ผิดกับวัสดุอื่น ๆ เช่น ซีเมนต์ หรือหิน ทราย ซึ่งต้องมีการทดสอบก่อนนำมาใช้ ทั้งนี้ เพราะน้ำจืดตามธรรมชาติส่วนใหญ่ และน้ำประปา มีคุณภาพดีพอสำหรับงานคอนกรีต สิ่งซึ่งควรระวัง ก็คือ น้ำธรรมชาติจากที่บางแห่ง หรือน้ำที่ทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีคุณภาพไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับงานคอนกรีต

ข้อกำหนดในเรื่องคุณภาพของน้ำ ในหลาย ๆ แห่ง กำหนดว่า น้ำที่ใช้ดื่มได้นั้น สามารถนำมาผสมคอนกรีตได้ ข้อนี้ไม่อาจถือว่าเป็นข้อกำหนดที่ดีที่สุดได้ เพราะในน้ำ ซึ่งมีน้ำตาล หรือไซเตรทละลายปนอยู่ แม้เพียงเล็กน้อย ซึ่งใช้ดื่มได้นั้น ไม่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับผสมคอนกรีตในบางครั้ง เพื่อจะให้ข้อกำหนดคุณภาพของน้ำรัดกุมขึ้น ได้มีการกำหนดว่า น้ำซึ่งจะใช้ผสมคอนกรีต จะต้องปราศจากกรด ด่าง น้ำมัน วัชพืชเน่าและอื่น ๆ ประกอบอยู่ ซึ่งก็เป็นข้อกำหนดที่ถูกต้องแต่ก็มิได้ระบุปริมาณของสารต่าง ๆ เหล่านั้นไว้ในข้อกำหนด เพราะถ้าสารต่าง ๆ เหล่านั้นอยู่ในปริมาณที่ไม่มากพอแล้ว ก็ย่อมไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อคอนกรีต

การทดสอบแรงอัดของคอนกรีต ถือได้ว่าเป็นการกำหนดคุณภาพของน้ำได้ดีที่สุด น้ำที่ได้มาจากแหล่งเดียวกันกับที่เคยใช้มาแล้ว ซึ่งให้คอนกรีตที่มีกำลังดีนั้น ถือว่าเป็นน้ำที่ใช้ได้ในกรณีที่มีข้อสงสัยให้ทำแท่งทดสอบโดยใช้น้ำที่สงสัย และเปรียบเทียบกำลังอัดกับแท่งทดสอบที่ทำจากน้ำที่มีคุณภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ปริมาณที่ยอมให้ของสารเจือปนในน้ำ

สารที่เจือปน	ปริมาณที่ยอมให้สูงสุด (ส่วน/ล้าน)
เกลือ	
โซเดียมคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต	1,000
แคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนต	400
แมกนีเซียมซัลเฟตและคลอไรด์	40,000
โซเดียมคลอไรด์	20,000
กรด	10,000
เกลือของแร่เหล็ก	40,000
ฝุ่นหรือผงหรืออนุภาคลอยตัว	2,000
น้ำทะเล	35,000
น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	4,000
น้ำโสโครก	400
น้ำตาล	500
ตะไคร่น้ำ	1,000
โปแตสเซียมและโซเดียมไฮดรอกไซด์	0.5-1.0% (โดยน้ำหนักของซีเมนต์)
น้ำมัน	2.0% (โดยน้ำหนักของซีเมนต์)

คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต ถ้ามีโซเดียมคาร์บอเนตผสมอยู่เป็นจำนวนมาก จะทำให้คอนกรีตแข็งตัวเร็วเกินไปถ้ามีโซเดียมและโปแตสเซียมไบคาร์บอเนตเกินกว่า 0.01%จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดต่ำลง และระยะเวลาในการก่อตัวของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับจำนวนของไบคาร์บอเนต ยอมให้มีคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตผสมอยู่ไม่มากกว่า 1,000 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือของแร่เหล็ก (Ion salt)ถ้ามีน้อยกว่า 4% หรือ 40,000 ppm จะไม่ทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงแต่อย่างใด

เกลือของแมกนีเซียม(Mg)ดีบุก(Sn)สังกะสี(Zn) ตะกั่ว(Pb) ทองแดง(Cu) มีผลกระทบต่อระยะเวลาการก่อตัวและกำลังของคอนกรีตจะลดลง ยอมให้มีได้ไม่เกิน 500 ppm

โซเดียมคลอไรด์และซัลเฟต น้ำที่โซเดียมคลอไรด์ปนอยู่ไม่เกินกว่า 20,000 ppm อาจใช้ผสมคอนกรีตได้ส่วนน้ำที่มีโซเดียมซัลเฟตอยู่ 0.5% จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลง 4% แต่ถ้ามีปนอยู่ 1% จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงถึง 10% หากมีปนมากกว่า 1% (10,000 ppm)จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงไปมากและไม่ควรนำมาใช้ผสมคอนกรีต

น้ำทะเล ที่มีความเข้มข้นของเกลือ($NaCl, MgSO_4, CaSO_4, CaCl_2$,)ละลายอยู่ไม่เกิน 35,000 ppm(3.5%)สามารถใช้ทำคอนกรีตได้แต่จะทำให้กำลังด้านทานรับแรงอัดของคอนกรีตลดลง 10-20% แต่ถ้ามีปนอยู่ 5% จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลง 30% โดยคอนกรีตจะให้กำลังแข็งแรงเร็วในระยะแรกและจะลดลงเมื่ออายุได้ 28 วัน ถ้าสามารถนำน้ำจืดมาใช้ผสมได้ก็ไม่ควรใช้น้ำทะเลในการผสมคอนกรีตที่เสริมเหล็ก ทั้งนี้เพราะเหล็กเสริมจะเป็นสนิมและผุเร็ว ในงานก่อสร้างงานคอนกรีตเสริมเหล็กในน้ำทะเลควรมีคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมไม่น้อยกว่า 7 ซม.

กรดและด่าง น้ำที่มี HCl และ H_2SO_4 หรือกรดอื่นๆเจือปนอยู่ไม่เกิน 10,000 ppm สามารถนำมาใช้ผสมคอนกรีตได้ โดยไม่ทำให้กำลังของคอนกรีตเสียไปน้ำที่มี NaOHรวมอยู่ 0.5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ก็จะไม่ทำให้กำลังของคอนกรีตลดลง

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำโสโครก มีอันตรายต่อคอนกรีต น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีตะกอนประมาณ 4,000 ppm อาจทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงได้ 10% โดยยอมให้มีน้ำโสโครกได้ไม่เกิน 400 ppm

น้ำตาล ถ้ามีน้ำตาลละลายปนอยู่ประมาณ 0.03-0.15% โดยน้ำหนักของซีเมนต์จะทำให้การก่อตัวช้าลงแต่ถ้ามีปนอยู่มากกว่า 0.2% จะทำให้การก่อตัวกลับเร็วขึ้น ยิ่งถ้ามีมากกว่า 0.25% การก่อตัวก็จะยิ่งเร็วมากกว่าและกำลังอัดประลัยของคอนกรีตก็จะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมัน ในบางครั้งอาจมีน้ำมันปนอยู่ในน้ำซึ่งจะทำให้คุณภาพของคอนกรีตเสียไปถ้าเป็นน้ำมันปิโตรเลียมบริสุทธ์ โดยไม่มีน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ปนอยู่ด้วย อาจจะไม่ทำให้กำลังของคอนกรีตผิดไป ถ้ามีน้ำมันปิโตรเลียมผสมอยู่ในน้ำมากกว่า 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์กำลังของคอนกรีตจะลดลงมากกว่า 20%

ตะไคร่น้ำ มีผลเสียอย่างมากต่อกำลังของคอนกรีตและแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตและทำให้เกิดช่องว่างและรูพรุนในคอนกรีต ยอมให้มีได้ไม่เกิน 1,000 ppm

น้ำสำหรับบ่มคอนกรีต สารละลายซึ่งเจือปนอยู่ในน้ำที่ใช้บ่มคอนกรีตนั้นจะทำให้เกิดผลเสียต่อคอนกรีตได้ 2 ประการ คือ ประการแรก ทำให้เนื้อคอนกรีตผุกร่อนและประการหลัง ทำให้เป็นรอยเปื้อน หรือสีที่ไม่พึงประสงค์ขึ้น สำหรับประการแรกนั้นเนื่องจากปริมาณของน้ำที่ใช้จำนวนน้อย จึงไม่ใคร่จะมีอันตรายมากนัก ยกเว้นแต่น้ำที่มีน้ำตาล ไซเตรท ฟอสเฟท บอเรท กรดแทนนิค หรือสารอื่นๆ ซึ่งมีผลให้คอนกรีตแข็งตัวช้าละลายปนอยู่

รอยเปื้อนและสี สาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดรอยเปื้อนและสีบนผิวคอนกรีตนั้น เนื่องมาจากเกลือของแร่เหล็ก และอินทรีย์สารที่ผสมอยู่ในน้ำที่ใช้บ่มคอนกรีต แม้ว่าปริมาณที่ผสมอยู่จะมีเพียงเล็กน้อยแต่อาจก่อให้เกิดรอยเปื้อนที่เห็นได้ชัด

การทดสอบยังไม่สามารถให้ข้อสรุปในปริมาณของแร่เหล็กที่ละลายในน้ำ กับรอยเปื้อนที่จะเกิดขึ้นได้ ผลการทดสอบ บางครั้งปรากฏว่า เมื่อมีแร่เหล็กละลายอยู่ 0.08 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดสีจาง ๆ แต่เมื่อมีแร่เหล็กละลายอยู่เพียง 0.04 ส่วนในล้านส่วน กลับมีสีน้ำตาลปนดำเปรอะเปื้อนอยู่ และการวิเคราะห์ทางเคมี ก็ไม่สามารถจะบอกผลที่จะเกิดขึ้นจากอินทรีย์สารที่ละลายปนอยู่ในน้ำที่ใช้บ่มคอนกรีตได้

ในบางครั้งน้ำที่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับผสมคอนกรีตเมื่อนำไปใช้บ่มคอนกรีตอาจทำให้เกิดรอยเปื้อนขึ้นได้ หลักเกณฑ์ที่จะใช้ก็คือ ถ้าน้ำในแหล่งใดเคยใช้บ่มคอนกรีตได้ผลดีมาแล้ว ก็น่าเชื่อว่าควรจะใช้บ่มคอนกรีตได้ ในงานที่สำคัญๆ และในกรณีที่สงสัยต้องใช้วิธีทดสอบ เพื่อตรวจดูว่า น้ำนั้นจะเหมาะสำหรับการใช้บ่มคอนกรีตหรือไม่เพียงใด

หินและทรายในคอนกรีต ในที่นี้จะได้กล่าวถึงคุณสมบัติของหินและทรายที่จะใช้ทำคอนกรีต เพื่อให้ทราบถึงผลสะท้อนที่จะมีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตที่ทำขึ้น โดยเลือกเฉพาะข้อที่สำคัญๆ เท่านั้น สำหรับงานก่อสร้างใหญ่ ๆ หรือที่เป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเนื้อคอนกรีต จะเป็นหินและทราย ประมาณ 3 ใน 4 ส่วน จึงกล่าวได้ว่า คุณสมบัติของคอนกรีต ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหินและทราย เป็นส่วนใหญ่ด้วย อันที่จริงแล้ว ส่วนที่เป็นหินและทรายนี้ อาจเป็นวัสดุอื่นก็ได้ ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตามความต้องการใช้งาน แต่เนื่องด้วยหินและทราย เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย มีอยู่ทั่วไป และหามาใช้ได้ในราคาพอสมควร หรือถูกกว่าวัสดุอื่นๆ ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน จึงใช้หินและทรายกันโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติของหินและทราย ที่จะกล่าวถึงนี้ อาจนำไปใช้เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกวัสดุอื่นที่จะนำมาใช้แทนได้ด้วย

3.5 คุณสมบัติของทรายและหิน

ที่ใช้ทำคอนกรีต อาจแบ่งออกได้กว้าง ๆ เป็น 2 อย่าง คือ คุณสมบัติโดยธรรมชาติ และคุณสมบัติที่ถูกทำขึ้น

3.5.1 คุณสมบัติโดยธรรมชาติ เป็นสมบัติประจำตัว ซึ่งเปลี่ยนแปลงไม่ได้ ฉะนั้นหินและทรายที่จะนำมาใช้จึงต้องเลือกมาจากแหล่งที่ให้คุณสมบัติตรงกับข้อกำหนด หรือความต้องการ โดยทั่วไป หินและทราย ที่จะนำมาใช้ จึงต้องเลือกจากแหล่งที่เคยใช้ได้ผลดีอยู่แล้ว ไม่ใคร่มีปัญหาด้านคุณสมบัติโดยธรรมชาติ นอกจากในกรณีที่เกิดข้อสงสัย หรือในเมื่อนำหินและทรายมาจากแหล่งใหม่ที่ไม่เคยใช้ จึงควรได้ตรวจสอบพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ ซึ่งจะกล่าวให้ทราบโดยสังเขป

3.5.1.1 ความแข็งแรง (Stength) คุณสมบัติข้อนี้มุ่งไปที่หินหรือวัสดุหยาบกล่าวคือหินที่จะใช้ต้องมีความแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักกดได้ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้สำหรับคอนกรีต มิฉะนั้นแล้วคอนกรีตที่ทำขึ้นจะแตกในเมื่อได้รับแรงกด เพราะหินที่ผสมอยู่แตกเสียก่อน แม้ว่าส่วนที่เป็นซีเมนต์เพสต์จะดีสักเพียงใดก็ตาม เรื่องนี้ไม่ใคร่มีปัญหา เพราะหินที่ใช้ทำคอนกรีตโดยทั่วไป สามารถรับแรงกดได้สูงกว่าที่กำหนดไว้สำหรับคอนกรีต ได้นำผลการทดสอบหินที่ใช้ทำคอนกรีตทั่วๆ ไปซึ่งจัดทำโดย U.S.Bureau of Public Roads มาแสดงเพื่อทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 กำลังรับแรงกดของหิน

ชนิดของหิน	จำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ	กำลังรับแรงกดโดยเฉลี่ย กก/ซม.^{2}
แกรนิต Granite	278	1,800
หินปูน Limestone	241	1,600
Sandstone	79	1,300
หินอ่อน Marble	34	1,200
Quartzite	26	2,600
Gneiss	36	1,500
Schist	31	1,700

ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่า หินที่ใช้อยู่ทั่วไป ถ้าเป็นหินที่มิได้ถูกทำลายโดยสภาพดินฟ้าอากาศ (weathering) ทำให้สูญเสียคุณสมบัติไปแล้ว จะดีพอสำหรับผสมทำคอนกรีต

3.5.1.2 ความต้านทานต่อการกระแทกและเสียดสี (Impact and Abra--tion Resistance) คุณสมบัติข้อนี้ในสมัยก่อนใช้เป็นตัวชี้คุณภาพหินที่จะนำมาทำคอนกรีต แต่ในปัจจุบันใช้เพียงเฉพาะงานที่ต้องทนต่อการเสียดสีมาก ๆ เท่านั้น เช่น พื้นคอนกรีตที่ต้องรับน้ำหนักรถบรรทุกขนาดใหญ่ เป็นต้น คุณสมบัติข้อนี้หาได้จากการทดสอบ และวิธีที่นิยมกันมาก คือ Los-Angeles Abrasion Test ซึ่งใช้เปรียบเทียบน้ำหนักของหินที่สูญหายไปในการทดสอบ กับขีดกำหนดตามความต้องการที่ระบุไว้

3.5.1.3 ความคงตัวต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability) หินและทรายที่จะใช้ จะต้องเป็นชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ หินและทรายในบางท้องถิ่นมีสารเคมีผสมอยู่ในเนื้อ ซึ่งทำปฏิกิริยากับด่าง (alkali) ในปูนซีเมนต์ เกิดเป็นวุ้นและขยายตัวก่อให้เกิดรอยร้าว โดยทั่วไปในคอนกรีต ในกรณีที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงการใช้หิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทรายเหล่านี้ จะต้องปูนซีเมนต์ที่มีเปอร์เซ็นต์ของด่างต่ำ (low-alkali cement)คือ มีปริมาณของโซเดียมและโปรแตสเซียมอ๊อกไซด์ไม่เกิน 0.6 %

3.5.1.4 ลักษณะรูปร่างและผิวของก้อนหินและทราย (Particle Shape and Surface Texture) คุณสมบัติข้อนี้ เกี่ยวโยงกับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ก้อนหินและทรายที่เป็นแผ่นแบน หรือเป็นชิ้นยาว ไม่เหมาะที่จะใช้ทำคอนกรีต เพราะจะต้องใส่น้ำในส่วนผสมมากกว่าก้อนกลมหรือรูปลูกบาศก์เพื่อให้ทำงานได้ง่าย (workability) เท่า ๆ กัน ทำให้เปลืองปูนซีเมนต์ ลดกำลังและแรงยึดเหนี่ยว(bond) ภายในก้อนคอนกรีต ทรายที่ได้จากการย่อยหิน มักมีรูปร่างแบนและเป็นแผ่นยาว ซึ่งต้องระมัดระวังในการนำมาใช้ โดยทั่วไปยอมให้มีหินและทรายที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนหรือเป็นชิ้นยาว ปนอยู่ไม่เกิน15 % โดยน้ำหนักของหินหรือทรายที่ใช้ หินและทรายที่เป็นก้อนกลมช่วยให้ทำงานง่ายและทำให้ประหยัด เพราะต้องการปูนซีเมนต์และน้ำในส่วนผสมน้อยกว่าก้อนที่เป็นแง่เป็นมุม แต่กลับให้ผลในแรงยึดเหนี่ยว(bond) ระหว่างก้อนกับซีเมนต์เพสต์ต่ำกว่า เช่นเดียวกับลักษณะผิวของก้อนหินและทราย ซึ่งมีผลโดยตรงกับแรงยึดเหนี่ยว เมื่อมีผิวหยาบหรือด้าน หรือมีรูพรุนมาก (porosity) จะทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวดี แต่กลับต้องการซีเมนต์มากขึ้น อย่างไรก็ดี ยังไม่มีข้อกำหนดให้เรื่องนี้ เท่าที่กล่าวมาเพียงเพื่อให้เห็นถึงคุณลักษณะต่าง ๆ เท่านั้น

3.5.1.5 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)ของหินและทรายขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแร่ธาตุที่เป็นส่วนผสมของหินและทราย และความพรุนของก้อน คุณสมบัติข้อนี้ใช้ในการคำนวณหาส่วนผสมของหินและทรายในคอนกรีต โดยทั่วไปมีค่าระหว่าง 2.4 ถึง 2.9

3.5.1.6. อำนาจดูดซึมและความชื้นที่ผิว (Absorption and Surface Moisture)โครงสร้างภายในก้อนของหินและทราย ประกอบด้วยเนื้อของแข็งและช่องว่าง ช่องว่างเหล่านั้น จะดูดความชื้นในอากาศ เข้าไปเก็บไว้การผสมคอนกรีต จึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติข้อนี้ เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในส่วนผสม ให้ได้ความข้นเหลวคงที่ อันจะทำให้คอนกรีตมีเนื้อสม่ำเสมอปริมาณน้ำในช่องว่างของหินและทราย อาจแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้น

ถ้าความชื้นของหินและทราย อยู่ในสภาพน้อยกว่า "แห้งและอิ่มตัว" จะสามารถดูดน้ำเข้าไปได้อีก โดยทั่วไปไม่เกิน 3 % ของน้ำหนักเมื่อแห้งและอิ่มตัว แต่ถ้าอยู่ในสภาพ "เปียกหรือชื้น" จะไปเพิ่มปริมาณน้ำให้แก่ส่วนผสมคอนกรีต สำหรับหินอาจเพิ่มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 % ของน้ำหนักเมื่อแห้งและอิ่มตัว และทราย อาจเพิ่มได้ 10-12 % การผสมคอนกรีตโดยชั่งน้ำหนักของส่วนผสม จะต้องเพิ่มปริมาณส่วนผสมเท่ากับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของส่วนผสมนั้น และลดปริมาณน้ำในส่วนผสมลงในปริมาณที่เท่ากัน เพื่อควบคุมให้ส่วนผสมสม่ำเสมอ ในการตวงส่วนผสมโดยปริมาตรต้องคำนึงถึงปริมาตรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความชื้นด้วย เมื่อทรายเปียกและถูกเคลื่อนย้าย ความชื้นที่ผิวจะผลักเม็ดทราย ให้แยกออกจากกัน ทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นหรือที่เรียกกันว่า ทรายพองตัว (bulking) ปริมารการพองตัว ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ความชื้น และขนาดของเม็ดทราย ทรายที่ละเอียดกว่า จะพองตัวมากกว่าเมื่อความชื้นเท่ากัน การตวงส่วนผสมโดยปริมาตรนี้ ควรหลีกเลี่ยงถ้าทำได้ เพราะอาจเพิ่มปริมาตรได้หลายสิบเปอร์เซ็นต์เมื่อมีความชื้น เพื่อเป็นแนวทางได้แสดงค่าการพองตัวสูงสุดของทรายขนาดต่าง ๆ เพื่อทราบ

	การพองตัวสูงสุดโดยปริมาตร
ทรายหยาบ	18 %
ทรายปานกลาง	29 %
ทรายละเอียด	38 %

มีบางท่านแนะนำให้เพิ่มปริมาตรทรายที่ผสมคอนกรีตขึ้น 25 % ในเมื่อทรายชื้น ซึ่งก็นับว่า เป็นตัวเลขที่พอใช้ได้ สำหรับงานคอนกรีตทั่วไปที่ไม่สำคัญนัก

3.5.2 คุณสมบัติที่ถูกทำขึ้น ต้องเอาใจใส่ให้มาก เพราะทำขึ้นได้ และจะช่วยให้คุณภาพของคอนกรีตดีตามขึ้นด้วย

3.5.2.1 ความสะอาด หมายรวมไปถึงสารที่ไม่ต้องการ (Deleter--ious Substances) ซึ่งเจือปนอยู่ในหินและทราย ถ่านหิน ถ่าน เศษไม้วัสดุอ่อน ก้อนดิน จะลดความทนทาน และถ้าไปอยู่ใกล้ผิวคอนกรีตอาจทำให้คอนกรีตแตก เกิดรอยเปื้อนหรือหลุดออกไปเป็นรูโพรง ปริมาณของสิ่งเจือปนเหล่านี้ต้องไม่มากไปกว่าที่กำหนดไว้ในตารางข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 สิ่งสกปรกที่เจือปนในหินและทรายที่ยอมให้

สิ่งสกปรกที่เจือปน	เปอร์เซ็นต์สูงสุดโดยน้ำหนัก	
	ในทราย	ในหิน
ก้อนดิน	1.00	0.25
ผงละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 200		
คอนกรีตที่รับแรงเสียดสี	3.00	
คอนกรีตทั่วไป	5.00	1.00
ถ่านหินหรือลิกไนท์		
ในงานที่อวดผิวหน้า	0.50	0.50
คอนกรีตทั่วไป	1.00	1.00
วัสดุอ่อน (เช่น รากไม้ เศษไม้)		5.00

ฝุ่นหรือผงละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ซึ่งห่อหุ้มก้อนหินและทรายอยู่นั้น แม้จะหุ้มอยู่บาง ๆ ก็จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างหิน ทรายและซีเมนต์เพสต์ลดลงไป และถ้ามีปริมาณสูง จะเป็นผลให้ต้องเพิ่มน้ำในส่วนผสม

สารอินทรีย์ เป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ เพราะจะทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตเสียไปด้วย การตรวจปริมาณสารอินทรีย์ ในทราย ใช้วิธีแช่ทรายในน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ ขัน 3 % เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเปรียบเทียบสีของน้ำยากับสีมาตราฐาน ทรายที่ใช้ได้ จะต้องให้สีของน้ำยาอยู่ภายในขีดกำหนด

การขจัดสิ่งเจือปน ทำได้หลายวิธี เช่น ล้างน้ำ หรือแยกออกโดยใช้น้ำหรือลม หรือแยกด้วยน้ำยา ที่มีความถ่วงจำเพาะสูง หรือแยกด้วยแม่เหล็ก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.2 การขนย้ายและกองเก็บ เนื่องด้วยความสม่ำเสมอของเนื้อ

คอนกรีตเป็นสิ่งที่ต้องการดังนั้น หินและทราย จะต้องมีความสม่ำเสมอด้วย การขนย้ายหินและทรายตั้งแต่เริ่มผลิตจนถึงที่กองเก็บต้องควบคุมมิให้เกิดการแยกขนาด(segregation) และต้องมิให้ขนาดที่แตกต่างกันมาปะปนกันรวมทั้งต้องป้องกันมิให้สิ่งสกปรกอื่น ๆ มาเจือปน การกองหินและทราย ควรเพิ่มชั้นเป็นชั้น ๆ ให้มีความหนาเท่า ๆ กัน กองที่เป็นรูปกรวยสูงๆ จะทำให้เกิดการแยกขนาด หินที่ปล่อยลงมาจากสายพานหรือกะพร้อสูง ๆ ต้องป้องกันมิให้แตกออกเป็นชิ้นย่อย ๆ ขณะที่หินตกลงมาต้องควบคุมมิให้ลมเป่าส่วนที่ละเอียดกว่าแยกออกไปทางหนึ่ง เมื่อจะนำหินและทรายจากกองไปใช้ ควรตักเอาไปเป็นชั้น ๆ

3.5.2.3 ก้อนใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้(Maxiimum Size of Aggregate) ยิ่งก้อนโตเพียงใดจะยิ่งช่วยให้ใช้ปูนซีเมนต์น้อยลง ทำให้คอนกรีตมีราคาต่ำยิ่งขึ้นและมีคุณภาพดี ทั้งนี้ต้องอยู่ในขีดกำหนด ในที่นี้ขอนำค่าแนะนำโดย ACI มาแสดงเพื่อเป็นแนวทาง

ตารางที่ 3.4 ขนาดหินที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่างๆ

ขนาดที่แคบหรือเล็กที่สุดของคอนกรีต	ก้อนใหญ่ที่สุดของหิน—นิ้ว			
	คาน เสา กำแพงเสริมเหล็ก	กำแพงไม่เสริมเหล็ก	พื้นเสริมเหล็กขนาดหนัก	พื้นเสริมเหล็กขนาดเบาหรือไม่เสริม
2.5-5 นิ้ว	1/2 - 3/4	3/4	3/4 - 1	3/4 - 1/2
6-11	3/4 -1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2 - 3
12-29	1 1/2 - 3	3	1 1/2 - 3	3
30 หรือมากกว่า	1 1/2 - 3	6	1 1/2 - 3	3 - 6

3.5.2.4. ความลดหลั่นของขนาด (Gradation) ของก้อนหินและทราย เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากอันหนึ่ง เพราะช่วยให้คอนกรีตมีราคาถูก มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ คุณภาพดีและทำงานง่าย ในที่นี้ได้นำภาพมาแสดงประกอบเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของหินและทรายวัดโดยร่อนผ่านตระแกรง ซึ่งมีตาเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาดของหิน เริ่มจากตะแกรงเบอร์ 4,3/8",1/2",3/4",1" และ 1 1/2" ถ้าใช้หินขนาดใหญ่ขึ้นไปอีก ก็ต้องใช้ตระแกรง ซึ่งมีตาใหญ่ขึ้นร่วมด้วย ขนาดของตาบนตระแกรงถัดไป จะเพิ่มขึ้นทีละสองเท่า คือ เป็น 3"และ 6" สำหรับตระแกรงคัดขนาดทรายเรียงกัน คือ เบอร์ 4,8,16,30,50 และ 100 ตัวเลขแสดงเบอร์ บอกจำนวนตาของตะแกรงต่อความยาว 1 นิ้ว เช่น ตระแกรงเบอร์ 30 หมายถึง ต่อความยาว 1 นิ้ว จะมี 30 ช่อง ฉะนั้นใน 1 ตารางนิ้ว จะมีจำนวนตาทั้งสิ้น 900 ตา เป็นต้น

ความลดหลั่นของขนาดหินและทราย ควรอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักของหิน และทรายที่ผ่านตระแกรงแต่ละขนาด และให้เส้นแสดงความลดหลั่นของหินและทรายที่ใช้ตกอยู่ภายในพื้นที่ ๆ กำหนด

คุณสมบัติเกี่ยวกับการลดหลั่นของขนาดหินและทราย ยังมีผลต่อการแยกตัวของคอนกรีต ปริมาณน้ำที่ผสม ความสะดวกในการทำงาน ความยากง่ายในการตบแต่งผิวหน้าคอนกรีต รวมทั้งการหาสัดส่วนของหินและทรายในส่วนผสม

ในงานก่อสร้างใหญ่ ๆ แม้ว่าความลดหลั่นของทรายที่หาได้ในท้องถิ่น จะหลุดออกไปนอกขอบเขตที่กำหนด ก็ควรได้ทำส่วนผสมทดลองขึ้นเปรียบเทียบ ถ้าราคาของส่วนผสมที่ใช้ทรายในท้องถิ่นยังถูกกว่าที่จะนำทรายจากแหล่งอื่นมาใช้แล้ว ควรได้พิจารณาใช้ทรายในท้องถิ่นนั้น ทั้งนี้โดยควบคุมมิให้ข้อเสียอันเนื่องมาจากคุณสมบัติที่ขาดไปของทรายในท้องถิ่นมาเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงานก่อสร้าง

3.6 ความเสียหายของคอนกรีต

คอนกรีตในโครงสร้างต่าง ๆ อาจเกิดความเสียหายหรือขาดความทนทานอันเนื่องจากสภาพแวดล้อมหรือสภาพการใช้งานที่ไม่ถูกต้องไม่เหมาะสม ความเสียหายอาจเกิดขึ้นเมื่อเริ่มใช้งาน หรือบางครั้งอาจเกิดขึ้นหลังจากใช้งานโครงสร้างคอนกรีตนั้นไปแล้วช่วงเวลาหนึ่งและความเสียหายอาจเกิดมาจากสาเหตุภายใน หรือภายนอกเนื้อคอนกรีต ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 สาเหตุ คือ

3.6.1 สาเหตุด้านกายภาพ PHYSICAL เช่น ความเสียหายเนื่องจากความร้อนน้ำหนักบรรทุกมากเกินไป เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 สาเหตุด้านเคมี CHEMICAL เช่น มีการซึมผ่านของสารเคมีเข้ามา

กัดกร่อนคอนกรีต และเหล็กเสริม

3.6.3 สาเหตุด้านกล MECHANICAL เช่นการเสียดสี จนเกิดความเสียหาย ขอบเขตของความเสียหายขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเฉพาะที่มาเกี่ยวข้อง อันได้แก่ คุณภาพของคอนกรีต ความหนาแน่นของคอนกรีต และความรุนแรงของสภาพแวดล้อม เป็นต้นในที่นี้จะกล่าวถึงต้นเหตุหลัก ๆ ที่ทำให้เกิดความเสียหายของคอนกรีต รวมทั้งการป้องกันที่เหมาะสม เพื่อลดความเสียหาย เพื่อให้สะดวกและง่าย ปัจจัยหรือสาเหตุต่าง ๆ ทั้ง 3 นี้ จะถูกแยกพิจารณา แต่ในทางปฏิบัติ คอนกรีตอาจจะถูกกระทบจากปัจจัยเพียงหนึ่งหรือสองหรือทั้งสามก็เป็นได้ ดังนั้น การแก้ไขปัญหาในทางปฏิบัติ อาจจำเป็นต้องพิจารณาผลโดยรวม

3.6.1 สาเหตุด้านกายภาพ (PHYSICAL CAUSES OF DETERIORATION)

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้คอนกรีตเสียหายด้านกายภาพ ส่วนใหญ่มาจาก "แรงดึง" (TENSILE STRESS) ที่กระทำต่อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วส่งผลให้คอนกรีตแตกร้าว และสุดท้ายจะทำให้อายุการใช้งานของชิ้นส่วนโครงสร้างลดลง ในที่นี้จะอธิบายถึงสาเหตุสำคัญ ๆ บางประการเท่านั้น

3.6.1.1ความเสียหายโดยน้ำแข็ง แม้ว่าประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน แต่ในบางกรณีที่ความเย็นจัดหรือน้ำแข็งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อคอนกรีตได้ เช่น ในกรณีการก่อสร้างห้องเย็น สำหรับการแช่แข็งสัตว์น้ำเป็นต้น ซึ่งผู้ออกแบบควรจะกำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตที่เหมาะสมเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า เมื่อน้ำแข็งตัวเป็นน้ำแข็งนั้น ปริมาณจะเพิ่มขึ้นประมาณ 9 % ถ้าหน่วยแรง (STRESS) ที่เกิดจากการขยายตัวน้อยกว่าแรงดึงของคอนกรีต การขยายตัว (ELASTIC VOLUME)ของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเมื่อไรหน่วยแรงที่เกิดจากการขยายตัวมากกว่าแรงดึงของคอนกรีตจะเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรถาวร และเกิดการแตกร้าว (CRACKING)แนวทางแก้ไขก็คือ เพิ่มปริมาณฟองอากาศ (ENTRAINED AIR)ขนาด 0.2-0.5 มม.โดยการใส่สารกักฟองอากาศเข้าไปในเนื้อคอนกรีต ฟองอากาศนี้จะกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอเมื่อปริมาตรของน้ำเพิ่มความดันหรือแรงดัน จะถูกทำให้ลดน้อยลงโดยน้ำจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ในฟองอากาศเหล่านี้การแตกร้าวจึงไม่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใส่น้ำยาประเภท AIR ENTRAINING นี้โดยทั่วไปจะเพิ่มฟองอากาศเป็น

3-5 % ถ้าใส่น้ำยามากเกินไป ปริมาณฟองอากาศที่เกิดมากก็จะก่อให้เกิดผลเสีย คือ กำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงอย่างมาก ทุก ๆ 1 % ของฟองอากาศที่เกิน 5 % นี้ จะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตตกประมาณ 5% นอกจากการเพิ่มฟองอากาศแล้ว ควรเลือกใช้คอนกรีตที่มีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพราะแรงดึงของคอนกรีตเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังอัด และควรเลือกใช้หินที่มีขนาดเล็ก ที่มีขนาดคละดี หินขนาดใหญ่หรือหินที่มีรูปร่างแบน ๆ ไม่ควรนำมาใช้ เพราะจะก่อให้เกิดกะเปาะน้ำใต้หิน

3.6.1.2 ความเสียหายโดยความร้อนหรือไฟ คอนกรีตเป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟและมีคุณสมบัติที่ดีในด้านการต้านทานความร้อนและไฟ คือ เมื่อถูกไฟ คอนกรีตจะคงสภาพอยู่ได้อย่างเป็นที่น่าพอใจในช่วงเวลาหนึ่ง แต่เมื่อเวลายาวนานพอ อุณหภูมิในเนื้อคอนกรีตจะแตกต่างกันมาก ผลที่เกิด คือ การแตกร้าว (CRACKING) และการแตกกร่อน (SPALLING) ในช่วงเวลาต่อมา รวมทั้งกำลังจะสูญเสียด้วย เนื่องจากเกิด DEHYDRATE ในซีเมนต์เพสต์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก่อให้เกิดการขยายตัวของซีเมนต์เพสต์ การขยายตัวนี้จะถูกชดเชยด้วยการหดตัว (SHRINKAGE) ที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำถูกขับออกจากเพสต์ ในช่วงต้นการขยายตัวเนื่องจากความร้อน มากกว่าการหด (DRYING SHRINKAG) แต่ในช่วงหลังการหดตัวของเพสต์จะมากกว่าการขยายตัวเนื่องจากความร้อน ผลคือ เพสต์จะหดตัว แต่หิน-ทราย จะเริ่มขยายตัว ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ ก่อให้เกิดแรงดึง (TENSILE STRESS) ในคอนกรีต จะเกิดการแตกร้าวและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเพสต์กับหิน จะลดน้อยลง ดังนั้นกำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงด้วย

การ DEHYDRATE ของเพสต์ จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิตั้งแต่ 250 องศาเซลเซียส และจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และสมบูรณ์ที่อุณหภูมิประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส แต่บางกรณี การ DEHYDRATEเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ถ้าคอนกรีตนี้สัมผัสกับอุณหภูมินี้เป็นเวลานาน แต่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะลดลงด้วย

ผลของอุณหภูมิที่สูงจะกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีตเป็นอิสระต่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ในช่วง 0.40-0.65 คอนกรีตที่ใช้ปูนน้อย จะเสียหายน้อยกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนมาก และถ้าต้องการให้คอนกรีตทนต่ออุณหภูมิสูง ๆ ได้ เป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1.3 ความเสียหายจากน้ำหนักบรรทุก อาจจำแนกออกได้เป็น 3 สาเหตุ คือ

3.6.1.3.1 การบรรทุกเกินน้ำหนัก (OVER LOADING)

3.6.1.3.2 การกระแทก (IMPACT) จากน้ำหนักบรรทุก หรืออุบัติเหตุ

3.6.1.3.3 ความล้าจากน้ำหนักบรรทุกหมุนเวียน(CYCLIC LOADING)

3.6.2 สาเหตุด้านเคมี (CHEMICAL CAUSES OF DETERIORATION)

ความเสียหายอันเกิดจากสาเหตุด้านเคมีมีหลายประการ และความรุนแรงของแต่ละกรณี จะแตกต่างกัน ขอบเขตความเสียหายจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลัก คือ สารที่เข้ามาเกี่ยวข้อง และคุณภาพของคอนกรีตในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะต้นเหตุที่สำคัญบางประการที่ควรทราบและหาทางป้องกัน

3.6.2.1 ความเสียหายโดยซัลเฟต

: ซัลเฟตที่ละลายน้ำเท่านั้นที่จะทำอันตรายต่อคอนกรีต

โดยธรรมชาติ ซัลเฟตแต่ละชนิดมีความสามารถละลายน้ำไม่เท่ากัน กล่าวคือ

1) คัลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) ละลายน้ำเพียง 1.2 กรัม/ลิตร

2) โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ละลายน้ำ 240 กรัม/ลิตร

3) แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) ละลายน้ำ 300 กรัม/ลิตร

จะเห็นได้ชัดว่า แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) มีความสามารถละลายน้ำได้มากกว่า $CaSO_4$ ถึง 250 เท่า นั่นคือ จะทำอันตรายได้มากกว่าด้วย

: ลักษณะการสัมผัสของซัลเฟตและคอนกรีต

การสัมผัสของซัลเฟตกับคอนกรีตแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1) สภาพอยู่นิ่ง (STATIC) เมื่อเกิดปฏิกิริยาระหว่างซัลเฟตกับองค์ประกอบทางเคมีในปูนซีเมนต์แล้ว ปฏิกิริยาจะสิ้นสุดเมื่อถึงจุดสมดุลย์

2) สภาพเคลื่อนไหว (FLOWING) ปฏิกิริยาจะเกิดอยู่ตลอดเวลาเพราะเมื่อเกิดปฏิกิริยา สิ่งที่เกิดจะถูกชะล้างไป และมีซัลเฟตเข้ามาใหม่ ตลอดเวลาจะไม่ถึงจุดสมดุลย์ ในกรณีนี้เช่นโครงสร้างที่อยู่ใต้ดิน ณ ระดับน้ำ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: ขบวนการกัดกร่อนโดยซัลเฟต

ซัลเฟตจะกัดกร่อนและทำอันตรายต่อเพสต์ที่แข็งตัวแล้ว จะไม่ทำอันตรายต่อมวลรวม โดยปฏิกิริยาจะเกิดกับคัลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH_2)$) และ CALCIUM ALUMINATE HYDRATE (CAH) ก่อให้เกิดยิปซัมและ ETTRINGITE (CALCIUM SULPHOALUMINATE) ก่อให้เกิดการขยายตัว ในที่สุด คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าว

สมการปฏิกิริยาเคมีของ Na_2SO_4 และ $MgSO_4$ สามารถแสดงได้ดังนี้

: ความเสียหายเนื่องจาก Na_2SO_4

1) $Ca(OH)_2 + Na_2SO_4 \longrightarrow$ ยิปซั่ม + NaOH

$Ca(OH)_2$ จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ทำปฏิกิริยากับโซเดียมซัลเฟต ก่อให้เกิดยิปซั่ม

2) $CAH + Na_2SO_4 \longrightarrow$ ETTRINGITE + NaOH

CAH จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น C_3A ทำปฏิกิริยากับโซเดียมซัลเฟต ก่อให้เกิด ETTRINGITE

3) ยิปซั่ม + CAH $\longrightarrow$ ETTRINGITE + $Ca(OH)_2$

ยิปซั่มที่เกิดจากปฏิกิริยาที่ 1 ทำปฏิกิริยากับ CAH ก่อให้เกิด ETTRINGITE เพิ่มเติม

ETTRINGITE : $3CaO.\ Al_2O_3.\ 3CaSO_4.\ 31H_2O.$

CAH : $3CaO.\ Al_2O_3.\ 6H_2O.$

ยิปซั่ม : $CaSO_4.\ 2H_2O.$

จากปฏิกิริยา

1) $Ca(OH)_2$ เปลี่ยนเป็น ยิปซั่ม ปริมาตรเพิ่มขึ้น 2.2 เท่า

2) CAH เปลี่ยนเป็น ETTRINGITE เพิ่มขึ้น 2.0 เท่า

จะพบว่าปริมาตรจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ส่งผลให้เกิดความแตกร้าว

: ความเสียหายเนื่องจาก $MgSO_4$

1) $Ca(OH)_2 + MgSO_4 \longrightarrow$ ยิปซั่ม + $Mg(OH)_2$

$Ca(OH)_2$ จากการปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมซัลเฟต ก่อให้เกิดยิปซั่ม

2) $CAH + MgSO_4 \longrightarrow$ ETTRINGITE + $Mg(OH)_2$

CAHจากปฏิกิริยากับแมกนีเซียมซัลเฟต ก่อให้เกิด ETTRINGITE

3) ยิปซั่ม + CAH $\longrightarrow$ ETTRINGITE + $Ca(OH)_2$ SILICATE HYDRATE (MSH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาที่ 1) และ 2) ก่อให้ PH ของสารละลายลดลง ซึ่งส่งผลให้เกิดการไม่อยู่ตัวของ CALCIUM SILICATE HYDRATE (CSH) โดยจะเกิดการสลายตัว

4) CSH -----> SiO_2 (aq) + $Ca(OH)_2$

จากสมการที่ 4 จะพบว่า $Ca(OH)_2$ นี้ จะทำปฏิกิริยากับ $MgSO_4$ ก่อให้เกิดการสลายตัวของ CSH มากขึ้น

5) SiO_2 (aq) + $Mg(OH)_2$ -----> MAGNESIUM SILICATE HYDRATE (MSH)

MSH นี้ ไม่ใช่ตัวที่ก่อให้เกิดการประสาน ดังนั้น จะพบว่า $MgSO_4$ นี้ จะก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงมากกว่า Na_2SO_4

: การป้องกันความเสียหาย

1) ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 5 (ปูนซีเมนต์ต้านทานซัลเฟต) ซึ่งมีปริมาณ C_3A ไม่มากกว่า 5 %

2) ใช้ PULVERIZED FUEL ASH หรือ SLAG ผสม เพื่อ

: ลดปริมาณ $Ca(OH)_2$

: ทำให้คอนกรีตแน่น ลดการซึมผ่านของน้ำ

3) ในกรณีที่โครงสร้างต้องสัมผัสกับซัลเฟตที่รุนแรง อาจต้องใช้วิธีการเคลือบผิวคอนกรีต เพื่อป้องกันโครงสร้าง

3.6.2.2 ความเสียหายโดยกรดต่าง ๆ

คอนกรีตใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทุกประเภท จะเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงในสภาพแวดล้อม ที่เป็นกรด โดยกรดจะกัดกร่อน ซีเมนต์เพสต์ ตามข้อกำหนด ถ้าคอนกรีตที่ต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด คือ มี PH 6 หรือ ต่ำกว่า ผู้ออกแบบควรเลือกกำหนดให้ใช้ปูนซีเมนต์ที่ไม่ใช่ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ เช่น HIGH ALUMINA CEMENT หรือ SUPERSULPHATE CEMENT นอกจากนี้ ถ้าสภาพแวดล้อมมี PH ต่ำกว่า 4 ควรป้องกันคอนกรีต โดยการเคลือบด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสม และจำเป็นต้องเลือกใช้คอนกรีตที่มีส่วนผสมเหมาะสม มีเนื้อแน่นมาก โดยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ไม่ควรเกิน 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2.3 การเสียหายจากปฏิกิริยาระหว่างด่างกับหิน (AIKALI AGGRE--GATE REACTION)

ปฏิกิริยาระหว่างด่างที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน กับแร่ธาตุต่าง ๆ ในเนื้อหิน สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ALKALI CARBONATE REACTION

ปฏิกิริยานี้ จะเกิดกับหินพวก DOLOMITIC LIME STONE ที่มีดินเหนียวแทรกตัวอยู่ในเนื้อหิน โดยหินประเภทนี้ จะทำปฏิกิริยาที่มีชื่อว่า "DEDOLOMITIZATION" สลายตัวเป็นผลึกของ DOLOMITEกับดินเหนียว ซึ่งก่อให้เกิดการขยายตัว หลังจากนี้ ดินเหนียวจะทำปฏิกิริยากับความชื้น เกิดการขยายตัวอีกเช่นกัน

2. ALKALI SILICATE

ชั้นของ SILICATE ในเนื้อหิน ทำปฏิกิริยากับด่าง (ALKALI) จากปฏิกิริยาไฮเดรชันและน้ำ ก่อให้เกิดการขยายตัว

3. ALKALI-SILICA REACTION

หินที่ประกอบด้วย SILACEOUS ที่ไวต่อปฏิกิริยา จะทำปฏิกิริยากับน้ำ และ ALKALI ก่อให้เกิดการขยายตัว

: สภาพที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยา

ความเสียหายจากปฏิกิริยาระหว่างด่างกับหินนี้ จะเกิดขึ้นเมื่อมีสภาพที่เหมาะสม ทั้ง 3 ประการพร้อม ๆ กัน คือ

1) มีปริมาณ ALKALI เพียงพอ

2) มีองค์ประกอบ SILICA ที่ไวต่อปฏิกิริยา

3) มีปริมาณน้ำเพียงพอ

สภาพที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปฏิกิริยา คือ เมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ 75 % อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส

: ความเสียหายที่เกิดขึ้น

ปฏิกิริยาระหว่างด่างกับหินทั้ง 3 ปฏิกิริยา จะก่อให้เกิดความเสียหาย ดังกล่าวคือ

1) ผิวคอนกรีตจะแตกเสียหาย ลักษณะจะเป็นการแตกร้าวกระจายทั่วพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

2) มีน้ำเหนียว ๆ ไหลออกจากผิวคอนกรีต

3) ผิวคอนกรีตจะหลุดร่อน

4) กำลังอัดสูญเสียไป

ความเสียหายจากน้ำทะเล

ความเสียหายของคอนกรีตในน้ำทะเล เนื่องมาจากซัลเฟตและคลอไรด์ ซัลเฟตโดยเฉพาะอย่างยิ่ง แมกนีเซียมซัลเฟต อันตรายต่อคอนกรีต ส่วนคลอไรด์จะซึมเข้าทำอันตรายต่อเหล็กเสริมที่ฝังอยู่ในเนื้อคอนกรีต คอนกรีตในน้ำทะเลอาจถูกทำให้เสียหายโดยการก่อผลึก CRYSTALLIZATION ของเกลือภายในเนื้อคอนกรีตในตำแหน่งที่คอนกรีตอยู่ในสภาพเปียกและแห้งสลับกัน ความเสียหายจะรุนแรงมากในบริเวณเหนือระดับน้ำสูงสุด ซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำทะเลเข้าสู่เนื้อคอนกรีตโดย CAPILLATY ACTION และความเสียหายจะเกิดน้อยในบริเวณระดับน้ำที่อยู่ระหว่างน้ำขึ้น-ลงและจะไม่เกิดความเสียหายเลยในคอนกรีตที่แช่อยู่ในน้ำตลอดเวลา ถ้าคอนกรีตนั้นมีคุณภาพดีพอ

ความทนทานของคอนกรีตในน้ำทะเลจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญคือ ความหนาแน่นของคอนกรีต คอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.45-0.50 รวมทั้งการเทลงแบบและการอัดแน่น ทำอย่างดีจะมีความหนาแน่นมาก สามารถต้านทานต่อสภาพน้ำทะเลได้ดี และการเลือกใช้ประเภทของซีเมนต์ที่เหมาะสม ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ คอนกรีตเสริมเหล็กมีแนวโน้มที่จะเสียหายมากกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริม เนื่องจากการกัดกร่อนเหล็กเสริมจากเกลือคลอไรด์ จะส่งผลให้เกิดสนิม ปริมาตรจะมากขึ้น คอนกรีตที่ห่อหุ้มเหล็กไว้มีแนวโน้มที่จะแตกร้าว และเหล็กจะถูกทำลายมากยิ่งขึ้น การเพิ่มขึ้นของระยะหุ้มเหล็กจะเป็นการป้องกันปัญหาได้อีกทางหนึ่งดยทั่วไประยะหุ้มควรเป็น 60-75 มิลลิเมตร และในบางกรณีใช้ถึง 100 มิลลิเมตร

3.6.3.4 การกัดกร่อนเหล็กเสริม

การศึกษาเรื่องความทนทานของคอนกรีตนั้น ประเด็นที่สำคัญที่สุดที่จำเป็นต้องกล่าวถึง คือ เรื่องการกัดกร่อนเหล็กเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: การป้องกันเหล็กเสริมโดยคอนกรีต

1) การป้องกันทางกล

2) การป้องกันทางเคมี

1) การป้องกันทางกล

คอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม จะเป็นตัวป้องกันการกัดกร่อนของเหล็กเสริมทางกลที่ดี โดยกำหนดที่ป้องกันความชื้น น้ำ และก๊าซต่าง ๆ ซึมผ่านเข้าสู่เหล็กเสริม

การป้องกันจะมีประสิทธิภาพมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับคุณภาพของคอนกรีตโดยเฉพาะส่วนผิวนอก (COVERCRETE) หรือคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมอยู่ รวมทั้งความหนาของระยะหุ้ม

2) การป้องกันทางเคมี

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ก่อให้เกิด $Ca(OH)_2$ ซึ่งมีความเป็นด่างสูง คือ มีค่า PH ประมาณ 12.5-13.0 ความเป็นด่างที่สูงมากของ $Ca(OH)_2$ นี้ จะก่อให้เกิดฟิล์มบาง ๆ ของเหล็กออกไซด์บนผิวเหล็กเสริม ขบวนการป้องกันนี้เรียกว่า "PASSIVATION"

: ขบวนการกัดกร่อนเหล็กเสริม

การกัดกร่อนเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มีสาเหตุใหญ่ ๆ 2 ประการ คือ

1) การกัดกร่อน เนื่องจากความเป็นด่างของคอนกรีตลดลง

2) การกัดกร่อน เนื่องจากมีเกลือคลอไรด์

1) การกัดกร่อน เนื่องจากความเป็นด่างของคอนกรีตลดลง

คอนกรีตปกติเป็นวัสดุที่มีความเป็นด่างสูง คือ มีค่า PH 12.5-13.0 ความเป็นด่างนี้ จะป้องกันไม่ให้เหล็กเสริมกัดกร่อน เมื่อความเป็นด่างลดลง อัตราการกัดกร่อนจะมากขึ้น สาเหตุที่ทำให้ด่างลดลง ได้แก่

1.1 การชะล้าง (LEACHING)

การชะล้าง เป็นตัวการทำให้ความเป็นด่างในเนื้อคอนกรีตลดลง การชะล้างจะมากหรือน้อย ขึ้นกับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

: สภาพของน้ำ น้ำไหลจะชะล้างและก่อให้เกิดความรุนแรงมากกว่าสภาพน้ำนิ่ง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: อุณหภูมิของน้ำ

: ชนิดของซีเมนต์

: ความหนาแน่นของคอนกรีต

: คุณภาพของคอนกรีตที่ผิว

: รูปร่างและอายุของคอนกรีต

1.2 การทำให้คอนกรีตเกิดความเป็นกลาง (NEUTRALIZATION)

1.2.1 ทำให้เป็นกลางโดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอากาศซึมผ่านเข้าทำปฏิกิริยากับ $Ca(OH)_2$ จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น โดยปฏิกิริยานี้ เรียกว่า "CARBONATION" ดังสมการ

$$Ca(OH)_2 + Co_2 \text{ -----> } CaCO_3 + H_2O$$

ปฏิกิริยานี้จะทำให้ความเป็นด่างลดลง จากค่า PH 12.5 เป็น 9.0 หรือน้อยกว่า เมื่อปฏิกิริยา CARBONATION เกิดขึ้น จนถึงเหล็กสนิม มันจะทำลายแผ่น PASSIVATION FILM ที่เกิดขึ้นบนผิวเหล็ก และจะก่อให้เกิดการกัดกร่อน

1.2.2 ทำให้เป็นกลางโดยกรดหรือก๊าซอื่น ๆ กรดและก๊าซอื่น ๆ เช่น SO_2 จะลดค่า PH ในเนื้อคอนกรีต จาก 12.5 เป็น 9 หรือต่ำกว่า ส่งผลให้ PASSIVATION FILM ถูกทำลาย เกิดการกัดกร่อนเหล็กเสริม ได้เช่นเดียวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2. การกัดกร่อนเนื่องจากคลอไรด์

แหล่งคลอไรด์ อาจมาจาก

:ภายในเนื้อคอนกรีต เช่น จากหิน น้ำยาผสมคอนกรีต โดยเฉพาะน้ำยาเร่งการก่อตัว หรืออาจมาจาก น้ำผสมคอนกรีต

: ภายนอกคอนกรีต เช่น จากน้ำทะเล จากพื้นดิน หรือจากเกลือที่ใช้ละลายน้ำแข็งในส่วนที่อากาศหนาวเย็นจัด

เกลือคลอไรด์นี้ จะซึมเข้าในเนื้อคอนกรีต และเฉพาะคลอไรด์อิสระที่ละลายน้ำเท่านั้น ที่จะทำปฏิกิริยากับเหล็กเสริม โดยทำลาย PASSIVATION FILM บางบริเวณ ซึ่งจะก่อให้เกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของความเสียหาย

: การกัดกร่อนเหล็กเสริมเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีลักษณะดังนี้

1. ก่อให้เกิดสนิมสีน้ำตาล

2. จะเกิดบริเวณกว้างและการกัดกร่อนกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

3. จะก่อให้เกิดการแตกร้าวและหลุดร่อนของผิวคอนกรีต

: การกัดกร่อนเหล็กเสริมเนื่องจากคลอไรด์ จะมีลักษณะดังนี้

1. ก่อให้เกิดสนิมสีดำ

2. จะเกิดในบางบริเวณเท่านั้น

3. จะไม่แสดงให้เห็นการแตกร้าวหรือหลุดร่อนของผิวคอนกรีต จนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาอย่างมากแล้ว

4. ความเสียหายจะรุนแรงเนื่องจากจะทำให้พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมลดลง

3.6.3 ความเสียหายด้านกล (MECHANICAL CAUSES OF DET--ERIORATION)

ในโครงสร้างบางประเภท เช่น พื้น ถนน ลานบิน คอนกรีตจะถูกทำให้เกิดความเสียหาย เนื่องจากการเสียดสี (ABRASION) อยู่อย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นคุณสมบัติด้านการต้านทานแรงเสียดสีเป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้ออกแบบต้องนำมาพิจารณาเช่นเดียวกัน ปัญหาเรื่องการทำให้ผิวคอนกรีตสึกกร่อน โดยของเหลว (EROSION) ในโครงสร้างที่สัมผัสน้ำ (HYDRAULIC STRUCTURE) เช่น เสาสะพาน ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อส่วนที่เป็นของแข็งถูกนำมาโดยน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นกรวดตะกอนต่าง ๆ ในน้ำที่มีน้ำไหลด้วยความเร็ว คอนกรีตจะเกิดความเสียหายอย่างมาก โดยเริ่มจากการเป็นรูหรือโพรงและขยายใหญ่ออกไป นอกจากนี้ยังมีอีกกรณีหนึ่งซึ่งแรงดันจากน้ำ จะเป็นตัวการที่ทำให้ผิวของคอนกรีต เกิดความเสียหายโดยทำให้เกิดเป็นรูหรือโพรงขึ้น (CAVITATION) โดยสรุป ผิวคอนกรีตถูกทำให้เสียกายด้านกลจาก 3 ขบวนการ คือ

1. ABRATION

2. EROSION

3. CAVITATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด เพราะมีความแข็งแรง ทนทาน และมีราคาถูก เมื่อเทียบกับวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น อย่างไรก็ตาม การนำคอนกรีตมาใช้งาน ก็ควรให้ความสนใจดูแลเอาใจใส่ ทั้งขั้นตอนการผสม การเท การบ่ม ฯลฯ เพราะหลังจากที่เทคอนกรีตไปแล้ว ถ้าเกิดปัญหาขึ้น เช่น ไม่ได้กำลังอัดตามต้องการ คอนกรีตเป็นรูพรุนหรือเกิดการแตกร้าวขึ้น การแก้ไขจะยุ่งยาก อาจสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก ฉะนั้น ถ้าเราสามารถทราบถึงสาเหตุของปัญหาและสามารถป้องกันไว้ก่อน ก็จะช่วยให้เราได้งานคอนกรีตที่ดีได้

ปัญหาหนึ่งที่เราพบเห็นกันก็คือ การแตกร้าวของคอนกรีต ซึ่งมีการแตกร้าวที่มีผลต่อการรับน้ำหนักของคอนกรีต และการแตกร้าวที่ไม่มีผลต่อการรับน้ำหนัก แต่ก็มีผลต่อความสวยงาม การแตกร้าวของคอนกรีตมีหลายลักษณะ มีทั้งรอยร้าวที่เกิดในคอนกรีตสด และรอยร้าวในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

ในที่นี้ จะพูดถึงรอยแตกร้าว โดยจะเริ่มจากขั้นตอนการเกิดรอยแตกร้าว (Process of Cracking) ก่อน

ขั้นตอนการเกิดรอยร้าว

การแตกร้าวของคอนกรีต มีขั้นตอนของการเกิดได้อย่างไร เป็นเรื่องที่ควรทราบไว้ เพื่อจะได้หาวิธีป้องกันและแก้ไขอย่างถูกต้อง และเพื่อแสดงถึงขั้นตอนของการแตกร้าวอย่างชัดเจน เราจะใช้แบบจำลองของแท่งคอนกรีตมาเป็นตัวอย่างในการพิจารณา

เริ่มแรกเราพิจารณาแท่งคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวดี ซึ่งยังมีความชื้นอยู่และปลายทั้งสองด้านของแท่งคอนกรีตถูกปล่อยไว้อย่างอิสระ ไม่ยึดติดกับวัตถุอื่นใด ต่อมาเมื่อแท่งคอนกรีตแข็งตัว และแห้งลง ก็จะเกิดการหดตัวอย่างอิสระ โดยไม่ถูกรั้งที่ปลายทั้งสองด้าน จึงไม่เกิดหน่วยแรง (Stress) ใด ๆ ในเนื้อคอนกรีต ในสภาวะเช่นนี้ก็จะไม่เกิดการแตกร้าวขึ้น

การแตกร้าวนั้น จะเกิดขึ้นในกรณีที่แท่งคอนกรีตถูกยึดปลายทั้งสองไว้ เมื่อคอนกรีตแห้งตัว จะทำให้เกิดหน่วยแรงดึง (Tesile Stress) ขึ้นในเนื้อคอนกรีต ลักษณะเช่นนี้เหมือนกับว่าเราปล่อยให้คอนกรีตแข็งตัว และเกิดการยึดหดตัวโดยอิสระ ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะเวลาเดียวกันเราก็ดึงแท่งคอนกรีตนี้ให้ยาวออกไปเท่าเดิม แต่เมื่อเวลาผ่านไป คอนกรีตจะเกิดความล้า (Creep) ขึ้น ซึ่งทำให้หน่วยแรงดึงในคอนกรีตลดลง และเมื่อไรก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นคอนกรีตสดหรือคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ถ้าหน่วยแรงดึง (Tensile Stress) ที่เกิดขึ้นสูงกว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต (Tensile Strength) คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าว และหน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตจะหมดไป

ทั้งสี่ขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น เป็นขั้นตอนโดยคร่าว ๆ ของขบวนการเกิดความแตกร้าวทุกชนิดในคอนกรีต ไม่ว่าจะเป็นการแตกร้าวขนาดใหญ่หรือเล็ก ๆ ก็ตาม

หน่วยแรงกับการแตกร้าว

การแตกร้าวเป็นผลเกิดจากการกระทำของหน่วยแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในคอนกรีตชี้ให้เห็นถึงการกระทำของหน่วยแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในคอนกรีต การแตกร้าวจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เหล่านี้

- การหดตัวของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตแห้งและเย็นลง
- คอนกรีตถูกยึดรั้งไว้ไม่สามารถเคลื่อนตัวได้อิสระ
- ความยืดหยุ่นของคอนกรีต (Elasticity)
- ความล้าของคอนกรีต (Creep)
- กำลังรับแรงดึงของคอนกรีต (Tensile Strength)

เราได้ทราบถึงขบวนการเกิดการแตกร้าวของคอนกรีต ซึ่งคงช่วยให้เราเข้าใจถึงหลักการอย่างคร่าว ๆ แล้ว ต่อไปนี้ จะขอกล่าวถึงเรื่องปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบทำให้เกิดการแตกร้าว ซึ่งในเรื่องนี้ L.BOYD MERCER วิศวกรชาวออสเตรเลีย ได้จัดกลุ่มสรุปหาเหตุของการแตกร้าวของคอนกรีตไว้อย่างเป็นระบบ ดังนี้

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการแตกร้าวในคอนกรีตนั้น มีหลายประการ เช่น วัตถุดิบและสัดส่วนในการผสมคอนกรีต การเท การบ่มคอนกรีต เป็นต้น ในที่นี้ เราจะวิเคราะห์ถึงปัจจัยเหล่านี้ คือ

- วัสดุมวลรวม (Aggregate) ได้แก่ หิน ทราย แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบรูปร่างลักษณะของผิวและส่วนคละของวัสดุมวลรวม มีผลต่อการออกแบบส่วนผสม สัมประสิทธิ์การนำความร้อน Drying Shrinkage Stiffness Creep และความแข็งแรงของคอนกรีต เช่น หินและทรายที่มีดินเหนียวปนอยู่ด้วย ดินเหนียวจะหดตัวมากกว่าปูนซีเมนต์ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปูนซีเมนต์ โดยทั่วไปคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์มาก หรือปูนซีเมนต์ที่มีปริมาณซิลิก้าสูง หรือมีความละเอียดสูง เช่น ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ประเภท 3 มีโอกาสที่จะเกิดการแตกร้าวได้มาก

- น้ำ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการผสมคอนกรีต เพราะถ้าใช้ปริมาณน้ำมากเกินความจำเป็นก็มีแนวโน้มที่จะเกิดความแตกร้าวได้มาก และยังทำให้กำลังอัดของคอนกรีตต่ำลงด้วย

- น้ำยาผสมคอนกรีต (Admixtures) น้ำยาบางชนิด อาจมีผลทำให้เกิดการแตกร้าวได้ เช่น น้ำยาเร่งการแข็งตัว แต่น้ำยาบางชนิดก็ช่วยลดการแตกร้าวได้ เช่น น้ำยาหน่วงการก่อตัว

การเทคอนกรีต (Placing) อัตราการเทและสภาพการทำงานมีผลต่อการแตกร้าวอย่างแน่นอน ซึ่งมักเป็นผลมาจากการเยิ้มของคอนกรีต (Bleeding) น้ำที่เยิ้มขึ้นมาที่ส่วนบนของคอนกรีต จะทำให้เกิดช่องว่างใต้ดิน โดยเฉพาะส่วนที่ทำให้เกิดการแตกร้าวภายในได้ รวมทั้งการแยกตัวของคอนกรีตอุณหภูมิภายนอก การทรุดตัวไม่เท่ากันของพื้นล่าง หรือส่วนที่เป็นแบบรองรับคอนกรีต ก็สามารถทำให้เกิดการแตกร้าวได้เช่นกัน

สภาพการทำงาน

นับเป็นปัจจัยภายนอกที่เข้ามาเกี่ยวข้องในขณะทำงานคอนกรีต เช่น

- อุณหภูมิ (Temperature) ปกติ อัตราการรับกำลังได้ของคอนกรีตจะแปรตามอุณหภูมิ อย่างไรก็ตาม อิทธิพลที่สำคัญของอุณหภูมิที่มีผลต่อคอนกรีต คือ เมื่อคอนกรีตเย็นตัวลง จะหดตัว โดยเฉพาะงานคอนกรีตในอากาศร้อน และงานคอนกรีตที่มีปริมาณมาก ๆ (Mass Concrete) พื้นคอนกรีตที่หล่อขณะอากาศเย็น จะเกิดการแตกร้าวน้อยกว่าหล่อในขณะอากาศร้อน ลักษณะเช่นนี้ จะเกิดกับงานคอนกรีตสำหรับโครงสร้างอื่น ๆ ด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ การเทคอนกรีตปริมาณมาก ๆ จึงมักเทในเวลากลางคืน

- การสัมผัสกับสภาพรอบข้าง (Exposure) ลักษณะอากาศที่คอนกรีตสัมผัสมีอิทธิพลอย่างมากต่อการแตกร้าวของคอนกรีต อุณหภูมิและความชื้นที่แตกต่างกันมากในช่วงวัน เป็นผลทำให้เกิดการรั้งภายในของคอนกรีตอย่างมาก (Internal Restain) เพราะว่าการยืดหดตัวของผิวนอกและส่วนที่อยู่ภายในไม่เท่ากัน ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การดำเนินการวิจัย

4.1 การดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องนี้เป็นการวิจัยเชิงทดสอบเพื่อหากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำเสียจากชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ทดสอบโดยใช้แท่งหล่อคอนกรีตแบบ Cylinder ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร โดยการเปรียบเทียบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำเสียจากชุมชน และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมกับที่ถูกแช่อยู่ในน้ำสะอาดธรรมดาที่มีอายุคอนกรีต 7,14,21 และ 28 วัน แล้วนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบกัน

4.2 วิธีการทดสอบ

แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วนคือ

4.2.1. คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำทิ้งจากเขตชุมชนจำนวน 42 ตัวอย่าง

4.2.2. คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 63 ตัวอย่าง

4.2.3. คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำที่สะอาดจำนวน 12 ตัวอย่าง

รวมใช้แท่งหล่อคอนกรีตทั้งหมด 117 ตัวอย่าง

4.2.1. คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำทิ้งจากเขตชุมชน

4.2.1.1. คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำทิ้งจากชุมชนร่มเกล้าใช้แท่งหล่อคอนกรีตทดสอบจำนวน 21 ตัวอย่างโดยทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่มีอายุ7,14,21และ 28 วันโดยใช้แบบหล่อคอนกรีตตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างต่อชุดรวมใช้แบบหล่อคอนกรีตตัวอย่าง 12 ตัวอย่างและทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำที่สะอาด7,14 และ 21วันแล้วนำมาแช่ในน้ำเสียจากชุมชนร่มเกล้าจนครบ 28 วันโดยใช้แบบหล่อคอนกรีตตัวอย่าง 3 ตัวอย่างต่อชุดรวมใช้แบบหล่อตัวอย่าง 9 ตัวอย่างดังนั้นใช้แบบหล่อตัวอย่างทั้งหมด 21 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2. คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำเสียจากคลองพระโขนงจำนวน 21 ตัวอย่าง วิธีการทดสอบก็เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 4.2.1.1. แต่เปลี่ยนน้ำทิ้งจากชุมชนร่มเกล้ามาเป็นน้ำเสียจากคลองพระโขนง

4.2.2.คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

4.2.2.1. คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตรถยนต์ HONDAโดยใช้แท่งหล่อคอนกรีตจำนวน 21 ตัวอย่างโดยการทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่อายุ 7,14,21 และ 28 วันโดยใช้แบบหล่อคอนกรีตตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างต่อชุดรวมใช้แบบหล่อคอนกรีตตัวอย่าง 12 ตัวอย่างและทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำสะอาด 7,14 และ 21 วันแล้วนำมาแช่ในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตรถยนต์HONDA จนครบ 28 วันโดยใช้แบบหล่อตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างต่อชุด รวมใช้แบบหล่อตัวอย่างจำนวน 9 ตัวอย่างดังนั้นใช้แบบหล่อตัวอย่างคอนกรีตจำนวน 21 ตัวอย่าง

4.2.2.2. คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำทิ้งจากบริษัท K.C.E. ELECTRONIC จำกัด จำนวน 21 ตัวอย่างวิธีการทดสอบก็เช่นเดียวกันกับหัวข้อที่ 4.2.2.1. เพียงเปลี่ยนจากน้ำทิ้งโรงงานผลิตรถยนต์มาเป็นน้ำทิ้งจากบริษัท K.C.E. ELECTRONIC จำกัด

4.2.2.3. คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียจากนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังจำนวน 21 ตัวอย่างวิธีการทดสอบก็เช่นเดียวกันกับหัวข้อที่ 4.2.2.1. เพียงเปลี่ยนน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตรถยนต์มาเป็นน้ำจากบ่อบำบัด

4.2.3.คอนกรีตที่ถูกแช่อยู่ในน้ำสะอาด

ใช้แบบหล่อคอนกรีตจำนวน 12 ตัวอย่าง เพื่อหากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่มีอายุ 7,14,21และ 28 วันใช้แบบหล่อตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างต่อชุดดังนั้นใช้แบบหล่อตัวอย่างทั้งหมด 12 ตัวอย่าง

4.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ

4.3.1.น้ำเสีย

4.3.1.1.น้ำทิ้งจากชุมชน

ก.น้ำทิ้งจากชุมชนร่มเกล้า เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.น้ำจากคลองพระโขนง เขตพระโขนง กรุงเทพฯ

4.3.1.2.น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ก.โรงงานผลิตรถยนต์ HONDA

ข.บริษัท K.C.E. ELECTRONIC

ค.บ่อบำบัดน้ำเสียจากนิคมอุตสาหกรรม ลาดกระบัง

4.3.2.ระยะเวลาที่แท่งทดสอบถูกแช่อยู่ในเสีย 7,14,21 และ 28 วัน

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.4.1.โม่ผลิตคอนกรีต เป็นโม่ผสมชนิดเอียง Tilting Drum Mixer มีถังผสมเป็นรูปกรวยเดินเครื่องด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 2 เฟสความจุคอนกรีตประมาณ 7 ล.บ.ฟ.ความเร็วของถังหมุน 25 รอบ/นาที มอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า

4.4.2. แบบหล่อชิ้นตัวอย่าง (MOLD) แบบหล่อที่ใช้หล่อแท่งคอนกรีตเป็นแบบมาตรฐาน ASTM C-192 ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร

4.4.3. ตระแกรงร่อนทราย,หิน

ตระแกรงร่อนทรายเบอร์ 4,8,16,30,50,100,200,pan

ตระแกรงร่อนหินเบอร์ 2",1",3/4",1/2",pan

4.4.4. เครื่องมือวัด ฟุตเหล็ก

4.4.5. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ digital อ่านค่าความละเอียดได้ถึง 0.001 Kg

4.4.6. เครื่อง UNIVERSAL TESTING MACHINE ขนาด 150 ตัน มีระบบการทำงานแบบไฮโดรลิกส์ควบคุมการทำงานด้วยพวงมาลัยบังคับด้วยมือ

4.4.7. ตู้อบไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การนำเสนอผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT การศึกษาการใช้สารเคมีผสมคอนกรีตในน้ำเค็ม บ่มในน้ำสะอาด

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	JOHN	178.30	30.00	12.277	10.0	30 / 1 /37	7 / 2 /37	7	33,120	185.75	2,636.44	2,295.15	142.99	
2	JOHN	176.21	30.00	12.599	10.0	30 / 1 /37	7 / 2 /37	7	32,160	182.51	2,590.46	2,383.39	148.49	182.4
3	JOHN	179.87	30.00	12.743	10.0	30 / 1 /37	7 / 2 /37	7	32,220	179.13	2,542.48	2,361.52	147.12	
4	JOHN	180.17	30.00	13.724	10.0	30 / 1 /37	14 / 2 /37	14	37,560	208.47	2,958.92	2,539.06	158.18	
5	JOHN	179.69	30.00	13.624	10.0	30 / 1 /37	14 / 2 /37	14	36,540	203.35	2,886.25	2,527.33	157.45	212.8
6	JOHN	175.85	30.00	13.331	10.0	30 / 1 /37	14 / 2 /37	14	39,870	226.73	3,218.09	2,527.01	157.43	
7	JOHN	180.78	30.00	12.829	10.0	30 / 1 /37	21 / 2 /37	21	39,120	216.40	3,071.47	2,365.53	147.37	
8	JOHN	179.75	30.00	12.798	10.0	30 / 1 /37	21 / 2 /37	21	40,560	225.65	3,202.76	2,373.31	147.86	127.0
9	JOHN	178.18	30.00	12.628	10.0	30 / 1 /37	21 / 2 /37	21	42,600	239.08	3,393.38	2,362.36	147.18	
10	JOHN	178.30	30.00	12.816	10.0	30 / 1 /37	28 / 2 /37	28	45,320	254.17	3,607.56	2,395.92	149.27	
11	JOHN	178.72	30.00	12.851	10.0	30 / 1 /37	28 / 2 /37	28	43,600	243.95	3,462.50	2,396.80	149.32	248.9
12	JOHN	178.24	30.00	12.891	10.0	30 / 1 /37	28 / 2 /37	28	44,340	248.76	3,530.78	2,410.75	150.19	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.
2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.
3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.
4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT การศึกษาการใช้งานอัลตราโซนิคทดสอบคอนกรีตที่แช่ในน้ำเสีย บ่อบำบัดน้ำเสีย

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	SOMVANG	177.34	30.00	12.977	10.0	30 / 1 /37	7 / 2 /37	7	32,940	185.74	2,636.30	2,439.16	151.96	
2	SOMVANG	178.12	30.00	12.871	10.0	30 / 1 /37	7 / 2 /37	7	34,260	192.34	2,729.98	2,408.63	150.06	189.7
3	SOMVANG	180.23	30.00	12.823	10.0	30 / 1 /37	7 / 2 /37	7	34,440	191.09	2,712.24	2,371.57	147.75	
4	SOMVANG	177.82	30.00	12.689	10.0	30 / 1 /37	14 / 2 /37	14	34,640	194.80	2,764.89	2,378.59	148.19	
5	SOMVANG	180.60	30.00	12.962	10.0	30 / 1 /37	14 / 2 /37	14	38,940	215.62	3,060.40	2,392.46	149.05	203.9
6	SOMVANG	179.21	30.00	12.769	10.0	30 / 1 /37	14 / 2 /37	14	36,120	201.56	2,860.84	2,375.10	147.97	
7	SOMVANG	179.31	30.00	13.411	10.0	30 / 1 /37	21 / 2 /37	21	39,120	217.56	3,087.94	2,486.15	154.89	
8	SOMVANG	180.17	30.00	12.751	10.0	30 / 1 /37	21 / 2 /37	21	38,440	213.35	3,028.18	2,359.04	146.97	216.3
9	SOMVANG	180.60	30.00	13.321	10.0	30 / 1 /37	21 / 2 /37	21	39,400	218.17	3,096.60	2,458.72	153.18	
10	SOMVANG	177.76	30.00	12.877	10.0	30 / 1 /37	28 / 2 /37	28	38,990	219.34	3,113.20	2,414.64	150.43	
11	SOMVANG	181.08	30.00	12.818	10.0	30 / 1 /37	28 / 2 /37	28	40,900	225.87	3,205.89	2,359.55	147.00	223.1
12	SOMVANG	177.22	30.00	12.664	10.0	30 / 1 /37	28 / 2 /37	28	39,740	224.24	3,182.75	2,381.93	148.39	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.

3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT การศึกษาการใช้งานจริงของคอนกรีตพื้นชั้นในน้ำเสีย ชุมชนร่มเกล้า

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	NUD	181.14	30.00	13.006	10.0	28 /12 /36	4 / 1 /37	7	30,300	167.27	2,374.15	2,393.36	149.11	
2	NUD	177.46	30.00	12.952	10.0	28 /12 /36	4 / 1 /37	7	28,440	160.26	2,274.65	2,432.81	151.56	175.1
3	NUD	176.38	30.00	13.002	10.0	28 /12 /36	4 / 1 /37	7	34,920	197.98	2,810.03	2,457.13	153.08	
4	NUD	177.46	30.00	13.042	10.0	28 /12 /36	11 / 1 /37	14	36,120	203.54	2,888.94	2,449.72	152.62	
5	NUD	179.75	30.00	13.082	10.0	28 /12 /36	11 / 1 /37	14	35,100	195.27	2,771.56	2,425.97	151.14	203.3
6	NUD	179.27	30.00	12.963	10.0	28 /12 /36	11 / 1 /37	14	37,860	211.19	2,997.53	2,410.38	150.17	
7	NUD	174.89	30.00	12.584	10.0	28 /12 /36	18 / 1 /37	21	38,900	222.42	3,156.92	2,398.42	149.42	
8	NUD	178.91	30.00	12.927	10.0	28 /12 /36	18 / 1 /37	21	39,940	223.25	3,168.70	2,408.54	150.05	217.6
9	NUD	185.53	30.00	13.504	10.0	28 /12 /36	18 / 1 /37	21	38,460	207.30	2,942.31	2,426.22	151.15	
10	NUD	178.72	30.00	13.003	10.0	28 /12 /36	25 / 1 /37	28	40,300	225.49	3,200.49	2,425.15	151.09	
11	NUD	177.64	30.00	12.763	10.0	28 /12 /36	25 / 1 /37	28	42,550	239.53	3,399.77	2,394.88	149.20	234.9
12	NUD	177.70	30.00	12.829	10.0	28 /12 /36	25 / 1 /37	28	42,600	239.73	3,402.61	2,406.45	149.92	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.

3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT การศึกษากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่แช่ในน้ำเค็ม โรงงาน HONDA

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	JAN	180.53	30.00	12.819	10.0	31 / 1 /37	8 / 2 /37	7	30,780	170.49	2,419.85	2,366.86	147.46	
2	JAN	180.05	30.00	12.979	10.0	31 / 1 /37	8 / 2 /37	7	33,660	186.95	2,653.47	2,402.84	149.70	181.4
3	JAN	179.45	30.00	13.080	10.0	31 / 1 /37	8 / 2 /37	7	33,540	186.91	2,652.91	2,429.68	151.37	
4	JAN	178.48	30.00	13.086	10.0	31 / 1 /37	15 / 2 /37	14	42,040	235.54	3,343.14	2,443.92	152.26	
5	JAN	173.94	30.00	12.691	10.0	31 / 1 /37	15 / 2 /37	14	39,200	225.36	3,198.65	2,432.04	151.52	226.5
6	JAN	180.05	30.00	12.924	10.0	31 / 1 /37	15 / 2 /37	14	39,410	218.88	3,106.67	2,392.66	149.06	
7	JAN	179.69	30.00	12.971	10.0	31 / 1 /37	22 / 2 /37	21	38,600	214.82	3,049.05	2,406.20	149.91	
8	JAN	178.66	30.00	12.976	10.0	31 / 1 /37	22 / 2 /37	21	37,200	208.21	2,955.23	2,420.93	150.82	220.1
9	JAN	178.24	30.00	13.043	10.0	31 / 1 /37	22 / 2 /37	21	42,300	237.32	3,368.40	2,439.18	151.96	
10	JAN	180.29	30.00	13.001	10.0	31 / 1 /37	29 / 2 /37	28	34,980	194.02	2,753.82	2,403.68	149.75	
11	JAN	179.75	30.00	12.961	10.0	31 / 1 /37	29 / 2 /37	28	28,320	157.55	2,236.19	2,403.54	149.74	196.5
12	JAN	178.00	30.00	12.787	10.0	31 / 1 /37	29 / 2 /37	28	42,360	237.97	3,377.63	2,394.53	149.18	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.

3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT คลองพระโขนง

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	JIM	176.80	30.00	13.042	10.0	15 /12 /36	22 /12 /36	7	28,300	160.06	2,271.81	2,458.85	153.19	
2	JIM	177.46	30.00	13.082	10.0	15 /12 /36	22 /12 /36	7	28,680	161.61	2,293.81	2,457.23	153.09	158.7
3	JIM	177.28	30.00	12.963	10.0	15 /12 /36	22 /12 /36	7	27,420	154.67	2,195.31	2,437.35	151.85	
4	JIM	180.23	30.00	13.724	10.0	15 /12 /36	29 /12 /36	14	30,960	171.78	2,438.16	2,538.21	158.13	
5	JIM	178.66	30.00	13.624	10.0	15 /12 /36	29 /12 /36	14	30,120	168.58	2,392.74	2,541.83	158.36	171.6
6	JIM	178.66	30.00	13.331	10.0	15 /12 /36	29 /12 /36	14	31,210	174.69	2,479.46	2,487.16	154.95	
7	JIM	182.48	30.00	12.975	10.0	15 /12 /36	5 / 1 /37	21	33,960	186.11	2,641.55	2,370.18	147.66	
8	JIM	182.29	30.00	13.055	10.0	15 /12 /36	5 / 1 /37	21	33,500	183.77	2,608.34	2,387.18	148.72	182.6
9	JIM	182.17	30.00	12.855	10.0	15 /12 /36	5 / 1 /37	21	32,460	178.18	2,529.00	2,352.18	146.54	
10	JIM	180.90	30.00	12.891	10.0	15 /12 /36	12 / 1 /37	28	40,480	223.77	3,176.08	2,375.38	147.99	
11	JIM	184.79	30.00	13.027	10.0	15 /12 /36	12 / 1 /37	28	40,300	218.08	3,095.32	2,349.83	146.39	224.2
12	JIM	183.08	30.00	13.081	10.0	15 /12 /36	12 / 1 /37	28	42,250	230.77	3,275.43	2,381.60	148.37	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.

3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT การศึกษาทางวิศวกรรมโครงสร้าง โรงงาน K.C.E

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	JOHN	176.74	30.00	13.042	10.0	19 / 1 /37	26 / 1 /37	7	32,220	182.30	2,587.48	2,459.68	153.24	
2	JOHN	183.63	30.00	13.082	10.0	19 / 1 /37	26 / 1 /37	7	28,560	155.53	2,207.52	2,374.67	147.94	166.6
3	JOHN	179.81	30.00	12.963	10.0	19 / 1 /37	26 / 1 /37	7	29,160	162.17	2,301.76	2,403.10	149.71	
4	JOHN	180.17	30.00	13.724	10.0	19 / 1 /37	3 / 2 /37	14	35,040	194.48	2,760.35	2,539.06	158.18	
5	JOHN	179.69	30.00	13.624	10.0	19 / 1 /37	3 / 2 /37	14	31,050	172.80	2,452.64	2,527.33	157.45	185.7
6	JOHN	175.85	30.00	13.331	10.0	19 / 1 /37	3 / 2 /37	14	33,390	189.88	2,695.06	2,527.01	157.43	
7	JOHN	177.64	30.00	12.975	10.0	19 / 1 /37	10 / 2 /37	21	37,390	210.48	2,987.45	2,434.66	151.68	
8	JOHN	180.84	30.00	13.055	10.0	19 / 1 /37	10 / 2 /37	21	35,140	194.32	2,758.08	2,406.40	149.92	198.2
9	JOHN	179.45	30.00	12.855	10.0	19 / 1 /37	10 / 2 /37	21	34,090	189.97	2,696.34	2,387.89	148.77	
10	JOHN	178.78	30.00	12.891	10.0	19 / 1 /37	17 / 2 /37	28	39,600	221.50	3,143.86	2,403.45	149.73	
11	JOHN	177.88	30.00	13.027	10.0	19 / 1 /37	17 / 2 /37	28	37,410	210.31	2,985.03	2,441.12	152.08	217.4
12	JOHN	181.32	30.00	13.081	10.0	19 / 1 /37	17 / 2 /37	28	39,990	220.55	3,130.38	2,404.75	149.82	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.

3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT การศึกษากำลังอัดประลัยของคอนกรีต บ่มในน้ำดีแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจาก บ่อบำบัดน้ำเสีย

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	PAI	178.00	30.00	12.791	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	30,000	168.54	2,392.17	2,395.28	149.23	
2	PAI	181.75	30.00	12.830	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	32,100	176.62	2,506.86	2,353.09	146.60	177.3
3	PAI	178.36	30.00	12.956	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	33,360	187.03	2,654.61	2,421.27	150.85	
4	PAI	177.46	30.00	12.714	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	37,200	209.62	2,975.24	2,388.11	148.78	
5	PAI	177.52	30.00	12.634	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	38,740	218.23	3,097.45	2,372.28	147.79	217.4
6	PAI	178.72	30.00	12.885	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	40,130	224.48	3,186.16	2,403.14	149.72	
7	PAI	178.84	30.00	12.75	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	41,000	229.25	3,253.86	2,376.36	148.05	
8	PAI	178.91	30.00	12.707	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	42,700	238.67	3,387.56	2,367.55	147.50	235.5
9	PAI	180.78	30.00	12.766	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	43,150	238.69	3,387.85	2,353.92	146.65	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.

3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT การศึกษาการใช้งานจริงประสิทธิภาพของการใช้งานประสิทธิภาพของคอนกรีต บ่มในน้ำดีแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจาก ชุมชนร่มเกล้า

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	SON	177.46	30.00	12.843	10.0	4 / 1 /37	2 / 2 /37	28	38,450	216.67	3,075.31	2,412.34	150.29	
2	SON	176.98	30.00	12.772	10.0	4 / 1 /37	2 / 2 /37	28	39,900	225.45	3,199.92	2,405.50	149.86	224.7
3	SON	178.91	30.00	12.945	10.0	4 / 1 /37	2 / 2 /37	28	41,520	232.08	3,294.03	2,411.89	150.26	
4	SON	178.48	30.00	12.987	10.0	4 / 1 /37	2 / 2 /37	28	44,000	246.52	3,498.98	2,425.43	151.10	
5	SON	178.60	30.00	12.958	10.0	4 / 1 /37	2 / 2 /37	28	43,300	245.24	3,480.81	2,418.38	150.67	238.4
6	SON	182.41	30.00	13.069	10.0	4 / 1 /37	2 / 2 /37	28	40,300	223.67	3,174.66	2,388.15	148.78	
7	SON	179.27	30.00	12.985	10.0	4 / 1 /37	2 / 2 /37	28	45,570	254.20	3,607.99	2,414.47	150.42	
8	SON	179.75	30.00	12.902	10.0	4 / 1 /37	2 / 2 /37	28	44,400	247.01	3,505.94	2,392.59	149.06	249.2
9	SON	180.84	30.00	13.009	10.0	4 / 1 /37	2 / 2 /37	28	44,600	246.63	3,500.54	2,397.92	149.39	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.

3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT การศึกษาการใช้งานจริงประสิทธิภาพของคอนกรีตที่ผสมในน้ำเสีย บ่มในน้ำดีแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจาก โรงงาน HONDA

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	SAM	178.30	30.00	12.763	10.0	7 / 1 /37	5 / 2 /37	28	41,220	231.18	3,281.25	2,386.01	148.65	
2	SAM	180.41	30.00	12.856	10.0	7 / 1 /37	5 / 2 /37	28	40,120	222.38	3,156.35	2,375.28	147.98	229.6
3	SAM	179.03	30.00	12.837	10.0	7 / 1 /37	5 / 2 /37	28	42,120	235.27	3,339.30	2,390.16	148.91	
4	SAM	177.94	30.00	12.855	10.0	7 / 1 /37	5 / 2 /37	28	43,120	242.32	3,439.37	2,408.08	150.02	
5	SAM	176.68	30.00	12.663	10.0	7 / 1 /37	5 / 2 /37	28	43,600	246.77	3,502.53	2,389.01	148.84	243.9
6	SAM	177.16	30.00	12.872	10.0	7 / 1 /37	5 / 2 /37	28	42,990	242.66	3,444.19	2,421.87	150.88	
7	SAM	179.63	30.00	12.815	10.0	7 / 1 /37	5 / 2 /37	28	43,080	239.83	3,404.03	2,378.06	148.15	
8	SAM	178.30	30.00	12.798	10.0	7 / 1 /37	5 / 2 /37	28	45,620	255.86	3,631.55	2,392.55	149.06	248.1
9	SAM	178.91	30.00	12.847	10.0	7 / 1 /37	5 / 2 /37	28	44,520	248.85	3,532.05	2,393.63	149.12	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.
2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.
3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.
4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT การศึกษาการใช้งานอัดประสิทธิของคอนกรีตที่ผสมในน้ำเสีย บ่มในน้ำดีแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจาก คลองพระโขนง

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	PONG	176.38	30.00	13.020	10.0	11 / 1 /37	9 / 2 /37	28	34,200	193.89	2,751.98	2,460.53	153.29	
2	PONG	177.46	30.00	12.734	10.0	11 / 1 /37	9 / 2 /37	28	35,940	202.52	2,874.47	2,391.86	149.01	200.2
3	PONG	178.84	30.00	12.930	10.0	11 / 1 /37	9 / 2 /37	28	36,540	204.31	2,899.87	2,409.91	150.14	
4	PONG	180.17	30.00	12.849	10.0	11 / 1 /37	9 / 2 /37	28	39,240	217.79	3,091.20	2,377.17	148.10	
5	PONG	181.81	30.00	13.09	10.0	11 / 1 /37	9 / 2 /37	28	38,120	209.67	2,975.95	2,399.98	149.52	218.7
6	PONG	178.42	30.00	12.846	10.0	11 / 1 /37	9 / 2 /37	28	40,800	228.67	3,245.63	2,399.91	149.51	
7	PONG	175.61	30.00	12.778	10.0	11 / 1 /37	9 / 2 /37	28	42,600	242.59	3,443.20	2,425.47	151.11	
8	PONG	186.76	30.00	13.586	10.0	11 / 1 /37	9 / 2 /37	28	46,200	247.38	3,511.19	2,424.89	151.07	252.4
9	PONG	183.94	30.00	13.251	10.0	11 / 1 /37	9 / 2 /37	28	49,200	267.48	3,796.48	2,401.35	149.60	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.
2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.
3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.
4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND. TEL 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT การศึกษากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่บ่มในน้ำเสีย บ่มในน้ำดีแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจาก โรงงาน K.C.E

SPEC. NO.	CODE OF STRUCTURE	CROSS SECTION (cm^2)	HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	SLUMP (cm.)	DATE OF CASTED (D/M/Y)	DATE OF TESTED (D/M/Y)	AGES (days)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMP. STRENGTH (ksc)	COMP. STRENGTH (psi)	WEIGHT PER VOLUME kg/cu.m.	WEIGHT PER VOLUME lb/cu.ft.	AVERAGE
1	TEE	178.36	30.00	12.740	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	37,520	210.36	2,985.74	2,380.91	148.33	
2	TEE	178.30	30.00	13.118	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	40,170	225.29	3,197.65	2,452.37	152.78	219.3
3	TEE	178.60	30.00	12.761	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	39,710	222.34	3,155.78	2,381.62	148.37	
4	TEE	178.54	30.00	12.849	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	46,980	263.13	3,734.74	2,398.85	149.45	
5	TEE	178.72	30.00	12.949	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	41,120	230.07	3,265.50	2,415.08	150.46	245.7
6	TEE	183.08	30.00	12.766	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	44,700	244.15	3,465.34	2,324.25	144.80	
7	TEE	176.03	30.00	12.751	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	44,540	253.03	3,591.38	2,414.60	150.43	
8	TEE	178.54	30.00	13.021	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	43,830	245.49	3,484.36	2,430.96	151.45	249.2
9	TEE	176.68	30.00	12.773	10.0	1 / 2 /37	29 / 2 /37	28	44,040	249.28	3,537.87	2,409.76	150.13	

TYPE OF SAMPLE..... *CYLINDER

METHOD OF CASTED.... *MANUAL

Note :1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

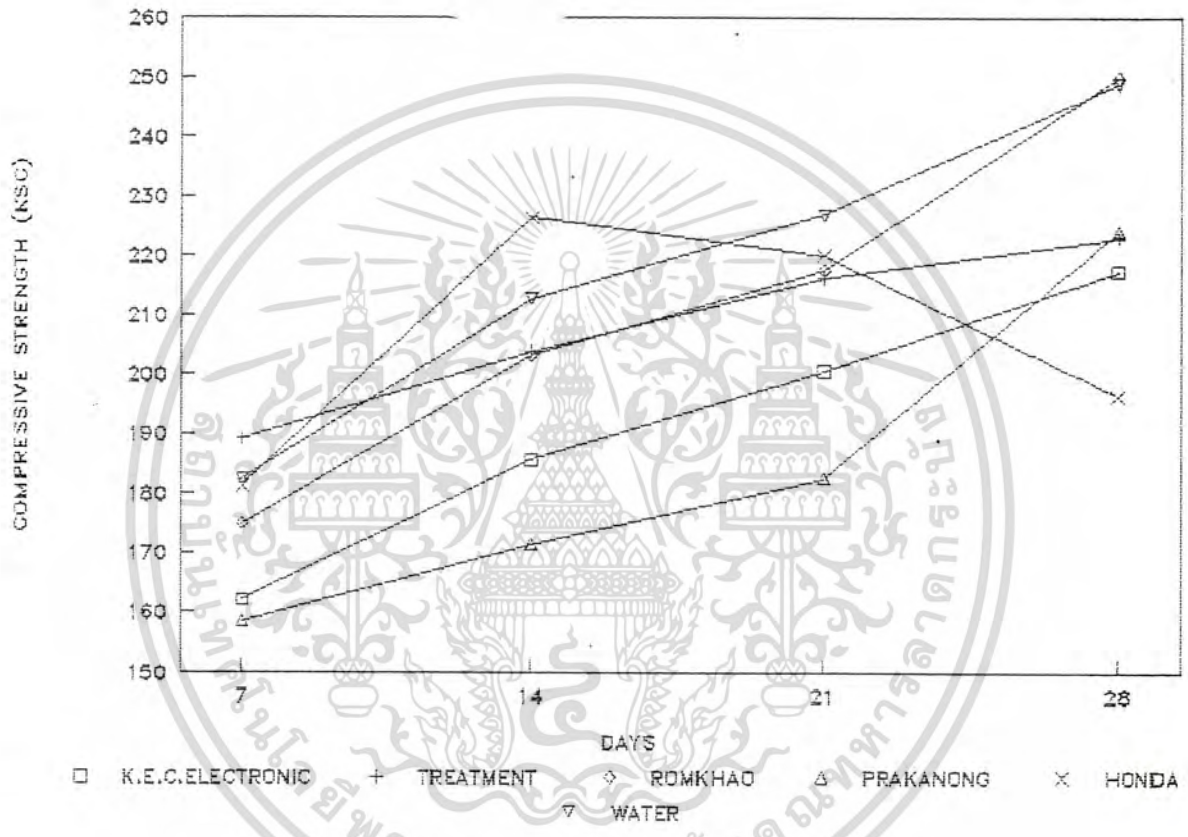
2) 'AGE' CALCULATED FROM INFORMATION MARKED ON, OR SUPPLIED WITH SAMPLES.

3) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

4) RESULT HAVE ..... SAMPLES.

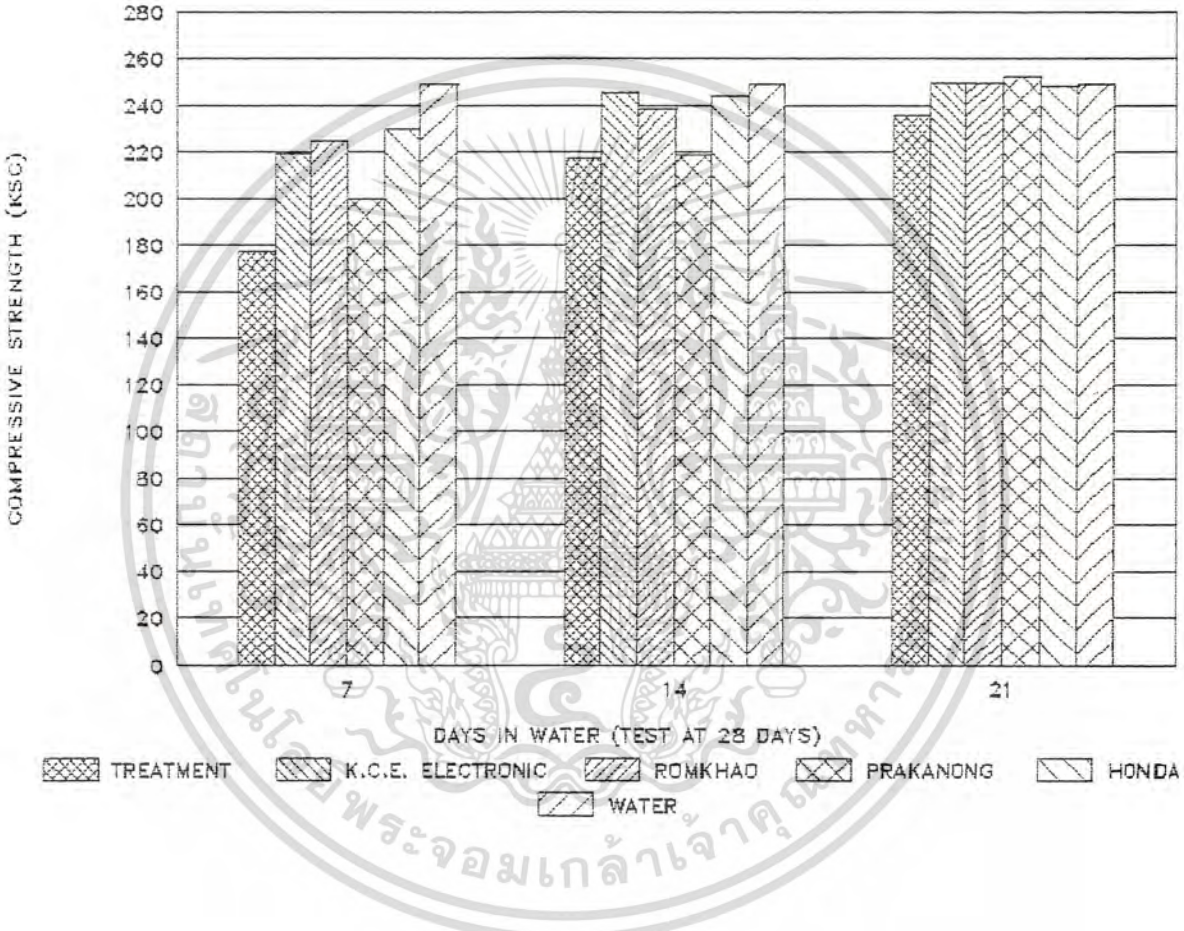
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.1 แสดงกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำเสียจากที่ต่างๆ
เป็นเวลา 7,14,21 และ 28 วัน



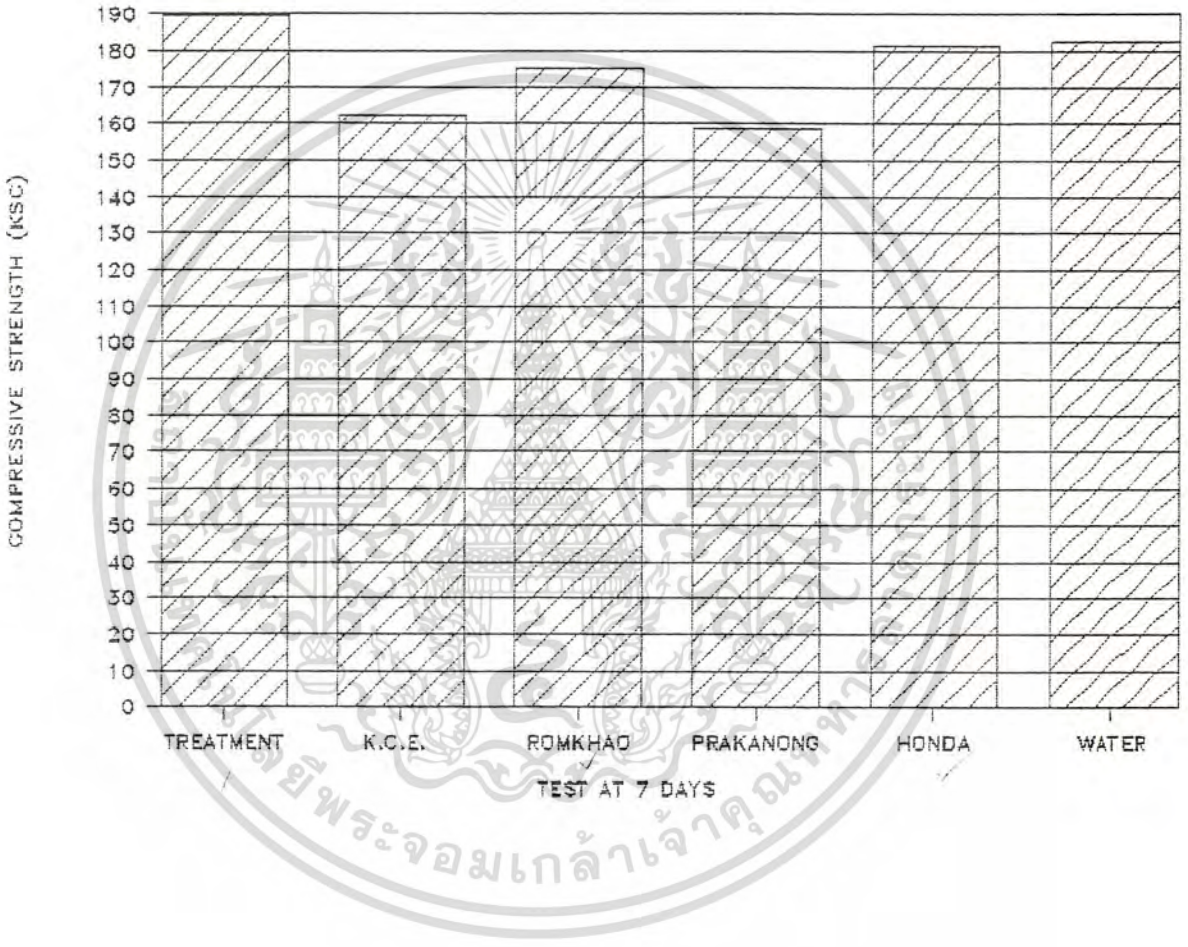
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.2 แสดงกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำสะอาด 7,14, 21 และ 28 วัน



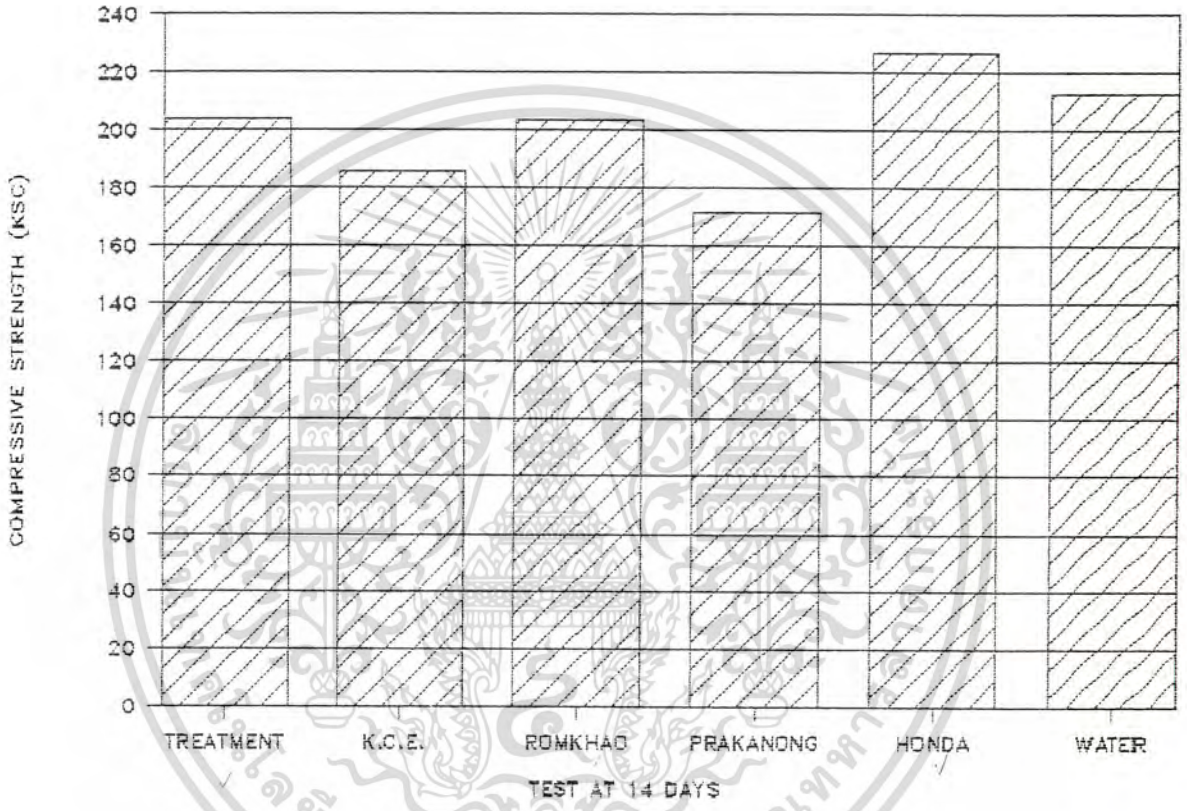
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำจากที่ต่างๆ เป็นเวลา 7 วัน



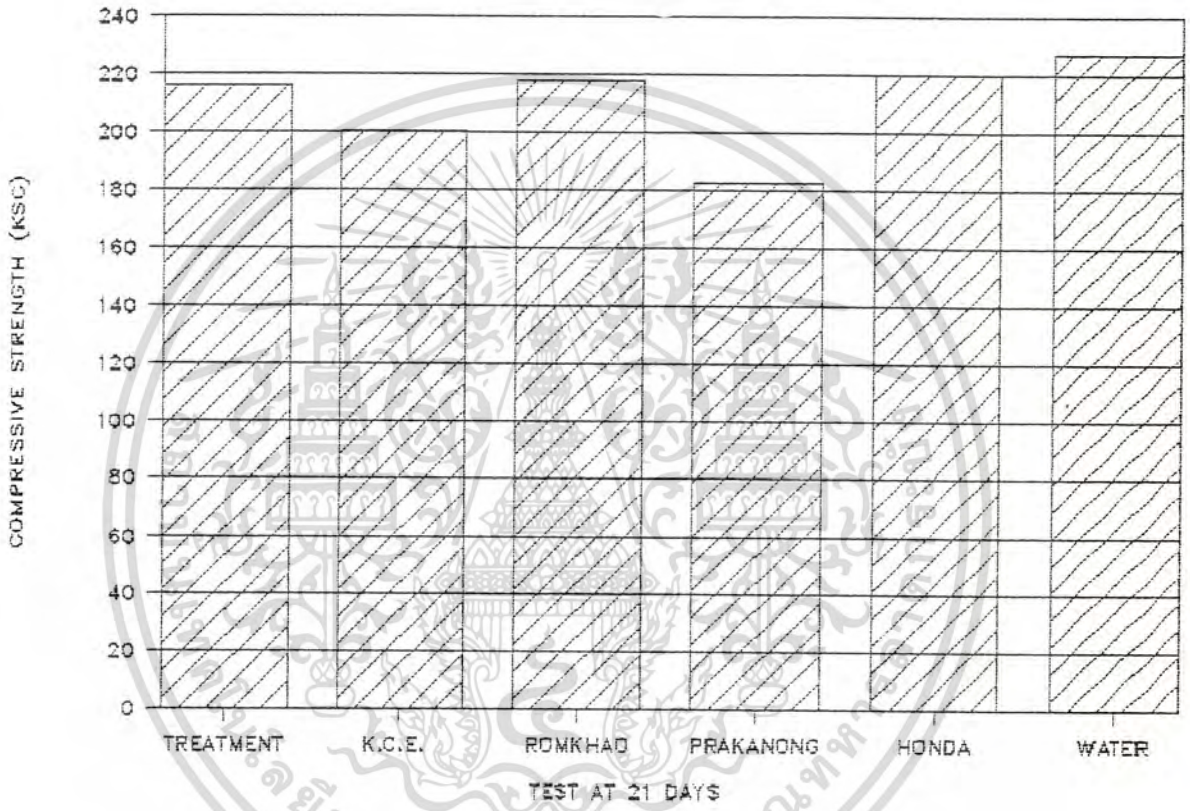
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำจากที่ต่างๆ เป็นเวลา 14 วัน



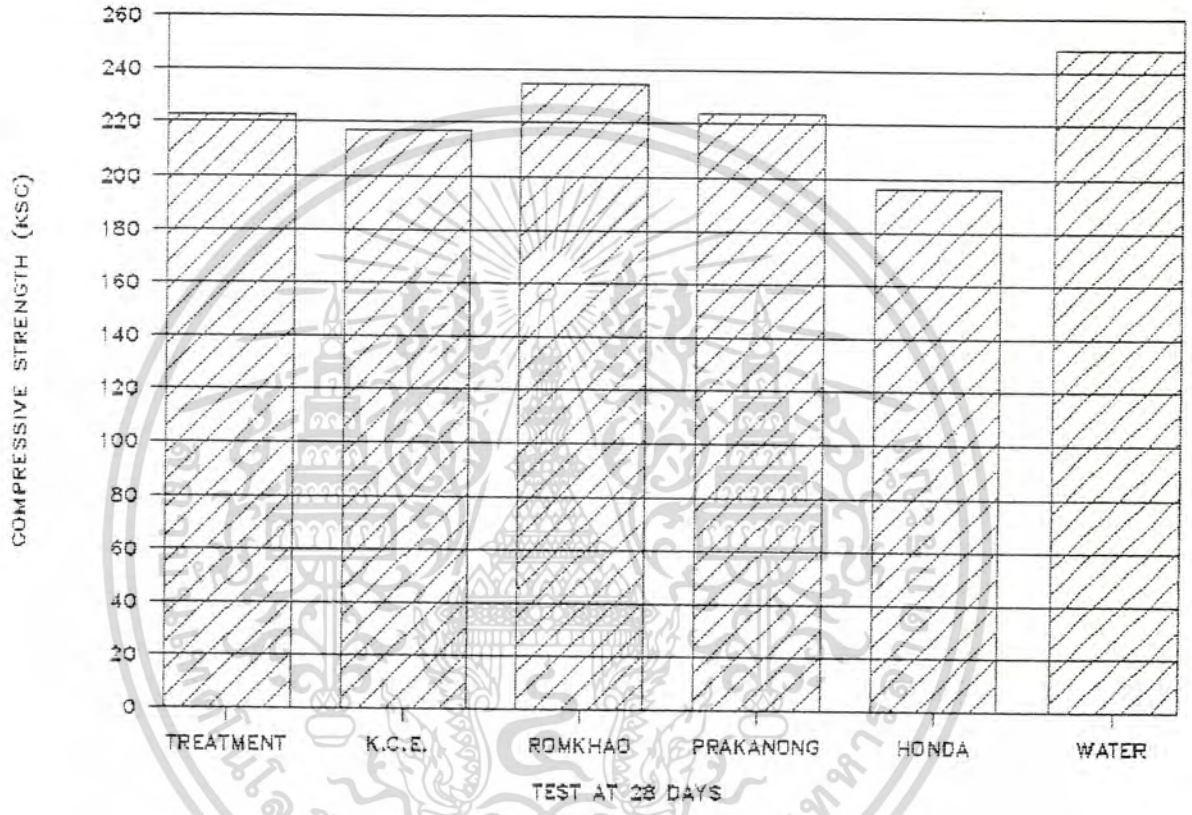
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำจากที่ต่างๆ เป็นเวลา 21 วัน



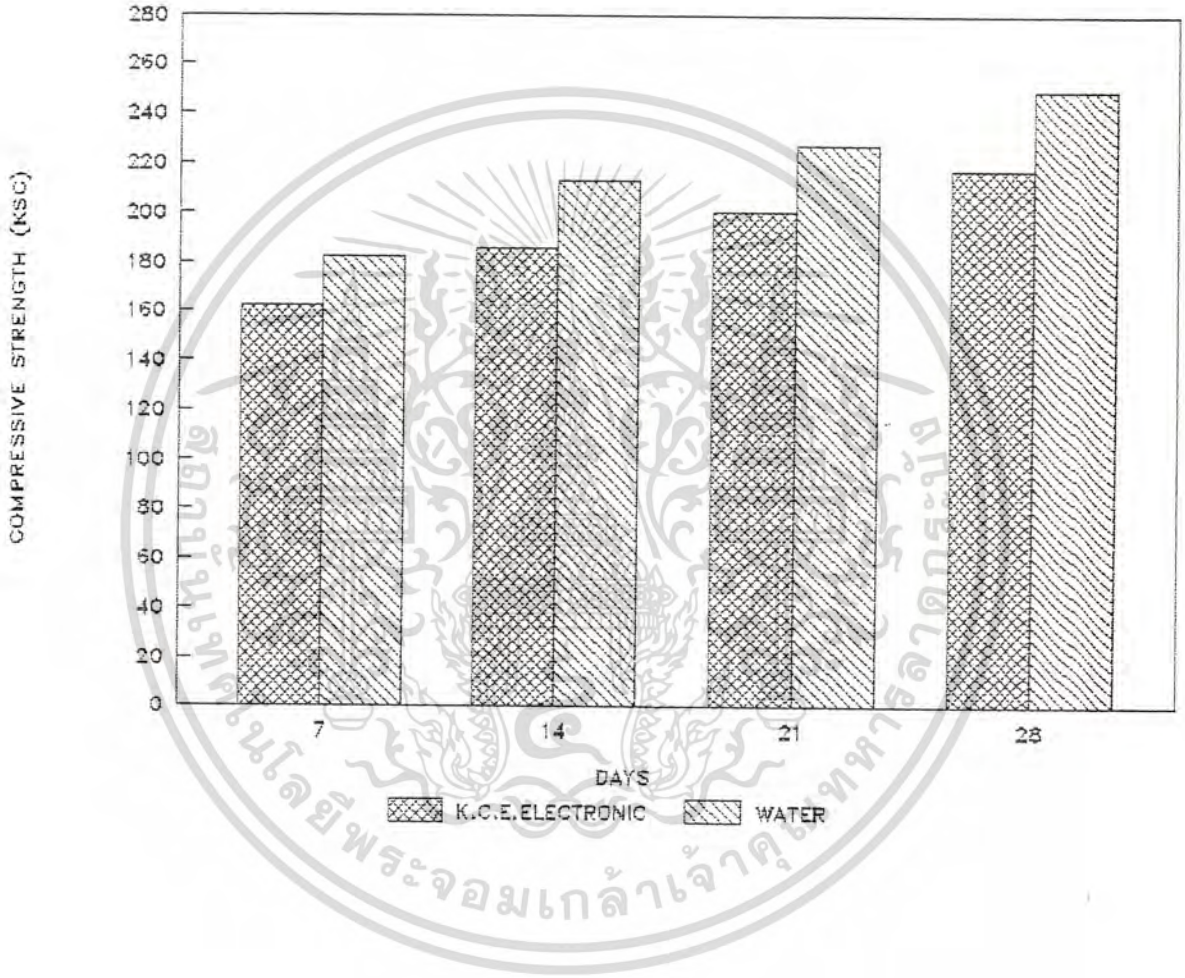
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มอยู่ในน้ำจากที่ต่างๆ เป็นเวลา 28 วัน



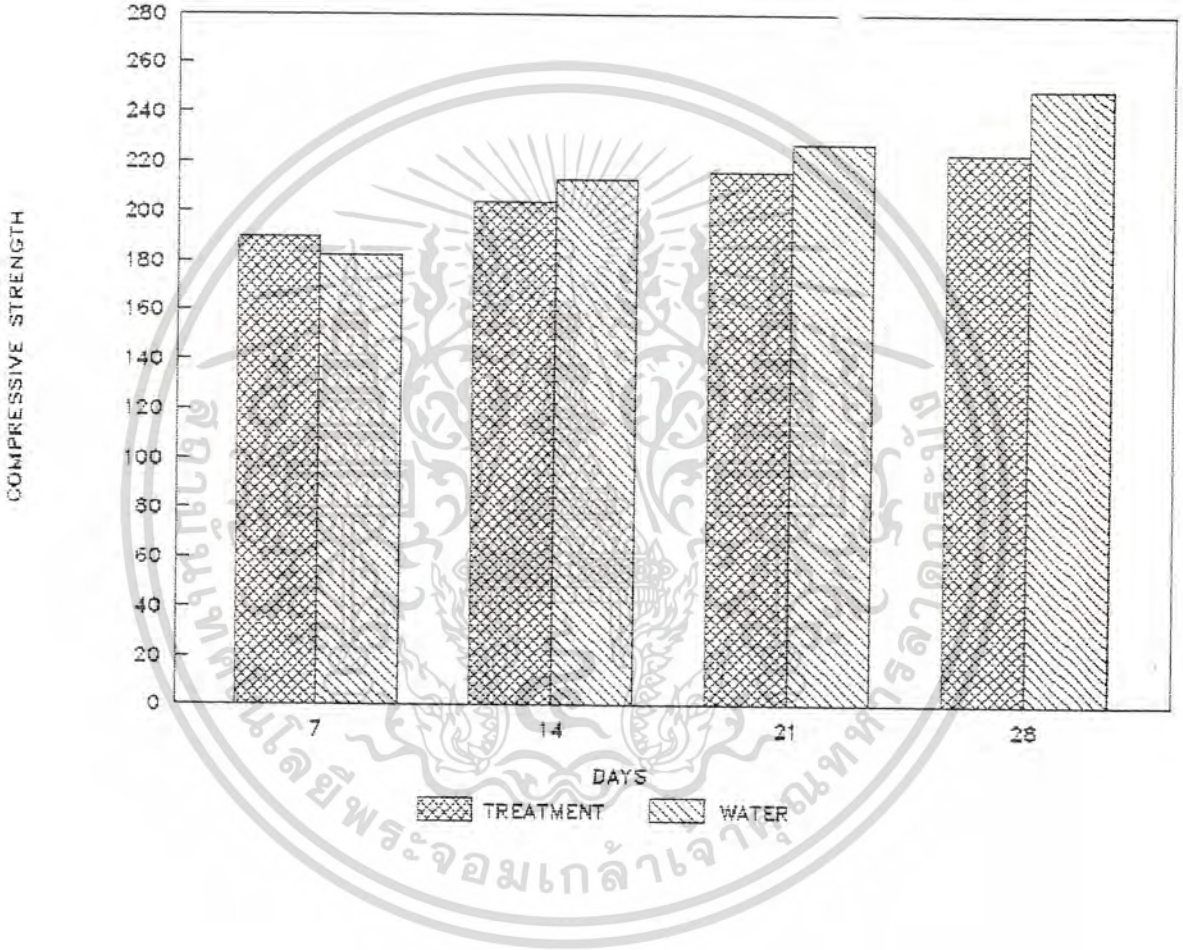
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.7 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่ในน้ำสะอาดกับโรงงาน K.C.E. ที่ 7,14,21 และ 28 วัน



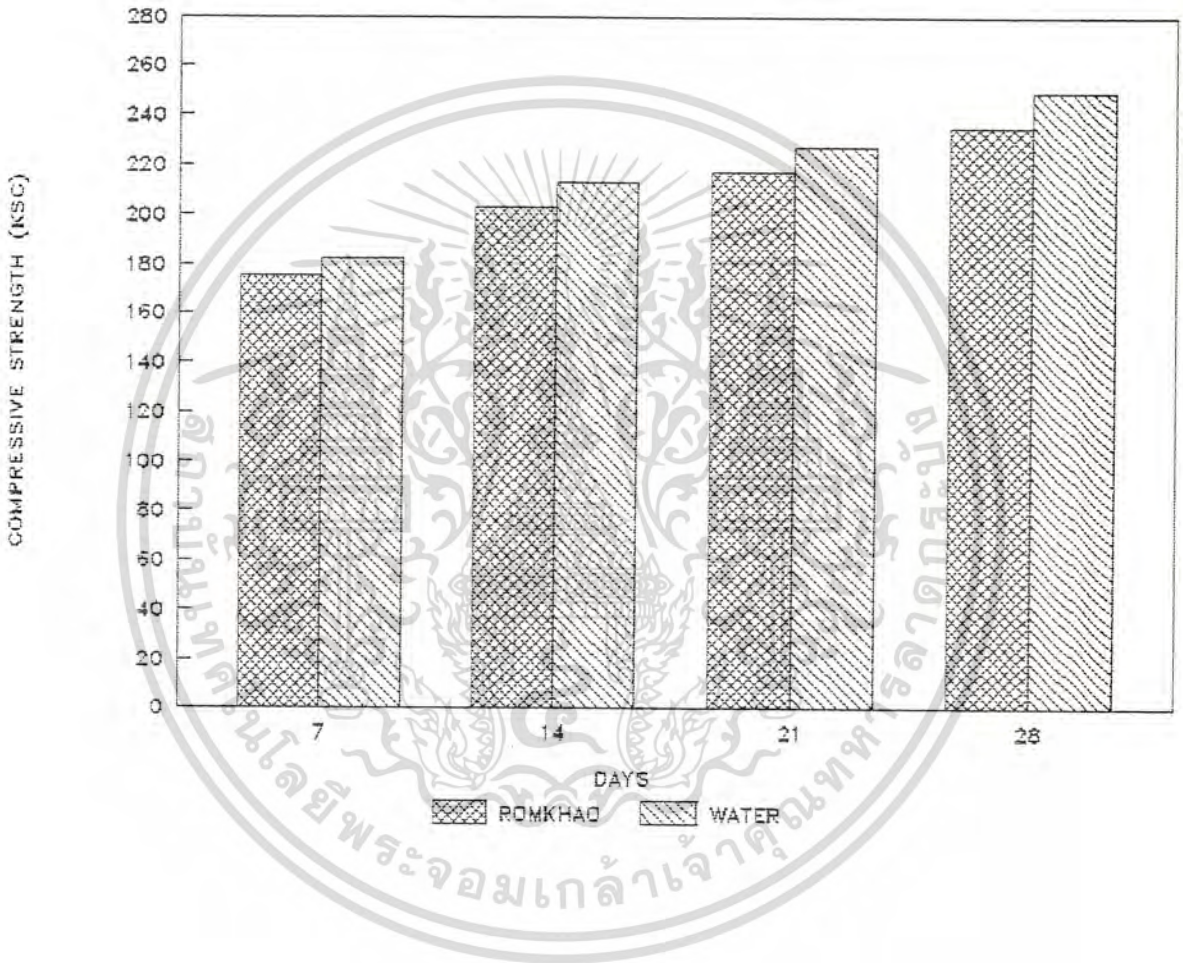
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.8 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่ในน้ำสะอาดกับบ่อบำบัดน้ำเสีย ที่ 7,14,21 และ 28 วัน



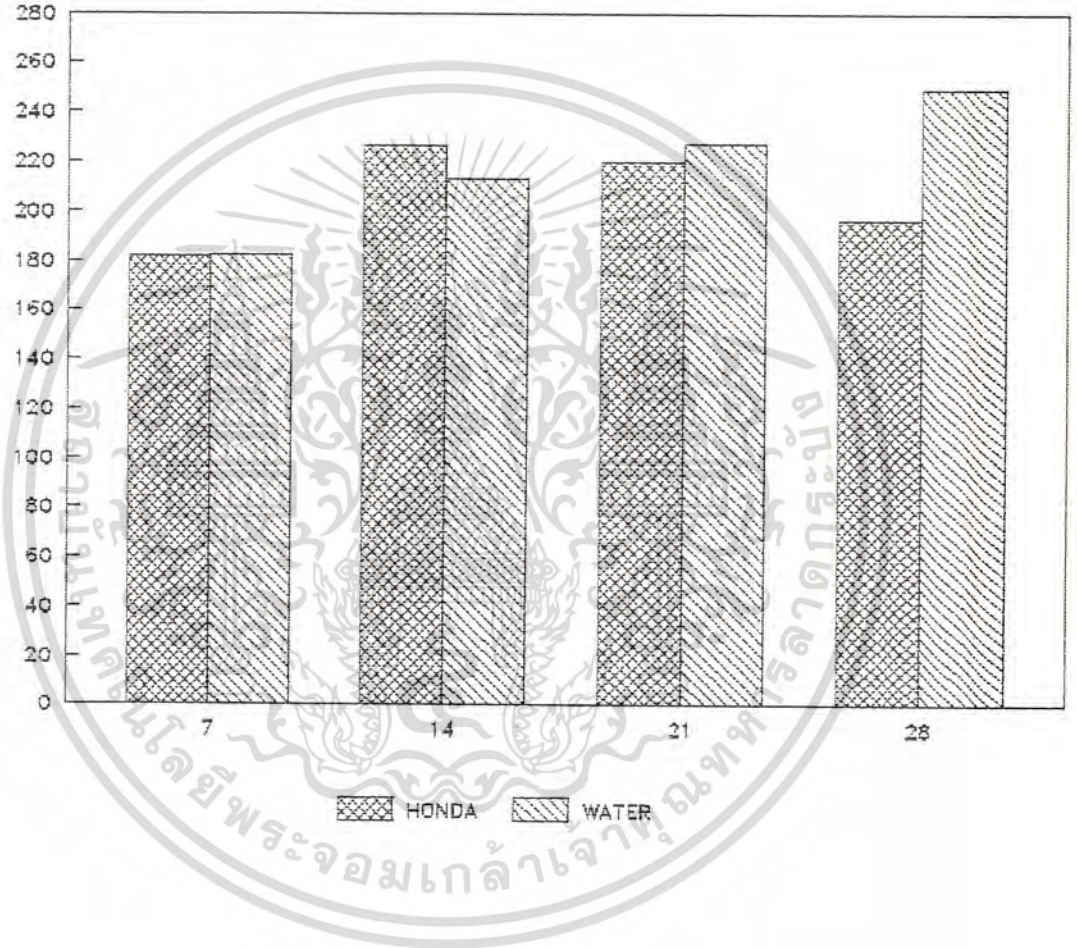
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.9 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่ในน้ำสะอาดกับชุมชนร่มเกล้า ที่ 7,14,21 และ 28 วัน



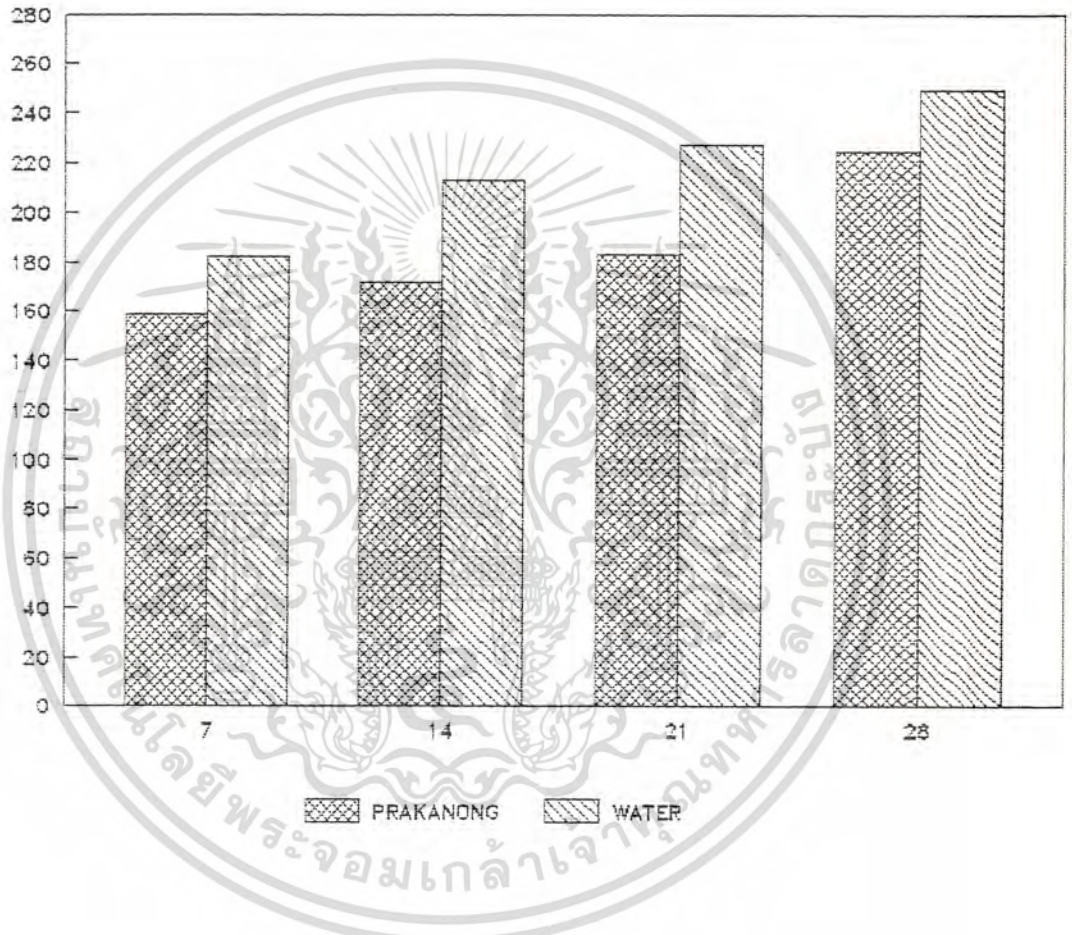
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.10 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่ในน้ำสะอาดกับโรงงาน HONDA ที่ 7,14,21 และ 28 วัน



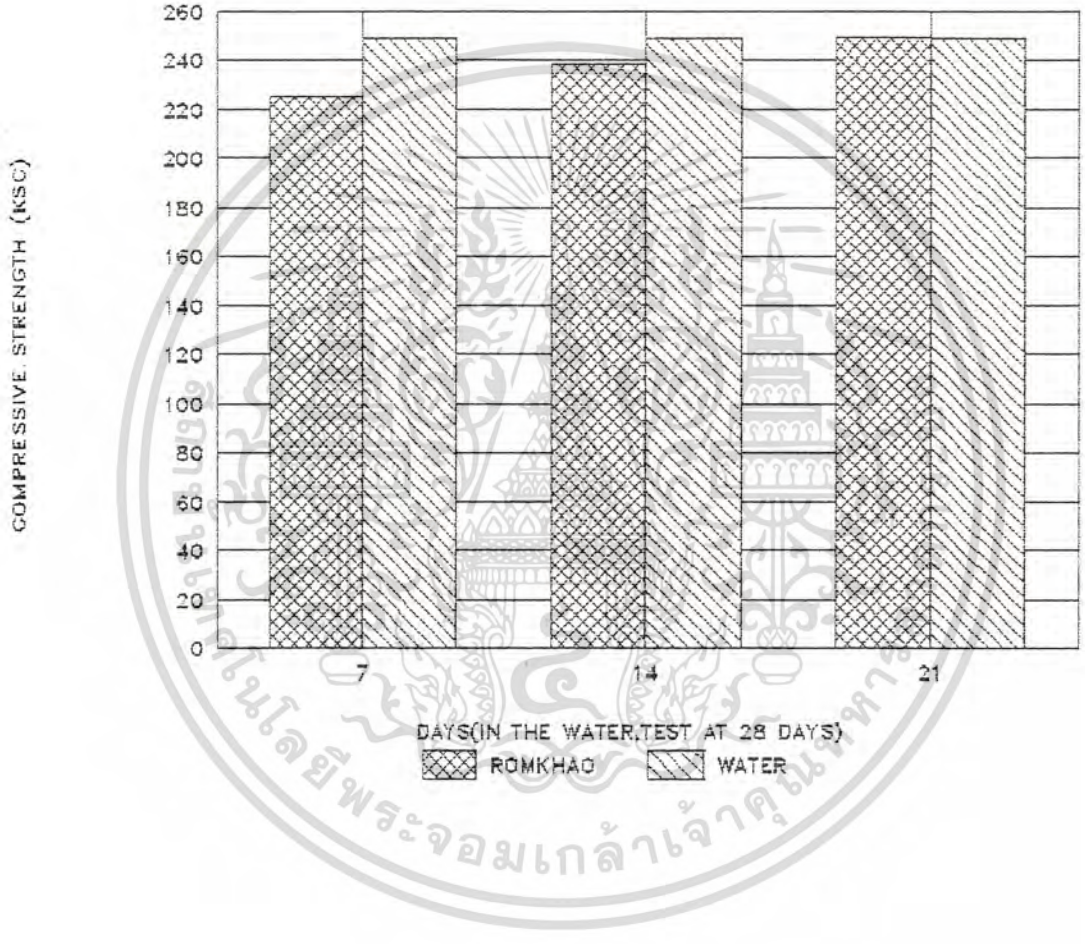
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.11 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่ในน้ำสะอาดกับคลองพระโขนง ที่ 7,14,21 และ 28 วัน



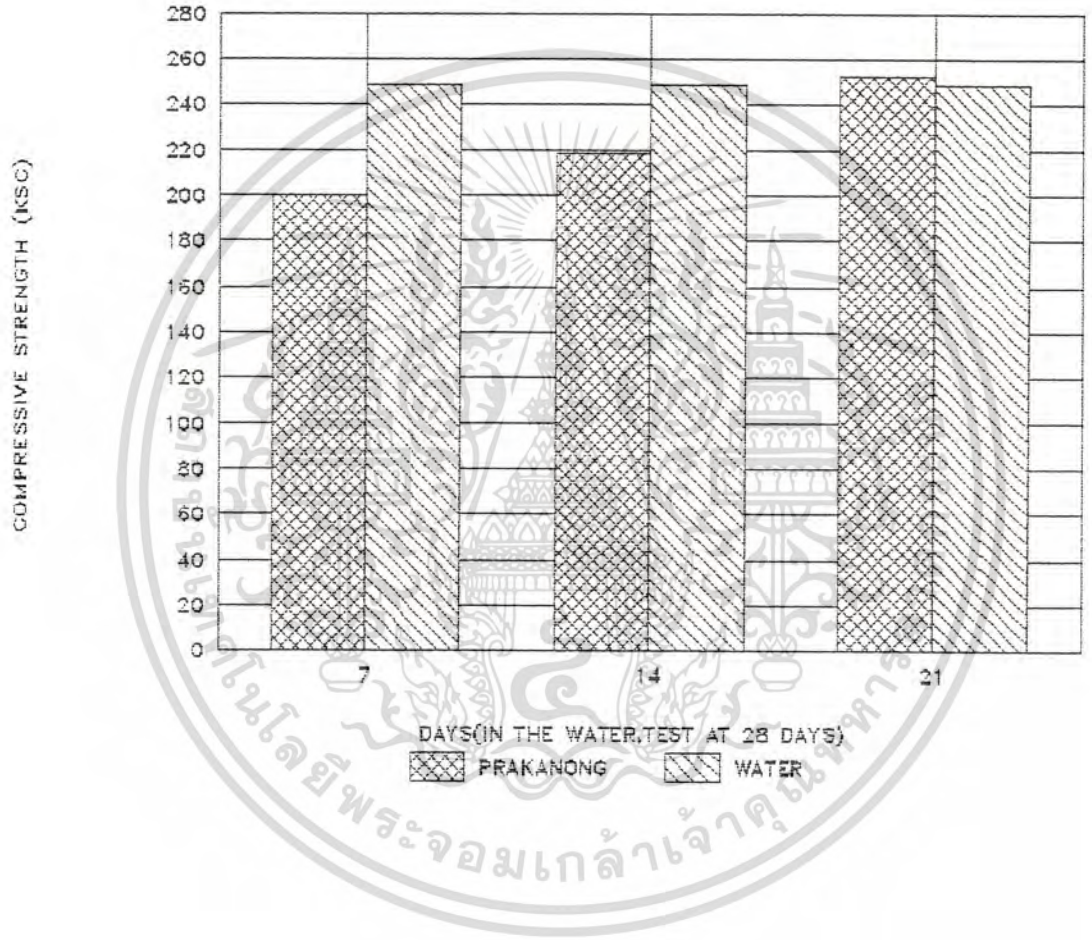
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.12 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดี 7,14,และ 21 วันแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจากชุมชนร่มเกล้าจนครบ 28 วัน



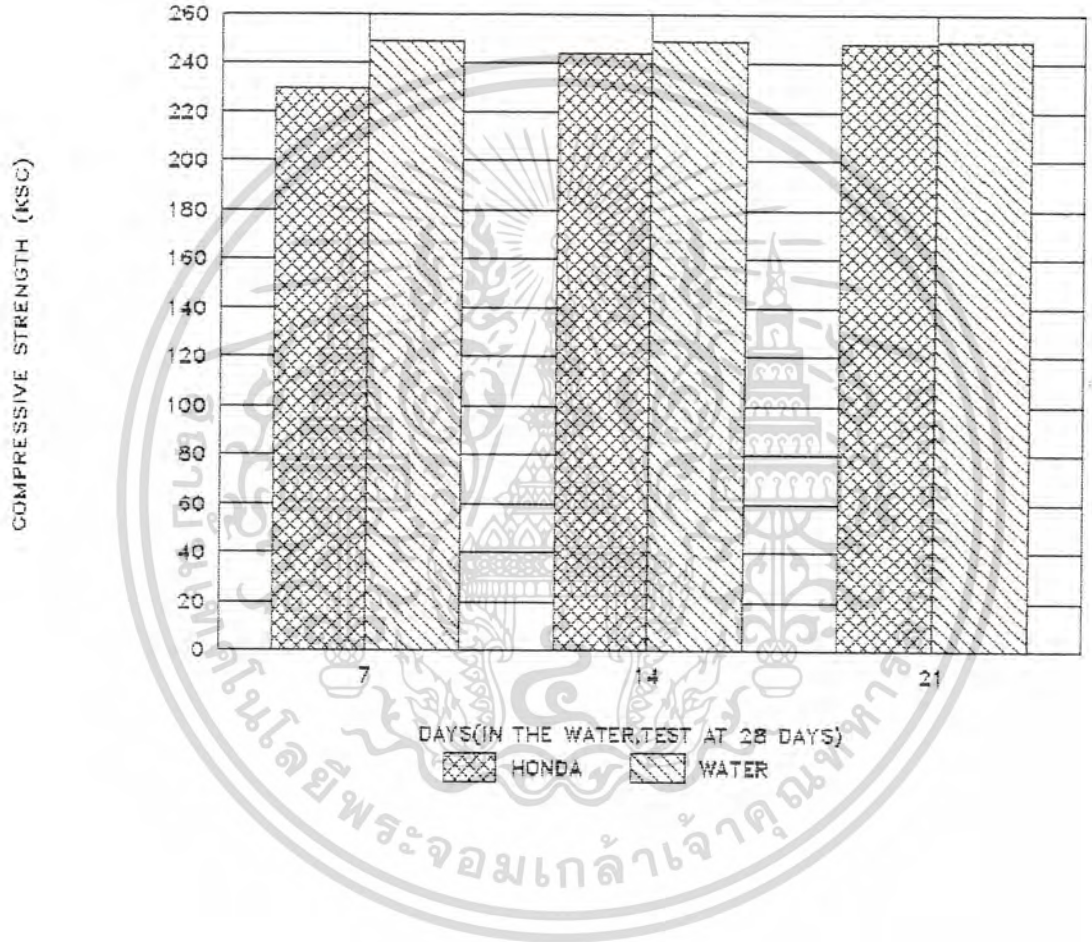
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.13 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดี 7,14,และ 21 วันแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจากคลองพระโขนงจนครบ 28 วัน



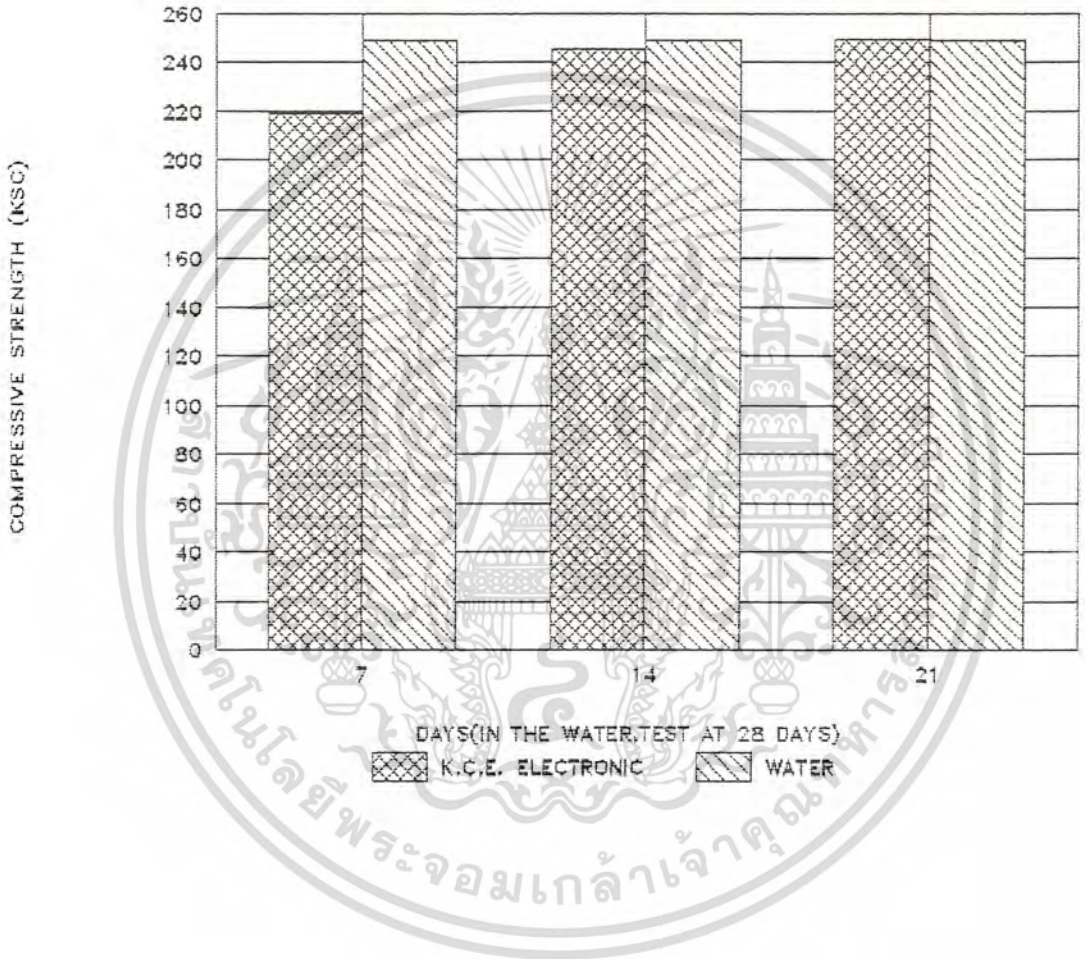
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.14 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดี 7,14,และ 21 วันแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจากโรงงาน HONDA จนครบ 28 วัน



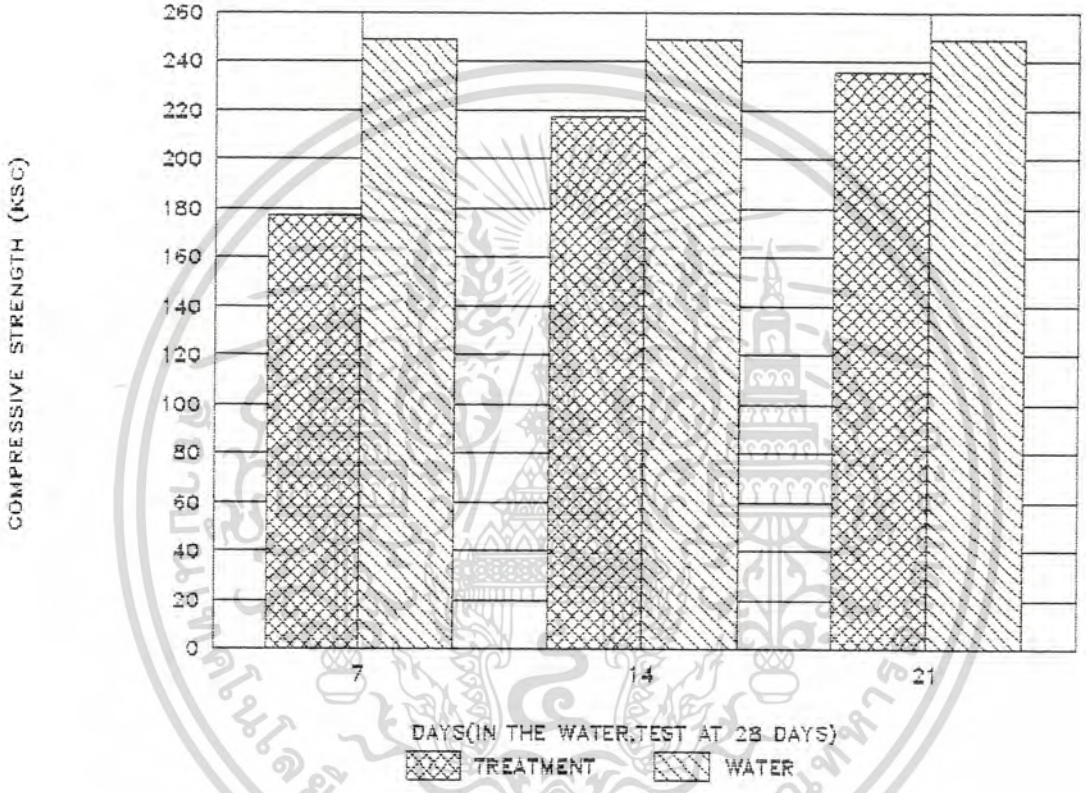
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.15 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดี 7,14,และ 21 วันแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจากโรงงาน K.C.E.จนครบ 28 วัน



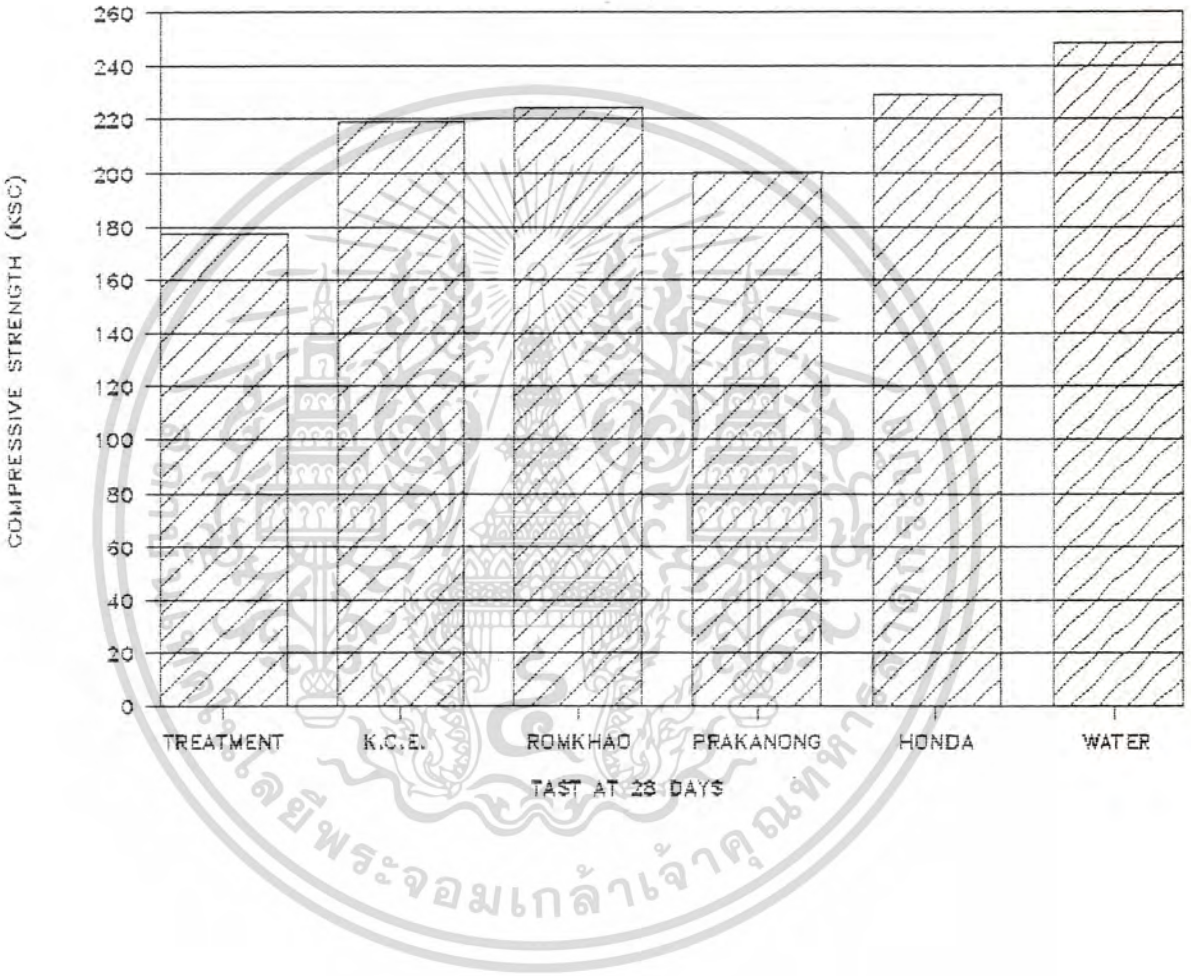
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.16 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดี 7,14,และ 21 วันแล้วนำมาบ่มในน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียจนครบ 28 วัน



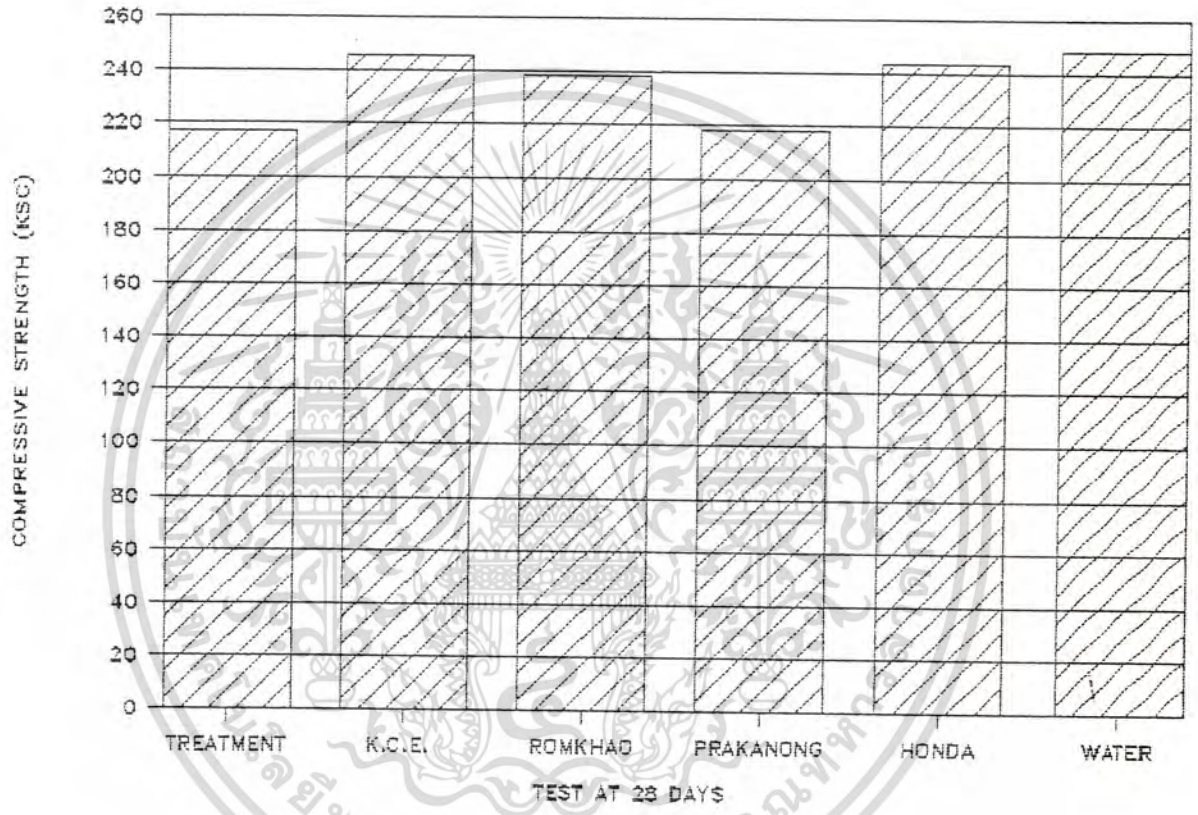
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.17 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตในน้ำดี 7 วันแล้วนำไปแช่ในน้ำเสีย
จากที่ต่างๆจนครบ 28 วัน



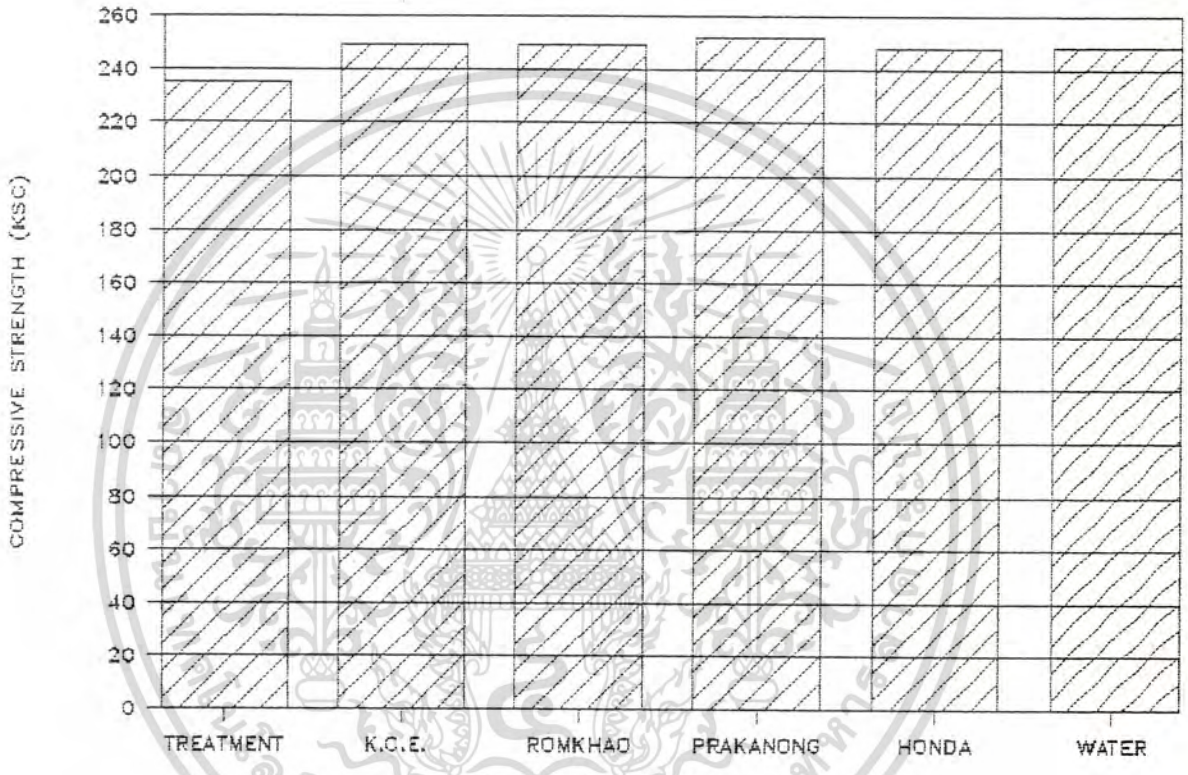
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.18 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตในน้ำดี 14 วันแล้วนำไปแช่ในน้ำเสีย
จากที่ต่างๆจนครบ 28 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.19 เปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตในน้ำดี 21 วันแล้วนำไปแช่ในน้ำเสีย
จากที่ต่างๆจนครบ 28 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

6.1 การวิเคราะห์ผลการวิจัย

6.1.1 กรณีบ่มในน้ำเสียเพียงอย่างเดียว

6.1.1.1 บ่มในน้ำเสียเป็นเวลา 7 วัน

จากผลการทดลองพบว่า กำลังของคอนกรีตเรียงจากน้อยไปหามากคือ น้ำจากคลองพระโขนง, โรงงาน K.C.E, ชุมชนร่มเกล้า, โรงงาน HONDA และจากบ่อบำบัดน้ำเสีย ตามลำดับ

6.1.1.2 บ่มในน้ำเสียเป็นเวลา 14 วัน

จากผลการทดลองพบว่า กำลังของคอนกรีตเรียงจากน้อยไปหามากคือ น้ำจากคลองพระโขนง, โรงงาน K.C.E, ชุมชนร่มเกล้า, บ่อบำบัดน้ำเสียและโรงงาน HONDA ตามลำดับ

6.1.1.3 บ่มในน้ำเสียเป็นเวลา 21 วัน

จากผลการทดลองพบว่า กำลังของคอนกรีตเรียงจากน้อยไปหามากคือ น้ำจากคลองพระโขนง, โรงงาน K.C.E, บ่อบำบัดน้ำเสีย, ชุมชนร่มเกล้า, โรงงาน HONDA ตามลำดับ

6.1.1.4 บ่มในน้ำเสียเป็นเวลา 28 วัน

จากผลการทดลองพบว่า กำลังของคอนกรีตเรียงจากน้อยไปหามากคือ โรงงาน HONDA, โรงงาน K.C.E, บ่อบำบัดน้ำเสีย, คลองพระโขนง และ จากชุมชนร่มเกล้า ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2 กรณีบ่มในน้ำดี 7 วันและบ่มในน้ำเสีย 21 วัน (ทดสอบที่ 28 วัน)

จากผลการทดลองพบว่า กำลังของคอนกรีตเรียงจากน้อยไปหามากคือ บ่อบำบัดน้ำเสีย,คลองพระโขนง,โรงงาน K.C.E. ชุมชนร่มเกล้า,โรงงาน HONDA ตามลำดับ

6.1.3 กรณีบ่มในน้ำดี 14 วันและบ่มในน้ำเสีย 14 วัน (ทดสอบที่ 28 วัน)

จากผลการทดลองพบว่า กำลังของคอนกรีตเรียงจากน้อยไปหามากคือ บ่อบำบัดน้ำเสีย,คลองพระโขนง,ชุมชนร่มเกล้า,โรงงาน HONDA และ โรงงาน K.C.E.

6.1.4 กรณีบ่มในน้ำดี 21 วันและบ่มในน้ำเสีย 7 วัน (ทดสอบที่ 28 วัน)

จากการทดลองพบว่า กำลังของคอนกรีตเรียงจากน้อยไปหามากคือ บ่อบำบัดน้ำเสีย, โรงงาน HONDA ,ชุมชนร่มเกล้า,โรงงาน K.C.E. และคลองพระโขนง ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า

เมื่อบ่มคอนกรีตในน้ำเสียจากโรงงาน K.C.E.แล้วนำมาทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 7,14,21 และ 28 วันพบว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียจาก โรงงาน K.C.E. จะต่ำกว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต ที่บ่มในน้ำดีประมาณ 12 %

เมื่อบ่มคอนกรีตในน้ำเสียจากชุมชนร่มเกล้า แล้วนำมาทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 7,14,21 และ 28 วันพบว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียจาก ชุมชนร่มเกล้า จะต่ำกว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต ที่ บ่มในน้ำดีประมาณ 4 %

เมื่อบ่มคอนกรีตในน้ำเสียจากคลองพระโขนง แล้วนำมาทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 7,14,21 และ 28 วันพบว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียคลองพระโขนง จะต่ำกว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่บ่มในน้ำดีประมาณ 18 %

เมื่อบ่มคอนกรีตในน้ำเสียจากโรงงาน HONDA แล้วนำมาทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 7,14,21 และ 28 วันพบว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียจากโรงงาน HONDA จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาการก่อตัวเริ่มแรก แต่เมื่อครบ 28 วันจะต่ำกว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ บ่มในน้ำดีประมาณ 20 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อบ่มคอนกรีตในน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียแล้วนำมาทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 7,14,21 และ 28 วันพบว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกแต่เมื่อครบ 28 วันกำลังอัดประลัยของคอนกรีตจะต่ำกว่าบ่มในน้ำดีประมาณ 10 %

6.2 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบของคอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียที่ภาวะการณ์ต่างๆพบว่า

6.2.1 คอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียจากแหล่งน้ำเสียต่างๆกัน กำลังของคอนกรีตที่ทดสอบที่ 7,14,21 จะค่อยๆเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแต่เมื่อบ่มจนครบ 28 วันกำลังของคอนกรีตกลับลดลง

6.2.2 คอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียจากโรงงาน K.C.E.กำลังของคอนกรีตที่ทดสอบที่ 7,14,21 และ 28 วันเมื่อเทียบกับบ่มในน้ำดีจะเป็น 0.88,0.99,1.00 และ 0.87 ตามลำดับ

6.2.3 คอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสีย กำลังของคอนกรีตที่ทดสอบที่ 7,14,21 และ 28 วันเมื่อเทียบกับบ่มในน้ำดีจะเป็น 0.71,0.87,0.95 และ 0.90 ตามลำดับ

6.2.4 คอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียจากชุมชนร่มเกล้า กำลังของคอนกรีตที่ทดสอบที่ 7,14,21 และ 28 วันเมื่อเทียบกับบ่มในน้ำดีจะเป็น 0.90,0.96,1.00 และ 0.94 ตามลำดับ

6.2.5 คอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียจากคลองพระโขนง กำลังของคอนกรีตที่ทดสอบที่ 7,14,21 และ 28 วันเมื่อเทียบกับบ่มในน้ำดีจะเป็น 0.80,0.88,1.01 และ 0.90 ตามลำดับ

6.2.6 คอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียจากโรงงาน HONDA กำลังของคอนกรีตที่ทดสอบที่ 7,14,21 และ 28 วันเมื่อเทียบกับบ่มในน้ำดีจะเป็น 0.92,0.98,1.00 และ 0.79 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.7 คอนกรีตที่บ่มในน้ำเสียทดสอบที่ 28 วันกำลังของคอนกรีตจะลดลงเมื่อเทียบกับบ่มในน้ำ โดยที่

น้ำจากโรงงาน HONDA	กำลังของคอนกรีตเป็น	0.79	เท่าของน้ำ
น้ำจากโรงงาน K.C.E	กำลังของคอนกรีตเป็น	0.87	เท่าของน้ำ
น้ำจากบ่อบำบัด	กำลังของคอนกรีตเป็น	0.90	เท่าของน้ำ
น้ำจากคลองพระโขนง	กำลังของคอนกรีตเป็น	0.90	เท่าของน้ำ
น้ำจากชุมชนร่มเกล้า	กำลังของคอนกรีตเป็น	0.94	เท่าของน้ำ

จะเห็นได้ว่ากำลังของคอนกรีตจะลดลงประมาณ 6-20 %ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำและสารเคมี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตในน้ำดี 7,14,21 แล้วนำไปแช่ในน้ำเสียจนครบ 28 วันกับน้ำดี

SAMPLE	COMP. STRENGTH (KSC)			RATIO		
	7	14	21	7	14	21
K.C.E.	219.3	245.7	249.2	0.88	0.99	1.00
TREATMENT	177.3	217.4	235.5	0.71	0.87	0.95
ROMKHAO	224.7	238.4	249.2	0.90	0.96	1.00
PRAKANONG	200.2	218.7	252.4	0.80	0.88	1.01
HONDA	229.6	243.9	248.1	0.92	0.98	1.00

ตารางที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีตในน้ำดีกับน้ำเสีย

AGE (DAYS)	WATER	ROM KHAO	PRAKA NONG	HONDA	K.C.E.	TREAT MENT	RATIO				
							R/W	P/W	H/W	K/W	T/W
7	182.4	175.1	158.6	181.4	162.2	189.7	0.96	0.87	0.99	0.89	1.04
14	212.8	203.3	171.6	226.5	185.7	203.9	0.96	0.81	1.06	0.87	0.96
21	227.0	217.6	182.6	220.1	200.6	216.3	0.96	0.80	0.97	0.88	0.95
28	248.9	234.9	224.2	196.5	217.4	223.1	0.94	0.90	0.79	0.87	0.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 แสดงปริมาณสารเคมีในน้ำเสีย

ผลการวิเคราะห์น้ำเสีย หน่วย ppm.

แหล่งน้ำเสีย	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe^{2+}	Cl^-
1.บ่อบำบัดน้ำเสีย	28	-	-	-	35	-	124
2.โรงงาน HONDA	132	60	-	47	53	102	136
3.ชุมชนร่มเกล้า	123	27	-	31	-	23	108
4.โรงงาน K.C.E.	4	38	-	17	41	28	13
5.คลองพระโขนง	62	158	-	132	86	462	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ชลประทานซีเมนต์ — คอนกรีต กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. สัมพันธ์พาณิชย์ : 2530

2. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ อุษา วิเศษสุมน — คู่มือการวิเคราะห์น้ำเสีย พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย :2535

3. ปูนซีเมนต์ไทยจำกัด — คำแนะนำในการผลิตคอนกรีตที่ดี กรุงเทพมหานคร: เอเชียเพลสจำกัด :2531

4. ศ.ดร. วินิต ช่อวิเชียร — คอนกรีตเทคโนโลยี พิมพ์ครั้งที่ 7, กรุงเทพมหานคร หจก. สัมพันธ์พาณิชย์ : 2529

5. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ — ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า : 2535

6. A.M. Neville and J.J.Brooks — Concrete Technology New York:Longman Group UK Limited :1989

7. J. Francis Young and Sidney Mindess — Concrete Wellington New Zeland : Prentice-Hall :1981

8. Ravindra & Rhir and Jeffery W.Greem — Protection of Concrete United State of America:E & F.N.Span:1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาปฏิภาคส่วนผสมโดยวิธี ACI

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

ขั้นตอนการหาปฏิภาคส่วนผสมสามารถทำได้ดังนี้

1. ทำการเลือกค่ายุบตัวที่เหมาะสมกับประเภทของงาน จะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสมและความข้นเหลวสามารถพอที่จะทำงานได้สะดวก กรณีไม่ได้กำหนดค่ายุบตัวมาให้ ค่ายุบตัวที่เหมาะสมกับประเภทของงานอาจหาได้จากตาราง ผ4

2. ทำการเลือกขนาดโตสุดของวัสดุผสม ซึ่งไม่ควรจะเกินกว่า 1 ใน 5 ของส่วนแคบที่สุดของแบบ หรือ 1ใน 3 ของความหนาของพื้น หรือ 3 ใน 4 ของขนาดความห่างของเหล็กเสริมที่น้อยที่สุด หรืออาจเลือกจากตาราง ผ6

3. ประมาณปริมาณน้ำที่เหมาะสมและปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้น ปริมาณน้ำที่ต้องการในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต เพื่อให้ได้ค่ายุบตัวตามที่กำหนด จะขึ้นอยู่กับขนาดโตสุด รูปร่างและส่วนขนาดคละของวัสดุผสม ดังตาราง ผ1

4. เลือกอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะที่คอนกรีตนั้นถูกนำออกไปใช้งานและกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ต้องการ ถ้าไม่ระบุมาก็ให้เลือกใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์จากตาราง ผ2 และ ผ3

ตาราง ผ2 ให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่มากที่สุดสำหรับประเภทงาน และสภาวะแวดล้อมต่างๆ ส่วนตาราง ผ3 ให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่มากที่สุดสำหรับค่าเฉลี่ยของกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ต้องการ และให้เลือกใช้ค่าอัตราส่วนดังกล่าวที่ต่ำที่สุดซึ่งหาได้จากสองตารางนี้

5. คำนวณปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการใช้ เมื่อทราบปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการใช้ในคอนกรีตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรย่อมหาได้ ซึ่งเท่ากับ ปริมาณน้ำจากขั้นที่ 3 หารด้วยอัตราส่วนจากขั้นที่ 4

6. คำนวณปริมาณวัสดุผสมหยาบ ตาราง ผ5 แสดงปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่น (dry rodded) ในส่วนผสมต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร ซึ่งแตกต่างตามค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายที่ใช้ และขนาดโตที่สุดของหินที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของวัสดุผสมหยาบคิดเป็นน้ำหนักมีค่าเท่ากับ ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบคูณด้วยหน่วยน้ำหนักของวัสดุผสมหยาบนั้น

7. ประมาณปริมาณวัสดุผสมละเอียด ปริมาณของวัสดุผสมละเอียดจะหาได้จาก

ปริมาตรเนื้อแท้ของวัสดุผสมละเอียด = ปริมาตรของคอนกรีต - ปริมาตรเนื้อแท้ของส่วนผสมต่าง(ยกเว้นทราย)

โดยที่

ปริมาตรเนื้อแท้ = น้ำหนักของวัสดุ/ความถ่วงจำเพาะคูณหน่วยน้ำหนักของน้ำ

8. ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้นของวัสดุผสม ตามปกติวัสดุที่ใช้งานจริงจะมีความชื้นสูงกว่าในสภาวะอิ่มตัวและผิวแห้ง จึงต้องแก้ส่วนผสมให้เข้ากับสภาพจริง โดยเพิ่มน้ำหนักของวัสดุผสมขึ้นเท่ากับน้ำหนักน้ำที่ติดมา และลดน้ำในส่วนผสมออกในจำนวนเท่ากัน ในกรณีที่วัสดุผสมแห้ง กว่าสภาวะอิ่มตัวและผิวแห้งจะต้องแก้ส่วนผสมเช่นกันในทางตรงกันข้าม

9. การปรับส่วนผสมด้วยการทดลองผสม สัดส่วนของผสมต่างๆ ที่คำนวนแล้วเป็นเกณฑ์โดยประมาณทั้งสิ้น ซึ่งจะต้องตรวจสอบดูด้วย ถึงผลที่ได้ ทั้งในด้านกำลังของคอนกรีตและความยากง่ายในการทำงาน โดยการทดลองผสมจริงจากนั้นตรวจสอบดูหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ปริมาตรที่ใช้และปริมาณอากาศแล้วจึงปรับส่วนผสมต่างๆ ให้เหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ1 ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับค่าความยุบตัวและวัสดุผสมขนาดต่างๆ

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

หมายเหตุ ปริมาณน้ำที่แสดงนี้เป็นปริมาณสูงสุดสำหรับหินที่มีรูปร่างดี ช่วยให้ทำงานง่าย และลดหลั่นดีตามข้อกำหนด

ถ้าจำเป็นต้องเพิ่มน้ำในส่วนผสม จะต้องเพิ่มปูนซีเมนต์ เพื่อให้อัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์คงที่ นอกจากผลการทดลองแสดงว่าคอนกรีตมีกำลังสูงเกินต้องการ

ตาราง ผ2 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุดโดยน้ำหนักที่ยอมให้ใช้ได้สำหรับคอนกรีตในสภาวะเปิดเผยที่รุนแรง

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

* ถ้าใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เฟต (ประเภทสองหรือประเภทห้า) อาจเพิ่มค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์นี้ได้อีก 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์กับกำลังอัดประลัยของคอนกรีต

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ4 ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่ใช้สำหรับการก่อสร้างประเภทต่างๆ

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

*อาจเพิ่มได้อีก 2 ซม. สำหรับการทำคอนกรีตให้แน่นตัวโดยวิธีการอื่น ที่นอกเหนือไปจากการใช้เครื่องสั่น(Vibrator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ5 ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต

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

หมายเหตุ ค่าที่กำหนดให้นี้ เป็นค่าสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป สำหรับงานคอนกรีตที่ทำได้ง่ายกว่า เช่น ถนน พื้น เป็นต้น อาจเพิ่มค่าเหล่านี้ขึ้นได้อีก 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ6 ขนาดโตสุดของวัสดุผสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่างๆ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการคำนวณหา MIXED DESIGN

ในการทดลองนี้ใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน 230 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

1. เลือกค่าการยุบตัวที่เหมาะสม 8-10 cm

2. ขนาดโตสุดของวัสดุ 1"

3. ประมาณน้ำที่ผสมและปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากตาราง ผ1 คอนกรีตที่ไม่มีสารกักฟองอากาศค่าการยุบตัว 8-10 cmขนาดวัสดุผสมหยาบ 1"

น้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 $ม^3$ = 193 ลิตร

4. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

จากตารางที่ 1.2 และ 1.3 กำลังของคอนกรีตที่ 230 KSC

อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ = 0.652

5. คำนวณหาปริมาณซีเมนต์ที่ต้องใช้

= 193/0.652

= 296 กก

6. คำนวณหาปริมาณวัสดุผสมหยาบ

โมดูลัสความละเอียดของทราย = 2.98

ขนาดของหิน = 1"

ปริมาณวัสดุผสมหยาบ = 0.65

หน่วยน้ำหนักของหิน = 1600 กก/$ม^3$

น้ำหนักวัสดุผสมหยาบ = 0.65x1600

= 1040 กก

7. หาปริมาณวัสดุผสมละเอียด

ปริมาณน้ำ = 193/1000

= 0.193 $ม^3$

ปริมาตรหิน = 1040/(2.65x1000)

= 0.392 $ม^3$

ปริมาตรปูน = 296/(3.125x1000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 0.094 ม^3

ปริมาตรฟองอากาศ = 1.5/100

= 0.015

รวม = 0.694

ปริมาตรทราย = 1-0.694

= 0.306

ดังนั้นใช้ทราย = 0.306x2.5x100

= 765 กก

8. ปรับอัตราส่วนผสมจากปริมาณความชื้น

น้ำหนักของหิน(เปียก) = 1040x0.0038

= 3.99 กก

น้ำหนักทราย = 765x0.02167

= 16.57

รวม = 20.56

ดังนั้นใช้ปูนซีเมนต์ = 296 กก

น้ำ = 193-20.56

= 172.44 กก

ทราย = 765+16.57

= 781.57

หิน = 1040+3.99

= 1043.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์

(Test for Specific Gravity)

ASTM : C 188-72

วัตถุประสงค์

เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ คืออัตราส่วนของน้ำหนักต่อปริมาตรเนื้อแท้ของตัวมันเอง ซีเมนต์แต่ละชนิดจะมีความถ่วงจำเพาะเฉพาะตัวคงที่เสมอไป เมื่อใดที่ซีเมนต์เสื่อมคุณภาพลง ความถ่วงจำเพาะจะต่ำกว่าปกติและเราจะรู้ว่าซีเมนต์นี้จะใช้ได้หรือไม่จากการลดลงของความถ่วงจำเพาะนี้เอง ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทราบความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ที่จะนำมาใช้ผสมคอนกรีต

วัสดุและการจัดเตรียมตัวอย่าง

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

2. น้ำมันก๊าด หรือน้ำมันเบนซิน ประมาณ 500 มล.

อุปกรณ์การทดลอง

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

ขั้นตอนการทดลอง

1. เช็ดขวดแก้วให้สะอาด แล้วเติมน้ำมันก๊าดหรือเบนซินลงในขวดแก้วให้ปริมาณอยู่ระหว่าง 250 มล.และ 251 มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้นอีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

หมายเหตุ ก่อนถึงขั้นตอนนี้หากเกรงว่าซีเมนต์จะขาดไปจากที่ได้เตรียมไว้ ให้นำขวดแก้วที่เติมน้ำมันก๊าดแล้วไปชั่งบันทึกน้ำหนักเสียก่อน และเมื่อเติมซีเมนต์แล้วจึงนำไปชั่งอีกครั้ง จะได้น้ำหนักที่แท้จริงของซีเมนต์ในขวดแก้ว

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

5. ค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์จะได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลองดังกล่าว 2 ครั้ง ค่าที่ได้จะต้องไม่ต่างกันเกิน 0.01 โดยการแทนค่าเพื่อหาความถ่วงจำเพาะจากสมการข้างล่างนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ

	การทดลองครั้งที่ 1.	การทดลองครั้งที่ 2.
ปริมาตรน้ำมันก๊าด n_1	180	184
ปริมาตรน้ำมันก๊าด n_2	225	22.8
น้ำหนักซีเมนต์ในขวดแก้ว	15	13
ความถ่วงจำเพาะ	3.33	2.92
ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย	(3.33 + 2.92)/2 = 3.125	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

(Sieve Analysis of Fine and Coarese Aggregates)

ASTM : C 136

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาขนาดของมวลรวมคละโดยใช้ตะแกรงขนาดมาตรฐาน สำหรับหาค่าพิกัดความละเอียด (Fineness modulus)ซึ่งเป็นดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของอนุภาคในมวลรวมที่กำหนดให้ นั่นคือ มวลรวมยิ่งหยาบค่าพิกัดความละเอียดก็ยิ่งสูงขึ้น

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

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

ขั้นตอนการทดลอง

ก. การหาส่วนขนาดคละของทราย

1. เตรียมทรายสำหรับทดสอบด้วยการตรวจดูว่าชื้นหรือไม่ ปกติควรเป็นทรายที่แห้ง หากชื้นเกินไปควรอบเสียก่อน

2. เตรียมชุดของตะแกรงด้วยการทำความสะอาดไม่ให้มีเศษฝุ่นผงค้างอยู่ภายในช่อง ชั่งน้ำหนักตะแกรงทุกขนาดและบันทึกไว้ พร้อมกับจัดเรียงซ้อนตามลำดับ พร้อมถาดรองอยู่ล่างสุด

3. ค่อยๆ เททรายที่เตรียมพร้อมไว้แล้วลงในชุดตะแกรง ปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่า จับเวลาประมาณ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ถึงขณะนี้ทรายที่มีเม็ดขนาดต่างๆจะถูกแยกแยะไปอยู่ในตะแกรงขนาดต่างๆ เช่นกัน ให้นำตะแกรงที่มีทรายค้างอยู่นั้นไปชั่งและจดบันทึกไว้อีกครั้งหนึ่ง แล้วคำนวณหาค่าพิกัดความละเอียดต่อไป

ข. การหาส่วนขนาดคละของหิน

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

2. ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองของทราย ตั้งแต่ข้อ 2-4

หมายเหตุ

1. ค่าพิกัดความละเอียดของมวลรวม จะหาได้จากผลรวมของอัตราที่ค้างอยู่บนตะแกรงทั้งหมดหารด้วย 100

2. ทรายสำหรับใช้ในงานคอนกรีตทั่วไป ควรมีค่าพิกัดความละเอียดระหว่าง 2.3 - 3.1

3. หินหรือกรวดที่ใช้ในงานคอนกรีต ควรมีค่าพิกัดความละเอียดระหว่าง 5.5 - 8

ใช้ทราย 500 กรัม

ผลการทดสอบ

Sieve No.	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง	% น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง	% สะสม
No. 4	13.55	2.71	2.71
No. 8	44.80	8.69	11.44
No. 16	129.70	25.94	37.34
No. 30	79.25	15.85	53.19
No. 50	215.55	43.11	96.30
No. 100	18.50	3.70	100.00
รวม	500	100.0	300.98

โมดูลัสความละเอียดของทราย = 300.98/100 = 3.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงสถาบันวิทยบริการทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้หิน 2000 กรัม

ผลการทดสอบ

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

โมดูลัสความละเอียดของหิน = 508.95/100 = 5.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียด

(Test for Specific Gravity and Absorbtion of Fine Aggregate)

วัตถุประสงค์

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและอัตราการดูดซึมของมวลรวมละเอียด เช่นทรายภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง นอกจากนี้หินหรือกรวดที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 3/4" ก็สามารถใช้วิธีนี้ทดสอบได้เช่นกัน

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ทรายประมาณ 1200 - 1500 กรัม ที่อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

2. พิคโนมิเตอร์ (Pycnometer)ซึ่งประกอบด้วยขวดโหลแห้งสำหรับบรรจุ 1 ควอ็ต ที่มีฝาแก้วปิดในแนวราบสนิทแน่นกับปากขวด

3. ตาชั่ง

4. เตาอบ

5. โถแก้วกันความชื้น

ขั้นตอนการทดลอง

1. แบ่งทรายที่เตรียมไว้เป็นสองส่วนเท่าๆ กัน ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย B

2. นำทรายส่วนหนึ่งเข้าเตาอบให้แห้งสนิทประมาณ 1ชม. แล้วจึงนำมาใส่ในโถแก้วกันความชื้น เพื่อทิ้งให้วัสดุตัวอย่างเย็นลงตามปกติ แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่าแทนด้วย A

3. เทน้ำที่ทราบอุณหภูมิลงในขวดพิคโนมิเตอร์ให้สูงประมาณ 3/4 ของขวด นำทรายส่วน B เติมลงไป เขย่าหรือคนให้ทั่วเพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด จากนั้นจึงเติมน้ำลงไปให้เต็มพอดีปากขวด พร้อมกับทำให้ไม่มีอากาศเหลืออยู่เลย เช่นเดียวกัน แล้วจึงปิดฝาแก้ว นำไปชั่งและบันทึกค่าแทนด้วย W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นจึงนำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

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

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

อัตราการดูดซึม = $[(B-A)/B]*100$ %

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งหลังจากผ่านการอบแห้งสนิท

B = น้ำหนักมวลรวมภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

W = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำและมวลรวม

W_c = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำชนิดเดียวกับที่ใช้ทดสอบเต็มปากขวด

ผลการทดสอบ

A = 584 g

B = 600 g

W = 1695 g

W_c = 1329 g

ความถ่วงจำเพาะ(เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = 587/(1329+600-1695) = 2.45

ความถ่วงจำเพาะ(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง = 600/(1329+600-1695) = 2.50

อัตราการดูดซึม = [600-587/600]*100 = 2.167 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4

การหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ

(Test for Specific Gravity and Absorbtion of Coarse Aggregate)

ASTM : C 127-77

วัตถุประสงค์

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและอัตราการดูดซึมของมวลรวมหยาบ เพื่อประโยชน์ในการออกแบบอัตราส่วนผสมของคอนกรีต

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

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

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมวัสดุที่จะนำมาทำการทดลอง ด้วยการล้างให้ทั่วถึงเพื่อให้ฝุ่นผงหรือเศษวัสดุอื่นๆที่ติดอยู่กับผิวหลุดออกจนหมด และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1-3 ชม.

2. จากนั้นให้แช่วัสดุในน้ำสะอาดเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 ชม.

3. นำวัสดุขึ้นจากน้ำเมื่อครบเวลา เทลงบนผ้าผืนใหญ่ๆที่สามารถดูดซับน้ำได้ กลิ้งวัสดุไปมาเพื่อให้ผ้าซับน้ำจนสังเกตด้วยตาเปล่าไม่เห็นมีน้ำอยู่ที่ผิววัสดุ แม้ว่าที่จริงแล้วผิวจะยังชื้นอยู่ก็ตาม หรือถ้าวัสดุเป็นก้อนใหญ่มากอาจจับมาเช็ดเป็นก้อนๆ ไปก็ได้ แต่ต้องระวังไม่ให้เกิดการระเหยหายไปของน้ำขณะอยู่ในขั้นตอนนี้

4. วัสดุที่จบขั้นตอนที่ 3 นี้ จะเรียกว่าอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง ให้นำตัวอย่างวัสดุนี้ชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกไว้ แล้วรีบใส่ลงในตะกร้าลวดและทำการชั่งวัสดุนี้ในน้ำทันที และบันทึกค่าไว้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

6. จากนั้นให้นำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(ขณะวัสดุมีความชื้นอากาศ) = A/B-C

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง) = B/B-C

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = A/A-C

อัตรการดูดซึม = [(B-A)/A]*100

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศหลังจากผ่านการอบแห้งสนิทแล้ว

B = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

C = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในน้ำ

ผลการทดสอบ

A = 4950 g

B = 4969 g

C = 3100 g

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(ขณะวัสดุมีความชื้นอากาศ) = 4950/(4969-3100) = 2.648

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง) = 4969/(4969-3100) = 2.658

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม(เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = 4950/(4950-3100) = 2.675

อัตรการดูดซึม = [4969-4950/4950]*100

= 0.3838%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 5

การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

(Test for Unit Weight of Aggregate)

ASTM : C 29 - 76

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาน้ำหนักของมวลรวมต่อหน่วยปริมาตรของมวลรวม ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

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

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

ขั้นตอนการทดลอง

ก. การหาหน่วยน้ำหนักของน้ำ

1. เติมน้ำใส่ภาชนะให้เต็มและทำให้ไม่มีฟองอากาศอยู่เลย พร้อมปิดฝาด้วยแผ่นกระจกใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัดอุณหภูมิของน้ำ เพื่อนำไปคำนวณหาหน่วยน้ำหนัก โดยเทียบจากตารางข้างล่างนี้

3. หาค่าแฟคเตอร์ของภาชนะ โดยการหารหน่วยน้ำหนักของน้ำด้วยน้ำหนักน้ำในภาชนะ

ข. การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักเมื่อมวลรวมอัดตัวแน่น

1. โดยวิธีใช้เหล็กกระทุ้ง (Roding procedure) วิธีนี้เหมาะสำหรับมวลรวมที่มีขนาดโตสุดไม่เกิน 37.5 มม.

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

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

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

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

2.2 เมื่อได้น้ำหนักที่แท้ของมวลรวมแล้ว คูณด้วยแฟคเตอร์ที่หาได้ในข้อ 3 ของข้อ ก. ก็จะได้ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมเมื่ออัดตัวแน่นเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ

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

ผลการทดสอบ

ก. หาหน่วยน้ำหนักของน้ำ

อุณหภูมิน้ำ 32.0 C

น้ำหนักน้ำในภาชนะ 20.7 กก.

จากตาราง

อุณหภูมิน้ำต่างกัน 2.7 C หน่วยน้ำหนักของน้ำลดลง = 0.80

อุณหภูมิน้ำต่างกัน 2.6 C หน่วยน้ำหนักของน้ำลดลง = (2.6*0.80)/2.7

= 0.77

หน่วยน้ำหนักของน้ำที่ใช้ในการทดลอง = 995.80-0.77 = 995.03

ค่าแฟคเตอร์ของภาชนะ = 995.03/20.7 = 48

ข. หาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม โดยวิธีใช้เหล็กกระทุ้ง

น้ำหนักถังเปล่า 1.25 กก.

น้ำหนักถัง + หิน 33.75 กก.

น้ำหนักถัง + ทราย 35.25 กก.

น้ำหนักหิน = 35.25-1.92 = 33.33 กก.

น้ำหนักทราย = 35.25-1.25 = 34.00 กก.

หน่วยน้ำหนักของหิน = 33.33 * 48 = 1600 กก/ม^3

หน่วยน้ำหนักของทราย = 34.00 * 48 = 1632 กก/ม^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 6

การทดสอบหาปริมาณความชื้นในมวลรวม

(Test for Total Moisture Content of Aggregate by Drying)

ASTM : C 566-67

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาอัตราของปริมาณความชื้นทั้งหมดที่มีอยู่ในมวลรวม โดยการทำให้มวลรวมแห้งด้วยการเผา ซึ่งจะทำให้ได้น้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมสำหรับชั่งผสมคอนกรีต

วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

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

ขั้นตอนการทดลอง

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

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

P = ปริมาณความชื้น %

W = น้ำหนักมวลรวมก่อนเผา

D = น้ำหนักมวลรวมหลังเผา

ผลการทดสอบ

น้ำหนักทรายก่อนเผา 500 กรัม

น้ำหนักทรายหลังเผา 490 กรัม

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้