โครงงานวิจัย

เรื่อง

ผลกระทบต่อกำลังของคอนกรีตเนื่องจากสารผสมเพิ่ม

โดย

นาย กรกฎ วิจิตรสกุลศักดิ์ เลขที่ 30.1001

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมการก่อสร้าง)

พ.ศ. 2534

028846

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสำรวจข้อมูลการทำปัญหาพิเศษ, วิทยานิพนธ์ และปริญญานิพนธ์
ของนักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีสุดท้าย
ปีการศึกษา 2533

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย) ผลกระทบต่อกำลังของคอนกรีตเนื่องจากสารผสมเพิ่ม

(ภาษาอังกฤษ) The Impact to Compressive Strength Of Concrete By The Admixture

ชื่อ กรกฎ วิจิตรสกุลศักดิ์
ภาควิชา เทคโนโลยีการก่อสร้าง
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ

บทคัดย่อ

ในการผสมคอนกรีตนั้น ส่วนมากแล้วจะต้องมีการผสมสารเคมีผสมเพิ่มบางอย่างลงในคอนกรีตด้วย เช่น คอนกรีตผสมเสร็จก็จะผสมสารหน่วงการก่อตัว เพื่อให้เดินทางไปถึงจุดหมายได้ทันเวลาและคอนกรีตไม่ก่อตัวขึ้นมาก่อน ในงานหน้าสนามก็เช่นกัน จะมีการใส่สารกันซึมในการเทพื้นดาดฟ้า เป็นต้น ซึ่งในบางครั้งการผสมสารเคมีผสมเพิ่มกระทำโดยคนงาน อาจทำให้ผสมสารเคมีผสมเพิ่มมากกว่าหรือน้อยกว่าที่ทางบริษัทผู้ผลิตสารเคมีผสมเพิ่มนั้น ๆ กำหนดไว้ ในการผสมสารเคมีผสมเพิ่มที่เกินกว่าที่บริษัทกำหนดไว้นั้นอาจทำให้กำลังของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงไปได้ ถ้าผสมแล้วกำลังของคอนกรีตลดลงก็อาจเป็นอันตรายได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเคมีผสมเพิ่มแล้ว กำลังของคอนกรีตจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง โดยการทดสอบนี้ได้นำเอาสารเคมีผสมเพิ่มประเภทต่าง ๆ 4 ประเภทได้แก่ สารขับน้ำและทึบน้ำ(กันซึม), สารหน่วงการก่อตัว, สารลดปริมาณน้ำ และสารกระจายกักฟองอากาศมาผสม โดยกำหนดคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมสารเคมีผสมเพิ่มเป็นตัวอ้างอิงโดยให้มีค่ากำลังของคอนกรีต 210 กก/ซม.^{2} และจะเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารเคมีผสมเพิ่มจากปริมาณสัดส่วนปกติที่บริษัทกำหนดไว้ และเปลี่ยนแปลงสารเคมีเพิ่มขึ้นเป็น +10%, +20%, +30%, +40% และ +50% ตามลำดับ โดยจะไม่คิดพิจารณาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสารเคมีผสมเพิ่มด้านที่ลดลง ทำการหล่อคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก เมื่อทำการทดสอบจะบันทึกค่า Slump และค่า Compressive Strength ของคอนกรีตที่บ่มตัวในน้ำที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน เพื่อศึกษาถึงกำลังของคอนกรีตว่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร และจะมีการเขียนกราฟแสดงถึงแนวโน้มกำลังของคอนกรีต พร้อมทั้งสรุปและวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดจากการทดสอบว่ามีผลอย่างไรบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

028843

หน้าอนุมัติ

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับรายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

.....

(อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

กรรมการวัดผลโครงงานวิจัย :

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. ดิรวัฒน์ ไชยชนะ)

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ศิลป์ชัย จุนสุวรรณ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ สุพจน์ ศรินิล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ อำนวย พานิชกุลพงศ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ วิบูลย์ วุฒิญาณ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ เกษม อมันตกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าอนุมัติ (ต่อ)

..... กรรมการ
(ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ศักติชัย สถานุพงศ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ สกุล ห่อวโนทยาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานนี้ ข้าพเจ้าได้รับความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล รวมทั้งคำชี้แนะต่าง ๆ ในการจัดทำโครงการวิจัยนี้ จากบุคคลต่าง ๆ จึงขอขอบพระคุณในความกรุณามา ณ โอกาสนี้

อ. คิริวัฒน์ ไชยชนะ อาจารย์ที่ปรึกษา
คุณ ณรงค์ และคุณ ชวลิต แผนกฝ่ายขาย บริษัท UNION ASSOCIATE จำกัด
เจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง
เพื่อน ๆ และรุ่นน้องที่กรุณามาช่วยอย่างจริงใจ

กรกฎ วิจิตรสกุลศักดิ์

นักศึกษาผู้ประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ 1

2. เรื่องของคอนกรีต 2

3. คุณสมบัติของสารเคมีผสมเพิ่ม 23

4. การกำหนดส่วนผสมของคอนกรีต 27

5. ข้อมูลวัสดุการทดสอบ 34

6. ผลการทดสอบ 37

7. สรุปผลการทดสอบ 67

8. ภาพประกอบ 71

9. ภาคผนวก 82

10. บรรณานุกรม 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ในการผสมคอนกรีตนั้น ส่วนมากแล้วจะต้องมีการผสมสารเคมีผสมเพิ่มบางอย่างลงในคอนกรีตด้วย เช่น คอนกรีตผสมเคร็จที่จะผสมสารหน่วงการก่อตัว เพื่อให้เดินทางไปถึงจุดหมายได้ทันเวลาและคอนกรีตไม่ก่อตัวขึ้นมาก่อน ในงานหน้าสนามก็เช่นกัน จะมีการใส่สารกันซึมในการเทดาดฟ้า เป็นต้น ซึ่งในบางครั้งการผสมสารเคมีผสมเพิ่มกระทำโดยคนงาน อาจทำให้ผสมสารเคมีผสมเพิ่มมากกว่าที่ทางบริษัทผู้ผลิตสารเคมีผสมเพิ่มนั้น ๆ กำหนดไว้ ในการผสมสารเคมีผสมเพิ่มที่เกินกว่าที่บริษัทกำหนดไว้นั้นอาจทำให้กำลังของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงไปได้ ถ้าผสมแล้วกำลังของคอนกรีตลดลงก็อาจเป็นอันตรายได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเคมีผสมเพิ่มแล้ว กำลังของคอนกรีตจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง โดยการทดลองนี้ได้นำเอาสารเคมีผสมเพิ่มประเภทต่าง ๆ 4 ประเภท ได้แก่ สารขับน้ำและทึบน้ำ (กันซึม), สารหน่วงการก่อตัว, สารลดปริมาณน้ำ และสารกระจายกักฟองอากาศมาผสม โดยกำหนดคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมสารเคมีผสมเพิ่มให้มีกำลังของคอนกรีต 210 กก/ซม.^{2} และจะเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารเคมีผสมเพิ่มจากปริมาณสัดส่วนปกติที่บริษัทกำหนดไว้ และเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเป็น +10%, +20%, +30%, +40% และ +50% โดยจะไม่คิดการเปลี่ยนแปลงสารเคมีผสมเพิ่มด้านที่ลดลง เพราะเมื่อผสมสารเคมีผสมเพิ่มลดลงก็จะใกล้เคียงกับคอนกรีตปกติ เมื่อทำการทดลองจะบันทึกค่า Slump และค่า Compressive Strength ของคอนกรีตบ่มในน้ำที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน เพื่อศึกษาถึงกำลังของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดสำหรับงานคอนกรีต

ข้อกำหนดในทางช่าง (Engineer specification) นั้น อันที่จริงแล้วคือสิ่งชี้บอกถึงความต้องการของเจ้าของงาน โดยใช้หลักเกณฑ์ทางช่างเป็นเครื่องกำหนดและตัดสิน ตัวอย่างเช่นในการสร้างอาคาร ความต้องการของเจ้าของก็คือต้องให้แข็งแรงใช้ประโยชน์ได้ตามความมุ่งหมายอีกทั้งให้ใช้ช่างฝีมือดีเพื่อให้แลดูสวยงาม แต่ถ้าระบุความต้องการลงไปเช่นนั้น อาจเกิดปัญหาขึ้นโดยไม่อาจชี้ขาดได้ว่าแค่ไหนจึงจะถูกจะควร โดยเหตุนี้จึงได้อาศัยหลักเกณฑ์ทางช่างเป็นข้อกำหนดขึ้นแทน เช่น แทนที่จะระบุว่าอาคารนั้นจะต้องแข็งแรงไม่พังลงมาก็เปลี่ยนเป็นกำหนดให้ใช้คอนกรีตที่มีกำลังเท่านั้นเท่านี้เป็นสิ่งชี้ขาด หรือในด้านของความสวยงามก็เปลี่ยนเป็นกำหนดให้ได้ดิ่ง ได้ฉาก ผิดจากศูนย์ได้เพียงใด รวมทั้งต้องแต่งหน้าคอนกรีตเช่นไร เหล่านี้เป็นต้น

โดยที่ผู้ก่อสร้างต้องถือข้อกำหนดเป็นหลักเกณฑ์ในการดำเนินงาน ฉะนั้นข้อกำหนดจึงถูกถือว่าเป็นสิ่งควบคุมการดำเนินงานไปด้วย บ่อยครั้งที่ผู้เขียนข้อกำหนดประสบปัญหาว่าควรจะเขียนข้อกำหนดอย่างใดจึงจะเหมาะสมและครอบคลุมความต้องการได้โดยครบถ้วน ทั้งนี้เพราะข้อกำหนดที่เกินความจำเป็น บางครั้งอาจปฏิบัติไม่ได้ หรือถ้าได้ก็จะทำให้ราคาสูงขึ้นมากโดยไม่สมควร เพื่อเป็นแนวทางในที่นี้จะได้กล่าวถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเขียนข้อกำหนดสำหรับงานคอนกรีต

ข้อกำหนดที่ดีไม่จำเป็นจะต้องมีข้อความมากมาย แต่ข้อความจะต้องกระจ่างชัดและสมบูรณ์ เพื่อผู้ปฏิบัติจะได้ปราศจากข้อเคลือบแคลงหรือสงสัย ข้อสำคัญที่สุดก็คือทุก ๆ สิ่งที่กำหนดลงไปนั้นจะต้องมีความหมายไม่ใช่กำหนดลงไปลอย ๆ โดยไม่ทราบว่าผลจะเป็นอย่างไร ผู้เขียนข้อกำหนดควรเป็นผู้ที่ผ่านประสบการณ์มาแล้วพอสมควร มิฉะนั้นแล้วสิ่งที่กำหนดลงไปอาจเป็นไปไม่ได้และจะก่อให้เกิดปัญหายุ่งยากในภายหลัง

โดยทั่วไปแล้วสำหรับงานคอนกรีต ถ้าจะให้ได้ผลดีโดยครบถ้วน ข้อกำหนดจะต้องให้ครอบคลุมถึงสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ

1. วัสดุที่ใช้ทำรวมไปถึงการกองเก็บ
2. การเตรียมงานและการดำเนินงาน
3. การทดสอบแท่งคอนกรีตตัวอย่าง

ข้อกำหนดที่คอบคลุมโดยครบถ้วนเช่นที่กล่าวมานั้น นับว่าจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับงานขนาดใหญ่หรืองานที่มีราคาสูง ซึ่งถ้ามีความเสียหายเกิดขึ้นแล้วจะเป็นอันตรายต่อชีวิตหรือทำให้สูญเสียทรัพย์สินไปเป็นจำนวนมาก แต่ถ้านำข้อกำหนดเช่นนี้ไปใช้กับงานที่มีขนาดไม่ใหญ่นักจะเกิดปัญหาในทางปฏิบัติและเป็นเหตุให้ราคางานแพงขึ้นอีกมากโดยไม่จำเป็น ตัวอย่างเช่นในการสร้างอาคารที่พักอาศัยหรือตึกแถว โดยทั่วไปถ้าในข้อกำหนดของงานคอนกรีต ระบุให้ใช้หินทรายที่มีส่วนคละ (gradation) เช่นนั้นเช่นนี้ ผู้รับเหมาอาจไม่สามารถหาหินทรายตามที่กำหนดในท้องตลาดได้ ซึ่งจะต้องสั่งมาเป็นพิเศษหรืออาจต้องแยกร่อนเอาเอง ทำให้ราคาหินทรายต้องเพิ่มสูงขึ้น การกำหนดเช่นนี้นับว่าเกินความจำเป็นสำหรับงานขนาดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานโดยทั่วไปซึ่งไม่ต้องการกำลังของคอนกรีตสูงนัก ในบ้านเราปัจจุบันนี้มักไม่กำหนดกำลังของคอนกรีต ทั้งนี้เพื่อตัดปัญหาในเรื่องเครื่องมือสำหรับใช้ทดสอบ ซึ่งมีราคาสูงและผู้รับเหมาส่วนใหญ่ไม่มีใช้อาศัยควบคุมกำลังของคอนกรีตที่ทำขึ้นโดยกำหนดอัตราส่วนของวัสดุที่ใช้แทน ข้อกำหนดในลักษณะนี้นับว่าใช้ได้ถ้าในข้อกำหนดนั้นระบุปริมาณน้ำที่ใช้ผสมหรือค่ายุบตัว (slump) ของคอนกรีตไว้ด้วยแต่เคยพบว่าข้อกำหนดในลักษณะนี้บางอัน ไม่ได้กล่าวถึงปริมาณของน้ำหรือค่ายุบตัวของคอนกรีตไว้เลย ซึ่งในลักษณะนั้นคอนกรีตที่ทำขึ้นอาจมีกำลังเท่าใดก็ได้และอาจต่ำไปจนถึงขั้นไม่ปลอดภัย ข้อกำหนดเช่นนี้ถือว่าไม่มีความหมาย เพราะเท่ากับไม่กำหนดอะไรเลย

ข้อกำหนดบางลักษณะอาจเรียกได้ว่าเข้มงวดเกินไป กล่าวคือเพื่อที่จะให้ได้ผลตามความต้องการอย่างหนึ่งซึ่งกำหนดไว้แล้ว ยังกำหนดหรือบังคับให้ทำอย่างนั้นอย่างนี้อีกด้วย เช่น ในเรื่องกำลังของคอนกรีตซึ่งนอกจากจะระบุกำลังที่ต้องการไว้แล้ว ยังกำหนดอัตราส่วนผสมของคอนกรีตไว้อีกด้วย ในต่างประเทศถือว่าข้อกำหนดเช่นนี้ไม่เป็นธรรม เพราะผู้รับเหมาไม่มีโอกาสที่จะใช้ความรู้ความสามารถของเขาทำให้ราคางานต่ำที่สุดได้ ในบ้านเราผู้เขียนข้อกำหนดให้เหตุผลว่าเนื่องจากผู้รับเหมาของเราส่วนใหญ่ยังไม่สามารถพอหรือยังไม่ได้มาตรฐาน จึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดไว้หลาย ๆ ทางเพื่อให้ผิดพลาดน้อยที่สุด นับว่าก็พอจะมีเหตุผลอยู่บ้าง และต่อไปเมื่อมาตรฐานของผู้รับเหมาของเราดีขึ้นแล้ว ข้อกำหนดในลักษณะเช่นนี้คงจะหมดไป

ข้อกำหนดสำหรับงานคอนกรีต จำเป็นต้องกำหนดหรือควบคุมไว้หลายขั้นตอน คือนอกจากจะกำหนดกำลังของคอนกรีต ซึ่งเป็นการควบคุมผลที่ต้องการในขั้นปลายไว้แล้ว ยังจำเป็นที่จะต้องกำหนดความต้องการอื่น ๆ ซึ่งจะมีผลสะท้อนต่อผลในขั้นปลาย เช่นกำหนดวัสดุที่นำมาใช้ กำหนดถึงการเตรียมงานและดำเนินงานไว้อีกด้วย ทั้งนี้เพราะเมื่อกล่าวถึงกำลังของคอนกรีตนั้น จะหมายไปถึงกำลังของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ซึ่งแม้จะมีเนื้อเช่นเดียวกับคอนกีตที่ใช้งานเราะแบ่งมาจากส่วนผสมเดียวกัน แต่ถ้าการปฏิบัติงานคอนกรีต อาทิเช่นการทำให้เนื้อแน่นหรือการบ่มไม่ดีพอแล้วกำลังของคอนกีตที่ใช้งานย่อมไม่ดีหรือขึ้นสูงเท่ากับกำลังของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ด้วยเหตุดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการกำหนดแต่เพียงกำลังของคอนกรีตแต่อย่างเดียว จึงไม่เป็นการเพียงพอ

ในที่นี้จะได้กล่าวถึงสิ่งต่าง ๆ ที่มีผลต่อคอนกรีตที่ทำขึ้น หรือที่อาจทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตที่ทำขึ้นเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เพื่อสำหรับเลือกใช้เป็นข้อกำหนดสำหรับงานคอนกรีตขนาดต่าง ๆ ตามที่เห็นสมควร

วัสดุ หมายถึงคุณภาพของวัสดุที่ใช้ทำคอนกรีต ข้อนี้นับว่าจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับข้อกำหนดที่ระบุอัตราส่วนผสมแทนกำลังของคอนกรีต อย่างไรก็ดียังมีคุณสมบัติบางประการที่อาจทำให้คอนกรีตเปลี่ยนแปลงไปได้ในภายหลังอีก ดังนั้นแม้ข้อกำหนดจะได้ระบุเป็นกำลังของคอนกรีตก็ตาม ยังจะต้องพิจารณาถึงสิ่งอื่น ๆ ไว้อีกด้วย

1. **ปูนซีเมนต์** ในตลาดมีขายอยู่หลายชนิดเช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ผสม และบางชนิดยังแบ่งออกเป็นหลายประเภท ฉะนั้นจะต้องกำหนดชนิดและประเภทให้ตรงกับความต้องการของงานในกรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมเป็นข้อกำหนด จะต้องระบุถึงความเก่าใหม่ของปูนซีเมนต์รวมไปถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
022842

การกองเก็บก่อนนำไปใช้งานเพื่อไม่ให้เสื่อมคุณภาพไว้ด้วย

2. **หินและทราย** สำหรับงานโดยทั่วไปอาจถือได้ว่าคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของหินและทรายที่ขายในท้องตลาดเพื่อใช้กับงานคอนกรีตนั้น มีคุณสมบัติดีพอที่จะใช้ทำคอนกรีตได้ ข้อที่ต้องกำหนดคือให้เป็นหินหรือทรายที่สะอาด แข็ง ไม่ผุ หรือยุ่ยเพราะถูกทำลายโดยสภาพดินฟ้าอากาศ (weathering) แต่ถ้าเป็นงานในที่ซึ่งไม่อาจหาหินและทรายที่เคยใช้ทำคอนกรีตมาแล้วจำหน่าย จำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติไว้ด้วย หินที่มีรูปร่างแบนและสิ่งแปลกปลอมที่เจือปนมาจะต้องกำหนดให้มีได้ไม่เกินขีดกำหนดที่ยอมให้มีได้ ต้องกำหนดขนาดของหินก้อนใหญ่ที่สุดที่ยอมให้ใช้ (เช่นหินเบอร์ 1, เบอร์ 2) เพื่อให้เข้ากับขนาดของคอนกรีตและช่องว่างระหว่างเหล็กเสริม ความลดหลั่นของขนาด (gradation) ของหินและทราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งของทรายเป็นสิ่งหนึ่งที่จะทำให้กำลังของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงไปได้สำหรับส่วนผสมที่กำหนดให้อันหนึ่ง ๆ แต่เนื่องจากความไม่สะดวกในทางปฏิบัติ จึงไม่ใคร่ใช้บังคับนอกจากในงานใหญ่ ๆ อย่างไรก็ดีผู้กำหนดควรจะได้ทดลองหาส่วนผสมจากวัสดุที่หาได้จากท้องตลาดเสียก่อน ซึ่งจะช่วยให้ข้อกำหนดให้ผลใกล้เคียงกับความต้องการยิ่งขึ้น ต้องกำหนดการเก็บหินและทรายไม่ให้ขนาดปะปนกัน รวมทั้งการป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมเข้าเจือปนได้โดยง่าย

3. **น้ำ** กำหนดให้ใช้น้ำที่สะอาด หรือที่ได้จากแปล่งที่เคยใช้ผสมคอนกรีตได้ผลดีมาแล้ว ไม่มีด่างพืเน่าเปื่อย น้ำมัน ตะกอนขุ่นเจือปน ถ้าสงสัยในคุณภาพให้ทดสองเสียก่อน

4. **สารที่ใช้ผสมร่วม** (admixture) ในกรณีที่ใช้จะต้องระบุวัตถุประสงค์และกำหนดปริมาณที่ให้ใช้หรือกำหนดให้ทำส่วนผสมตัวอย่างขึ้นทดสอบ เพราะสารเหล่านี้มักให้ผลแตกต่างกันเมื่อใช้กับปูนซีเมนต์ที่ผลิตมาจากต่างโรงงาน

5. **วัสดุอื่น ๆ** หมายถึงวัสดุที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานคอนกรีต เช่น เหล็กเสริม วัสดุที่ใช้ทำรอยต่อ เป็นต้น จะต้องกำหนดคุณสมบัติและความต้องการไว้ด้วยโดยอาศัยมาตรฐานของวัสดุนั้น ๆ

การเตรียมงาน หมายถึง ความพร้อมเพรียงก่อนที่จะลงมือทำงานคอนกรีต เหตุที่ข้อกำหนดต้องควบคุมงานในขั้นตอนนี้ ก็เพราะงานในขั้นนี้อาจเป็นเหตุให้คุณสมบัติของคอนกรีตที่ทำขึ้นเปลี่ยนแปลงไปได้สิ่งที่ต้องกำหนดในขั้นนี้แบ่งออกได้เป็น

1. **เครื่องมือที่ใช้** เพื่อให้ได้งานสมความมุ่งหมาย เช่นให้ใช้เครื่องผสมเพื่อให้คอนกรีตมีเนอสม่ำเสมอให้ใช้เครื่องสั่นคอนกรีตเพื่อให้เนื้อแน่นเป็นต้น ในงานใหญ่ ๆ หรืองานพิเศษอาจต้องกำหนดชนิดของเครื่องมือด้วย การกำหนดนี้ควรให้ควบคุมไปถึงการตรวจสอบเครื่องมือก่อนจะใช้ว่ามีประสิทธิภาพดีพอหรือไม่

2. **พื้นรองรับและแบบหล่อคอนกรีต** ถ้าเป็นการเทคอนกรีตบนพื้นดิน ต้องกำหนดในเรื่องการปรับและทำความสะอาดบริเวณ การรดน้ำก่อนเทคอนกรีตเพื่อไม่ให้ดูดน้ำออกจากคอนกรีตที่เพิ่งเท ในเรื่องของแบบหล่อต้องกำหนดถึงความสะอาดและเรียบร้อยของแบบ การตั้งแบบให้ได้แนวได้ศูนย์ รวมไปถึงการจีดและค้ำแบบให้มั่นคงแข็งแรงไม่มีการแอ่นตัว

3. **สิ่งที่จะฝังไว้ในคอนกรีต** เช่น เหล็กยึดเหล็กเสริม ท่อ จะต้องกำหนดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องตำแหน่งการวางการยึดให้แน่น รวมไปถึงความสะอาดเพื่อให้ยึดจับกับคอนกรีตได้ดี

การดำเนินงาน ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้คุณภาพของคอนกรีตที่ทำขึ้นดีหรือเลวดัง นั้นในข้อกำหนดจึงจะต้องระบุถึงการดำเนินงานให้ชัดแจ้งนับตั้งแต่เริ่มผสมคอนกรีต การลำเลียงคอนกรีตไปเท การเทคอนกรีต การทำให้เนื้อคอนกรีตแน่น การแต่งหน้า การบ่มไปจนถึงการถอดแบบ

การทดสอบแท่งคอนกรีตตัวอย่าง จุดประสงค์หลักของข้อกำหนดก็คือต้องการให้คอนกรีตที่ทำขึ้นนั้นมีกำลังเท่านั้นเท่านี้ ดังนั้นสิ่งที่ขาดไม่ได้ในข้อกำหนดก็คือกำลังที่ต้องของคอนกรีต ซึ่งนิยมกำหนดเป็นกำลังอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง เมื่อมีอายุครบ 28 วัน ในเรื่องนี้มีสิ่งที่ต้องระวังคือเนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานโดยเฉพาะสำหรับเรื่องนี้ การกำหนดกำลังของคอนกรีตที่ใช้อยู่โดยทั่วไปจึงยังแตกต่างกันอยู่เป็น 2 แบบคือใช้แบบบอเมริกาหรือแบบอังกฤษ ทั้งสองแบบนี้แตกต่างกันทั้งวิธีดำเนินการ รูปร่างของแบบหล่อตัวอย่าง รวมไปถึงกำลังของคอนกรีตที่ทดสอบได้ ฉะนั้นในข้อกำหนดต้องระบุให้ชัดแจ้งว่ากำลังอัดที่กำหนดมานั้นทดสอบโดยใช้วิธีใดและโดยทั่วไปแล้ว อาศัยใช้ลักษณะรูปร่างของแท่งตัวอย่างเป็นเกณฑ์กำหนด

ข้อกำหนดควรจะต้องระบุให้การดำเนินการทดสอบแท่งคอนกรีตตัวอย่าง เป็นไปตามวิธีการทดสอบโดยเคร่งครัดทุกขั้นตอนนับตั้งแต่เริ่มเก็บตัวอย่าง มิฉะนั้นแล้วผลที่ได้รับอาจผิดพลาดไปได้มาก และจะก่อให้เกิดปัญหายุ่งยากในภายหลัง

ในกรณีที่กำหนดโดยใช้อัตราส่วนผสมแทนการกำหนดกำลังของคอนกรีตนั้น เท่าที่ปฏิบัติอยู่โดยทั่วไปยังใช้กันอยู่ 2 แบบ คือโดยการวัดปริมาตรหรือโดยการชั่งน้ำหนัก การวัดปริมาตรนั้นแม้จะสะดวกในทางปฏิบัติแต่ผิดพลาดได้มาก เพราะหินและทราย (โดยเฉพาะทราย) จะเปลี่ยนแปลงปริมาตรไปได้มากเมื่อมีความชื้นแตกต่างไป ฉะนั้นถ้าเป็นไปได้ควรกำหนดให้ใช้วิธีชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ใช้ทำคอนกรีต

คอนกรีตโดยทั่วไปประกอบด้วยวัสดุ 3 ชนิด คือ 1. ปูนซีเมนต์ 2. ทรายและหินหรือกรวด (หรือวัสดุอื่นใดที่มีคุณภาพเหมาะสม) และ 3. น้ำ ในบางกรณีอาจใช้น้ำยาผสมคอนกรีตเพื่อประโยชน์โดยเฉพาะบางประการ เช่น พวกที่ทำให้เกิดฟองอากาศ หรือน้ำยาที่เป็นตัวเร่งหรือตัวหน่วงให้คอนกรีตก่อตัวเร็วหรือช้าเป็นต้น

1. **ปูนซีเมนต์** โดยปกติจะมีปูนซีเมนต์ผสมอยู่ในเนื้อคอนกรีต 10 ถึง 15 เปอร์เซนต์ โดยปริมาตรซีเมนต์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด และมีราคาแพงที่สุดในบรรดาวัสดุที่ใช้ผสมทำคอนกรีต เมื่อปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำจะเป็นซีเมนต์ข้น (paste) ซึ่งจะทำหน้าที่ห่อหุ้มทรายและหิน และอุดตากช่องระหว่างเม็ดของทราย และหินรวมทั้งเป็นตัวยึดทรายและหินเข้าด้วยกันเป็นก้อน ซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วจะเป็นก้อนแข็งมีเนื้อแน่นเรียกว่าคอนกรีต

ปูนซีเมนต์ถูกผลิตขึ้นมาหลายชนิด ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ใช้สอยต่าง ๆ กันตามความต้องการโดยเฉพาะและเพื่อความเหมาะสมของแต่ละงาน งานก่อสร้างโดยทั่วไป หรือที่มิได้ระบุไว้เป็นพิเศษแล้ว ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แบบหนึ่ง (ตามมาตรฐานอเมริกา) หรือปูนซีเมนต์ตราพญานาคสีเขียวจัดว่าเป็นปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างโดยทั่วไป

2. **ทราย และหิน** เป็นส่วนผสมที่มีปริมาณมากที่สุดในเนื้อคอนกรีต โดยทั่วไปจะมีปริมาณ 66 ถึง 78 เปอร์เซนต์ โดยปริมาตร ฉะนั้นการเลือกใช้ทรายและหินที่เหมาะสม หรือที่มีอยู่ในท้องถิ่นที่ทำการก่อสร้างจะช่วยให้ได้คอนกรีตที่มีราคาถูกยิ่งขึ้น อย่างไรก็ดีคุณภาพของทราย หิน หรือวัสดุอื่นที่จะนำมาใช้จะต้องได้ตามมาตรฐานที่กำหนดด้วย

ทรายและหินที่ใช้ทำคอนกรีตถูกแบ่งออกเป็น 2 พวก ตามขนาดของเม็ด กล่าวคือ

2.1 ทรายหรือวัสดุละเอียด มีขนาดของเม็ดตั้งแต่ 6.4 มม. ลงไปจนถึงขนาดเล็กเท่าเมล็ดฝุ่นที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่ ทรายธรรมชาติ หรือ ทรายที่ทำขึ้น หรือส่วนผสมของทรายทั้งสองชนิดที่กล่าวถึง

2.2 หินหรือวัสดุหยาบ ส่วนใหญ่ที่ใช้กันอยู่ได้แก่ หินย่อย กรวด มีขนาดก้อนลดหลั่นกัน และก้อนใหญ่ที่สุดมักมีขนาดไม่เกิน 50 มม.

อันที่จริงแล้วสำหรับคอนกรีตที่มีความแข็งแรงเท่า ๆ กันการใช้หินขนาดยิ่งโตมากขึ้น จะลิ้นเปลืองปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะต้องใช้ลงได้ทำให้ได้คอนกรีตที่มีราคาถูกยิ่งขึ้น ขนาดใหญ่สุดของหินที่จะใช้โดยปกติจะถูกบังคับจากรูปร่าง และขนาดของคอนกรีตที่ต้องการ ตลอดจนความถี่ห่างของเหล็กเสริม โดยทั่วไปกำหนดให้ขนาดของหินขนาดใหญ่ที่สุดที่จะใช้ไม่ควรจะโตกว่า 1/5 ของส่วนที่แคบที่สุดของโครงสร้าง เช่น คาน หรือเสา และไม่ควรโตกว่า 3/4 ของระยะระหว่างผิวของเหล็กเสริมคู่ที่ชิดกันที่สุด

ความลดหลั่น (Gradation) ของขนาดของทรายและหินนั้นก็เป็นสิ่งสำคัญ ทรายและหินที่มีขนาดลดหลั่นดีจะช่วยให้เกิดผลดี 2 ประการ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ก้อนหินและทรายสามารถเรียงตัวกันได้ดี ทำให้มีความแน่นสูง และมีเนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอ

2. ลดปริมาณซีเมนต์ข้น (paste) ที่จะต้องไปอุดตามช่องว่างระหว่างก้อนของหินและทราย ช่วยให้ใช้ปูนซีเมนต์น้อยลง ทำให้ราคาถูกยิ่งขึ้น

อัตราส่วนผสมที่ใช้ยะเป็นตัวกำหนดความถูกใช้ฟังในการทำคอนกรีต. ตลอดจนรูปร่างความลดหลั่นของขนาด และขนาดใหญ่ที่สุดของก้อนหินที่ใช้จะมีผลต่อกำลังของคอนกรีตที่ทำ

คุณสมบัติโดยทั่วไปของทรายและหินที่ใช้ผสมทำคอนกรีตจะต้องสะอาด แข็งทนทานปราศจากสารเคมีเจือปน ไม่มีดินหรือสิ่งอื่นใดห่อหุ้ม ก้อนหินที่มีลักษณะแหลมคม ขรุขระ หรือเป็นแผ่นยาว จะต้องการทรายผสมในปริมาณสูงกว่าชนิดที่เป็นก้อนกลม หรือเป็นก้อนลูกบาศก์ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ความสะดวกในการทำงาน (workability) เท่า ๆ กัน ผลการทดลองในห้องทดลองจะช่วยกำหนดส่วนผสมระหว่างหินและทราย รวมทั้งปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องใช้เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังความต้องการและในราคาที่ประหยัดที่สุด

3. น้ำ ในปัจจุบันนี้การทำงานคอนกรีตโดยส่วนใหญ่ (นอกจากในรายที่มีการควบคุมโดยใกล้ชิด) ทั้งผู้ที่ทำงานและผู้ควบคุมแทบจะมิได้เอาใจใส่ในเรื่องคุณภาพของน้ำและปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตเลย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำเป็นส่วนผสมที่มีราคาถูกที่สุด หรืออาจกล่าวได้ว่าแทบไม่มีราคาเลย ผู้ที่ทำงานจะเติมน้ำลงในส่วนผสมให้มา ๆ ไว้เพื่อให้สะดวกแก่การทำงานและโดยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ผู้ควบคุมงานบางรายแม้จะรู้อยู่ว่าไม่ควร แต่ก็ปล่อยปละละเลยมิได้เอาใจใส่กวดขัน ยิ่งไปกว่านั้นผู้ควบคุมงานบางรายมิได้รู้ในข้อเสียนี้จึงปล่อยให้ผู้ทำงานทำไปตามที่เคยทำมา

น้ำเป็นส่วนผสมที่มีความสำคัญมากอีกอันหนึ่ง เพราะเป็นตัวที่ทำให้ซีเมนต์เกิดการแข็งตัว ปริมาณน้ำที่ใส่ลงในส่วนผสมของคอนกรีต มีความสัมพันธ์กับกำลังของคอนกรีต ถ้าใช้น้ำมากเกินไปกำลังของคอนกรีตจะลดลง เพราะน้ำที่เพิ่มขึ้นจะไปทำให้ซีเมนต์ข้น (paste) เจือจางและลดกำลังยึดเหนี่ยว ทำให้คอนกรีตแตกร้าวมากขึ้นเพราะหดตัวมาก และเมื่อน้ำส่วนที่เกินไปนี้ระเหยออกจากคอนกรีตแล้วจะทำให้เกิดรูโพรงในเนื้อของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตไม่แน่นทึบ

ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับคอนกรีตมีงระลึกอยู่เสมอว่า ปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งซึ่งจะกำหนดกำลังของคอนกรีตที่ทำขึ้น และเพื่อให้เห็นได้ชัดจึงขอนำผลการทดลองกำลังของคอนกรีตซึ่งใช้ส่วนผสมอื่น ๆ เช่นเดียวกัน ผิดกันแต่ปริมาณของน้ำในส่วนผสม และทำการทดลองในสภาพเช่นเดียวกัน เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของกำลังของคอนกรีตที่ได้รับ

หน้าที่ของน้ำในส่วนผสมมี 2 ประการ คือ หนึ่ง เปลี่ยนสภาพของส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย และหินที่แห้งให้เป็นวัสดุเปียกทำงานได้สะดวก และสอง ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ ทำให้ส่วนผสมเปียกกลายเป็นมวลแน่นแข็งและมีความแข็งแรง

การกำหนดปริมาณของน้ำในส่วนผสม จึงต้องคำนึงถึงหน้าที่ทั้งสองประการนี้ โดยทั่วไปปริมาณของน้ำ จะถูกกำหนดเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำหนักของน้ำที่ใช้ผสมกับน้ำหนักของปูนซีเมนต์ในส่วนผสม เรียกว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำและปูนซีเมนต์ (water-cement ratio)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งยิ่งทำให้อัตราส่วนน้ำน้ำได้เนียงใดจะได้คอนกรีตที่มีเนื้อแน่น และมีกำลังสูงขึ้นเนียงนั้น

3.1 ปริมาณของน้ำ ปริมาณของน้ำที่จะไปทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์น้ำ มีปริมาณที่เกือบจะคงที่คือประมาณ 0.25 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ส่วนที่ต้องการเพิ่มขึ้นจากนี้ก็คือ ปริมาณของน้ำที่จะทำให้ส่วนผสมทำงานได้สะดวก ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง ความลดหลั่นของขนาดของหินและทรายที่ใช้ สภาพดินฟ้าอากาศ รวมทั้งชนิดของงานคอนกรีตที่จะทำขึ้นด้วย

การหาปริมาณน้ำที่พอเหมาะในส่วนผสมของคอนกรีตซึ่งใช้ทรายและหินต่าง ๆ กันรวมทั้งในชนิดของงานคอนกรีตต่าง ๆ กันทำได้โดยง่าย จากการทดสอบ ซึ่งเรียกว่าทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (slump test) ซึ่งวิธีทดสอบนี้จะช่วยกำหนดปริมาณน้ำที่พอเหมาะในส่วนผสม

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องมือที่ทำขึ้นง่าย ๆ ประกอบด้วยกรวยเหล็ก ซึ่งควรจะมีความหนาพอที่จะไม่เบ่งหรือบิดเบี้ยวเสียรูป มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในที่ฐานกว้าง 20 ซม. และที่ปลายบนกว้าง 10 ซม. มีความสูง 30 ซม. และมีแผ่นเหล็ก 2 แผ่น เชื่อมติดที่ใกล้ฐานสำหรับยืนเหยียบขณะทดสอบเพื่อมิให้เคลื่อนที่ พร้อมด้วยท่อนเหล็กสำหรับกระทุ้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 ซม. ยาว 60 ซม. มีปลายด้านที่จะใช้กระทุ้งเป็นรูปมน

3.2 วิธีทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (Slump test) วางกรวยเหล็กบนพื้นราบที่เรียบ ชุ่มชื้นไม่ดูดน้ำ และมีความกว้างพอที่จะวางกรวยเหล็กได้สองอันใกล้ ๆ กัน เริ่มทดสอบโดยนำคอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ ๆ เติมลงในกรวยประมาณ 1/3 ของปริมาตรกรวย (ควรใช้คอนกรีตส่วนที่มีส่วนผสมสม่ำเสมอ หมายถึงมิใช่ส่วนที่เริ่มเทออกจากเครื่องผสม หรือส่วนที่ใกล้จะหมดในโม่ผสม) ขณะทดสอบให้ยืนเหยียบบนแผ่นเหล็กที่ฐานกรวย เพื่อมิให้เครื่องเคลื่อนที่ แล้วใช้ท่อนเหล็กกระทุ้งคอนกรีตในกรวยให้ตลอดและทั่ว ๆ ให้ครบ 25 ครั้ง เติมคอนกรีตชั้นที่สองลงในกรวยให้ได้ประมาณ 2/3 ของปริมาตรกรวย ใช้ท่อนเหล็กกระทุ้งให้ตลอดชั้นที่เติมลงไปใหม่และให้ทั่ว ๆ อีก 25 ครั้ง เติมคอนกรีตชั้นสุดท้ายให้เต็มล้นกรวย และกระทุ้งให้ตลอดชั้นที่เติมไปใหม่ และให้ทั่ว ๆ อีก 25 ครั้ง ปาดขอบบนของกรวยด้วยเหล็กกระทุ้งให้คอนกรีตส่วนที่เกินหลุดไป แล้วกวาดคอนกรีตที่หล่นอยู่โดยรอบฐานกรวยออกให้หมดยกกรวยขึ้นตรง ๆ ช้า ๆ โดยต้องระวังมิให้กระทบเนื้อคอนกรีตภายในกรวย วางกรวยเทียบกับแท่งคอนกรีตโดยกลับกรวยหงายขึ้นให้ด้านบนลงล่าง ใช้เหล็กกระทุ้งวางพาดกันกรวยที่หงายขึ้นเทียบส่วนความสูงกับแท่งคอนกรีตแล้ววัดระยะยุบตัวของคอนกรีต

การทดลอบควรทำให้แล้วเสร็จภายใน (1 1/2 นาที และจะต้องดำเนินการทดสอบตามวิธีที่กล่าวโดยเคร่งครัด การปฏิบัติอื่นใดนอกเหนือไปจากที่ระบุ ทำให้ผิดไปจากมาตรฐานการทดสอบอาจให้ผลลัพธ์เป็นอย่างอื่น การทดสอบนี้ควรทำทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีต รวมทั้งในเมื่อเปลี่ยนไปใช้วัสดุต่างกองกันด้วย

ระยะยุบตัวของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบนี้ จะต้องอยู่ในเกณฑ์กำหนดในแต่ละชนิดของงานคอนกรีตซึ่งแสดงในตารางข้างล่างนี้ พึงระลึกไว้เสมอว่าคอนกรีตที่มีการยุบตัวน้อยที่สุด จะทำให้ประหยัดที่สุด และมีกำลังสูงสุด แต่คอนกรีนที่ข้นเกินไปก็จะทำให้เทลำบาก กฎง่าย ๆ ก็คือพยายามใช้คอนกรีตให้ข้นที่สุดเท่าที่จะทำได้แต่ต้องให้เหลวพอที่จะเทและตกแต่งผิวหน้าได้สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเกณฑ์ยุบตัวซึ่งกำหนดไว้ทั้งสูงสุดและต่ำสุดขึ้นอยู่กับการเทคอนกรีต ซึ่งอาจใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตหรือมิได้ใช้ สำหรับการทำงานคอนกรีตในประเทศไทย ซึ่งมีอุณหภูมิของอากาศสูงนั้น ควรเพิ่มเผื่อค่าเกณฑ์ยุบตัวไว้บ้าง 1-2 ซม. ทั้งนี้เพราะคอนกรีตจะแห้งเร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หิน ทราย ในคอนกรีต

ในที่นี้จะได้กล่าวถึงคุณสมบัติของหินและทรายที่จะใช้ทำคอนกรีต เพื่อให้ทราบถึงผลละห้อนที่จะมีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตที่ทำขึ้น โดยเลือกเฉพาะข้อที่สำคัญ ๆ เท่านั้น สำหรับงานก่อสร้างใหญ่ ๆ หรือที่เป็นงานก่อสร้างชนิดพิเศษ จำเป็นต้องมีการศึกษาหาคุณสมบัติของหินและทรายที่จะนำมาใช้โดยละเอียด

ในเนื้อคอนกรีต จะเป็นหินและทรายประมาณ 3 ใน 4 ส่วน จึงกล่าวได้ว่า คุณสมบัติของคอนกรีตนั้น ส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหินและทรายด้วย

อันที่จริงแล้ว ส่วนที่เป็นหินและทรายนี้ อาจเป็นวัสดุอื่นก็ได้ ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตามความต้องการใช้งาน แต่เนื่องด้วยหินและทรายเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย มีอยู่ทั่วไป หามาใช้ได้ในราคาที่ไม่แพงนักและถูกกว่าวัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน จึงใช้หินและทรายกันโดยทั่วไป อย่างไรก็ดี คุณสมบัติของหินและทรายที่จะกล่าวถึงนี้ อาจนำไปใช้เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกวัสดุอื่นที่จะนำมาใช้แทนได้ด้วย

คุณสมบัติของหินและทรายที่จะใช้ทำคอนกรีตอาจแบ่งออกได้กว้าง ๆ เป็น 2 อย่าง คือ คุณสมบัติโดยธรรมชาติ และคุณสมบัติที่ถูกสร้างขึ้น

คุณสมบัติโดยธรรมชาติ เป็นสมบัติประจำตัวซึ่งเปลี่ยนแปลงไม่ได้ ฉะนั้นหินและทรายที่จะนำมาใช้ จึงต้องเลือกมาจากแหล่งที่ให้คุณสมบัติตรงกับข้อกำหนดหรือความต้องการ โดยทั่วไปหินและทรายที่ได้มาจากแหล่งที่เคยใช้ได้ผลดีอยู่แล้ว ไม่ใคร่มีปัญหาในด้านคุณสมบัติโดยธรรมชาติ นอกจากในกรณีที่เกิดข้อสงสัยหรือในเมื่อนำหินและทรายมาจากแหล่งใหม่ที่ไม่เคยใช้ จึงควรได้ตรวจสอบพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ ซึ่งจะกล่าวให้ทราบโดยลังเขป

1. **ความแข็งแรง** (Strength) คุณสมบัติข้อนี้มุ่งไปที่หินหรือวัสดุหยาบกล่าวคือ หินที่จะใช้ต้องมีความแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักกดได้ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้สำหรับคอนกรีต มิฉะนั้นแล้วคอนกรีตที่ทำขึ้นจะแตกในเมื่อได้รับแรงกดเพราะหินที่ผสมอยู่แตกเสียก่อน แม้ว่าส่วนที่เป็นซีเมนต์เพสต์จะดีสักเพียงใดก็ตาม .

เรื่องนี้ไม่ใคร่มีปัญหาเพราะหินที่ใช้ทำคอนกรีตโดยทั่วไป สามารถรับแรงกดได้สูงกว่าที่กำหนดไว้สำหรับคอนกรีต

2. **ความต้านทานต่อการกระแทกและเสียดสี** (Impact and Abrasion Resistance) คุณสมบัติข้อนี้ในสมัยก่อนใช้เป็นตัวชี้คุณภาพหินที่นำมาทำคอนกรีต แต่ในปัจจุบันใช้เพียงเฉพาะงานที่ต้องทนต่อการเสียดสีมาก ๆ เท่านั้น เช่น พื้นคอนกรีตที่ต้องรับน้ำหนักรถบรรทุกขนาดใหญ่ เป็นต้น คุณสมบัติข้อนี้หาได้จากการทดสอบและวิธีที่นิยมกันมากคือ Los-Angeles Abrasion Test ซึ่งใช้การเปรียบเทียบน้ำหนักของหินที่สูญหายไปในการทดสอบกับขีดกำหนดตามความต้องการที่ระบุไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความคงตัวต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability) หินและทรายที่จะใช้ จะต้องเป็นชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ หินและทรายในบางท้องถิ่น มีสารเคมีผสมอยู่ในเนื้อซึ่งจะทำปฏิกิริยากับด่าง (alkali) ในปูนซีเมนต์ เกิดเป็นวุ้นและขยายตัวก่อให้เกิดรอยร้าวโดยทั่วไปในคอนกรีต ในกรณีที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงการใช้หินและทรายเหล่านี้ จะต้องใช้กับปูนซีเมนต์ที่มีเปอร์เซนต์ของด่างต่ำ (low-alkali cement) คือมีปริมาณของโซเดียมและโปรแตสเซียมอ๊อกไซด์ในปูนซีเมนต์ไม่เกิน 0.6 เปอร์เซนต์

4. ลักษณะรูปร่างและผิวของก้อนหินและทราย (Particle Shape and Surface Texture)

คุณสมบัติข้อนี้เกี่ยวโยงกับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ก้อนหินและทรายที่เป็นแผ่นแบนหรือเป็นชิ้นยาวไม่เหมาะที่จะใช้ทำคอนกรีต เพราะจะต้องใส่น้ำในส่วนผสมมากกว่าก้อนกลมหรือรูปลูกบาศก์ เพื่อให้ทำงานได้ง่าย (workability) เท่า ๆ กัน ทำให้เปลืองปูนซีเมนต์ ลดกำลังและแรงยึดเหนี่ยว (bond) ภายในก้อนคอนกรีต ทรายที่ได้จากการย่อยหินมักมีรูปร่างแบนและเป็นแผ่นยาว ซึ่งต้องระมัดระวังในการนำมาใช้ โดยทั่วไปยอมให้มีหินและทรายที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนหรือเป็นชิ้นยาวปนอยู่ไม่เกิน 15 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนักของหินหรือทรายที่ใช้ หินและทรายที่เป็นก้อนกลมช่วยให้ทำงานง่ายและทำให้ประหยัดเพราะต้องการปูนซีเมนต์และน้ำในส่วนผสมน้อยกว่าก้อนที่เป็นแง่เป็นมุม แต่กลับให้ผลในการยึดเหนี่ยว (bond) ระหว่างก้อนกับซีเมนต์เพสต์ต่ำกว่า เช่นเดียวกับลักษณะผิวของก้อนหินและทรายซึ่งมีผลโดยตรงกับแรงยึดเหนี่ยว เมื่อมีผิวหยาบหรือด้านหรือมีรูพรุนมาก (porosity) จะทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวดีแต่กลับต้องการซีเมนต์เพสต์มากขึ้น อย่างไรก็ดียังไม่มีข้อกำหนดในเรื่องนี้ เท่าที่กล่าวมาเพียงเพื่อให้เห็นถึงคุณลักษณะต่าง ๆ เท่านั้น

5. ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของหินและทรายขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแร่ธาตุที่เป็นส่วนผสมของหินและทรายและความพรุนของก้อน คุณสมบัติข้อนี้ใช้ในการคำนวณหาส่วนผสมของหินและทรายในคอนกรีต โดยทั่วไปมีค่าระหว่าง 2.4 ถึง 2.9

6. อำนาจดูดซึมและความชื้นที่ผิว (Absorption and Surface Moisture) โครงสร้างภายในก้อนของหินและทราย ประกอบด้วยเนื้อของแข็งและช่องว่าง ช่องว่างเหล่านั้นจะดูดความชื้นในอากาศเข้าไปเก็บไว้ การผสมคอนกรีตจึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติข้อนี้เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในส่วนผสมให้ได้ความข้นเหลวคงที่อันจะทำให้คอนกรีตมีเนื้อสม่ำเสมอ

ถ้าความชื้นของหินและทรายอยู่ในสภาพน้อยกว่า "แห้งและอิ่มตัว" จะสามารถดูดน้ำเข้าไปได้อีกโดยทั่วไปไม่เกิน 3 เปอร์เซนต์ ของน้ำหนักเมื่อแห้งและอิ่มตัว แต่ถ้าอยู่ในสภาพ "เปียกหรือชื้น" จะไปเพิ่มปริมาณน้ำให้แก่ส่วนผสมคอนกรีต สำหรับหินอาจเพิ่มได้ 2 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักเมื่อแห้งและอิ่มตัว และทรายอาจเพิ่มได้ 10-12 เปอร์เซนต์ การผสมคอนกรีตโดยวิธีชั่งน้ำหนักของส่วนผสม จะต้องเพิ่มปริมาณส่วนผสมเท่ากับเปอร์เซนต์ความชื้นของส่วนผสมนั้น และลดปริมาณน้ำในส่วนผสมลงในปริมาณที่เท่ากันเพื่อควบคุมให้ส่วนผสมสม่ำเสมอ

ในการตวงส่วนผสมโดยปริมาตร ต้องคำนึงถึงปริมาตรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความชื้นด้วย เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรายเขียกและถูกเคลื่อนย้าย ความชื้นที่ผิวจะผลักเม็ดทรายให้แยกออกจากกัน ทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นหรือที่เรียกกันว่า ทรายพองตัว (bucking) ปริมาณการพองตัวขึ้นอยู่กับเปอร์เซนต์ความชื้นและขนาดของเม็ดทราย ทรายที่ละเอียดกว่าจะพองตัวมากกว่าเมื่อความชื้นเท่ากัน การตวงส่วนผสมโดยปริมาตรนี้ควรหลีกเลี่ยงถ้าทำได้เพราะทรายอาจเพิ่มปริมาตรได้หลายสิบเปอร์เซนต์เมื่อมีความชื้น เพื่อเป็นแนวทางได้แสดงค่าการทดสอบการพองตัวสูงสุดของทรายขนาดต่าง ๆ เพื่อทราบ

การพองตัวสูงสุดโดยปริมาตร

ทรายหยาบ	18 เปอร์เซนต์
ทรายปานกลาง	29 เปอร์เซนต์
ทรายละเอียด	38 เปอร์เซนต์

มีบางท่านแนะนำให้เพิ่มปริมาตรทรายที่ผสมคอนกรีตขึ้น 25 เปอร์เซนต์ ในเมื่อทรายชื้น ซึ่งก็นับว่าเป็นตัวเลขที่พอใช้ได้สำหรับงานคอนกรีตทั่วไปที่ไม่สำคัญนัก

คุณสมบัติที่ถูกทำขึ้น ต้องเอาใจใส่ให้มาก เพราะทำขึ้นได้ และจะช่วยให้คุณภาพของคอนกรีตดีตามขึ้นด้วย

1. ความสะอาด หมายรวมไปถึงสารที่ไม่ต้องการ (Deleterious substances) ซึ่งเจือปนอยู่ในหินและทราย ถ่านหิน ถ่าน เศษไม้ วัสดุอ่อน ก้อนดิน จะลดความทนทาน และถ้าไปอยู่ใกล้ผิวคอนกรีตอาจทำให้คอนกรีตแตก เกิดรอยเปื้อนหรือหลุดออกไปเป็นรูโพรง

ฝุ่นหรือผงละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ซึ่งห่อหุ้มก้อนหินและทรายอยู่นั้น แม้จะหุ้มอยู่บาง ๆ ก็จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างหิน ทรายและซีเมนต์เพสต์ลดลงไป และถ้ามีปริมาณสูง จะเป็นผลให้ต้องเพิ่มน้ำในส่วนผสม

สารอินทรีย์เป็นสิ่งซึ่งไม่ต้องการ เพราะจะทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตเสียไปด้วย การตรวจปริมาณสารอินทรีย์ในทรายใช้วิธีแช่ทรายในน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ขัน 3 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเปรียบเทียบสีของน้ำยากับสีมาตรฐาน ทรายที่ใช้ได้จะต้องให้สีของน้ำยาอยู่ภายในขีดกำหนด

การขจัดสิ่งเจือปนทำได้หลายวิธี เช่น ล้างน้ำ หรือแยกออกโดยใช้น้ำหรือลม หรือแยกด้วยน้ำยาที่มีความถ่วงจำเพาะสูงหรือแยกด้วยแม่เหล็ก เป็นต้น

2. การขนย้ายและกองเก็บ เนื่องด้วยความสม่ำเสมอของเนื้อคอนกรีตเป็นสิ่งที่ต้องการ ฉะนั้นหินและทรายจะต้องมีความสม่ำเสมอด้วย การขนย้ายหินและทรายตั้งแต่เริ่มผลิตจนถึงที่กองเก็บ ต้องควบคุมมิให้มีการแยกขนาด (segregation) และต้องมิให้ขนาดที่แตกต่างกันมาปะปนกัน รวมทั้งต้องป้องกันมิให้สิ่งสกปรกอื่น ๆ มาเจือปน การกองหินและทรายควรเพิ่มขึ้นเป็นชั้น ๆ ให้มีความหนาเท่า ๆ กัน กองที่เป็นรูปกรวยสูง ๆ จะทำให้เกิดการแยกขนาด หินที่ปล่อยลงมาจากสายพานหรือกะพร้อสูง ๆ ต้องป้องกันมิให้แตกออกเป็นชิ้นย่อย ๆ ขณะที่หินตกลงมาต้องควบคุมมิให้ลมเป่าส่วนที่ละเอียดกว่าแยกออกไปทางหนึ่ง เมื่อจะนำหินและทรายจากกองไปใช้ ควรตักเอาไปเป็นชั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **ก้อนใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้** (Maximum Size of Aggregate) ยิ่งก้อนโตเพียงใดจะยิ่งช่วยให้ปูนซีเมนต์น้อยลง ทำให้คอนกรีตมีราคาต่ำยิ่งขึ้น และมีคุณภาพดี

4. **ความลดหลั่นของขนาด** (Gradation) ของก้อนหินและทราย เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากอีกอันหนึ่ง เพราะช่วยให้คอนกรีตใช้ซีเมนต์น้อยลง มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ คุณภาพดี และทำงานง่าย ตัวอย่างเช่นในการใช้หินแต่เพียงขนาดเดียวแล้ว ปริมาณของช่องว่างจะเท่า ๆ กันโดยมิได้ขึ้นกับขนาดของก้อน แต่เมื่อนำหิน 2 ขนาด มาผสมกัน ปริมาณของช่องว่างจะลดลง ฉะนั้นถ้าใช้หินและทรายหลาย ๆ ขนาดมาผสมกัน โดยมีสัดส่วนที่พอเหมาะแล้ว จะยิ่งทำให้ช่องว่างเหลือน้อยที่สุด

ในการผสมคอนกรีต ถ้าทำให้มีช่องว่างเกิดขึ้นน้อยที่สุดแล้ว จะช่วยให้เปลืองซีเมนต์เพสต์น้อยที่สุดและจะเป็นผลให้คอนกรีตมีราคาต่ำที่สุดด้วย

คุณสมบัติเกี่ยวกับการลดหลั่นของขนาดของหินและทราย ยังมีผลต่อการแยกตัวของคอนกรีต ปริมาณน้ำที่ผสม ความสะดวกในการทำงาน ความยากง่ายในการตกแต่งผิวหน้าคอนกรีตรวมทั้งการหาสัดส่วนของหินและทรายในส่วนผสม

ในงานก่อสร้างใหญ่ ๆ แม้ว่าความลดหลั่นของทรายที่หาได้ในท้องถิ่น จะหลุดออกไปนอกขอบเขตที่กำหนด ก็ควรได้ทำส่วนผสมทดลองขึ้นเปรียบเทียบ ถ้าราคาของส่วนผสมที่ใช้ทรายในท้องถิ่นยังถูกกว่าที่จะนำทรายจากแหล่งอื่นมาใช้แล้วควรได้พิจารณาใช้ทรายในท้องถิ่นนั้น ทั้งนี้โดยควบคุมมิให้ข้อเสียอันเนื่องมาจากคุณสมบัติที่ขาดไปของทรายในท้องถิ่นมาเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงานก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำสำหรับผสมและบ่มคอนกรีต

คุณภาพของน้ำมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อกำลังของคอนกรีต จึงไม่ควรใช้น้ำที่จะทำให้คอนกรีตมีกำลังลดต่ำลงเป็นส่วนผสม ในกรณีจำเป็นซึ่งไม่อาจหาน้ำที่ดีมาใช้ได้ ควรคำนวณส่วนผสมขึ้นใหม่โดยเพิ่มปริมาณซีเมนต์ขึ้นให้ชดเชยกับคุณภาพของน้ำนั้น

สารบางชนิดซึ่งละลายอยู่ในน้ำตามธรรมชาติ จะทำให้ผิวของคอนกรีตเป็อนหรือเกิดสี เมื่อนำน้ำนั้นมาบ่มคอนกรีต จึงไม่ควรใช้น้ำนั้นเพื่อบ่มคอนกรีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนบริเวณผิวภายนอกของคอนกรีตซึ่งไม่ต้องการให้มีรอยเปรอะเปื้อน

โดยทั่วไปเรามักจะไม่ได้ให้ความสนใจต่อคุณภาพของน้ำเท่าใดนัก ผิดกับวัสดุอื่น ๆ เช่น ซีเมนต์หรือหิน ทราย ซึ่งต้องมีการทดสอบก่อนนำมาใช้ ทั้งนี้เพราะน้ำจืดตามธรรมชาติส่วนใหญ่ และน้ำประปามีคุณภาพดีพอสำหรับงานคอนกรีต สิ่งซึ่งควรระวังก็คือน้ำธรรมชาติจากที่บางแห่ง หรือน้ำที่ทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีคุณภาพไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับงานคอนกรีต

ข้อกำหนดในเรื่องคุณภาพของน้ำ ในหลาย ๆ แห่งกำหนดว่าน้ำที่ใช้ดื่มได้นั้นสามารถนำมาผสมคอนกรีตได้ ข้อนี้ไม่อาจถือว่าเป็นข้อกำหนดที่ดีที่สุดได้ เพราะในน้ำซึ่งมีน้ำตาลหรือไซเตรทละลายปนอยู่แม้เพียงเล็กน้อยซึ่งใช้ดื่มได้นั้น ไม่เหมาะที่จะใช้สำหรับผสมคอนกรีต

ในบางครั้งเพื่อจะให้ข้อกำหนดในคุณภาพของน้ำรัดกุมขึ้น ได้มีการกำหนดว่าน้ำซึ่งจะใช้ผสมคอนกรีตจะต้องปราศจากกรด ด่าง น้ำมัน วัชพืชเน่าและอื่น ๆ ประกอบอยู่ ซึ่งก็เป็นข้อกำหนดที่ถูกต้อง แต่ก็มิได้ระบุปริมาณของสารต่าง ๆ เหล่านั้นไว้ในข้อกำหนด เพราะถ้าสารต่าง ๆ เหล่านั้นละลายอยู่ในปริมาณที่ไม่มากพอแล้ว ก็ย่อมไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อคอนกรีต

การทดสอบแรงอัดของคอนกรีตถือได้ว่าเป็นการกำหนดคุณภาพของน้ำได้ดีที่สุด น้ำที่ได้มาจากแหล่งเดียวกันกับที่เคยใช้มาแล้ว ซึ่งให้คอนกรีตที่มีกำลังดีนั้น ถือว่าเป็นน้ำที่ใช้ได้ ในกรณีที่มีข้อสงสัย ให้ทำแท่งทดสอบโดยใช้น้ำที่สงสัย และเปรียบเทียบกำลังอัดกับแท่งทดสอบที่ทำจากน้ำที่มีคุณภาพ U.S. Army Corps of Engineers กำหนดไว้ว่า แท่งลูกบาศก์มอร์ต้าที่ทำจากน้ำที่มีข้อสงสัย ถ้ามีกำลังอัดที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน ไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซนต์ ของแท่งลูกบาศก์มอร์ต้าที่ทำจากน้ำกลั่นถือว่าน้ำที่สงสัยนั้นใช้งานได้

น้ำขุ่นเนื่องจากมีตะกอนลอยปนอยู่มากนั้น ไม่ควรนำมาใช้ผสมคอนกรีต U.S. Bureau of Reclamation กำหนดไว้ว่า น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตได้นั้นจะต้องมีความขุ่นไม่เกิน 2000 ส่วนในล้าน

น้ำทะเล โดยปกติดมีเกลือละลายปนอยู่ไม่เกิน 3.5 เปอร์เซนต์ จากการทดสอบปรากฏว่า เมื่อใช้น้ำทะเลผสมคอนกรีตจะทำให้กำลังของคอนกรีตลดไปประมาณ 10 ถึง 20 เปอร์เซนต์ ซึ่งอาจเพิ่มกำลังคอนกรีตขึ้นได้ โดยเพิ่มปริมาณซีเมนต์พร้อมกับลดอัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์ลง

ฐานรากกระโจมไฟแห่งหนึ่งในรัฐแคลิฟอร์เนีย สร้างโดย U.S. Corps of Engineers โดยใช้น้ำทะเลเป็นส่วนผสม หลังจากที่สร้างขึ้นแล้ว 25 ปี ได้มีการตรวจสอบและพบว่ายัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในสภาพที่ดี แม้ตามมุมและขอบต่าง ๆ ยังคงรูปเดิมอยู่ ไม่มีส่วนใดหลุดหายไป งานก่อสร้างทางรถไฟทางฝั่งทะเลตะวันออกของฟลอริดาก็ใช้น้ำทะเลผสมคอนกรีต และก็ได้ผลดีเช่นเดียวกัน

ยังมีวิศวกรส่วนมากที่มีความเห็นว่า การใช้น้ำทะเลผสมคอนกรีตนั้นจะเป็นการเลี่ยงเนื่องจากเหล็กเสริมจะเป็นสนิม แต่จากรายงานต่าง ๆ ยังไม่พบสาเหตุนี้ ซึ่งทั้งนี้อาจเป็นเพราะในงานก่อสร้างเหล่านั้น เนื้อคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมมีความหนาพอและมีคุณภาพดีก็เป็นได้ อย่างไรก็ตาม ถ้าสามารถหาน้ำจืดมาใช้ผสมคอนกรีตได้ก็ไม่ควรใช้น้ำทะเล

ผลการทดสอบในห้องทดลอง และในสนามพบว่าเหล็กเสริมที่ใช้กับคอนกรีตอัดแรง (prestressed concrete) จะเป็นสนิมโดยง่ายถ้าถูกกับสารคลอไรด์ ดังนั้นจึงไม่ควรใช้น้ำทะเลหรือน้ำที่มีสารคลอไรด์ผสมในการทำคอนกรีตอัดแรง ทั้งนี้ รวมถึงการใช้ admextures ต่าง ๆ ซึ่งมีคลอไรด์ประกอบอยู่ด้วย

น้ำทะเลหรือน้ำซึ่งมีเกลือโซเดียมหรือโปแตสเซียมละลายอยู่ ไม่ควรใช้ผสมคอนกรีต ถ้าหินที่ใช้ในส่วนผสมมีปฏิกิริยาต่อด่าง เพราะจะทำให้เกิดการขยายตัวอย่างผิดปกติ

สำหรับงานคอนกรีต ที่ต้องการจะอวดผิวหน้า หรือจะทาสี หรือจะฉาบปูน หรือจะทำงานประดับอื่น ๆ อีก ไม่ควรใช้น้ำทะเลเป็นส่วนผสม เพราะอาจเกิดความชื้นหรือขี้เกลือขึ้นได้

สารอินทรีย์ หลาย ๆ ชนิด เช่น น้ำตาลไซเตรท กรดแทนนิค ต้นไม้และใบไม้ผุเน่าเศษขยะจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีไขมันปนอยู่ จะเป็นเหตุให้คอนกรีตแข็งตัวช้า หรือมีกำลังต่ำ ฉะนั้น น้ำผสมคอนกรีตที่มีสารเหล่านี้ละลายอยู่จึงมิควรใช้

มีรายงานว่าคอนกรีตไม่ยอมแข็งตัวเพราะหินและทราย บรรจุมาในถุงซึ่งเคยใส่น้ำตาลหรือขนมหวานมาก่อน หรือใช้ภาชนะตวงน้ำซึ่งตวงน้ำเชื่อมมาก่อน การใช้ถุงน้ำตามที่ไม่ได้ล้างให้สะอาดเสียก่อน เพื่อคลุมบ่มคอนกรีต หรือพลั้งเผลอราดเครื่องดื่มลงบนคอนกรีตที่เทใหม่ อาจเป็นเหตุให้ผิวหน้าคอนกรีตไม่แข็งตัวได้

ตามที่ ๆ น้ำขังอยู่อาจมีกรดแทนนิค หรือเศษต้นไม้ใบไม้เน่าผุอยู่ ซึ่งจะสังเกตได้จากสีของน้ำที่เป็นสีน้ำตาล ไม่ควรใช้น้ำนั้นผสมคอนกรีต

คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต ถ้ามีปริมาณมากพอในน้ำ จะทำให้คอนกรีตแข็งตัวเร็วเกินไปและมีกำลังต่ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของปูนซีเมนต์ด้วย โดยทั่วไปในน้ำธรรมชาติมักจะไม่มีปริมาณมากพอจนถึงกับก่อให้เกิดผลเสีย

กรดและด่าง เท่าที่พบในน้ำตามธรรมชาติส่วนมากไม่มีปริมาณมากพอที่จะทำให้กำลังของคอนกรีตเสียไป ยกเว้นในกรณีของน้ำ ที่ฉีดมาจากเหมืองบางแห่ง ซึ่งมีกรดกำมะถันปนอยู่เป็นจำนวนมาก

ซัลเฟต มักจะมีปนอยู่ในปริมาณสูงในน้ำตามธรรมชาติในบริเวณที่แห้งแล้งจากการทดสอบปรากฏว่าน้ำซึ่งมีซัลเฟตปนอยู่ 0.5 เปอร์เซนต์ จะทำให้กำลังคอนกรีตลดลง 4 เปอร์เซนต์ และถ้าซัลเฟตเพิ่มขึ้นเป็น 1 เปอร์เซนต์ คอนกรีตจะมีกำลังตกไป 10 เปอร์เซนต์ น้ำซึ่งมีซัลเฟตปนอยู่มากกว่า 1 เปอร์เซนต์ จะทำให้คอนกรีตมีกำลังตกไปมาก และไม่ควรนำมาใช้ผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำสำหรับบ่มคอนกรีต สารละลายซึ่งเจือปนอยู่ในน้ำที่ใช้บ่มคอนกรีตนั้น จะทำให้เกิดผลเสียต่อคอนกรีตได้ 2 ประการ คือ ประการแรกทำให้เนื้อคอนกรีตผุกร่อน และประการหลังทำให้เป็นรอยเปื้อนหรือเป็นสีที่ไม่พึงประสงค์ขึ้น สำหรับประการแรงนั้น เนื่องจากปริมาณของน้ำที่ใช้จำนวนน้อย จึงไม่ใคร่จะมีอันตรายนัก ยกเว้นแต่น้ำที่มี น้ำตาล ไซเตรท ฟอสเฟท บอเรท กรดแทนนิค หรือสารอื่น ๆ ซึ่งมีผลให้คอนกรีตแข็งตัวช้า ละลายปนอยู่

รอยเปื้อนและสี สาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดรอยเปื้อนและสีบนผิวคอนกรีตนั้น เนื่องมาจากเกลือของแร่เหล็กและอินทรีย์สารที่ผสมอยู่ในน้ำที่ใช้บ่มคอนกรีต แม้ว่าปริมาณที่ผสมอยู่จะมีเพียงเล็กน้อย แต่อาจก่อให้เกิดรอยเปื้อนที่เห็นได้ชัด

การทดสอบยังไม่สามารถให้ข้อสรุปในปริมาณของแร่เหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำ กับรอยเปื้อนที่จะเกิดขึ้นได้ ผลการทดสอบบางครั้งปรากฏว่า เมื่อมีแร่เหล็กละลายอยู่ 0.08 ส่วนในล้านจะทำให้เกิดสีจาง ๆ แต่เมื่อมีแร่เหล็กละลายอยู่เพียง 0.04 ส่วนในล้าน กลับมีสีน้ำตาลปนดำเปื้อนเปรอะอยู่ และการวิเคราะห์ทางเคมีก็ไม่สามารถจะบอกผลที่จะเกิดขึ้นจากอินทรย์สารที่ละลายปนอยู่ในน้ำที่ใช้บ่มคอนกรีตได้

ในบางครั้งน้ำที่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับผสมคอนกรีตเมื่อนำไปใช้บ่มคอนกรีต อาจทำให้เกิดรอยเปื้อนขึ้นได้ หลักเกณฑ์ที่จะใช้ก็คือ ถ้าน้ำในแหล่งใดเคยใช้บ่มคอนกรีตได้ผลดีมาแล้ว ก็น่าเชื่อได้ว่าควรจะใช้บ่มคอนกรีตได้ ในงานที่สำคัญ ๆ และในกรณีที่สงสัย ต้องใช้วิธีทดสอบเพื่อตรวจดูว่าน้ำนั้นจะเหมาะสำหรับใช้บ่มคอนกรีตหรือไม่เพียงใด วิธีทดสอบนั้น U.S> Corps of Engineers ได้กำหนดขึ้นมา 3 วิธี โดยใช้การตรวจวัดผลด้วยสายตาทั้งสิ้น เนื่องจากการทำงานคอนกรีตในบ้านเรามิได้นิยมถึงขั้นนี้ จึงไม่ขอนำวิธีทดสอบมาระบุไว้ ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียมแท่งทดสอบคอนกรีตและการทดสอบ

การเตรียมแท่งตัวอย่างและการทดสอบนั้นถือได้ว่าเป็นกิจกรรมหนึ่งในขบวนการการทำคอนกรีตและการตรวจสอบคอนกรีต โดยเฉพาะการเตรียมแท่งตัวอย่างเพื่อการทดสอบความต้านแรงอัด ซึ่งมักจะมีระบุในข้อกำหนดการทำคอนกรีตและบางครั้งยังรวมอยู่ในเงื่อนไขของการเบิกจ่ายเงินงวดอีกครั้ง ดังนั้นจึงไม่ควรที่จะมองข้ามความสำคัญในเรื่องนี้ไป บ่อยครั้งที่มีปัญหาเกิดขึ้นอันสืบเนื่องจากการละเลยและไม่ได้ให้ความสนใจในการเตรียมแท่งตัวอย่างคอนกรีต ทั้ง ๆ ที่ในตัวคอนกรีตของมันเองที่ได้เทหรือหล่อเป็นโครงสร้างไปแล้วโดยไม่มีปัญหา ทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเวลาในการตรวจสอบโครงสร้างนั้น ๆ กันใหม่

เนื่องจากได้มีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตต่าง ๆ ขึ้น การทดสอบคุณภาพและกำลังแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เป็นข้อกำหนดอันหนึ่งในทุกมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีต ทางสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานวิธีการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตขึ้นเพื่อให้เป็นแนวปฏิบัติต่อไปนี้

1. ขนาดของแท่งทดสอบ แท่งทดสอบอาจเป็นรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM หรือรูปลูกบาศก์ตามมาตรฐาน B.S. โดยหน่วยงานก่อสร้างบางแห่งระบุใช้รูปทรงกระบอกและบางแห่งก็ระบุใช้รูปลูกบาศก์ซึ่งต่างก็ใช้ได้

2. ขนาดของแท่งทดสอบจากการเจาะ แท่งทดสอบที่ได้จากการเจาะต้องเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลางต้องไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของขนาดใหญ่สุดของมวลผสมหยาบและต้องไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร ความยาวของแท่งทดสอบที่เจาะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 ของเส้นผ่าศูนย์กลาง

3. การเตรียมแบบหล่อแท่งทดสอบ แบบหล่อแท่งทดสอบจะต้องสะอาด ผิวภายในเรียบไม่มีรอยรั่ว วัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อต้องแข็งแรง ไม่ดูดซึมน้ำและไม่ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ ก่อนหล่อจะต้องเคลือบภายในของแบบหล่อด้วยน้ำมันหรือน้ำยาทาแบบที่ไม่ทำปฏิกิริยากับคอนกรีต เพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตเกาะติดกับแบบหล่อ

4. การหล่อแท่งทดสอบ อาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

1. ในกรณีใช้แท่งเหล็กกระทุ้ง ให้ใส่คอนกรีตลงในแบบหล่อเป็นชั้น ๆ ชั้นละประมาณ 10-15 เซนติเมตร กระทุ้งแต่ละชั้นให้ทั่วโดยกระทุ้ง 1 ครั้งต่อพื้นที่ประมาณ 10 ตร.ซม. ของพื้นที่ภาคตัดขวางของแบบหล่อ ในทางปฏิบัติทั่วไปมักกระทุ้งชั้นละ 25 ครั้ง การกระทุ้งแต่ละครั้งต้องกระทุ้งให้จมลงไปเท่ากับความหนาของชั้นที่ใส่ลงไปใหม่

2. ในกรณีที่ใช้แท่งเขย่า (Vibrator) ให้ใส่คอนกรีตลงในแบบหล่อให้เต็มแล้วแหย่แท่งเขย่าลงในแนวดิ่ง และห่างจากกันแบบหล่อประมาณ 2 ซม. การเขย่าต้องดำเนินติดต่อกันจนถึงจุดที่ไม่มีฟองอากาศขนาดใหญ่ และมีมอร์ต้าชั้นบาง ๆ ปรากฏขึ้นที่ผิวหน้าของคอนกรีต แล้วนำแท่งขยายออกจากแบบหล่ออย่างช้า ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ในกรณีใช้โต๊ะเขย่า แบบหล่อจะต้องยึดนิดแน่นกับโต๊ะเขย่าอย่างมั่นคง ใส่คอนกรีตลงในแบบหล่อให้เต็มแล้วเริ่มเขย่าต่อเนื่องจนกว่าจะไม่มีฟองอากาศขนาดใหญ่และมีมอร์ต้าชั้นบาง ๆ ปรากฏที่ผิวหน้าคอนกรีตจึงหยุดเขย่า

5. การเตรียมแท่งทดสอบจากการเจาะ ให้เจาะเมื่อคอนกรีตมีอายุไม่ต่ำกว่า 14 วัน แท่งที่เจาะต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ไม่มีรอยร้าวรอยบิ่นหรือโพรง แช่แท่งทอสอบนี้ในน้ำปูนขาวอิ่มตัวที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 40 ชั่วโมง นำขึ้นเช็ดผิวให้แห้ง เคลือบผิวหน้าแท่งทดสอบแล้วทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงแล้วจึงทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้น

6. การบ่มแท่งทดสอบจากการหล่อ ให้ถอดแบบหลังจากหล่อไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง ระหว่างนั้นต้องไม่ให้มีการสั่นสะเทือนหรือการระเหยของน้ำ การบ่มให้บ่มในสภาพเดียวกันกับการปฏิบัติจริงในสนามหรือในโรงงานในกรณีบ่มแท่งทดสอบในน้ำ ถ้าเป็นรูปทรงกระบอกต้องเช็ดผิวให้แห้งเคลือบผิวหน้าทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงและจึงทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง ถ้าเป็นรูปลูกบาศก์ให้เช็ดผิวแล้วทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง

7. การเคลือบผิวหน้าแท่งทดสอบ (Capping) วัสดุที่ใช้เคลือบผิวหน้าแท่งทดสอบอาจเป็นส่วนผสมของซัลเฟอร์และผงแร่หรือเป็นซิเมนต์เพสต์ก็ได้ การเคลือบควรจะทำให้บางที่สุด

8. วิธีทดสอบ ให้ตรวจสอบผิวแท่นที่จะทดสอบต้องสะอาดและไม่มีน้ำมันว่างแท่งทดสอบให้ศูนย์แท่งทดสอบทับศูนย์กลางน้ำหนักกด แล้วเริ่มกดน้ำหนักอย่างสม่ำเสมอ ด้วยอัตราเร็วที่หัวกดประมาณ 1.3 มม. ต่อนาทีหรือกดด้วยอัตราคงที่ 0.14-0.34 นิวตัน/มม^2/วินาที ห้ามปรับอัตราการกดในขณะที่แท่งทดสอบถึงจุดคราก่อนถึงจุดประลัย ให้กดจนถึงจุดประลัย แล้วจดค่าน้ำหนักกดสูงสุด

9. วิธีคำนวณ ความต้านทานแรงอัดของแท่งทดสอบให้คำนวณดังนี้

$$\text{ความต้านแรงอัด (กก./ซม.}^2\text{)} = \frac{\text{น.น.กดสูงสุด (กก.)}}{\text{พื้นที่ภาคตัดขวางของแท่งทดสอบ (ซม.}^2\text{)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบ่มคอนกรีต

การบ่มคอนกรีต

การบ่มหรือบำรุงคอนกรีต เป็นการควบคุมและป้องกันมิให้น้ำที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ระเหยออกมาจากคอนกรีตที่เทลงแบบหล่อและแข็งตัวแล้ว เร็วเกินไป เพื่อให้ได้คุณสมบัติในการรับแรงตามต้องการ

หลังจากเทคอนกรีต และทิ้งไว้จนผิวหน้าคอนกรีตหมาดแข็งปราศจากรอยแล้วจะต้องทำการบ่มทันทีด้วยวิธีที่ถูกต้อง โดยปกคลุมมิให้ถูกแดดหรือลมร้อน และมิให้ถูกรบกวนหรือสะเทือนโดยเฉพาะภายในระยะ 24 ชั่วโมงแรก ทั้งนี้เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีและมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ทั้งนี้เป็นการป้องกันการสูญเสียน้ำจากคอนกรีตที่เทใหม่ ๆ มิฉะนั้นคอนกรีตจะเกิดการหดตัวเร็ว ทำให้เกิดแรงดึงที่ผิวที่กำลังจะแห้ง เป็นผลให้เกิดรอยร้าวที่ผิวคอนกรีต ช่วงระยะเวลาที่ป้องกันและรักษาความชื้นไว้ภายหลังจากเทคอนกรีตลงแบบหล่อแล้ว เรียกว่าระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต (curing period)

กำลังของคอนกรีตจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตราบเท่าที่ยังมีความชื้นให้ซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ต่อไปอีก กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มสูงขึ้นรวดเร็วในระยะแรก และค่อย ๆ ช้าลงในเวลาต่อมา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นและอุณหภูมิที่พอเหมาะ ดังแสดงในรูปที่ 9.1 จากเส้นสัมพันธ์จะเห็นว่าหลังจากบ่มในอากาศแห้งแล้วบ่มชื้นต่อ กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มสูงขึ้นอีก แต่คอนกรีตจะให้กำลังสูงสุดหากบ่มชื้นตลอดเวลา ซึ่งสภาพของงานก่อสร้างจริงไม่อาจจะบ่มชื้นตลอดเวลานาน ๆ ได้ ฉะนั้นจึงควรทำการบ่มชื้นให้ต่อเนื่องกันตั้งแต่ต้น

อุณหภูมิสำหรับบ่มคอนกรีต

อุณหภูมิที่ใช้บ่มคอนกรีตสำหรับคอนกรีตทั่ว ๆ ไป ควรอยู่ระหว่าง 15 องศาเซลเซียส ถึง 39 องศาเซลเซียส สำหรับงานคอนกรีตหลาควรใช้อุณหภูมิให้ต่ำลง เพราะปฏิกิริยาของน้ำกับปูนซีเมนต์นั้นให้ความร้อนออกมาเป็นจำนวนมากอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามไม่ควรบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพราะคอนกรีตจะแข็งตัวช้ามาก เมื่อบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงมากและอากาศแห้ง จะทำให้น้ำระเหยออกจากคอนกรีตอย่างรวดเร็ว กำลังของคอนกรีตที่ได้จะต่ำ และอาจเกิดรอยแตกร้าวได้ง่าย

ระยะเวลาบ่มคอนกรีต

ระยะเวลาการบ่มขึ้นอยู่กับชนิดปูนซีเมนต์ที่ใช้ ส่วนปสมคอนกรีต กำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ขนาดและรูปร่างของโครงสร้างคอนกรีต อุณหภูมิที่บ่มและความชื้นขณะบ่ม ระยะเวลาการบ่มให้นับจากวันที่หล่อคอนกรีตเสร็จแล้ว 24 ชั่วโมงเป็นต้นไป โดยทั่วไปผิวคอนกรีตที่เปิดเผยและใช้ซีเมนต์ชนิดธรรมดา ควรได้รับการบ่มชื้นติดต่อกันอย่างน้อย 7 ถึง 14 วัน ซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดความแข็งแรงสูงเร็วต้องการเวลาน้อยกว่า (ประมาณครึ่งหนึ่ง) และซีเมนต์ชนิดแข็งตัวช้าที่ต้องการเวลาบ่มมากกว่าซีเมนต์ธรรมดา

วิธีการบ่มคอนกรีต (Curing Method)

วิธีการบ่มคอนกรีตขึ้นอยู่กับสภาพการโดยเฉพาะของคอนกรีตที่จะสร้างขึ้น อย่างไรก็ดี ควรคำนึงถึงวิธีการที่ถูกที่สุดและให้ผลดีที่สุดสำหรับงานนั้น ๆ เป็นสำคัญ

การบ่มคอนกรีตทำได้ 3 วิธี คือ

ก) **วิธีบ่มโดยเพิ่มความชื้นให้กับคอนกรีต (Replacing)** โดยให้ความชื้นแก่ผิวคอนกรีตโดยตรง ในระยะเวลาที่คอนกรีตเริ่มแข็งตัว เพื่อทดแทนการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีตซึ่งทำได้หลายวิธีคือ

การขังหรือหล่อน้ำ (Ponding) การขังหรือหล่อน้ำจะใช้วิธีทำทำนบด้วยดินเหนียวหรือก่ออิฐกั้นก็ได้ ใช้ได้ดีกับงานบนพื้นราบ เช่น แผ่นพื้น ดาดฟ้า พื้นถนน และทางเท้า แต่ไม่เหมาะสำหรับแผ่นพื้นที่จะมีการก่อสร้างต่อขึ้นไป เพราะจะลำบากในการทำงานต่อไป ข้อควรระวังคือ ต้องคอยตรวจสอบไม่ให้ทำนบที่กั้นไว้พัง ซึ่งจะทำให้น้ำรั่วออกและแห้งเป็นเหตุให้การบ่มขาดตอนไป และอย่าให้น้ำที่ใช้บ่มมีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน 10 องศาเซลเซียส เพราะอาจทำให้ผิวคอนกรีตแตกร้าวได้ ข้อเสียของวิธีนี้คือ ต้องมีภาระในการเก็บล้างเมื่อเสร็จงาน อาจต้องขัดฟอกให้คอนกรีตหายสกปรก

การฉีดพ่นน้ำหรือรดน้ำ (Sprinkling) จะต้องคอยฉีดหรือรดน้ำให้ผิวคอนกรีตเปียกชุ่มทั่วกันตลอดไม่ใช่ทำเป็นระยะ ๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแตกร้าวเนื่องจากผิวคอนกรีตแห้งและเปียกสลับกันบ่อยครั้ง และวิธีนี้ใช้ได้กับคอนกรีตทุกชนิดทั้งในแนวราบหรือเอียง มักจะเปลืองน้ำจึงไม่เหมาะกับบริเวณที่น้ำขาดแคลน หรือบนชั้นสูง ๆ ที่น้ำไหลค่อย ข้อควรระวังคือ น้ำอาจไปชะเอาผิวคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวดีสึกกร่อนเสียหายได้

การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม (Wet Covering) อาจใช้ผ้าใบ กระสอบ หรือวัสดุอุ้มน้ำอื่นคลุมให้ทั่ว แล้วราดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ ข้อสำคัญ คือ การคลุมต้องคลุมเหลื่อมกันให้มากและต้องราดน้ำให้เปียกชุ่มอยู่เสมอ ควรคลุมทันทีที่คอนกรีตแข็งตัว วิธีนี้ได้ผลดีมากถ้าคอยตรวจให้น้ำชุ่มอยู่เสมอ ราคาถูก คลุมได้ทั้งแนวดิ่งและแนวราบ

สำหรับงานสร้างถนน และทางเท้า ซึ่งมักจะถูกแดดและลมโดยตรง จะทำให้ผิวหน้าเกิดการแตกร้าวเนื่องจากแห้งเร็วเกินไป อาจใช้ดินที่ไม่มีหินปน ฟางข้าว หรือแกลบ ถมคลุมไว้ทันทีที่แห้งพอให้หนาประมาณ 5-15 ซม. แล้วฉีดน้ำให้ชุ่มจะช่วยได้เป็นอย่างดี ข้อควรระวังคือ สิ่งที่ใช้คลุมต้องปราศจากสารซึ่งเป็นอันตรายต่อปูนซีเมนต์ หรือทำให้ผิวคอนกรีตด่าง

ข) **วิธีบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต (Preventing Loss of Moisture)** เป็นวิธีที่ใช้การผนึกผิวของคอนกรีตให้ทั่ว ป้องกันมิให้ความชื้นจากคอนกรีตเล็ดลอดออกไปได้ ซึ่งมีวิธีการและวัสดุที่ใช้ในการบ่มแบบนี้ต่าง ๆ กันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้กระดาษกันน้ำซึม (Waterproof Papers) ลักษณะเป็นกระดาษเหนียวสองชั้นยึดติดกันด้วยกาวพวกยางมะตอย และเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว จะยืดหดตัวไม่มากนักเมื่อใช้กับพื้นราบ ข้อควรระวัง คือ บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นต่อแผ่นของกระดาษต้องผนึกติดแน่นด้วยกาว เทป หรือทรายก็ได้ และกระดาษต้องไม่ขาดชำรุด

การใช้แผ่นผ้าพลาสติกปิดคลุม (Plastic Film) มีวิธีการคล้ายกับการใช้กระดาษกันน้ำ แต่มีข้อดี คือ เนื่องจากผ้าพลาสติกเบามาก จึงสามารถใช้ได้กับโครงสร้างทุกชนิด ข้อควรระวัง คือ เนื่องจากผ้าพลาสติกนี้บางและเบามากจึงเกิดการชำรุดได้ง่าย ต้องคอยปะรอยฉีกขาด และต้องหาของหนักทับเพื่อป้องกันไม่ให้ลมพัดปลิว

การบ่มโดยใช้ไม้แบบ (Forms) ไม้แบบที่เปียกและแบบโลหะจะช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดี ถ้าหากผิวคอนกรีตส่วนบนที่เปิดเผยนั้นยังคงเปียกอยู่โดยมีน้ำไหลซึมลงมาระหว่างคอนกรีตกับแบบได้ ในสภาพเช่นนี้เท่านั้นที่อาจจะทิ้งแบบหล่อให้ติดกับคอนกรีตให้นานเท่าที่ต้องการ เมื่อถอดแบบแล้วจึงบ่มด้วยวิธีอื่นต่อไป

การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต (Sealing Compound) โดยการพ่นสารเคมีนี้บนผิวคอนกรีตซึ่งจะกลายเป็นเยื่อบาง ๆ คลุมผิวไว้ ป้องกันการระเหยของน้ำได้อย่างดี การบ่มวิธีนี้เหมาะกับงานที่ลำบากในการใช้วิธีอื่น เช่น สนามบิน หลังคากว้าง ๆ ถนน หลังคาเปลือกบางทั้งนี้เพราะสิ้นเปลืองมากกว่าวิธีอื่น

การพ่นต้องทำทันทีขณะที่ผิวคอนกรีตยังชื้นอยู่ จะพ่นครั้งเดียวหรือสองครั้งก็ได้โดยต้องพ่นให้ทั่วถึงตลอด ข้อควรระวัง คือ สารเคมีนี้จะทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตที่จะทำการเทใหม่เสียไป บางชนิดอาจทำให้ฉาบปูนไม่ติด จึงไม่ควรใช้ในส่วนที่ต้องการต่อเติมหรือฉาบปูน

ค) วิธีบ่มโดยการเร่งกำลัง วิธีนี้เป็นการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ (Steam Curing) โดยให้ความชื้นและความร้อนกับคอนกรีตที่หล่อเสร็จใหม่ ๆ ซึ่งจะช่วยให้คอนกรีตไม่ขาดน้ำเช่นเดียวกับการบ่มอย่างธรรมดา และช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์อีกด้วย ทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้นโดยรวดเร็ว ลดการหดตัว และเพิ่มความต้านทานต่อสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต การบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำใช้ได้กับคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ทุกประเภท รวมทั้งคอนกรีตที่ใช้สารเคมีผสมเพิ่ม นิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น เสาเข็ม เสาไฟฟ้า ฯลฯ กล่าวคือช่วยให้สามารถถอดคอนกรีตออกจากแบบหล่อได้เร็วขึ้น ทำให้ประหยัดจำนวนแบบที่จะต้องใช้ซึ่งมีราคาสูง ไม่เปลืองที่กองเก็บผลิตภัณฑ์อีกด้วย

โดยทั่วไปการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำทำได้สองวิธี คือ บ่มด้วยไอน้ำที่ความดันต่ำ และบ่มด้วยไอน้ำที่ความดันสูง สำหรับวิธีหลังจะต้องมีหม้อหรือเตาบ่มชนิดใช้กับความดัน เช่น หม้ออบไอน้ำออโตเคลฟว์ ซึ่งใช้กับผลิตภัณฑ์คอนกรีตขนาดเล็ก ส่วนวิธีแรกนั้นเป็นการบ่มคอนกรีตที่ความดันของบรรยากาศด้วยไอน้ำที่มีความชื้นสูงจนอิ่มตัวมีอุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส การบ่มอาจกระทำในห้องบ่มซึ่งสร้างไว้ถาวร ใช้บ่มผลิตภัณฑ์คอนกรีตหล่อสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ เช่น เสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข็ม เสาไฟฟ้า คอนกรีตบล็อค ฯลฯ

สิ่งสำคัญในการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ คือ ช่วงเวลาในการดำเนินการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ ซึ่งถ้าปฏิบัติไม่ถูกต้อง จะเป็นเหตุให้คอนกรีตเสียหายหรือไม่เกิดกำลังตามต้องการช่วงเวลาในการดำเนินการนี้แบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ

1) ช่วงเวลาก่อนให้ไอน้ำ นับจากเมื่อหล่อคอนกรีตเสร็จไปจนถึงเวลาที่จะเพิ่มอุณหภูมิให้กับคอนกรีต เพื่อทิ้งให้คอนกรีตแข็งตัวเต็มที่เสียก่อน โดยปกติทิ้งไว้ 2-5 ชั่วโมง

2) ช่วงเวลาเพิ่มอุณหภูมิ นับจากเมื่อเริ่มเพิ่มอุณหภูมิให้กับคอนกรีต ไปจนถึงเวลาที่อุณหภูมิของการบ่มขึ้นถึงอุณหภูมิสูงสุดที่กำหนด อัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 10 องศาเซลเซียส ถึง 30 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง ปกตินิยมใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง การเพิ่มอุณหภูมินี้จะต้องเพิ่มด้วยอัตราที่คงที่สม่ำเสมอโดยตลอด อุณหภูมิสูงสุดของการบ่มไม่ควรเกินกว่า 80 องศาเซลเซียส ฉะนั้น โดยทั่วไปแล้วช่วงเวลานี้จะอยู่ระหว่าง 2-4 ชั่วโมง

3) ช่วงเวลารักษาอุณหภูมิให้คงที่ นับจากเมื่ออุณหภูมิของการบ่มได้ถูกเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอุณหภูมิสูงสุดแล้ว ไปจนถึงเวลาที่คอนกรีตมีกำลังเกิดขึ้นเท่าที่ต้องการ ในช่วงเวลานี้อุณหภูมิของการบ่มจะต้องควบคุมให้อยู่ที่จุดอุณหภูมิสูงสุดตลอดเวลา ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของคอนกรีต ประเภทของปูนซีเมนต์ที่ใช้และอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการบ่ม ปกติกินเวลาตั้งแต่ 12-18 ชั่วโมง (6-12 ชม. สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งเร็ว)

4) ช่วงเวลาลดอุณหภูมิ หลังจากที่บ่มคอนกรีตจนมีกำลังขึ้นถึงขีดที่ต้องการแล้วจะต้องค่อย ๆ ลดอุณหภูมิของคอนกรีตลงจนถึงอุณหภูมิปกติ ปกติใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง การลดอุณหภูมิลงทันทีทันใด อาจเป็นเหตุให้คอนกรีตเกิดความเสียหายได้

การป้องกันความเสียหาย

การดำเนินการก่อสร้างอาจทำความเสียหายแก่คอนกรีตที่เทไว้เรียบร้อยได้ เช่น บรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด การกระเทือนอย่างแรงหรือการทำให้ผิวเสียหาย การกระเทือนหรือการสั่นสะเทือนติดต่อกันนาน ๆ ถ้าไม่รุนแรงแล้วปกติก็ไม่เป็นอันตรายแต่อย่างใด แต่การกระแทกอย่างแรงต่อคอนกรีตสดมักจะทำให้วัสดุผสมแตกได้ ซึ่งไม่ควรปล่อยให้เกิดขึ้น พื้นที่มีการก่อสร้างอยู่ข้างบนนั้นควรจะปกคลุมให้ดี แต่สิ่งประดับซึ่งยื่นออกมาก็ควรได้รับการป้องกันให้พ้นจากวัสดุที่อาจตกลงมาได้ ไม่ควรเอาอะไรไปแขวนติดกับเหล็กเสริมที่ยื่นออกมา

การเสริมฐานราก และเขื่อนที่ใช้ในการกันดินควรจะทิ้งไว้ในที่จนกว่าคอนกรีตจะแข็งตัวแล้ว การถมทับหลังคอนกรีตควรกระทำต่อเมื่อคอนกรีตนั้นแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักได้แล้วเท่านั้น และต้องกระทำด้วยความระมัดระวังมิให้เกิดแรงกระแทกขึ้นได้ สิ่งที่ใช้ฉาบกันน้ำ ควรจะป้องกันไม่ให้เสียหายโดยไม่ใช้วัสดุมีคม และหนักในส่วนที่ถมอยู่ใกล้ ๆ คอนกรีตและโดยการจัดส่วนที่ถมให้แน่นเพื่อป้องกันการทรุดตัวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของสารเคมีผสมเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีผสมเพิ่ม

สารเคมีผสมเพิ่ม (Admixture)

สารเคมีผสมเพิ่ม หมายถึงสารอื่น ๆ นอกเหนือจากซีเมนต์ วัสดุผสมและน้ำ ที่ใช้เติมลงในส่วนผสมของคอนกรีต ไม่ว่าจะก่อนหรือในขณะกำลังผสม เพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อคอนกรีตให้ดีขึ้น และได้ผลตามวัตถุประสงค์ข้อหนึ่งหรือหลายข้อตามต้องการ ดังต่อไปนี้

1. ทำให้คอนกรีตผสมใหม่ ๆ มีความสามารถเทได้ดีขึ้น
2. เพื่อลดปริมาณน้ำที่จะต้องใช้ผสมคอนกรีตให้น้อยลง
3. เกิดการกักกระจายฟองอากาศทำให้มีความทนทานเพิ่มขึ้น
4. เร่งการก่อตัวและการแข็งตัว ทำให้คอนกรีตรับแรงได้เร็วกว่าธรรมดา
5. หน่วงการก่อตัว
6. เกิดการกระจายซีเมนต์ ทำให้ซีเมนต์เปียกทั่วเมื่อผสมกับน้ำ
7. ช่วยขับน้ำให้หมดสิ้น
8. ทำให้มีความทึบน้ำหรือต้านทานมิให้น้ำไหลผ่านได้ดีขึ้น
9. ช่วยเร่งปฏิกิริยาของสารปอซโซลาน (เพื่อรวมกับปูนอิสระ)
10. ลดการเยิ้มหรือการคายน้ำ
11. ทำให้คอนกรีตไม่หดตัวและแตกร้าว เมื่อเริ่มการก่อตัวและเมื่อแข็งตัวแล้ว
12. ทนต่อการกัดกร่อนดีขึ้น
13. ทำให้เกิดสี และ ฯลฯ

สารเคมีที่ใช้ผสมร่วมกับคอนกรีตนี้จะให้ผลแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ ขนาดรูปร่างและส่วนขนาดคละของวัสดุผสม น้ำ สัดส่วนการผสม ระยะเวลาการผสม และอุณหภูมิ ดังนั้นในการใช้สารเคมีผสมเพิ่ม จึงควรศึกษาถึงส่วนผสมและข้อแนะนำของผู้ผลิตโดยละเอียด จะต้องทดสอบและควบคุมปริมาณที่ใช้ให้ถูกต้อง เพราะสารเหล่านี้จะให้ผลดีต่อเมื่อมีอัตราใช้ที่พอเหมาะ ปริมาณที่ผิดไปจะก่อให้เกิดผลเสีย หรือเกิดผลในทางตรงกันข้าม

ก่อนการพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีผสมเพิ่มนั้น ควรได้คำนึงว่า

(ก) จะมีวิธีการอย่างใดบ้างหรือไม่ เพื่อเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผสมหรือวิธีการผสม และได้คอนกรีตมีคุณสมบัติตามต้องการ แทนที่จะเลี่ยงใช้สารเคมีผสมเพิ่มซึ่งอาจจะมีการผิดพลาดขึ้นได้

(ข) เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย เมื่อใช้สารเคมีผสมเพิ่ม กับการที่ไม่ใช้สารเคมีผสมเพิ่ม แต่ใช้วิธีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผสมหรืออย่างอื่นที่จะให้คอนกรีตอย่างเดียวกัน

(ค) ผลที่จะเกิดจากการใช้สารเคมีผสมเพิ่มนอกเหนือไปจากวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

สารเคมีผสมเพิ่มนี้มีทั้งชนิดน้ำยาเคมีและชนิดผงเคมี ถ้าเป็นชนิดน้ำยาหรือที่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ควรผสมกับน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต เพราะผสมได้ทั่วถึงและควบคุมปริมาณให้สม่ำเสมอได้สะดวกกว่า

สารเคมีผสมเพิ่มที่นิยมใช้กันแพร่หลาย คือ

สารเร่งการก่อตัว (Acccterators) สารชนิดนี้จะทำให้คอนกรีตก่อตัวและแข็งตัวเร็วขึ้นกว่าปกติ และทำให้มีกำลังรับแรงในระยะแรกสูงกว่าคอนกรีตธรรมดา ใช้กับงานคอนกรีตที่ต้องการให้ถอดแบบได้เร็วและให้รับกำลังได้เร็วกว่าปกติ เช่น การทำเสาเข็มธรรมดา และเสาคอนกรีตอัดแรง ใช้อุดรูรั่วในเนื้อคอนกรีต หรืออัดฉีดประสานรอยต่อของคอนกรีตอันเนื่องมาจากการก่อสร้าง สารที่นิยมใช้เป็นตัวเร่งการก่อตัวคือ แคลเซี่ยมคลอไรด์และโซเดียมซิลิเกต เป็นต้น ข้อควรระวังก็คือ สารชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเพิ่มความหดตัวในคอนกรีตขณะแข็งตัว ซึ่งจะทำให้เกิดรอยร้าวในคอนกรีต

/สารหน่วงการก่อตัว (Retarders) สารชนิดนี้มีคุณสมบัติช่วยให้คอนกรีตก่อตัวช้ากว่าธรรมดา (คือเกินกว่า 1 1/2 ชั่วโมง) ทั้งนี้เพื่อประโยชน์บางประการ เช่น ในกรณีที่ต้องส่งคอนกรีตผสมเสร็จไปยังงานก่อสร้างที่อยู่ในระยะทางไกล ๆ การขนคอนกรีตผสมเสร็จนั้นอาจติดการจราจรบนถนนอยู่นาน ๆ ก็ได้ หรือในกรณีที่เทคอนกรีตจำนวนมาก ๆ ซึ่งต้องการให้ต่อเนื่องเพื่อลดปริมาณรอยต่อในการเท เป็นต้น สารชนิดนี้ได้แก่ แคลเซี่ยมซัลเฟต หรือ ยิปซั่ม ซึ่งบริษัทผลิตปูนซีเมนต์ทั้งหลายก็ใช้ปนอยู่แล้วในซีเมนต์ นอกจากนี้พวกคาร์โบไฮเดรท น้ำตาล ก็ใช้ได้แต่ต้องควบคุมให้ดี เพราะถ้าใช้มากไปอาจหน่วงการก่อตัวให้นานมากหรือบางครั้งไม่ก่อตัวเลย นอกจากนั้นยังมีพวกกรดและเกลือลิกโนซัลโฟนิค (Ligno Sulfonic Acid) กรดและเกลือไฮดรอกซิเลตคาร์โบไซลิค (Hydroxylated Carboxylic Acid) ที่ช่วยให้ซีเมนต์ชลอการก่อตัวได้

โดยทั่วไปเมื่อใช้สารชนิดนี้ จะทำให้กำลังของคอนกรีตในระยะ 3 วันแรกลดต่ำไป แต่ทว่าสารชนิดนี้มีคุณสมบัติช่วยลดปริมาณน้ำด้วย (ประมาณ 5 ถึง 15 เปอร์เซนต์) ซึ่งเป็นผลให้คอนกรีตมีกำลังสูงในระยะหลัง และมีกำลังเท่ากับหรือสูงกว่าคอนกรีตธรรมดาเมื่ออายุ 28 วัน

/ สารกระจายกักฟองอากาศ (Air-entraining Admixtures) สารชนิดนี้เมื่อผสมร่วมกับคอนกรีต จะไปช่วยให้เกิดฟองอากาศเล็ก ๆ (มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า) แผ่ปนอยู่ทั่วเนื้อคอนกรีต แต่ฟองนี้ไม่ทะลุถึงกันและกันได้ ในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร อาจจมีฟองอากาศเล็ก ๆ นี้ประมาณ 3-6 เปอร์เซนต์ ของเนื้อคอนกรีตทั้งหมด การเกิดฟองอากาศขึ้นนี้ทำให้คอนกรีตมีความเหลวมากและหล่อง่ายขึ้น แม้จะใส่น้ำแต่น้อยเท่านั้น และยังมีความต้านทานมิให้น้ำในคอนกรีตแข็งเป็นน้ำแข็งก่อนที่คอนกรีตจะก่อตัวด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์ในการหล่อคอนกรีตในฤดูหนาว นอกจากนี้แล้ว สารกระจายกักฟองอากาศยังช่วยลดการแยกตัว และการสูญเสียน้ำของคอนกรีตทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้คอนกรีตมีเนื้อสม่ำเสมอ และดูสวย แน่น ไม่รั่วซึม รวมทั้งเพิ่มความต้านทานต่อซัลเฟตด้วย ข้อด้อยของการใช้สารนี้ก็คือทำให้คอนกรีตมีกำลังต่ำลง และนอกจากนี้ต้องระวังเรื่องการใช้เครื่องเขย่าให้มาก เพราะถ้าเขย่ามากจะทำให้จำนวนฟองอากาศลดน้อยลงไปเกือบ 50 เปอร์เซนต์

สารกระจายกักฟองอากาศมีอยู่หลายชนิด ซึ่งอาจจะทำมาจากยางไม้ ไขมันหรือน้ำมันสัตว์และพืช หรือจากกรดซึ่งได้มาจากยางไม้หรือไขมันของสัตว์และพืชเป็นต้น

/สารลดปริมาณน้ำ (Water-reducing Admixtures) สารชนิดนี้จะช่วยลดปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตเพื่อให้ได้ความข้นเหลวเท่า ๆ กันเมื่อเทียบกับคอนกรีตธรรมดา หรืออาจกล่าวได้ว่าสารชนิดนี้จะเพิ่มความเหลวและยุบตัวของคอนกรีต ช่วยให้มีความสามารถเทได้ดีขึ้น เมื่อใช้น้ำในส่วนผสมน้อยลงจึงมีผลในทางเพิ่มกำลังของคอนกรีต ลดการแยกตัวและสูญเสียน้ำ เพิ่มความแน่นและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริม สารชนิดนี้เป็นสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่ทำมาจากกรดหรือเกลือลิกโนซัลโฟนิค ซึ่งเป็นผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมทำเยื่อไม้

/ สารขับน้ำและทึบน้ำ (กันซึม) สารชนิดนี้จะทำให้คอนกรีตทึบแน่น กันน้ำไม่ให้น้ำซึมผ่านได้ เช่นโครงสร้างที่กั้นน้ำ ห้องใต้ดิน อุโมงค์ สระน้ำ ดาดฟ้า ฯลฯ ถ้าไม่ใช้สารนี้ก็ต้องออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตให้ดีพอที่เมื่อหล่อแล้วจะแน่นทึบกันน้ำ แต่ในกรณีที่ไม่สามารถหาส่วนขนาดคละของวัสดุผสมได้ดีพอก็จะต้องใช้สารชนิดนี้ช่วย ซึ่งจะไปแซกอุดรูเล็ก ๆ ในคอนกรีตทำให้คอนกรีตทึบน้ำ นอกจากนี้จะใช้สารชนิดนี้เพื่อใส่น้ำไม่ให้เยิ้มเนื้อซีเมนต์หรือคอนกรีต เหมาะสำหรับผสมกับปูนทรายแล้วใช้โบกก่าแพงหรือผนังเพื่อกันมิให้ความชื้นซึมเข้าไปได้ และป้องกันราขึ้น สารชนิดนี้เป็นพวกอัลคาไลน์ซิลิเกต (Alkaline Silicates) เช่น โซเดียมซิลิเกต หรืออลูมิเนียม และสังกะสีซัลเฟต (Zinc Sulphates)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดส่วนผสมของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดส่วนผสมของคอนกรีต

คอนกรีตประกอบด้วยวัสดุต่าง ๆ ซึ่งถูกนำมาผสมเข้าด้วยกันให้เป็นคอนกรีตที่มีคุณภาพตามต้องการ อันอาจเป็นเพียงคอนกรีตที่ทำขึ้นเพื่อให้รับกำลังอัดได้เพียงเล็กน้อย เช่นเป็นตัวรับการกระแทก หรือเป็นคอนกรีตที่ต้องรับแรงอัดได้สูงเพื่อใช้ในโครงสร้างบางจำพวก หรือเป็นคอนกรีตชนิดแน่นและหนักอันอาจทนต่อแรงอัดได้ถึง 700 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพื่อเป็นคอนกรีตที่มีราคาถูกจนสามารถที่จะนำไปสร้างเขื่อนได้ถูกกว่าเขื่อนซึ่งทำด้วยดินเป็นต้น ฉะนั้นการกำหนดส่วนผสมของคอนกรีตจึงขึ้นกับความต้องการ ดังตัวอย่างที่กล่าวมาส่วนหนึ่ง

นอกเหนือไปจากคุณภาพที่ต้องการดังกล่าวแล้ว การกำหนดส่วนผสมของคอนกรีตยังต้องพิจารณาถึงวัสดุที่ใช้ซึ่งหมายรวมไปถึง ขนาด รูปร่าง ความลดหลั่นของขนาด ซึ่งล้วนมีอิทธิพลต่อส่วนผสมอันจะทำให้เกิดความง่ายยากในการทำงาน หรือความแน่นของเนื้อคอนกรีต หรือความสะดวกในการตบแต่งผิวหน้าของคอนกรีต เป็นต้น

อาจกล่าวได้ว่า ส่วนผสมที่ถูกต้องของคอนกรีตคือ ส่วนผสมที่ทำให้ประหยัดที่สุด และมีสัดส่วนของวัสดุต่าง ๆ ซึ่งทำให้คอนกรีตทำงานได้ง่ายในเมื่อยังไม่แข็งตัว อีกทั้งเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว จะมีกำลังและคุณภาพตามความต้องการ

ความง่ายยากในการทำงานนั้น ไม่อาจวัดหรือกำหนดได้ง่าย ๆ นอกจากจะอาศัยความชำนาญและความช่างสังเกต อีกทั้งวัสดุที่ใช้ในแต่ละครั้ง และแต่ละงานย่อมมีความแตกต่างและเปลี่ยนแปลงไปได้มาก ฉะนั้นการกำหนดส่วนผสมที่ถูกต้องจึงไม่เป็นแต่เพียงศาสตร์ (Science) แต่อย่างเดียว แต่ต้องอาศัยศิลปะ (Arts) เข้าร่วมอีกด้วย กล่าวคือ ไม่มีวิศวกรผู้ใดสามารถกำหนดส่วนผสมที่ถูกต้องได้โดยอาศัยเพียงการนั่งคำนวณอยู่บนโต๊ะทำงานเท่านั้น แต่ส่วนผสมที่ถูกต้องจะหาได้จากการทดสอบ ซึ่งอาศัยการปรับแก้ไขสัดส่วนต่าง ๆ อันเป็นผลที่ได้มาจากการคำนวณเป็นหลัก การกำหนดส่วนผสมของคอนกรีตที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นเพียงวิธีหนึ่งในหลาย ๆ วิธีที่ใช้อยู่ทั่วไป ที่เลือกวิธีนี้มาแนะนำ เพราะเห็นว่าเป็นวิธีที่ใช้ได้ผลดีพอควรและวิธีหาไม่ยุ่งยากหรือสับสนจนเกินไป

การกล่าวถึงส่วนผสมของคอนกรีตนั้น ในปัจจุบันใช้อยู่ 2 อย่างคือ โดยปริมาตรและโดยน้ำหนัก การผสมโดยวัดปริมาตรทำได้ง่าย เพราะอาจใช้ภาชนะอะไรเป็นเครื่องตวงวัดก็ได้ แต่ผลที่ได้คลาดเคลื่อนได้มากไม่ใคร่แน่นอน โดยเฉพาะการตวงวัดทราย ซึ่งเมื่อมีความชื้นเข้ามาร่วม ปริมาตรจะเปลี่ยนแปลงไปได้มาก ฉะนั้นถ้าสามารถทำได้ควรวัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก ซึ่งจะให้ผลถูกต้องกว่า และถึงแม้ทรายจะชื้น น้ำหนักก็จะเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย

ก่อนจะลงมือหาส่วนผสมของคอนกรีต จะต้องทราบถึงวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้เสียก่อน อันได้แก่

1. กำลังของคอนกรีตตามต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปกำหนดเป็นกำลังอัดของคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้ทำอะไร เพื่อจะได้กำหนดความข้นเหลวของส่วนผสมให้ทำงานได้สะดวก ความข้นเหลวที่พอเหมาะนี้ใช้ค่าเกณฑ์ยุบตัว (Slump) ของคอนกรีตเป็นตัวกำหนด

3. คุณสมบัติพิเศษของคอนกรีต เช่น ให้สามารถทนซัลเฟตได้สูง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อจะได้เลือกใช้ปูนซีเมนต์ให้ถูกประเภท

4. ใช้สารทำให้เกิดฟองอากาศ ผสมร่วมด้วยหรือไม่

5. ขนาดของคอนกรีตที่จะทำขึ้น เพราะจะเป็นตัวกำหนด ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้

นอกเหนือไปจากวัตถุประสงค์ดังกล่าวมาข้างต้นคุณสมบัติของวัสดุที่จะใช้ก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งซึ่งจะต้องทราบ อันได้แก่

1. ความลดหลั่นของขนาด (Gradation) ของหินและทราย ซึ่งได้มาจากการร่อนหินหรือทรายผ่านตะแกรงมาตรฐานหลาย ๆ ขนาดแล้วหาเปอร์เซนต์ของหินหรือทรายในแต่ละขนาด

2. ค่าแห่งความละเอียด (Fineness Modulus) ของหินและทราย เป็นตัวเลขซึ่งไม่มีหน่วย ได้จากการรวมเปอร์เซนต์ของหินหรือทรายขนาดต่าง ๆ ที่ค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานแต่ละขนาด แล้วหารผลรวมด้วย 100 โดยทั่วไปค่าแห่งความละเอียดของทรายจะอยู่ระหว่าง 2.20 ถึง 3.20 และของหินจะมีค่าประมาณ 6.50, 7.00 และ 7.50 ในเมื่อหินก้อนใหญ่ที่สุดมีขนาด 3/4", 1" และ 1 1/2" ตามลำดับ ยิ่งตัวเลขนี้มีค่าสูงจะแสดงว่าหินหรือทรายมีความหยาบมาก ค่านี้มีประโยชน์ในการหาส่วนผสมของคอนกรีต

3. ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของวัสดุที่ใช้ สำหรับปูนซีเมนต์ถ้าไม่สามารถหาได้อาจใช้ค่า 3.15 ก็ได้ ส่วนหินหรือทรายน้ำ ความชื้นที่ติดมาอาจทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนแปลงไปได้ ในวิธีที่จะกล่าวถึงนี้ ใช้ค่าความถ่วงจำเพาะเมื่อหินหรือทรายอยู่ในสภาพ "แห้งและอิ่มตัว" (Saturated Surface Dry) ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 2.4 ถึง 2.9

4. น้ำหนักต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร (Bulk Unit Weight) ของหนและทราย หมายถึงน้ำหนักของหินหรือทรายที่เติมลงไปจนเต็มภาชนะจุ 1 ลูกบาศก์เมตร น้ำหนักที่กล่าวถึงนี้เป็นน้ำหนักของวัสดุรวมกับช่องว่างระหว่างเม็ดด้วย โดยปกติจะมีค่าระหว่าง 1,440 ถึง 1,940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร น้ำหนักที่ใช้ในที่นี้เป็นน้ำหนักของหินหรือทราย ในสภาพ "แห้งและอิ่มตัว" เช่นกัน

5. ความชื้น (Surface Moisture) ของหินและทราย หมายถึงปริมาณน้ำที่ห่อหุ้มหรือติดมากับเม็ดหินหรือทรายตามสภาพจริง ปริมาณน้ำจากความชื้นนี้เป็นปริมาณที่นอกเหนือไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่เม็ดหินหรือทรายจะสามารถดูดเข้าไปไว้ในเม็ดได้อีกแล้ว ซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องนำไปหักออกจากส่วนผสมในการคำนวณหาส่วนผสม โดยปกติจะกำหนดมาเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักของหินหรือทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการหาส่วนผสมของคอนกรีต

ขั้นที่ 1 หาอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ (Water - Cement Ratio) เพื่อให้คอนกรีตมีกำลังอัด 210 กก.ต่อตารางซม. เมื่ออายุ 28 วันตามต้องการ

จากตารางที่ 1 (ในภาคผนวก) ได้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C Ratio) โดยมีค่าเท่ากับ 0.62

ขั้นที่ 2 หาปริมาณน้ำในส่วนผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ดังที่กล่าวมาแล้วว่าปริมาณน้ำที่ถูกต้องในส่วนผสมคือ ปริมาณที่น้อยที่สุดแต่ต้องให้คอนกรีตนั้นทำงานได้ง่าย ซึ่งกำหนดโดยอาศัยเกณฑ์ยุบตัว (Slump) ของคอนกรีตเป็นหลัก

ในการทดสอบนี้จะใช้เกณฑ์ยุบตัวของคอนกรีตมีค่าประมาณ 7.5 ซม.

ขนาดใหญ่ที่สุดและรูปร่างของหินที่ใช้เป็นอีกสิ่งหนึ่งซึ่งจะทำให้ต้องใช้น้ำในส่วนผสมน้อยหรือมาก แต่ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้ถูกจำกัดโดยขนาดของคอนกรีตอยู่แล้ว

ในการทดสอบนี้ใช้ขนาดของหินที่ใหญ่ที่สุดไม่เกิน 3 ซม. หรือใช้หินขนาด 1 นิ้ว

จากตารางที่ 2 (ภาคผนวก) ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 193 ลิตร ต่อการผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

ขั้นที่ 3 หาปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสม เมื่อทราบปริมาณน้ำสำหรับผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร และอัตราส่วนระหว่างน้ำและปูนซีเมนต์แล้ว ฉะนั้นปริมาณปูนซีเมนต์สำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ย่อมจะหาได้ ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำจากขั้นที่ 2 หารด้วยอัตราส่วนจากขั้นที่ 1

ปริมาณปูนซีเมนต์สำหรับคอนกรีต 1 ล.บ.เมตร มีค่าประมาณ 304 กิโลกรัม

ขั้นที่ 4 หาปริมาณหินในส่วนผสม จากตารางที่ 3 ในภาคผนวก โดยมีค่าแห่งความละเอียดของทราย 2.80

ปริมาตรของหินต่อคอนกรีต 1 ล.บ.เมตร มีค่าประมาณ 0.66 ล.บ.เมตร

หรือคิดเป็นน้ำหนัก = 0.66 x 1600 = 1056 กก.

ขั้นที่ 5 หาปริมาณอากาศในส่วนผสม ในคอนกรีตย่อมมีอากาศรวมอยู่ด้วย ตามตารางที่ 2 ในภาคผนวก จะมีอากาศประมาณ 1.5% ของปริมาณคอนกรีต ฉะนั้นคอนกรีต 1 ล.บ.เมตร จะมีอากาศในส่วนผสม 0.015 ล.บ.เมตร

ขั้นที่ 6 หาปริมาณทรายในส่วนผสม เมื่อถึงขั้นนี้จะเห็นว่าส่วนผสมอื่น ๆ ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต 1 ล.บ.เมตร ถูกกำหนดขึ้นหมาดแล้วนอกจากทราย ฉะนั้นปริมาณทรายจึงเท่ากับส่วนที่เหลือใน 1 ล.บ.เมตร

สิ่งที่จะต้องทำในขั้นนี้ก็คือ เปลี่ยนส่วนผสมต่าง ๆ ที่หาได้ให้เป็น "ปริมาตรอย่างแน่น (Absolute Volume) หมายถึงปริมาตรที่ไม่มีช่องว่างในเนื้อ" โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาตรอย่างแน่น เป็น ล.บ.เมตร} = \frac{\text{น้ำหนักวัสดุ, กก.}}{\text{ถ.พ.วัสดุ} \times \text{น.น.น้ำ 1 ล.บ.เมตร (1000 กก.)}}$$

จะได้ปริมาตรอย่างแน่นของวัสดุต่าง ๆ ดังนี้

ปูนซีเมนต์ 304 กก. $= \frac{304}{3.15 \times 1000} = 0.0965$ ล.บ.เมตร

น้ำ 193 ลิตร $= 0.1930$ ล.บ.เมตร

อากาศ $= 0.0150$ ล.บ.เมตร

หิน 1056 กก. $= \frac{1056}{2.70 \times 1000} = 0.3911$ ล.บ.เมตร

รวม $= 0.6956$ ล.บ.เมตร

ฉะนั้นปริมาตรอย่างแน่นของทราย $= 1 - 0.6956 = 0.3044$ ล.บ.เมตร

หรือน้ำหนักทรายในส่วนผสม $= 0.3044 \times 2.80 \times 1000$

$= 852.32$ กก.

ขั้นที่ 7 แก้ส่วนผสมเนื่องจากความชื้น ในการทดสอบนี้ไม่จำเป็นจะต้องคำนึงถึงความชื้นภายในวัสดุเพราะเป็นฤดูร้อน วัสดุที่นำมาใช้ทดสอบจะอยู่ในสภาพแห้งและอิ่มตัว ไม่มีน้ำอยู่ภายในเนื้อวัสดุ

ขั้นที่ 8 กำหนดส่วนผสมขั้นสุดท้าย

ปูนซีเมนต์		=	304 กก.
น้ำ	(193 - 0)	=	193 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราย	(852.32 + 0)	=	852.32	กก.
หิน	(1056 + 0)	=	1056.00	กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อมูลวัสดุการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีผสมเพิ่มที่ใช้ในการทดสอบ

สารเคมีผสมเพิ่มซึ่งนำมาใช้ในการทดสอบนี้ ได้สั่งซื้อมาจากบริษัท ยูเนียนแอสโซซิเอทส์ จำกัด โดยเป็นสารผสมเพิ่มซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้คือ สารกันซึม, สารหน่วงการก่อตัว, สารลดปริมาณน้ำ และสารกระจายกักฟองอากาศ

1. สารกันซึม ใช้สารเคมีที่มีชื่อทางการค้าว่า "Colemanoid No. 1" โดยมีคุณสมบัติดังนี้

<u>คุณลักษณะ</u> มีลักษณะเป็นสารละลายสีดำ มีคุณสมบัติเป็นตัวกันน้ำเข้า กันซึม และยังสามารถเพิ่มกำลังของคอนกรีตระหว่างและหลังจากการบ่มคอนกรีต

<u>ประโยชน์</u> ใช้ผสมกับส่วนผสมของคอนกรีต สามารถกันน้ำรั่วและน้ำซึมได้ ช่วยเพิ่มกำลังของคอนกรีตให้สูงขึ้นได้

<u>ส่วนผสม</u> ใช้ผสมกับคอนกรีตในอัตราส่วน 70 CC ต่อปูนซีเมนต์ 50 กก.

2. สารลดปริมาณน้ำและหน่วงการก่อตัว ใช้สารเคมีที่มีชื่อทางการค้าว่า "Lignosite" โดยมีคุณสมบัติดังนี้

<u>คุณลักษณะ</u> Lignosite มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล นำมาละลายกับน้ำก่อนใช้ผสมกับคอนกรีต มีคุณสมบัติทั้งเป็นตัวลดน้ำในส่วนผสมคอนกรีต (Water Reducing Agent) และช่วยหน่วงการก่อตัวของคอนกรีตให้ช้าลงในขณะเดียวกันด้วย (Retarding Agent and Water Reducing Agent) ตามมาตรฐานของ ASTM C494 - 63T

<u>ประโยชน์</u> ใช้ผสมกับส่วนผสมของคอนกรีต คอนกรีตที่ผสมด้วย Lignosite สามารถลดน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตได้ประมาณ 10 - 20% แต่ยังทำให้คอนกรีตมีความเหลวเหมือนการผสมน้ำด้วยปริมาณธรรมดา ทำให้ทำงานได้ง่ายสดวก ช่วยเพิ่มกำลังของคอนกรีตให้สูงขึ้น ลดการยุบตัว ลดการหดตัว ของเนื้อคอนกรีต เพิ่มกำลังยึดเกาะของคอนกรีตกับเหล็กเสริม ทำให้อายุการใช้งานทนทาน

<u>คอนกรีตที่ผสมด้วย Lignosite</u>

เพิ่มกำลัง Compressive Strength ได้ประมาณ 20-35% ที่อายุ 7 วัน
เพิ่มกำลัง Flexural Strength ได้ประมาณ 8-15% ที่อายุ 7 วัน
ลดน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตได้ประมาณ 10-20%
ทำให้ประหยัดลดต้นทุนของคอนกรีตลงทั้งนี้ด้วย
เมื่อผสม Lignosite ในคอนกรีตแล้ว จะทำให้กำลังของคอนกรีตแข็งแรงสูงขึ้น ดังนั้นถ้าต้องการกำลังตามที่กำหนด จะสามารถลดปูนซีเมนต์ในส่วนผสมของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตลงได้ประมาณ 8-10% ซึ่งก็ยังทำให้คอนกรีตแข็งแรงกว่าคอนกรีตธรรมดา

ส่วนผสม ใช้ผสมกับคอนกรีตในอัตราส่วน 0.2 ปอนด์ต่อปูนซีเมนต์ 50 กก. (ใช้ตามอัตราส่วน Type A = Water Reducing Agent) จะทำให้คอนกรีตแข็งตัวช้ากว่าปรกติประมาณ 45 นาที

ใช้ผสมกับคอนกรีตในอัตราส่วน 0.35 ปอนด์ต่อปูนซีเมนต์ 50 กก. (ใช้ตามอัตราส่วน Type D = Water Reducing and Retarding Agent) จะทำให้คอนกรีตแข็งตัวช้ากว่าธรรมดาประมาณ 2 ชั่วโมง 50 นาที

3. สารกระจายกักฟองอากาศ ใช้สารเคมีที่มีชื่อทางการค้าว่า "Colemanoid Super 5" โดยมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

คุณลักษณะ เป็นน้ำยาเข้มข้นสำหรับผสมปูนทรายและคอนกรีต ควบคุมฟองอากาศในส่วนผสม (Air Entraining Agent)

ประโยชน์ เก็บน้ำในส่วนผสมคอนกรีตได้นาน ทำให้น้ำระเหยช้า ลดการแตกร้าว และช่วยหลีกเลี่ยงสาเหตุที่จะทำให้เกิดการเปราะแตกง่าย

ส่วนผสม ใช้ผสมกับคอนกรีตในอัตราส่วน 0.02% ต่อปูนซีเมนต์ 100 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
CONCRETE DESIGN

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
A1	177.61	29.8	13.085	7.5	18/3/34	25/3/34	7	21,420	120.59	11.83	2472.19	154.33
A2	178.03	28.7	13.161	7.5	18/3/34	25/3/34	7	24,560	137.95	13.53	2575.76	160.80
A3	177.55	30.0	13.047	7.5	18/3/34	25/3/34	7	23,380	131.67	12.92	2449.41	152.91
AVG.									130.07	12.76		
A4	179.93	29.9	12.919	7.5	18/3/34	1/4/34	14	31,500	175.06	17.17	2401.33	149.91
A5	182.93	30.0	12.886	7.5	18/3/34	1/4/34	14	33,420	182.69	17.92	2348.05	146.58
A6	177.55	30.0	13.047	7.5	18/3/34	1/4/34	14	32,250	181.63	17.82	2449.41	152.91
AVG.									179.79	17.64		
A7	176.86	30.3	12.878	7.5	18/3/34	15/4/34	28	44,580	252.05	24.73	2403.07	150.02
A8	180.53	30.1	13.146	7.5	18/3/34	15/4/34	28	37,440	207.38	20.34	2419.17	151.02
A9	182.50	30.1	13.204	7.5	18/3/34	15/4/34	28	34,500	189.03	18.54	2403.59	150.05
AVG.									216.15	21.21		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER PROOFING

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
B1	178.69	30.1	13.154	7.5	18/3/34	25/3/34	7	25,450	142.42	13.97	2445.57	152.67
B2	179.59	30.2	13.251	7.5	18/3/34	25/3/34	7	26,000	144.76	14.20	2443.09	152.52
B3	177.55	30.0	13.045	7.5	18/3/34	25/3/34	7	27,350	154.03	15.11	2449.03	152.89
AVG.									147.07	14.43		
B4	178.93	30.2	12.966	7.5	18/3/34	1/4/34	14	31,600	176.60	17.32	2399.40	149.79
B5	181.32	30.1	13.191	7.5	18/3/34	1/4/34	14	30,150	166.27	16.31	2416.91	150.88
B6	177.37	30.0	12.835	7.5	18/3/34	1/4/34	14	33,300	187.74	18.42	2412.05	150.58
AVG.									176.87	17.35		
B7	177.79	29.9	12.981	7.5	18/3/34	15/4/34	28	43,500	244.66	24.00	2441.87	152.44
B8	178.75	30.0	13.078	7.5	18/3/34	15/4/34	28	44,180	247.15	24.25	2438.72	152.24
B9	178.03	30.1	13.028	7.5	18/3/34	15/4/34	28	45,980	258.26	25.34	2431.14	151.77
AVG.									250.02	24.53		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER PROOFING +10%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
C1	177.61	29.8	13.085	7.6	22/3/34	29/3/34	7	25,600	144.13	14.14	2472.19	154.33
C2	178.03	28.7	13.161	7.6	22/3/34	29/3/34	7	26,000	146.04	14.33	2575.76	160.80
C3	177.55	30.0	13.047	7.6	22/3/34	29/3/34	7	25,000	140.80	13.81	2449.41	152.91
AVG.									143.65	14.09		
C4	179.96	29.9	13.005	7.6	22/3/34	5/4/34	14	32,500	180.59	17.72	2416.91	150.88
C5	180.47	30.0	13.061	7.6	22/3/34	5/4/34	14	30,750	170.38	16.71	2412.34	150.60
C6	179.59	30.0	13.036	7.6	22/3/34	5/4/34	14	35,250	196.27	19.25	2419.47	151.04
AVG.									182.41	17.90		
C7	178.45	30.3	12.868	7.6	22/3/34	19/4/34	28	40,500	226.94	22.26	2379.81	148.57
C8	179.77	30.1	13.054	7.6	22/3/34	19/4/34	28	36,000	200.24	19.64	2412.33	150.60
C9	180.23	30.1	13.133	7.6	22/3/34	19/4/34	28	41,460	230.03	22.57	2420.83	151.13
AVG.									219.07	21.49		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER PROOFING +20%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
D1	177.61	30.3	12.868	7.5	22/3/34	29/3/34	7	20,800	117.10	11.49	2391.08	149.27
D2	178.03	30.1	13.054	7.5	22/3/34	29/3/34	7	19,480	109.41	10.73	2435.99	152.07
D3	177.55	30.1	13.133	7.5	22/3/34	29/3/34	7	21,000	118.27	11.60	2457.36	153.41
AVG.									114.93	11.28		
D4	179.29	29.5	13	7.5	22/3/34	5/4/34	14	33,550	187.12	18.36	2457.81	153.44
D5	179.68	30.5	13.039	7.5	22/3/34	5/4/34	14	34,500	191.99	18.84	2379.15	148.53
D6	180.23	30.0	13.215	7.5	22/3/34	5/4/34	14	27,800	154.24	15.13	2444.06	152.58
AVG.									177.78	17.44		
D7	179.86	29.9	13.051	7.5	22/3/34	19/4/34	28	27,420	152.44	14.95	2426.68	151.49
D8	179.41	30.0	13.118	7.5	22/3/34	19/4/34	28	33,450	186.43	18.29	2437.14	152.15
D9	178.21	30.0	12.97	7.5	22/3/34	19/4/34	28	36,000	202.00	19.82	2425.93	151.45
AVG.									180.29	17.69		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER PROOFING +30%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
E1	177.61	30.3	13.051	7.6	22/3/34	29/3/34	7	20,800	117.10	11.49	2425.08	151.39
E2	178.03	30.1	13.118	7.6	22/3/34	29/3/34	7	19,480	109.41	10.73	2447.93	152.82
E3	177.55	30.1	12.97	7.6	22/3/34	29/3/34	7	21,000	118.27	11.60	2426.86	151.50
AVG.									114.93	11.28		
E4	179.44	29.5	12.891	7.6	22/3/34	5/4/34	14	30,900	172.19	16.89	2435.15	152.02
E5	177.73	30.5	12.827	7.6	22/3/34	5/4/34	14	30,750	173.01	16.97	2366.23	147.72
E6	178.48	30.0	12.907	7.6	22/3/34	5/4/34	14	29,750	166.68	16.35	2410.48	150.48
AVG.									170.62	16.74		
E7	177.79	29.9	12.958	7.6	22/3/34	19/4/34	28	35,460	199.44	19.57	2437.54	152.17
E8	177.94	30.0	13.1	7.6	22/3/34	19/4/34	28	33,360	187.47	18.39	2453.97	153.20
E9	178.15	30.0	12.835	7.6	22/3/34	19/4/34	28	38,640	216.89	21.28	2401.49	149.92
AVG.									201.27	19.74		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER PROOFING +40%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
F1	177.61	29.9	12.891	7	22/3/34	29/3/34	7	18,000	101.34	9.94	2427.39	151.54
F2	178.03	30.0	12.827	7	22/3/34	29/3/34	7	18,500	103.91	10.19	2401.61	149.93
F3	177.55	30.0	12.907	7	22/3/34	29/3/34	7	19,800	111.51	10.94	2423.12	151.27
AVG.									105.59	10.36		
F4	180.14	30.0	13.005	7	22/3/34	5/4/34	14	29,000	160.98	15.79	2406.43	150.23
F5	180.26	30.5	13.06	7	22/3/34	5/4/34	14	32,400	179.73	17.63	2375.40	148.29
F6	179.71	29.8	13.238	7	22/3/34	5/4/34	14	28,200	156.91	15.39	2471.79	154.31
AVG.									165.87	16.27		
F7	179.68	29.5	13.018	7	22/3/34	19/4/34	28	36,740	204.46	20.06	2455.84	153.31
F8	177.52	30.5	12.85	7	22/3/34	19/4/34	28	35,280	198.73	19.50	2373.28	148.16
F9	178.78	30.0	13.651	7	22/3/34	19/4/34	28	34,140	190.95	18.73	2545.14	158.89
AVG.									198.05	19.43		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER PROOFING +50%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
G1	177.61	30.4	12.856	7.5	23/3/34	30/3/34	7	15,150	85.297	8.37	2380.99	148.64
G2	178.03	30.1	12.956	7.5	23/3/34	30/3/34	7	14,960	84.029	8.24	2417.70	150.93
G3	177.55	30.2	12.456	7.5	23/3/34	30/3/34	7	15,600	87.861	8.62	2322.97	145.02
AVG.									85.729	8.41		
G4	181.38	29.8	13.551	7.5	23/3/34	6/4/34	14	24,900	137.27	13.47	2507.03	156.51
G5	179.83	29.9	13.304	7.5	23/3/34	6/4/34	14	21,000	116.77	11.46	2474.14	154.46
G6	178.30	30.0	13.446	7.5	23/3/34	6/4/34	14	24,300	136.28	13.37	2513.69	156.92
AVG.									130.11	12.76		
G7	178.27	30.0	13.236	7.5	23/3/34	20/4/34	28	37,500	210.35	20.64	2474.85	154.50
G8	181.23	30.5	13.38	7.5	23/3/34	20/4/34	28	35,000	193.12	18.95	2420.60	151.11
G9	178.42	30.0	13.1	7.5	23/3/34	20/4/34	28	32,220	180.58	17.72	2447.35	152.78
AVG.				-					194.68	19.10		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
RETARDERS

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
H1	177.61	30.4	12.981	8	23/3/34	30/3/34	7	29,000	163.27	16.02	2404.14	150.09
H2	178.03	30.1	13.019	8	23/3/34	30/3/34	7	28,400	159.52	15.65	2429.46	151.67
H3	177.55	30.2	13.131	8	23/3/34	30/3/34	7	27,600	155.44	15.25	2448.85	152.88
AVG.									159.41	15.64		
H4	178.87	29.8	13.079	8	23/3/34	6/4/34	14	36,600	204.61	20.07	2453.62	153.17
H5	180.59	29.9	13.141	8	23/3/34	6/4/34	14	38,300	212.07	20.80	2433.61	151.93
H6	179.47	30.0	13.117	8	23/3/34	6/4/34	14	39,600	220.64	21.64	2436.14	152.08
AVG.									212.44	20.84		
H7	179.26	30.0	13.137	8	23/3/34	20/4/34	28	60,000	334.69	32.83	2442.73	152.49
H8	177.49	30.5	13.111	8	23/3/34	20/4/34	28	49,950	281.41	27.61	2421.89	151.19
H9	176.26	30.0	13.001	8	23/3/34	20/4/34	28	51,600	292.74	28.72	2458.60	153.49
AVG.									302.95	29.72		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
RETARDERS +10%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
I1	177.61	30.0	12.981	7.7	23/3/34	30/3/34	7	30,000	168.90	16.57	2436.19	152.09
I2	178.03	30.5	13.019	7.7	23/3/34	30/3/34	7	27,460	154.24	15.13	2397.60	149.68
I3	177.55	30.0	13.131	7.7	23/3/34	30/3/34	7	29,620	166.82	16.37	2465.18	153.90
AVG.									163.32	16.02		
I4	178.87	30.0	13.079	7.7	23/3/34	6/4/34	14	38,850	217.19	21.31	2437.27	152.15
I5	180.50	30.1	13.141	7.7	23/3/34	6/4/34	14	42,900	237.66	23.32	2418.65	150.99
I6	178.99	30.2	13.117	7.7	23/3/34	6/4/34	14	36,900	206.15	20.22	2426.53	151.48
AVG.									220.33	21.61		
I7	177.97	29.8	13.137	7.7	23/3/34	20/4/34	28	51,900	291.61	28.61	2477.00	154.63
I8	178.54	29.9	13.111	7.7	23/3/34	20/4/34	28	57,600	322.60	31.65	2455.95	153.32
I9	177.46	30.0	13.001	7.7	23/3/34	20/4/34	28	63,700	358.94	35.21	2442.01	152.45
AVG.									324.39	31.82		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
RETARDERS +20%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
J1	180.32	30.1	12.951	7.5	23/3/34	30/3/34	7	24,500	135.86	13.33	2386.08	148.96
J2	178.33	30.2	13.043	7.5	23/3/34	30/3/34	7	25,150	141.02	13.83	2421.79	151.19
J3	180.62	29.8	13.225	7.5	23/3/34	30/3/34	7	26,300	145.60	14.28	2456.97	153.38
AVG.									140.83	13.82		
J4	181.56	29.9	13.033	7.5	23/3/34	6/4/34	14	31,600	174.04	17.07	2400.72	149.87
J5	179.71	30.0	13.146	7.5	23/3/34	6/4/34	14	30,250	168.31	16.51	2438.25	152.22
J6	179.11	30.0	13.081	7.5	23/3/34	6/4/34	14	29,550	164.97	16.18	2434.36	151.97
AVG.									169.11	16.59		
J7	179.99	30.2	13.005	7.5	23/3/34	20/4/34	28	51,600	286.68	28.12	2392.50	149.36
J8	177.94	29.9	12.89	7.5	23/3/34	20/4/34	28	45,450	255.41	25.06	2422.70	151.24
J9	177.85	30.0	12.893	7.5	23/3/34	20/4/34	28	56,400	317.11	31.11	2416.41	150.85
AVG.									286.40	28.10		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
RETARDERS +20%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
J1	180.32	30.1	12.951	7.5	23/3/34	30/3/34	7	24,500	135.86	13.33	2386.08	148.96
J2	178.33	30.2	13.043	7.5	23/3/34	30/3/34	7	25,150	141.02	13.83	2421.79	151.19
J3	180.62	29.8	13.225	7.5	23/3/34	30/3/34	7	26,300	145.60	14.28	2456.97	153.38
AVG.									140.83	13.82		
J4	181.56	29.9	13.033	7.5	23/3/34	6/4/34	14	31,600	174.04	17.07	2400.72	149.87
J5	179.71	30.0	13.146	7.5	23/3/34	6/4/34	14	30,250	168.31	16.51	2438.25	152.22
J6	179.11	30.0	13.081	7.5	23/3/34	6/4/34	14	29,550	164.97	16.18	2434.36	151.97
AVG.									169.11	16.59		
J7	179.99	30.2	13.005	7.5	23/3/34	20/4/34	28	51,600	286.68	28.12	2392.50	149.36
J8	177.94	29.9	12.89	7.5	23/3/34	20/4/34	28	45,450	255.41	25.06	2422.70	151.24
J9	177.85	30.0	12.893	7.5	23/3/34	20/4/34	28	56,400	317.11	31.11	2416.41	150.85
AVG.									286.40	28.10		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
RETARDERS +30%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
K1	178.75	30.0	13.218	7.4	27/3/34	3/4/34	7	25,700	143.77	14.10	2464.83	153.87
K2	177.43	29.8	13.331	7.4	27/3/34	3/4/34	7	24,250	136.67	13.41	2521.23	157.40
K3	180.50	29.9	13.112	7.4	27/3/34	3/4/34	7	23,050	127.69	12.53	2429.46	151.67
AVG.									136.04	13.35		
K4	178.27	30.1	13.271	7.4	27/3/34	10/4/34	14	27,500	154.25	15.13	2473.15	154.39
K5	180.47	30.1	13.15	7.4	27/3/34	10/4/34	14	30,720	170.21	16.70	2420.71	151.12
K6	179.08	30.5	13.27	7.4	27/3/34	10/4/34	14	28,750	160.53	15.75	2429.46	151.67
AVG.									161.67	15.86		
K7	179.02	29.7	13.06	7.4	27/3/34	24/4/34	28	45,000	251.36	24.66	2456.24	153.34
K8	181.65	29.5	13.264	7.4	27/3/34	24/4/34	28	39,900	219.64	21.55	2475.16	154.52
K9	179.02	30.0	13.099	7.4	27/3/34	24/4/34	28	41,250	230.41	22.60	2438.94	152.26
AVG.									233.80	22.94		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
RETARDERS +40%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
L1	180.29	30.2	13.148	7.6	27/3/34	3/4/34	7	25,200	139.77	13.71	2414.76	150.75
L2	180.29	30.2	13.225	7.6	27/3/34	3/4/34	7	24,650	136.72	13.41	2428.90	151.63
L3	179.11	30.3	13.087	7.6	27/3/34	3/4/34	7	23,000	128.40	12.60	2411.36	150.54
AVG.									134.96	13.24		
L4	179.26	30.4	13.071	7.6	27/3/34	10/4/34	14	29,000	161.77	15.87	2398.47	149.73
L5	177.64	30.4	13.011	7.6	27/3/34	10/4/34	14	27,650	155.64	15.27	2409.29	150.41
L6	177.40	30.0	13.215	7.6	27/3/34	10/4/34	14	28,550	160.93	15.79	2483.04	155.01
AVG.									159.45	15.64		
L7	178.21	30.0	13.028	7.6	27/3/34	24/4/34	28	44,750	251.10	24.63	2436.78	152.12
L8	177.55	30.5	13.302	7.6	27/3/34	24/4/34	28	36,250	204.16	20.03	2456.34	153.34
L9	178.60	30.1	13.067	7.6	27/3/34	24/4/34	28	42,500	237.95	23.34	2430.62	151.74
AVG.									231.07	22.67		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
RETARDERS +50%

fc 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
M1	179.17	30.5	13.152	7.5	27/3/34	3/4/34	7	24,000	133.94	13.14	2406.64	150.24
M2	179.47	30.1	13.089	7.5	27/3/34	3/4/34	7	23,800	132.60	13.01	2422.86	151.25
M3	177.67	30.0	13.245	7.5	27/3/34	3/4/34	7	22,750	128.04	12.56	2484.90	155.13
AVG.									131.53	12.90		
M4	178.63	30.2	13.181	7.5	27/3/34	10/4/34	14	27,700	155.06	15.21	2443.30	152.53
M5	179.59	30.4	13.211	7.5	27/3/34	10/4/34	14	29,500	164.25	16.11	2419.69	151.06
M6	178.21	30.5	13.105	7.5	27/3/34	10/4/34	14	24,500	137.47	13.49	2411.00	150.51
AVG.									152.26	14.94		
M7	178.96	30.1	13.124	7.5	27/3/34	24/4/34	28	39,250	219.31	21.51	2436.30	152.09
M8	180.53	30.5	13.284	7.5	27/3/34	24/4/34	28	43,200	239.28	23.47	2412.50	150.61
M9	181.77	30.3	13.311	7.5	27/3/34	24/4/34	28	36,650	201.62	19.78	2416.73	150.87
AVG.									220.07	21.59		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER REDUCING AGENT

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
N1	179.20	30.3	13.045	8.5	27/3/34	3/4/34	7	25,000	139.50	13.69	2402.41	149.98
N2	177.28	30.1	13.138	8.5	27/3/34	3/4/34	7	24,200	136.50	13.39	2462.04	153.70
N3	176.86	30.0	13.114	8.5	27/3/34	3/4/34	7	25,750	145.59	14.28	2471.58	154.30
AVG.									140.53	13.79		
N4	180.02	30.2	13.1	8.5	27/3/34	10/4/34	14	33,750	187.47	18.39	2409.58	150.43
N5	161.26	30.3	13.089	8.5	27/3/34	10/4/34	14	33,000	204.62	20.07	2678.65	167.22
N6	180.92	30.3	12.998	8.5	27/3/34	10/4/34	14	32,050	177.14	17.38	2370.98	148.02
AVG.									189.74	18.61		
N7	178.39	30.4	13.178	8.5	27/3/34	24/4/34	28	39,750	222.82	21.86	2429.94	151.70
N8	180.05	30.3	13.164	8.5	27/3/34	24/4/34	28	40,800	226.60	22.23	2412.95	150.64
N9	175.90	30.5	13.063	8.5	27/3/34	24/4/34	28	38,450	218.58	21.44	2434.78	152.00
AVG.									222.66	21.84		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER REDUCING AGENT +10%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
01	178.21	30.0	13.028	8.9	28/3/34	4/4/34	7	27,650	155.15	15.22	2436.78	152.12
02	177.55	30.5	13.302	8.9	28/3/34	4/4/34	7	25,250	142.21	13.95	2456.34	153.34
03	178.60	30.1	13.067	8.9	28/3/34	4/4/34	7	26,500	148.37	14.56	2430.62	151.74
AVG.									148.57	14.58		
04	178.96	30.1	13.124	8.9	28/3/34	11/4/34	14	33,750	188.58	18.50	2436.30	152.09
05	180.38	30.5	13.284	8.9	28/3/34	11/4/34	14	35,400	196.24	19.25	2414.52	150.73
06	181.77	30.3	13.311	8.9	28/3/34	11/4/34	14	34,900	191.99	18.83	2416.73	150.87
AVG.									192.27	18.86		
07	180.56	30.2	12.933	8.9	28/3/34	25/4/34	28	43,200	239.24	23.47	2371.69	148.06
08	177.34	30.5	13.122	8.9	28/3/34	25/4/34	28	46,000	259.38	25.45	2425.97	151.45
09	181.62	29.8	13.245	8.9	28/3/34	25/4/34	28	41,750	229.86	22.55	2447.14	152.77
AVG.									242.83	23.82		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER REDUCING AGENT +20%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
P1	177.97	29.8	13.201	8.8	28/3/34	4/4/34	7	27,000	151.70	14.88	2489.06	155.39
P2	178.54	30.1	13.145	8.8	28/3/34	4/4/34	7	28,600	160.18	15.71	2445.95	152.70
P3	177.46	30.2	13.065	8.8	28/3/34	4/4/34	7	26,850	151.29	14.84	2437.78	152.19
AVG.									154.39	15.15		
P4	179.99	30.3	13.005	8.8	28/3/34	11/4/34	14	34,450	191.39	18.78	2384.61	148.87
P5	177.94	29.5	12.89	8.8	28/3/34	11/4/34	14	35,400	198.94	19.52	2455.55	153.30
P6	177.85	30.1	12.893	8.8	28/3/34	11/4/34	14	36,000	202.41	19.86	2408.38	150.35
AVG.									197.58	19.38		
P7	179.02	30.0	13.06	8.8	28/3/34	25/4/34	28	45,000	251.36	24.66	2431.68	151.80
P8	181.65	30.0	13.264	8.8	28/3/34	25/4/34	28	49,900	274.69	26.95	2433.91	151.94
P9	179.02	30.1	13.099	8.8	28/3/34	25/4/34	28	41,250	230.41	22.60	2430.84	151.75
AVG.									252.15	24.74		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER REDUCING AGENT +30%

fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
Q1	178.96	30.1	13.154	8.8	28/3/34	4/4/34	7	29,000	162.04	15.90	2441.87	152.44
Q2	181.17	30.2	13.208	8.8	28/3/34	4/4/34	7	29,750	164.21	16.11	2414.03	150.70
Q3	179.74	30.4	13.225	8.8	28/3/34	4/4/34	7	28,550	158.83	15.58	2420.22	151.09
AVG.									161.69	15.86		
Q4	179.29	30.4	13.188	8.8	28/3/34	11/4/34	14	46,650	260.18	25.52	2419.54	151.05
Q5	177.97	30.2	13.214	8.8	28/3/34	11/4/34	14	34,140	191.82	18.82	2458.51	153.48
Q6	176.44	30.3	13.275	8.8	28/3/34	11/4/34	14	29,550	167.47	16.43	2483.03	155.01
AVG.									206.49	20.26		
Q7	178.24	30.3	13.206	8.8	28/3/34	25/4/34	28	45,450	254.98	25.01	2445.20	152.65
Q8	182.32	30.3	13.279	8.8	28/3/34	25/4/34	28	46,300	253.94	24.91	2403.69	150.06
Q9	181.35	30.3	13.394	8.8	28/3/34	25/4/34	28	47,250	260.54	25.56	2437.50	152.17
AVG.									256.49	25.16		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER REDUCING AGENT +40% fc' 210 ksc

CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
R1	179.26	30.0	13.137	9	28/3/34	4/4/34	7	22,750	126.90	12.45	2442.73	152.49
R2	177.49	30.0	13.111	9	28/3/34	4/4/34	7	20,950	118.03	11.58	2462.26	153.71
R3	176.26	30.2	13.001	9	28/3/34	4/4/34	7	21,300	120.84	11.85	2442.32	152.47
AVG.									121.92	11.96		
R4	178.39	30.4	13.178	9	28/3/34	11/4/34	14	33,750	189.18	18.56	2429.94	151.70
R5	180.05	30.3	13.164	9	28/3/34	11/4/34	14	31,800	176.61	17.33	2412.95	150.64
R6	175.78	30.5	13.063	9	28/3/34	11/4/34	14	30,450	173.22	16.99	2436.43	152.10
AVG.									179.67	17.63		
R7	180.20	30.3	13.206	9	28/3/34	25/4/34	28	42,450	235.56	23.11	2418.62	150.99
R8	181.38	30.3	13.279	9	28/3/34	25/4/34	28	40,750	224.66	22.04	2416.16	150.84
R9	159.64	30.3	13.394	9	28/3/34	25/4/34	28	41,600	260.58	25.56	2768.98	172.86
AVG.									240.27	23.57		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK
METHOD OF CASTED MANUAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT
WATER REDUCING AGENT +50%

fc' 210 ksc

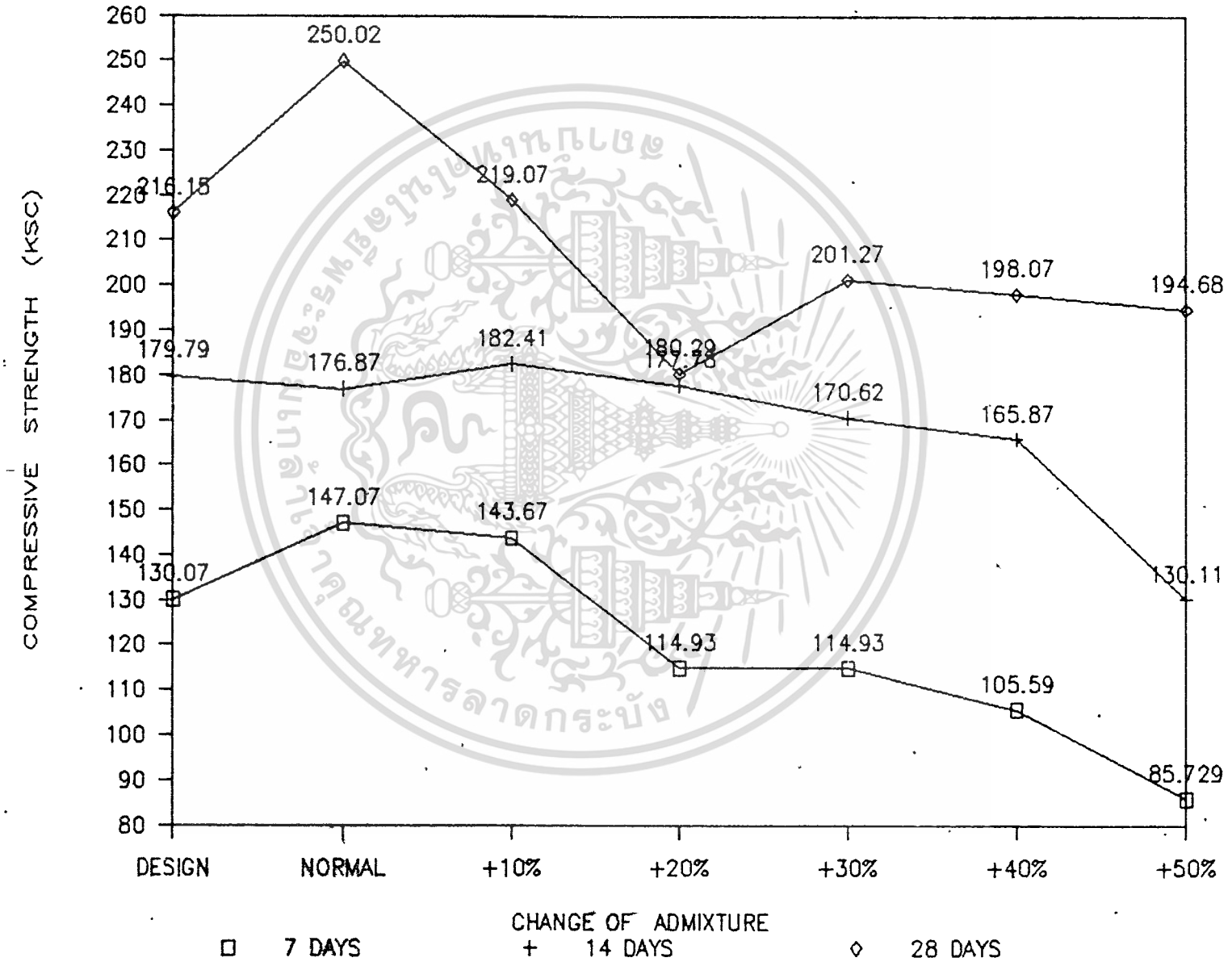
CODE	CROSS SECTION (CM^2)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (kG)	SLUMP (CM)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (kG)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	COMPRESSIVE STRENGTH N/MM^2	WEIGHT PER VOLUME KG/M^3	WEIGHT PER VOLUME LB/FT^3
S1	179.93	29.8	13.103	9.5	29/3/34	5/4/34	7	22,450	124.77	12.24	2443.71	152.56
S2	178.66	29.8	13.201	9.5	29/3/34	5/4/34	7	21,500	120.33	11.81	2479.43	154.79
S3	178.45	30.0	13.115	9.5	29/3/34	5/4/34	7	20,350	114.03	11.19	2449.74	152.93
AVG.									119.71	11.74		
S4	181.14	30.1	13.206	9.5	29/3/34	12/4/34	14	35,820	197.74	19.40	2422.09	151.21
S5	178.57	30.5	13.126	9.5	29/3/34	12/4/34	14	27,900	156.23	15.33	2409.98	150.45
S6	180.65	30.3	13.17	9.5	29/3/34	12/4/34	14	29,700	164.40	16.13	2405.97	150.20
AVG.									172.79	16.95		
S7	179.59	30.3	13.395	9.5	29/3/34	26/4/34	28	42,450	236.36	23.19	2461.48	153.67
S8	179.44	30.4	13.242	9.5	29/3/34	26/4/34	28	34,950	194.76	19.11	2427.40	151.54
S9	178.60	30.4	13.148	9.5	29/3/34	26/4/34	28	32,850	183.92	18.04	2421.55	151.17
AVG.									205.01	20.11		

TYPE OF SAMPLE CYLINDER
METHOD OF CASTED MANUAL

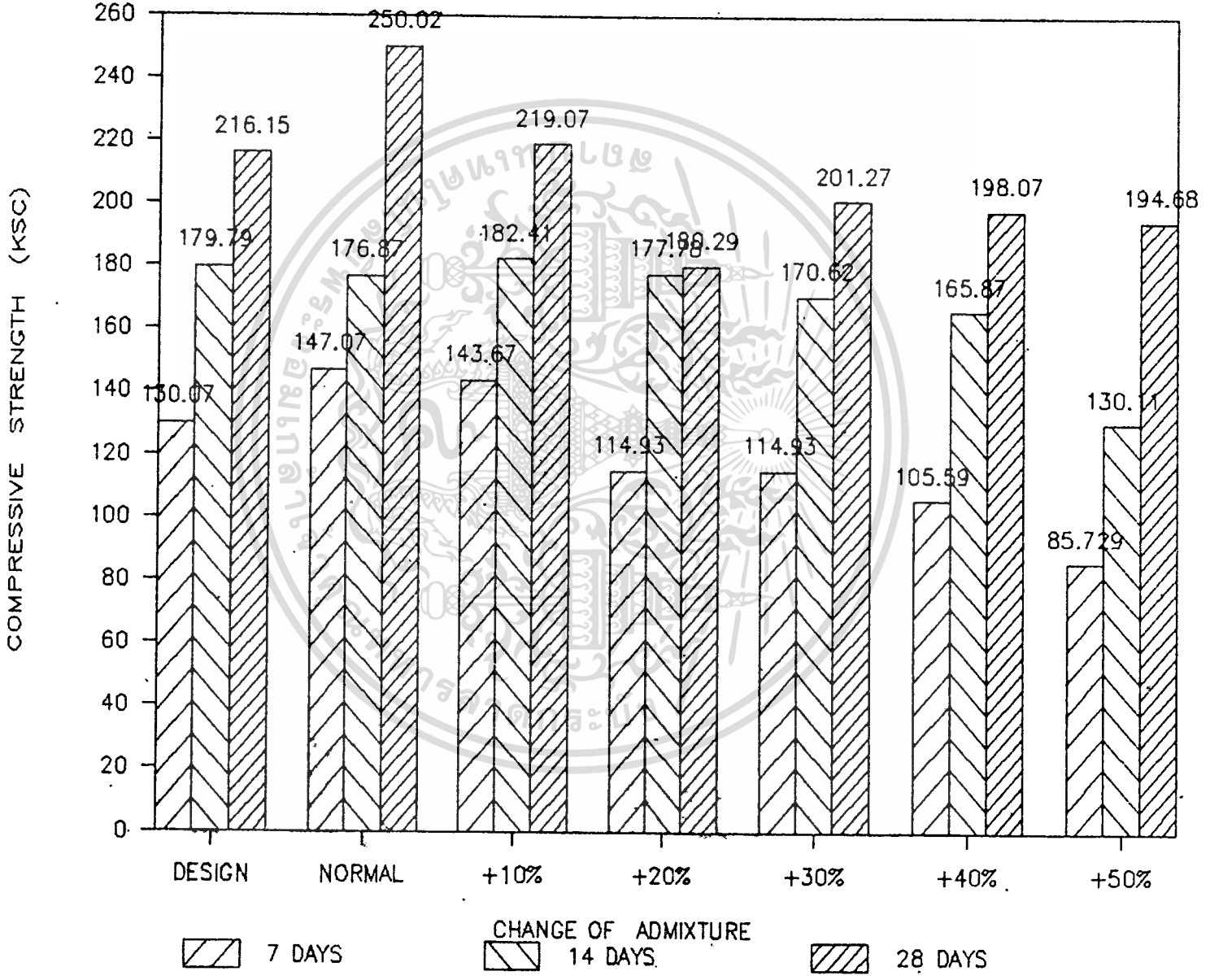
TESTED BY KORAKOD VIJITSAKULSAK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

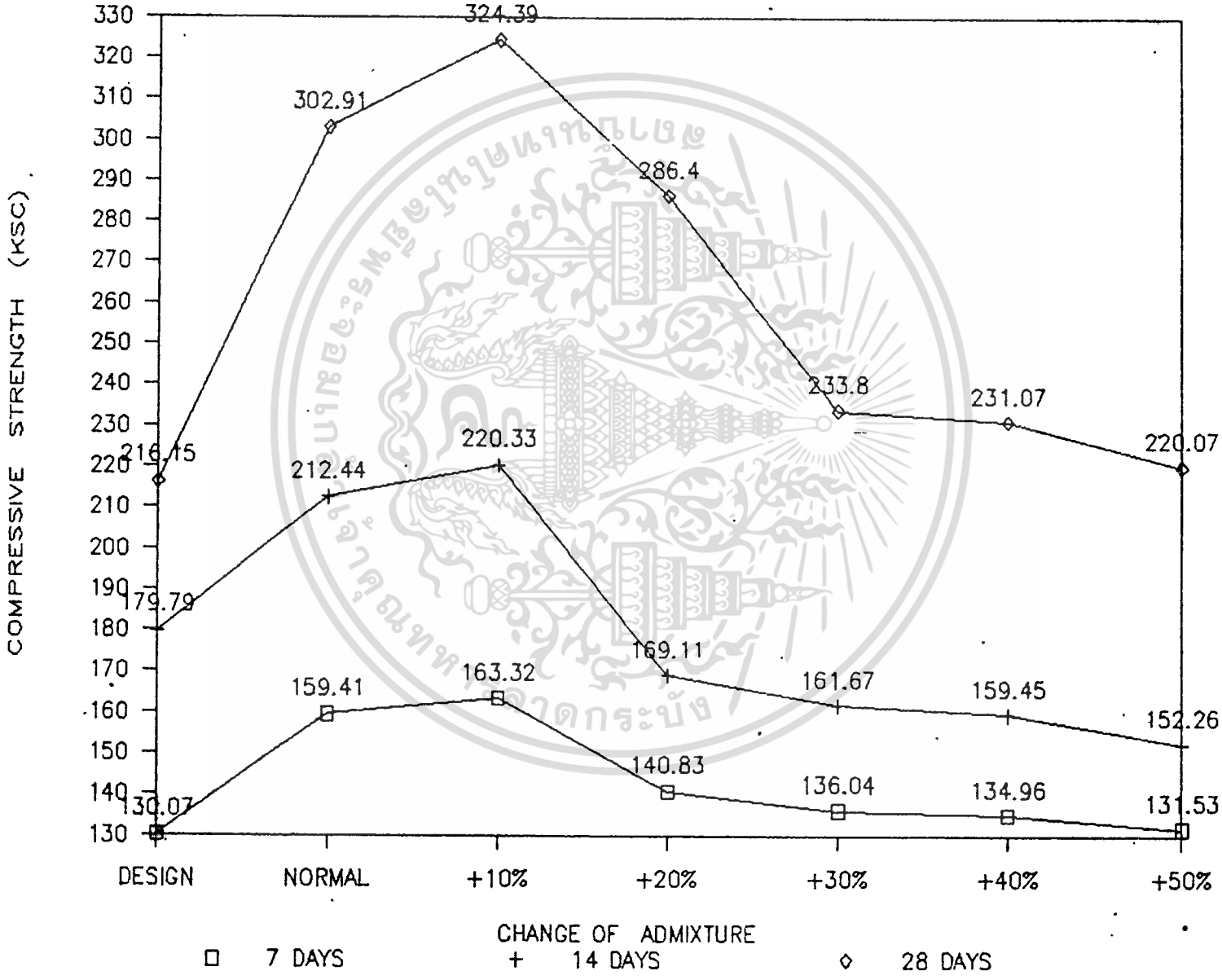
WATER PROOFING

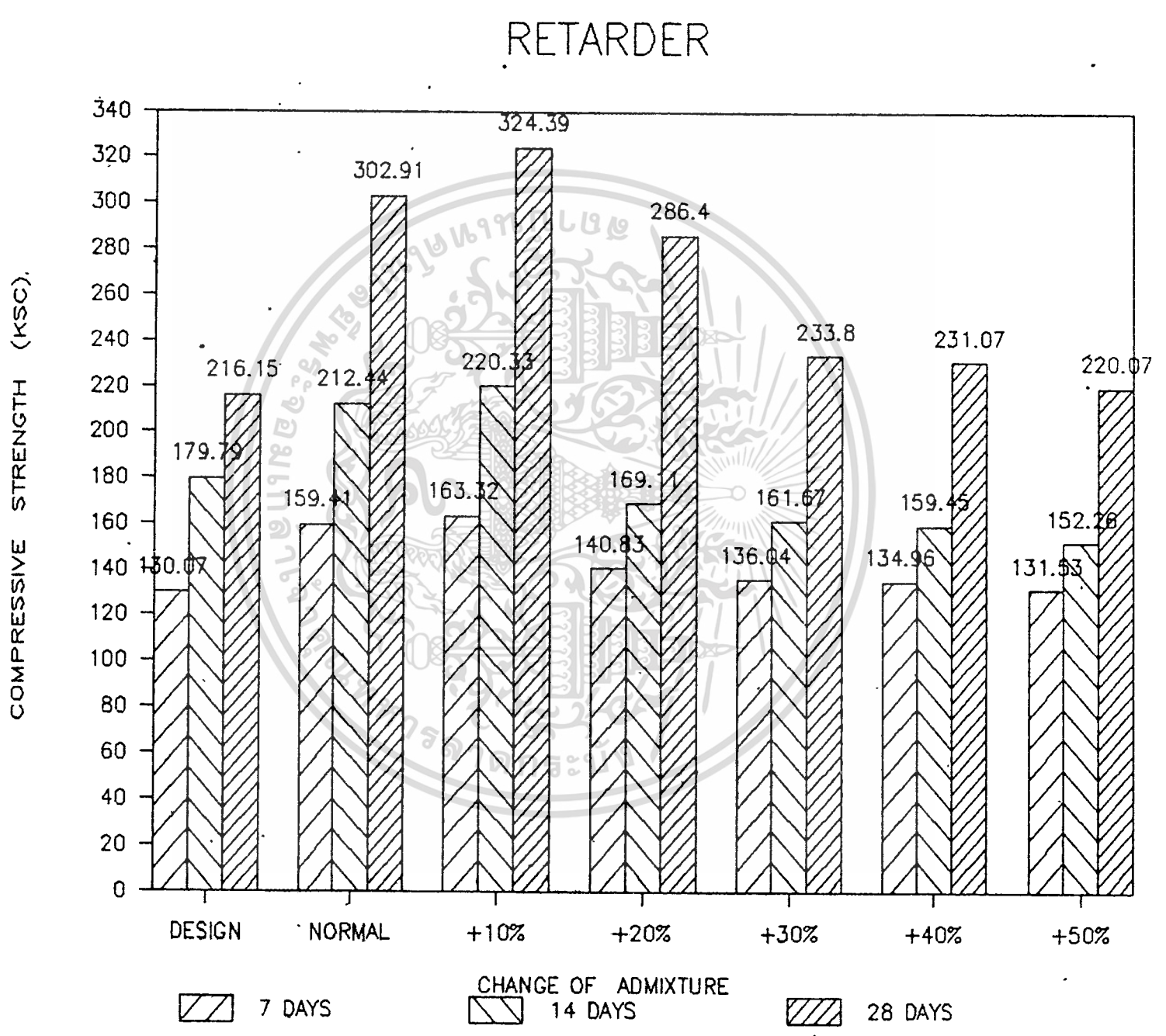


WATER PROOFING

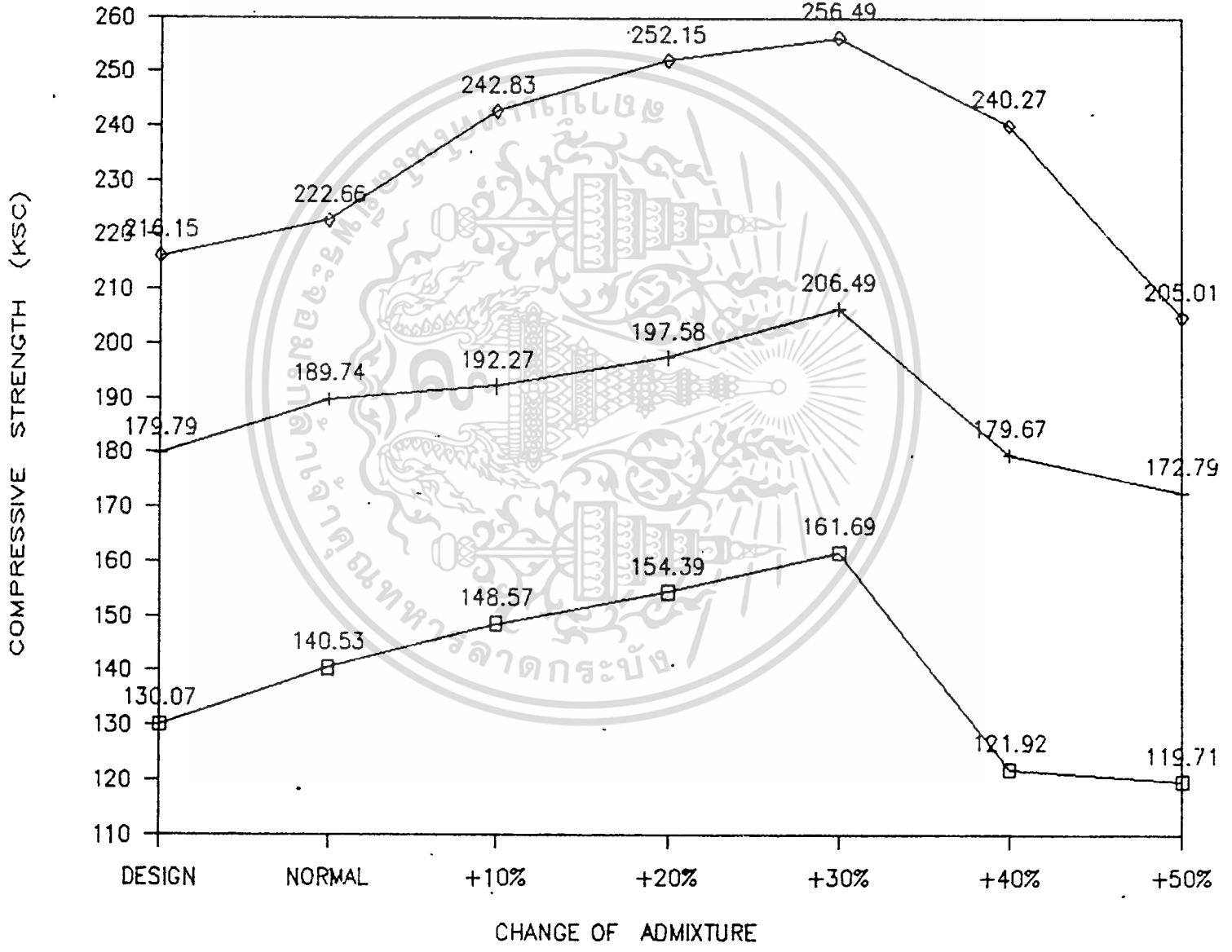


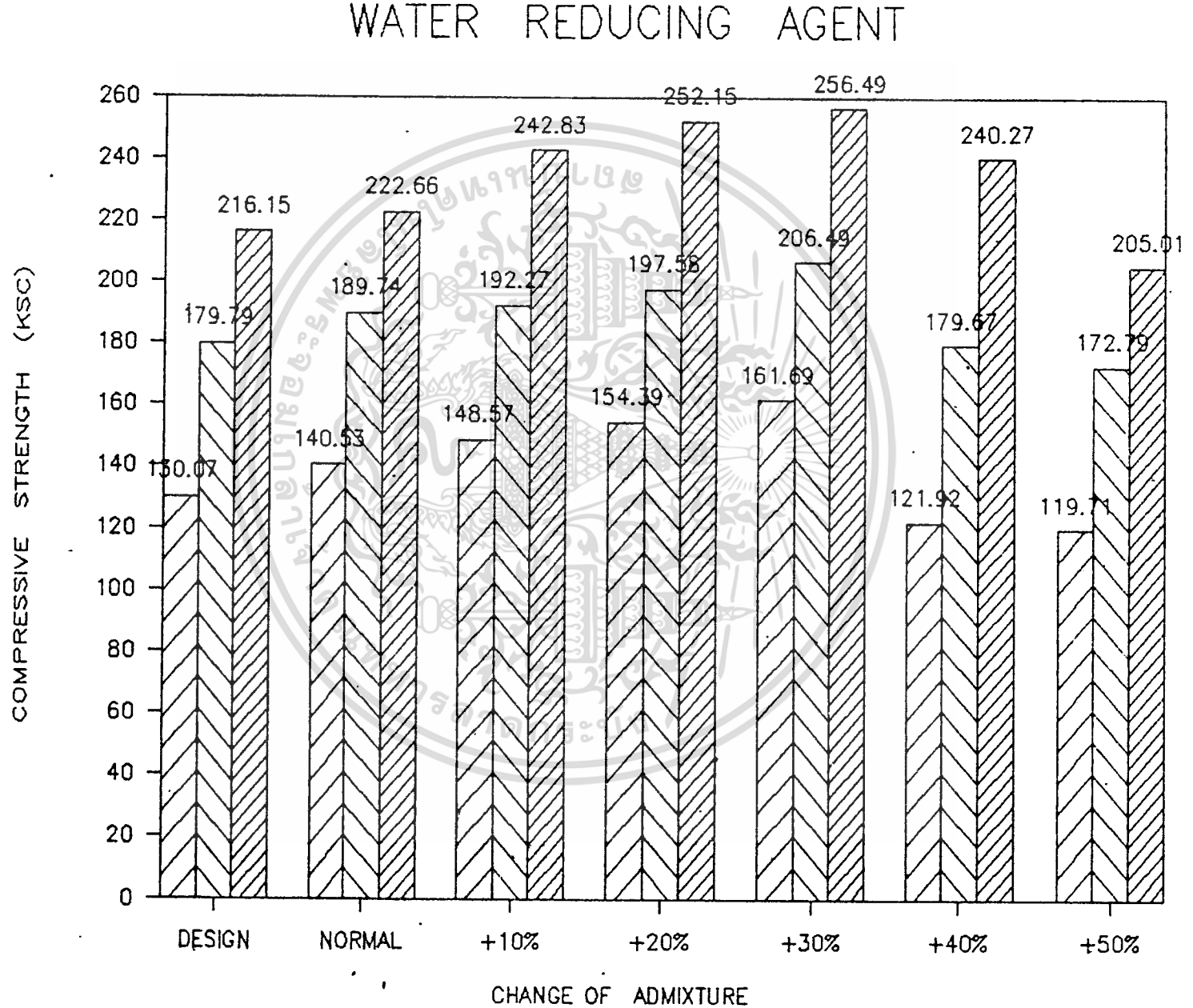
RETARDER


COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)
330
320
310
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
324.39
302.91
286.4
233.8
231.07
220.07
216.15
220.33
212.44
179.79
169.11
161.67
159.45
152.26
159.41
163.32
140.83
136.04
134.96
131.53
130.07
DESIGN
NORMAL
+10%
+20%
+30%
+40%
+50%
CHANGE OF ADMIXTURE
7 DAYS
14 DAYS
28 DAYS

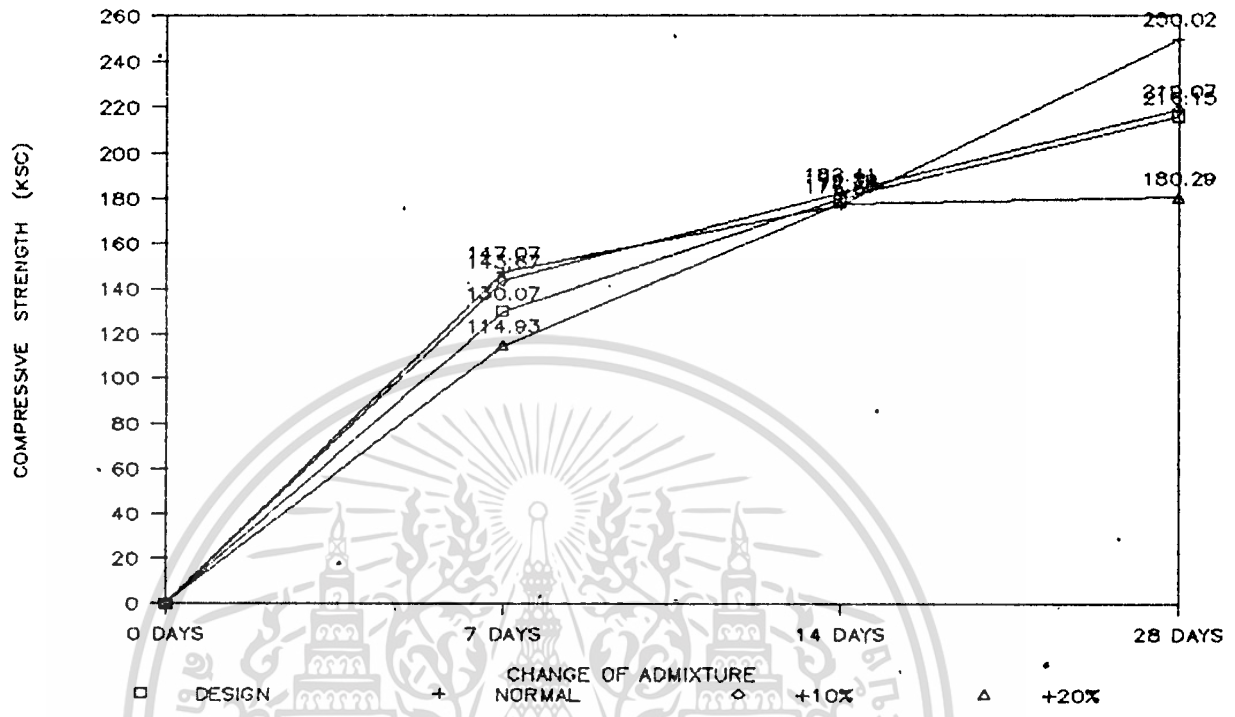

RETARDER
COMPRESSIVE STRENGTH (KSC).
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
130.07
179.79
216.15
159.41
212.44
302.91
163.32
220.33
324.39
140.83
169.1
286.4
136.04
161.67
233.8
134.96
159.45
231.07
131.53
152.28
220.07
DESIGN
NORMAL
+10%
+20%
+30%
+40%
+50%
CHANGE OF ADMIXTURE
7 DAYS
14 DAYS
28 DAYS

WATER REDUCING AGENT

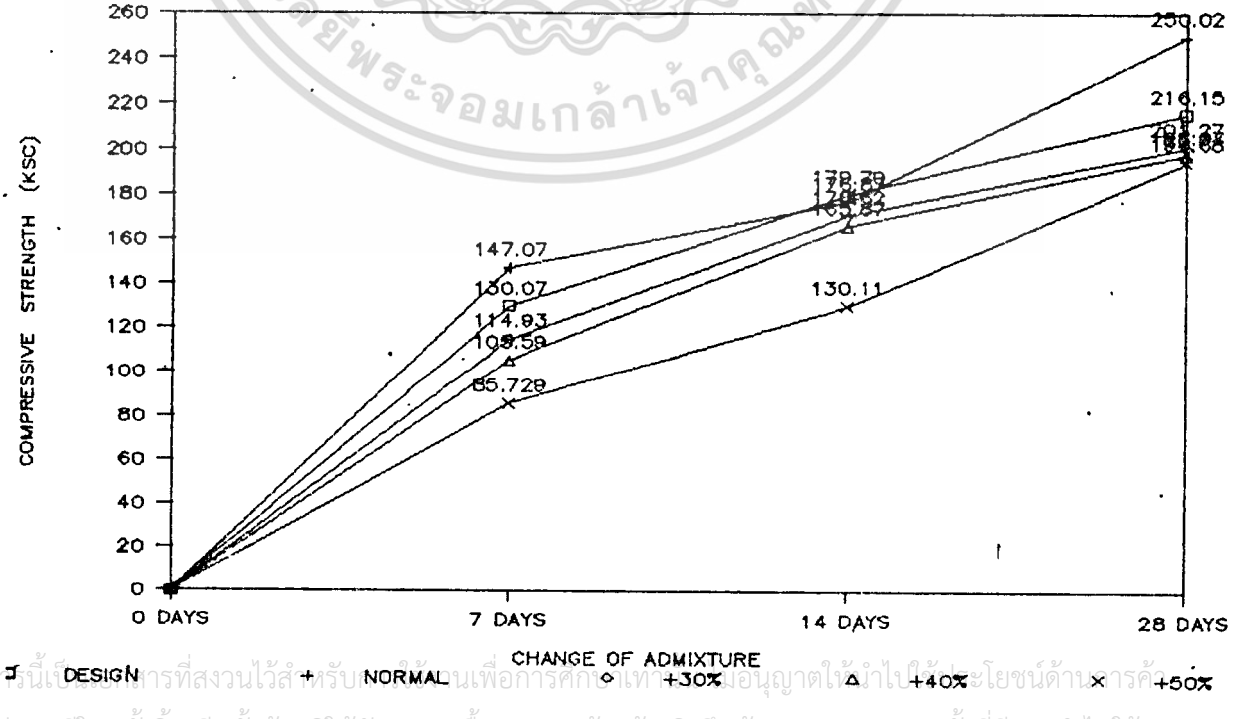



WATER REDUCING AGENT
COMPRESSIVE STRENGTH (KSC)
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
130.07
179.79
216.15
140.53
189.74
222.66
148.57
192.27
242.83
154.39
197.58
252.15
161.69
206.49
256.49
121.92
179.67
240.27
119.71
172.79
205.01
DESIGN
NORMAL
+10%
+20%
+30%
+40%
+50%
CHANGE OF ADMIXTURE

WATER PROOFING

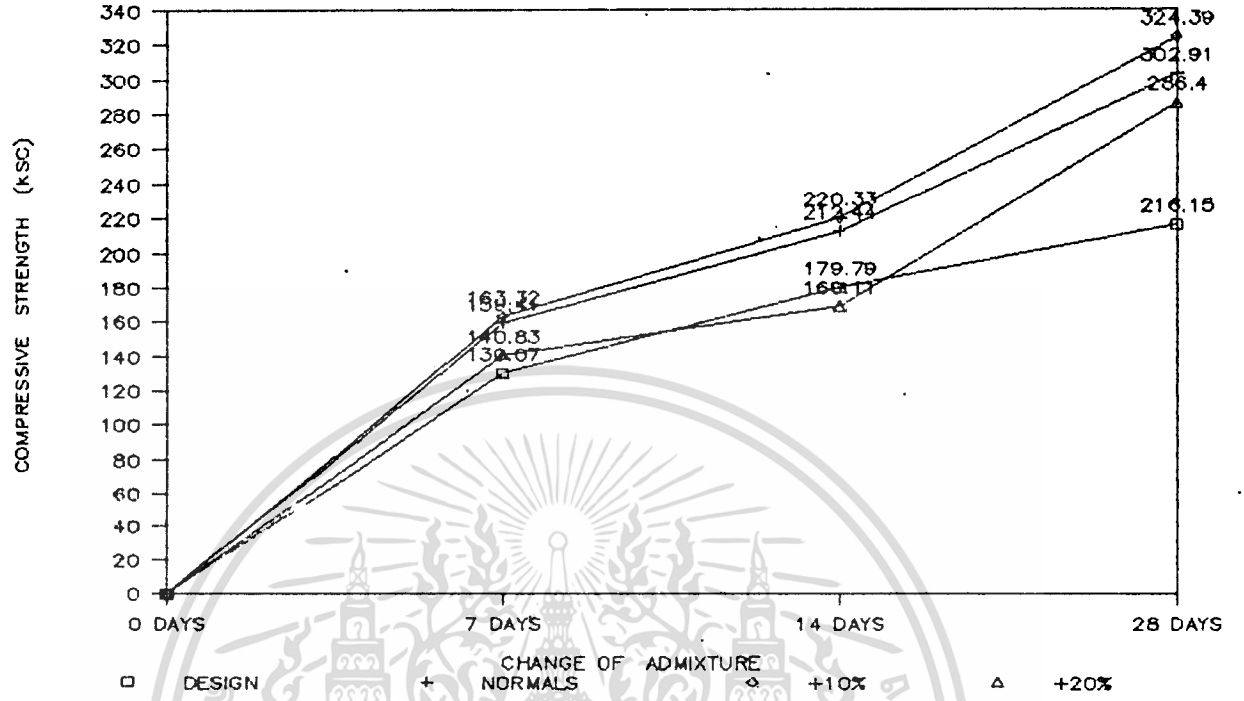


WATER PROOFING

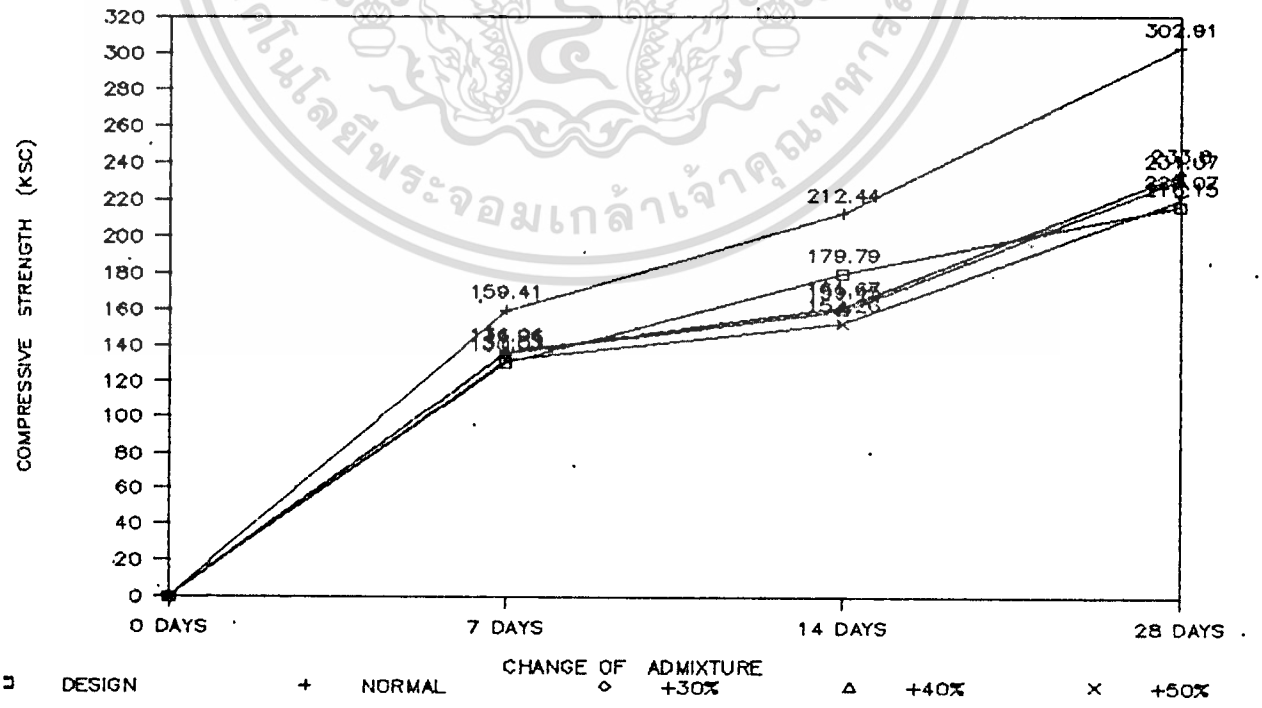


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RETARDER

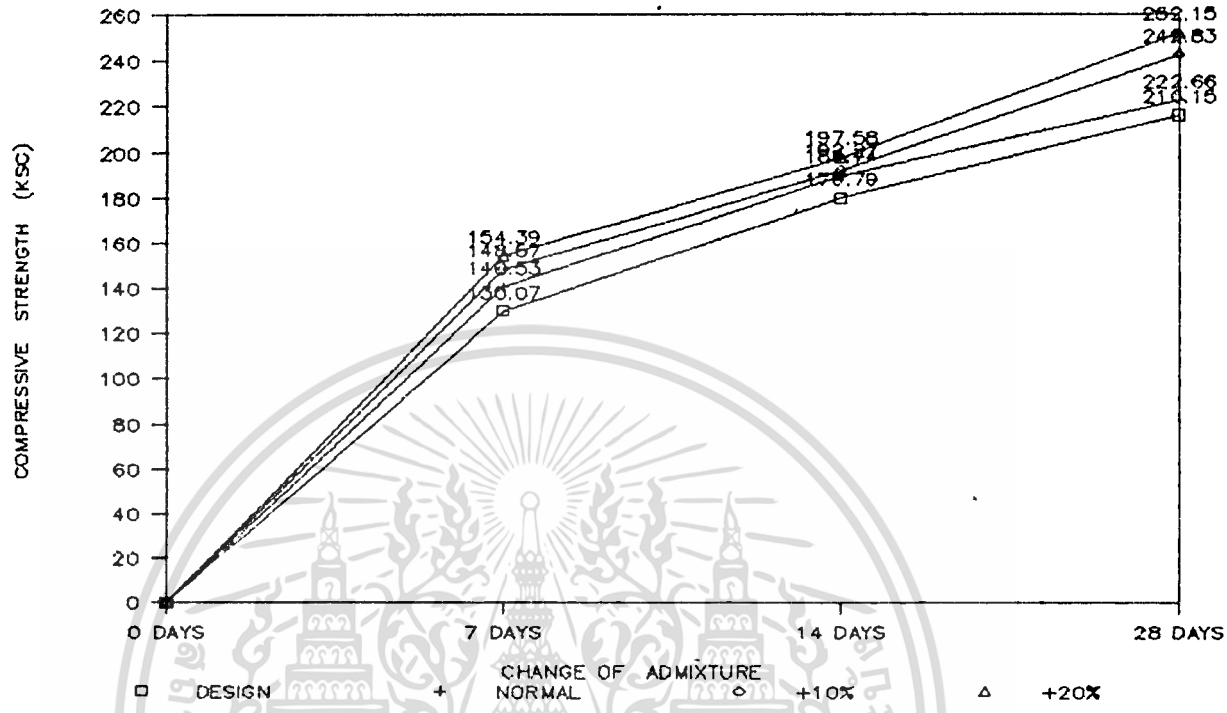


RETARDER

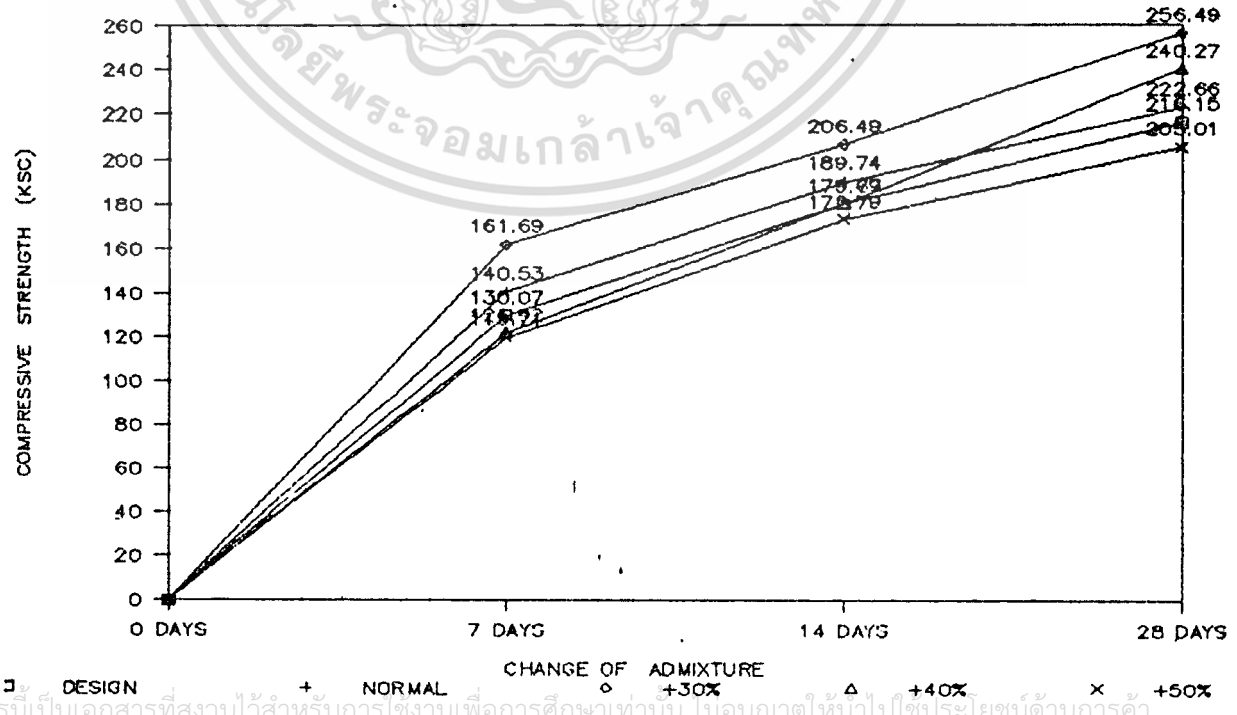


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WATER REDUCING AGENT



WATER REDUCING AGENT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบตามตารางผลการทดสอบ และกราฟแสดงผลการทดสอบปรากฏว่า เมื่อเราเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารเคมีผสมเพิ่มเป็นสัดส่วนต่าง ๆ แล้ว กำลังของคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วัน มีค่าเปลี่ยนแปลงไป ทั้งที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าค่ากำลังของคอนกรีตปกติ โดยสามารถที่จะสรุปเป็นกรณีต่าง ๆ ตามประเภทของสารเคมีผสมเพิ่มได้ 3 กรณี ดังนี้

<u>กรณีที่ 1.</u> เปลี่ยนแปลงปริมาตรของสารขับน้ำและกับน้ำโดยเปรียบเทียบกับกำลังของคอนกรีตปกติ

จากกราฟและจากตารางผลการทดลอง ค่ากำลังของคอนกรีตเมื่อเติมสารขับน้ำและกับน้ำในสัดส่วนปกติ ค่ากำลังของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน มีค่า 147.07 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติประมาณ 13.02% และที่อายุ 28 วัน มีค่า 250.02 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติ 15.74% แต่เมื่อเติมสารนี้ในปริมาณที่มากกว่าอัตราส่วนปกติ ปรากฏว่าค่ากำลังของคอนกรีตที่ได้น้อยกว่าค่ากำลังของคอนกรีตปกติ

<u>กรณีที่ 2.</u> เปลี่ยนแปลงปริมาตรของสารหน่วงการก่อตัวโดยเปรียบเทียบกับกำลังของคอนกรีตปกติ

จากกราฟและจากตารางผลการทดลอง ค่ากำลังของคอนกรีตเมื่อเติมสารหน่วงการก่อตัวในสัดส่วนปกติที่อายุ 7 วัน มีค่า 159.41 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติประมาณ 22% ที่อายุ 14 วัน มีค่า 212.44 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติประมาณ 18% และที่อายุ 28 วัน มีค่า 302.91 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติประมาณ 40% และเมื่อเราเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารหน่วงการก่อตัวเป็นมากกว่าอัตราส่วนปกติ 10% ปรากฏว่าค่ากำลังของคอนกรีตที่ได้จะมีค่ามากที่สุด โดยที่อายุ 7 วัน มีค่า 163.32 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติประมาณ 25% ที่อายุ 14 วัน มีค่า 220.33 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติ 23% และที่อายุ 28 วัน มีค่า 324.39 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติ 50% แต่เมื่อเราเปลี่ยนแปลงปริมาณสารหน่วงการก่อตัวเป็นมากกว่า +20% เป็นต้นไปปรากฏว่า ค่ากำลังของคอนกรีตที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่ากำลังของคอนกรีตปกติ

<u>กรณีที่ 3.</u> เปลี่ยนแปลงปริมาตรของสารลดปริมาณน้ำ โดยเปรียบเทียบกับกำลังของคอนกรีตปกติ

จากกราฟและจากตารางผลการทดลอง เมื่อเติมสารลดปริมาณน้ำในอัตราส่วนปกติปรากฏว่าค่ากำลังของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน มีค่า 140.53 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติ 8% ที่อายุ 14 วัน มีค่า 189.74 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6% และที่อายุ28วันมีค่า 222.66กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติ 3% และเมื่อเราเติมสารลดปริมาณน้ำมากกว่าสัดส่วนปกติ ค่ากำลังของคอนกรีตที่ได้จะมากกว่าคอนกรีตปกติและมากกว่าค่ากำลังของคอนกรีตที่อัตราส่วนปกติ ดค่ากำลังของคอนกรีตจะมากที่สุดเมื่อเติมสารมากกว่าอัตราส่วนปกติ 30% คือที่อายุ 7 วัน มีค่า 161.69 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีดปกติ 25% ที่อายุ 14 วัน มีค่า 206.49 กก/ซม.^{2} มากกว่าคอนกรีตปกติ 15% และที่อายุ 28 วัน มีค่า 256.49 กก/ซม^2 มากกว่าคอนกรีตปกติ 19% แต่เมื่อเราเติมสารในสัดส่วนที่มากกว่าคือ +40% และ +50% ค่ากำลังของคอนกรีตที่ได้จะน้อยกว่าคอนกรีตปกติ

ข้อผิดพลาดจากการทดสอบ

จากผลการทดสอบที่ได้ เราจะสังเกตเห็นได้ว่า มีผลการทดสอบบางตัวอย่างผิดพลาดไปจากข้อกำหนดที่ผู้ผลิตสารผสมเพิ่มที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างได้กำหนดไว้ และค่ากำลังของคอนกรีตบางตัวอย่างลดลงไปจากค่าที่ควรจะเป็น ซึ่งเป็นข้อผิดพลาดจากการทดสอบครั้งนี้ โดยทางผู้ทำการทดสอบได้ทำการสรุปข้อผิดพลาดจากการทดสอบเพื่อเป็นแนวทางในทางแก้ไขได้เป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

1. การดำเนินการทดสอบ ในวิธีปฏิบัตินั้นอาจจะมีการชั่งวัสดุที่จะนำมาใช้ในการทดสอบผิดพลาดไป การกระทุ้งคอนกรีตในแบบอาจจะไม่ได้มาตรฐานคือ อาจจะกระทุ้งแรงไปหรือค่อยไป หรือกระทุ้งมากกว่า,น้อยกว่า 25 ครั้งตามมาตรฐาน การหล่อหัวคอนกรีตตัวอย่างไม่ดีจึงทำให้หน้าสัมผัสรับแรงได้ไม่เท่ากัน ผลก็คือ ตัวอย่างจะรับกำลังได้น้อยกว่าปกติมาก

2. การคำนวณหาส่วนผสมของคอนกรีต ในการคำนวณหาส่วนผสมของคอนกรีต ผู้ทำการทดสอบได้คำนวณหาค่า Water Cement Ratio จากตารางที่ 1 ในภาคผนวกหมวดที่ 1 โดยวิธีการใช้บัญญัติไตรยางค์เปรียบเทียบซึ่งได้ค่า 0.62 โดยใช้ค่ากำลังของคอนกรีตที่ยอมให้คือ 210 กก/ซม.^{2} ในความเป็นจริงแล้วการหาค่า Water Cement Ratio จะต้องกำหนดค่ากำลังของคอนกรีตที่ยอมให้ แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบในกราฟค่าความสัมพันธ์ของค่ากำลังของคอนกรีตกับค่า Water Cement Ratio (มีในภาคผนวกหมวดที่ 1) ซึ่งการหาค่า Water Cement Ratio วิธีนี้จะเป็นที่ยอมรับกว่า ซึ่งค่าที่ปรากฏมาทั้ง 2 วิธีอาจจะออกมาใกล้เคียงกันแต่ถ้าต่างกัน 0.005 หน่วย ก็อาจทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้

3. ในการทดลอบในกรณีของสารหน่วงการก่อตัวค่ากำลังของคอนกรีตที่ได้ที่อายุ 7 วัน ในตอนแรกจะมีค่ากำลังลดน้อยกว่าค่ากำลังของคอนกรีตปกติ ซึ่งผิดไปจากข้อกำหนดของผู้ผลิต ทางผู้ทำการทดสอบได้ทำการทดสอบใหม่ในช่วงอายุ 7 วัน แต่ผลการทดสอบนี้ไม่สามารถนำไปอ้างอิงได้ เพราะว่าในการทดสอบตอนแรกและตอนหลังเราไม่สามารถควบคุมวัสดุที่นำมาทดสอบให้เหมือนกันหมดทั้งการทดสอบได้ โดยตอนแรกค่าของน้ำที่มีในหินและทรายมีค่าน้อยมากเพราะเป็นฤดูร้อน จึงไม่ทำการหักค่าน้ำในวัสดุ แต่ในตอนหลังมีฝนตกลงมาทำให้หินและทรายเปียก ต้องมีการนำเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตาอบเพื่อหักค่าน้ำในตัววัสดุ จึงมีตัวแปรเนื่องจากน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งถ้าเกิดมีผู้อ่านท่านใดสนใจจะนำโครงงานวิจัยฉบับนี้ไปใช้อ้างอิง ก็ขอให้มีระวังเกี่ยวกับกรณีนี้ด้วย คือควรที่จะมีการทดสอบใหม่เพื่อควบคุมให้มีตัวแปรเพียงตัวเดียวคือปริมาณของสารผสมเพิ่ม

4. จากขอบเขตของการทดสอบซึ่งในตอนแรกได้กำหนดว่าจะใช้สารผสมเพิ่มที่มีคุณสมบัติต่างกัน 4 ชนิดมาทดสอบ คือ สารกันซึม, สารหน่วงการก่อตัว, สารลดปริมาณน้ำ และสารกระจายกักฟองอากาศ ปรากฏว่าได้เกิดมีการเข้าใจผิดในการนำสารมาทดสอบคือสารกระจายกักฟองอากาศ ทางผู้ทำการทดสอบได้ใช้สาร Colemanoid Super 5 (ของบริษัทยูเนี่ยนแอสโซซิเอท จำกัด) มาใช้ในการทดสอบ ความจริงแล้วสารตัวนี้มีคุณสมบัติในการเพิ่มฟองอากาศในปูนฉาบเท่านั้น ช่วยให้ฉาบลื่น ไม่ใช้นำมาใช้ผสมคอนกรีต ซึ่งความจริงแล้วสารกระจายกักฟองอากาศตัวนี้ไม่มีขายในประเทศไทย เพราะคุณสมบัติของสารตัวนี้สำหรับกระจายฟองอากาศในคอนกรีตเพื่อกันผิวหน้าคอนกรีตแตกเนื่องจากอากาศหนาว ในเมืองไทยเป็นเมืองร้อนจึงไม่จำเป็นต้องใช้สารกระจายกักฟองอากาศนี้ ทางผู้ทำการทดสอบจึงจำเป็นต้องตัดกรณีของสารกระจายกักฟองอากาศตัวนี้ออกไป

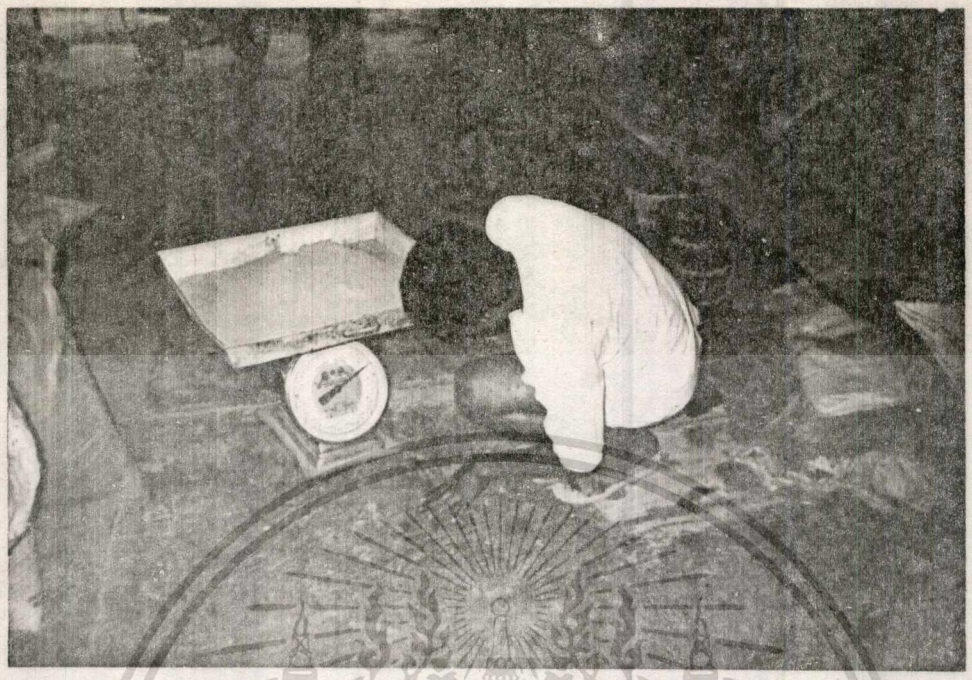
สรุป

จากการทดสอบทั้งหมดนั้นพอจะสรุปได้ว่า ในการเติมสารผสมเพิ่มชนิดใดชนิดหนึ่งนั้น ควรที่จะมีการควบคุมการเติมปริมาณของสารให้ได้ในอัตราส่วนปกติที่ทางผู้ผลิตได้กำหนดมาให้ ไม่ควรที่จะเติมสารมากเกินไป เพราะนอกจากจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็นแล้ว ยังไม่ปลอดภัยต่อโครงสร้างอีกด้วย นอกจากนั้นแล้วโครงงานวิจัยนี้ยังเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปได้ว่า ถ้ามีการลดปริมาณของปูนซิเมนต์ลงไปโดยเติมสารผสมเพิ่มแล้วได้ค่ากำลังของคอนกรีตที่ปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างแล้ว จะเป็นผลดีในการประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก แต่ก็มีข้อควรระวังก็คือ ไม่ควรจะนำผลการทดสอบนี้ไปอ้างอิงทันที ควรที่จะส่งตัวอย่างนำไปทดสอบเสียก่อน เพราะว่าค่าตัวแปรของวัสดุ คือ หิน, ทราย, น้ำ และปูนซิเมนต์ ไม่เหมือนกัน และนอกจากนั้นแล้วยังมีข้อผิดพลาดจากการทดสอบที่ควรระวังด้วย

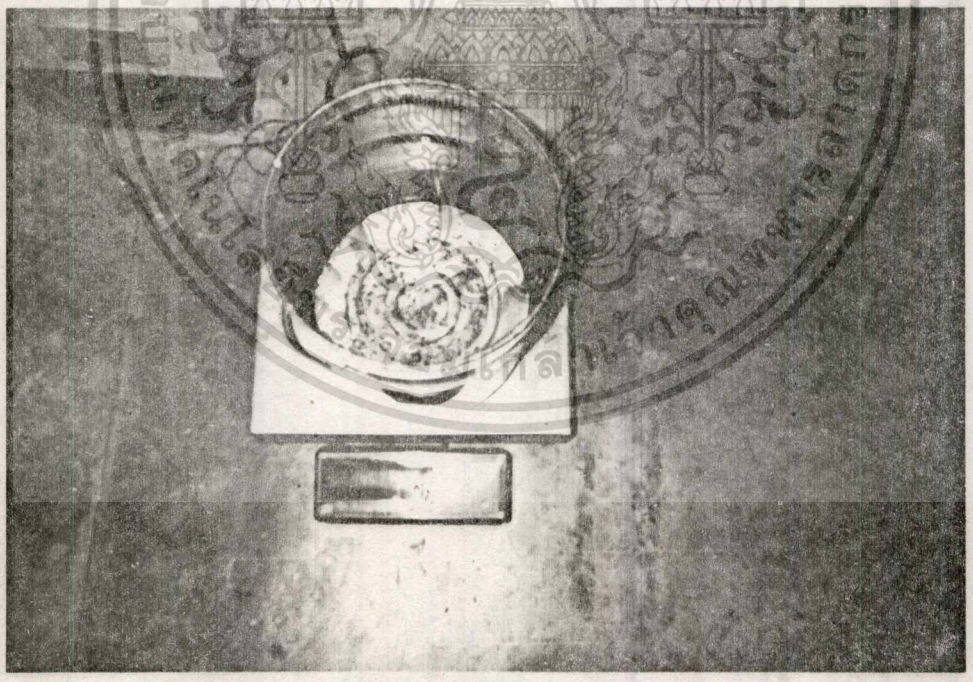
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ทำการชั่งปูนซีเมนต์



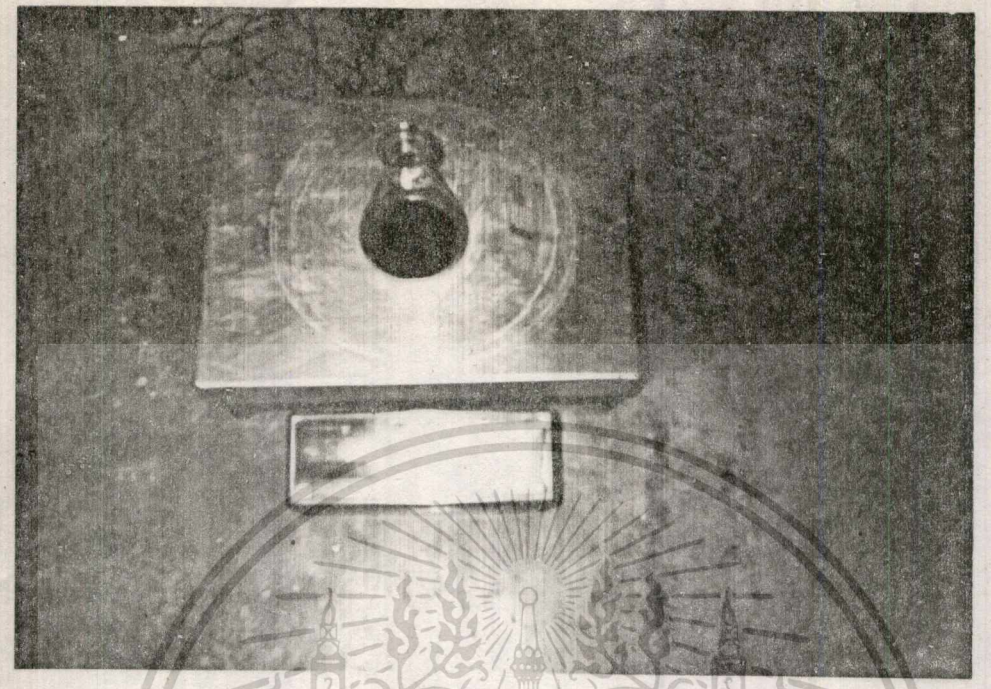
ชั่งน้ำสำหรับผสมในคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

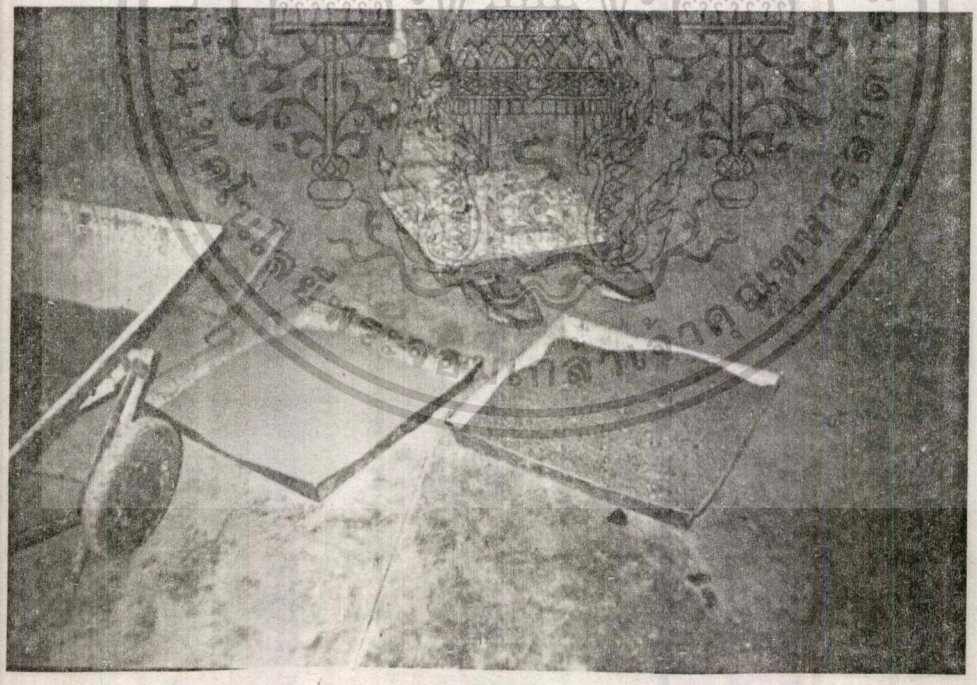
สารเคมีผสมเพิ่มที่ใช้ในการทดสอบ

ชั่งสารลดปริมาณน้ำเพื่อนำไปละลายน้ำและผสมในคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

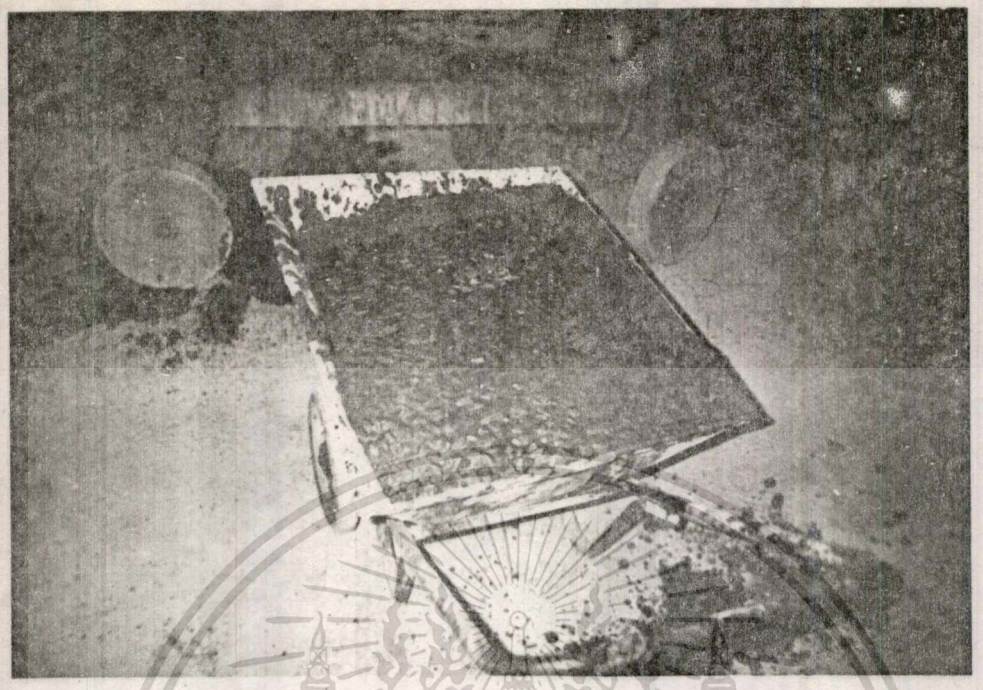


ชั่งสารกันซึมเพื่อผสมกับคอนกรีต

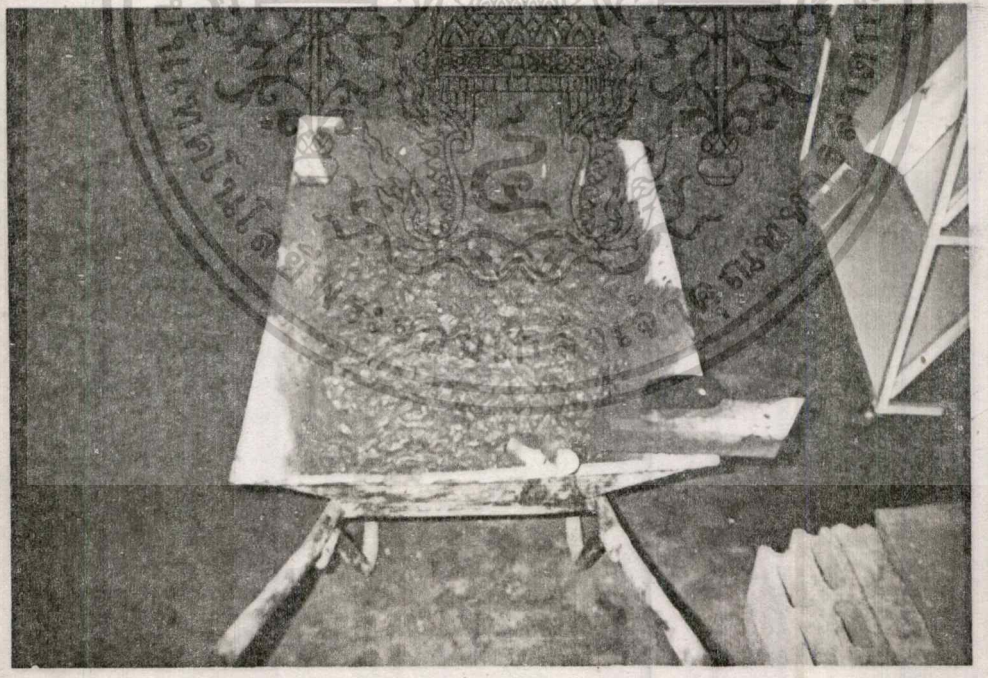


หิน ทราย และปูนซีเมนต์พร้อมผสมเป็นคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

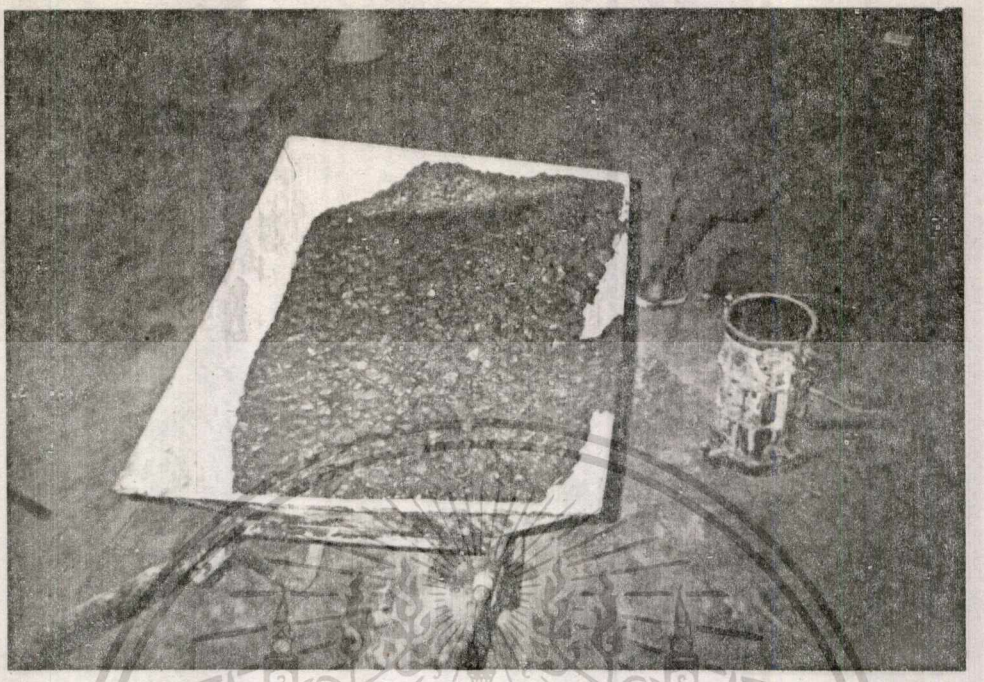


คอนกรีตสดมีความเหลวมาก (ผสมกับสารลดปริมาณน้ำ)

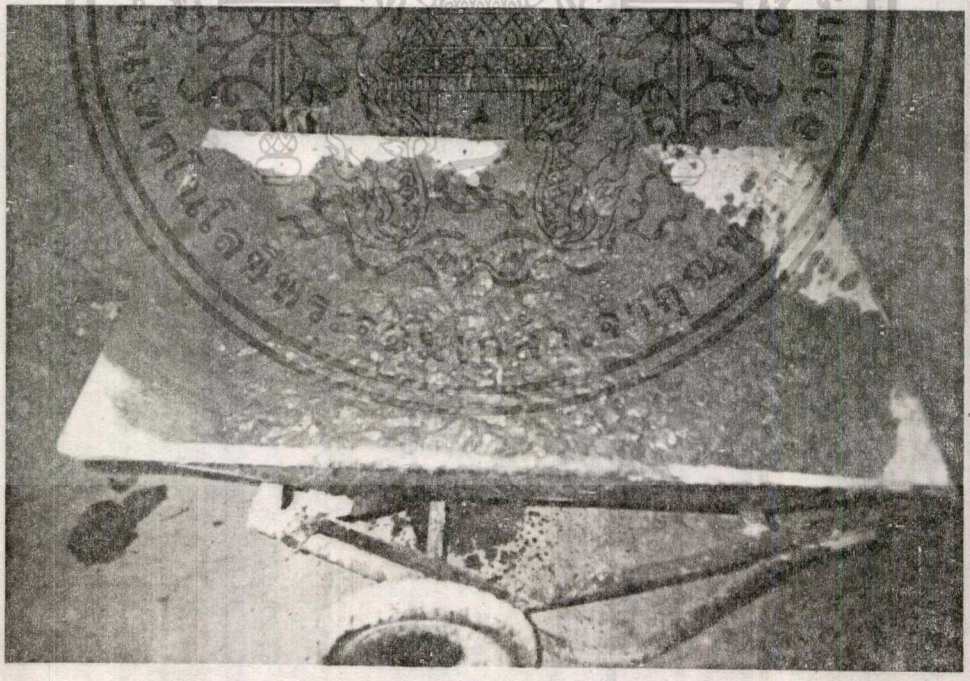


คอนกรีตสดพร้อมเทได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

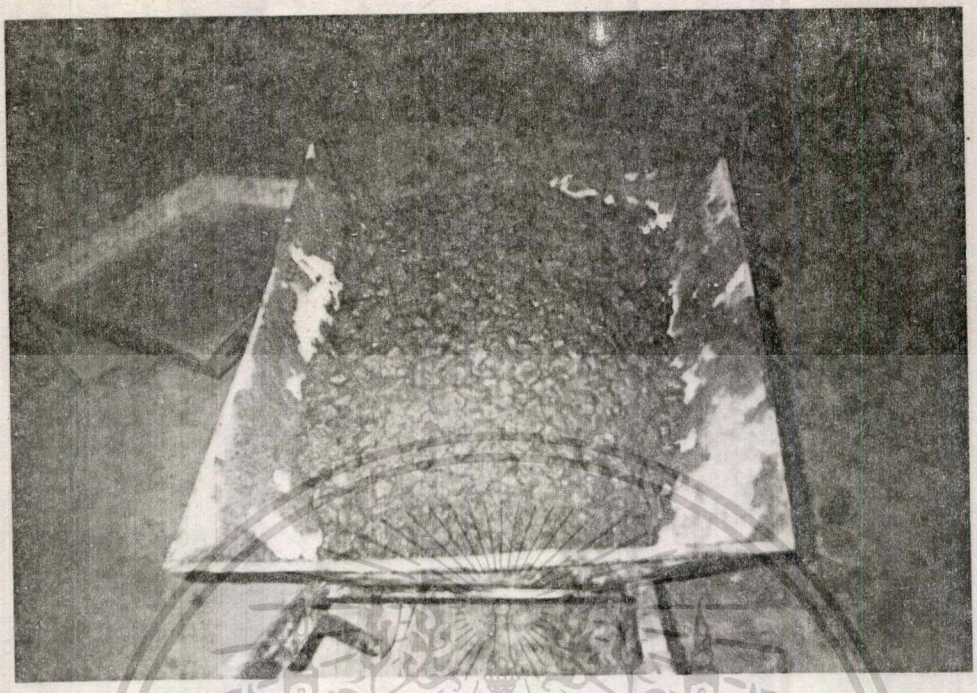


คอนกรีตสดพร้อมเทได้

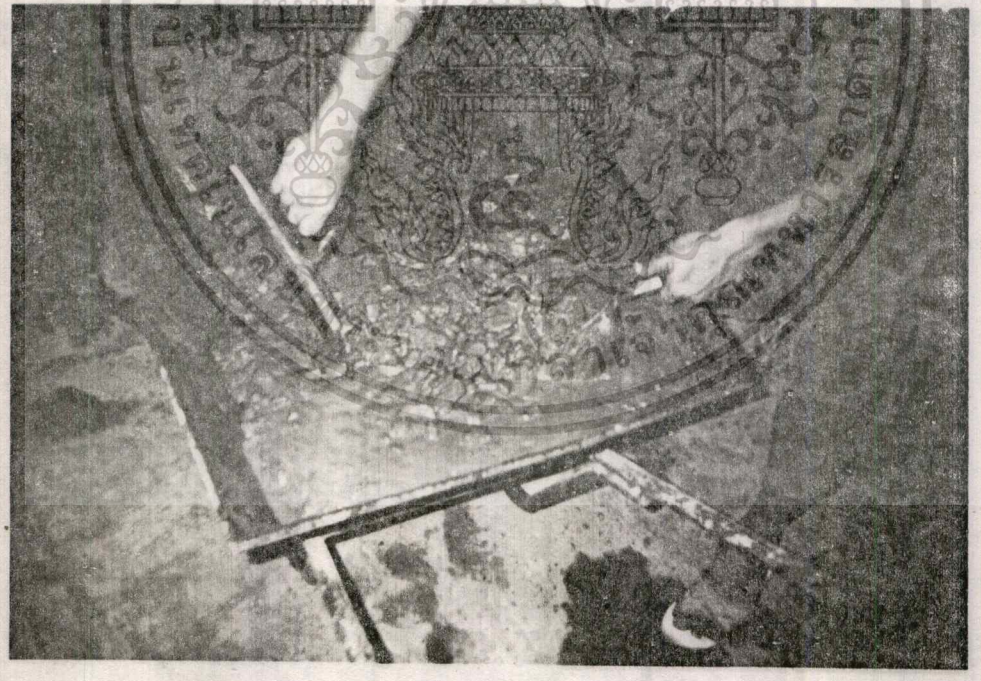


คอนกรีตสดพร้อมเทได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

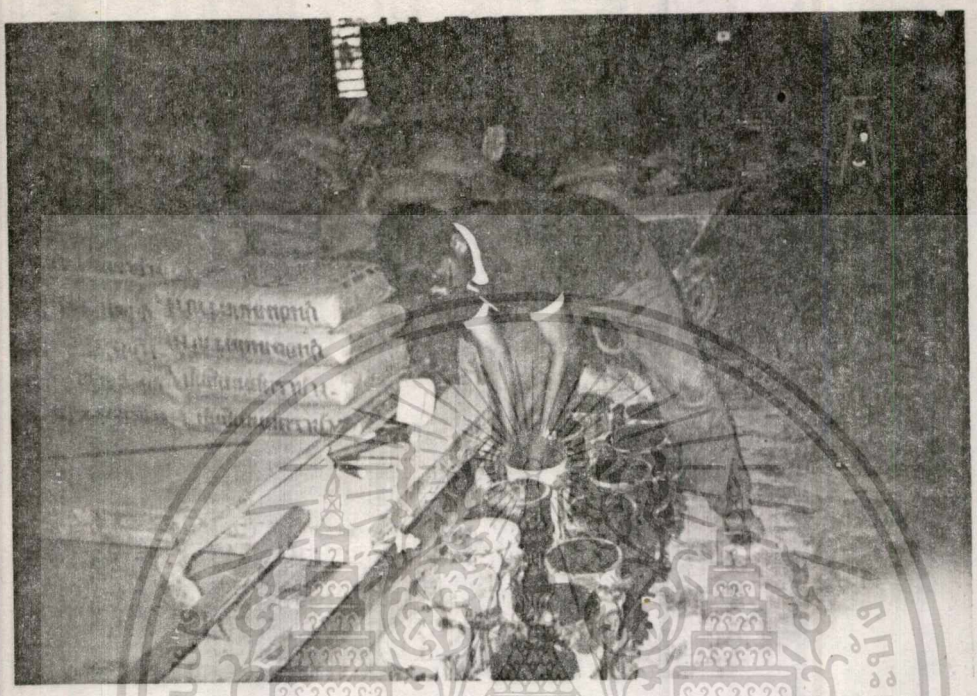


คอนกรีตสดพร้อมเทได้



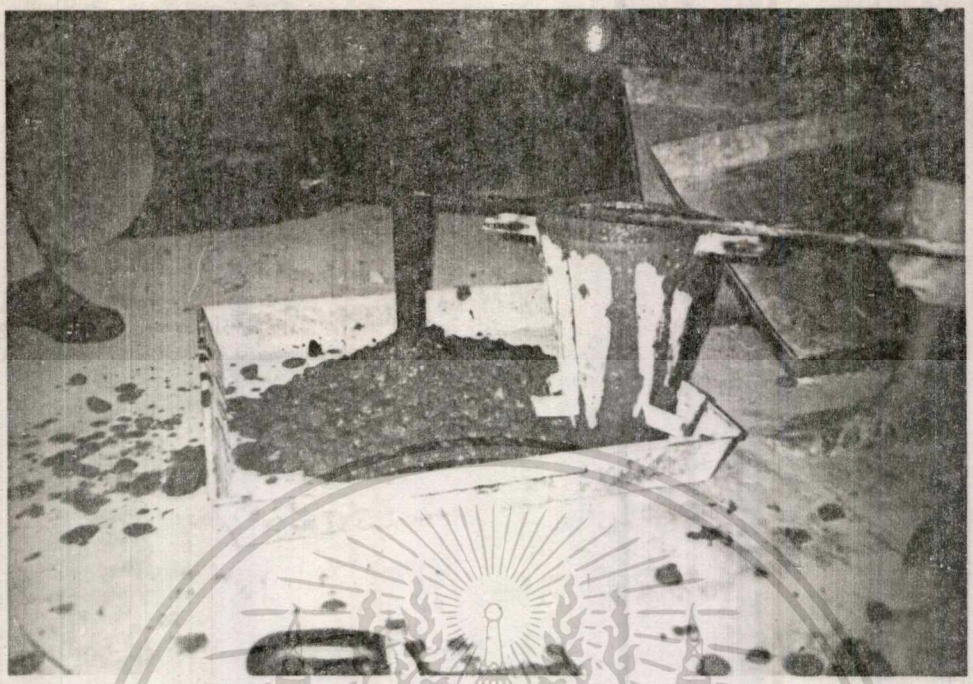
กำลังตักคอนกรีตเพื่อเทลงแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

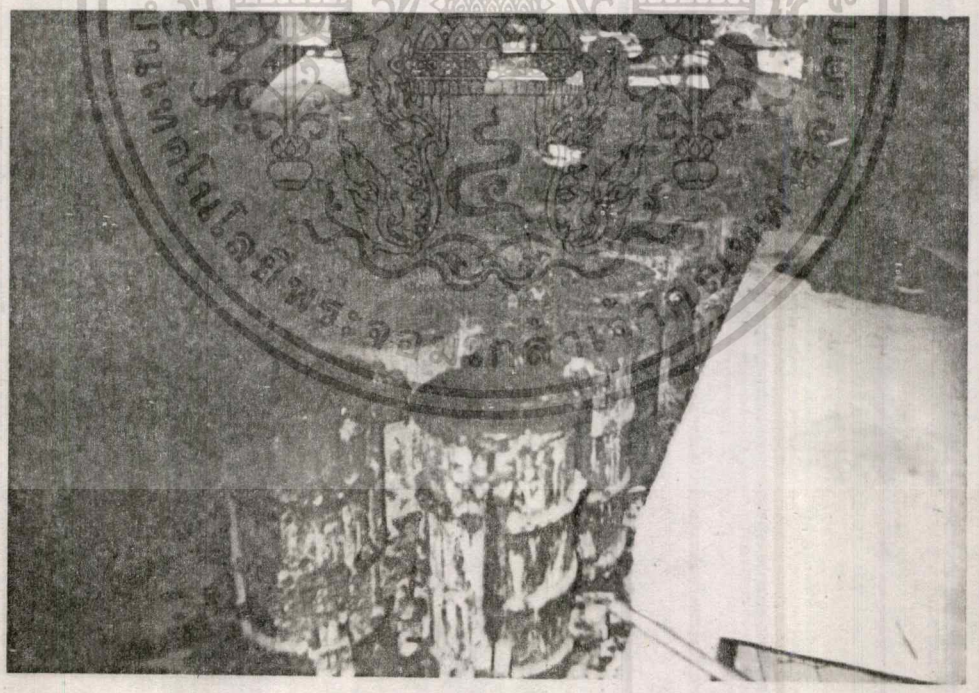


ทำความสะอาดแบบหล่อ พร้อมที่จะเทคอนกรีตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

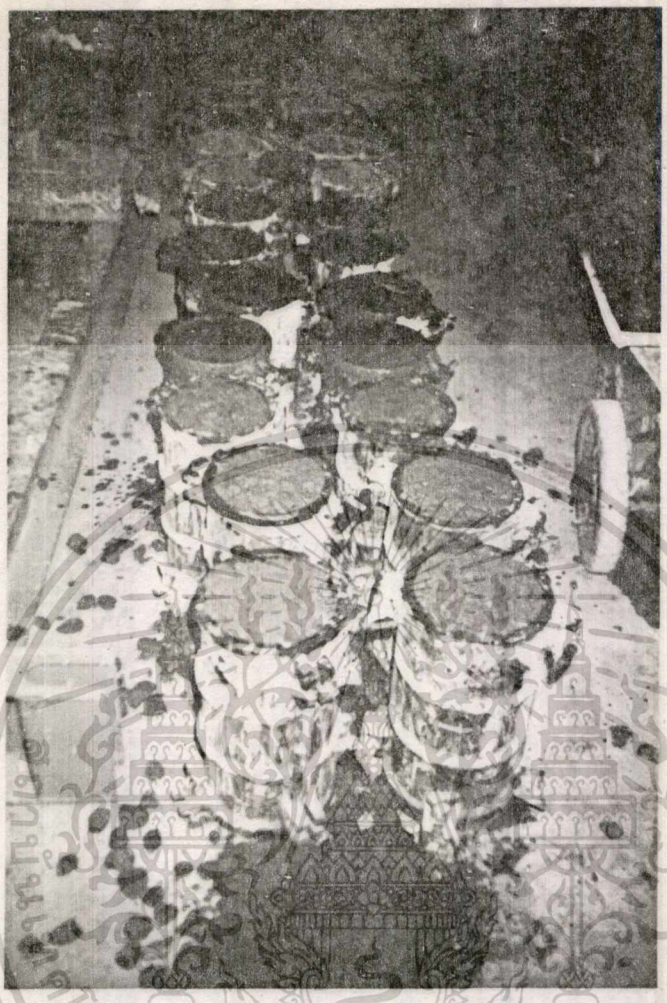


การหา Slump ของคอนกรีต



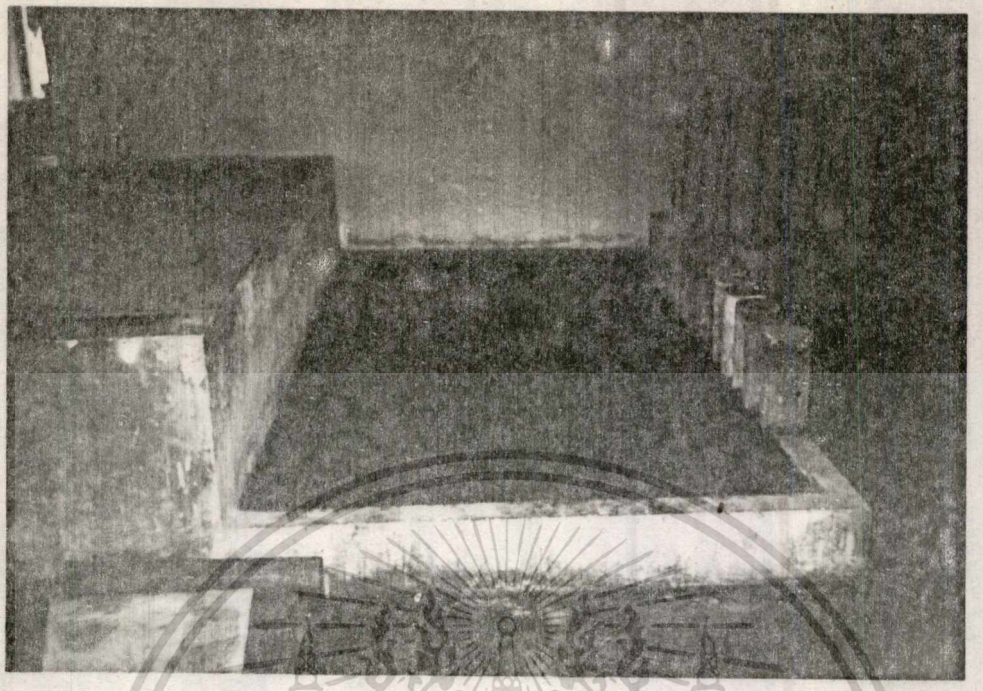
การกระทุ้งคอนกรีตในแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

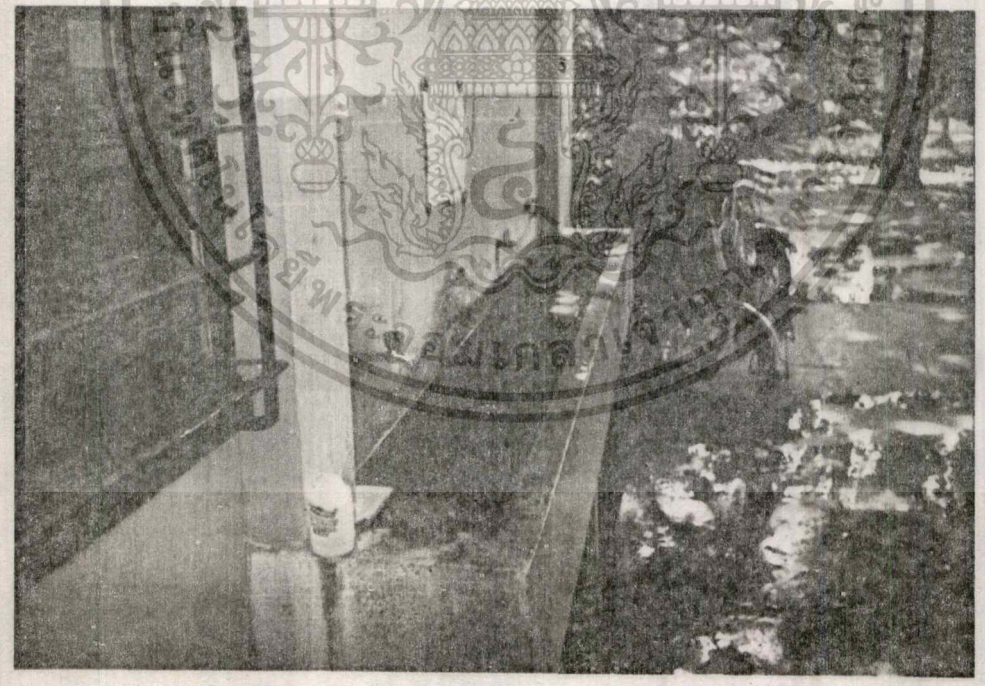


คอนกรีตที่เทลงในแบบเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ทำการบ่มคอนกรีตตัวอย่าง



บ่มคอนกรีตตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
หมวดที่ 1

ตารางที่ 1

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง	กำลังอัดของคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วัน กก./ซม.^{2}	
		ส่วนผสมซึ่งไม่ใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ	ส่วนผสมที่ใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ
0.40	20.00	385	310
0.45	22.5	340	275
0.50	25.0	300	245
0.55	27.5	265	215
0.60	30.0	230	190
0.65	32.5	200	165
0.70	35.0	175	140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2

เกณฑ์ยุบตัวของคอนกรีต ซม.		ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 ล.บ.เมตร ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้เป็นนิ้ว							
		3/8	1/2	3/4	1	$1\frac{1}{2}$	2	3	6
คอนกรีตซึ่งไม่ใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ	2.5 - 5.0	208	198	183	178	163	153	143	124
	7.5 - 10.0	227	218	203	193	178	168	158	138
	12.5 - 15.0	242	227	213	203	188	178	168	148
	ปริมาณอากาศที่เกิดขึ้น, %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
คอนกรีตซึ่งใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ	2.5 - 5.0	183	178	163	153	143	134	124	109
	7.5 - 10.0	203	193	178	168	158	148	138	119
	12.5 - 15.0	213	203	188	178	168	158	148	129
	ปริมาณอากาศที่ควรให้มี, %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

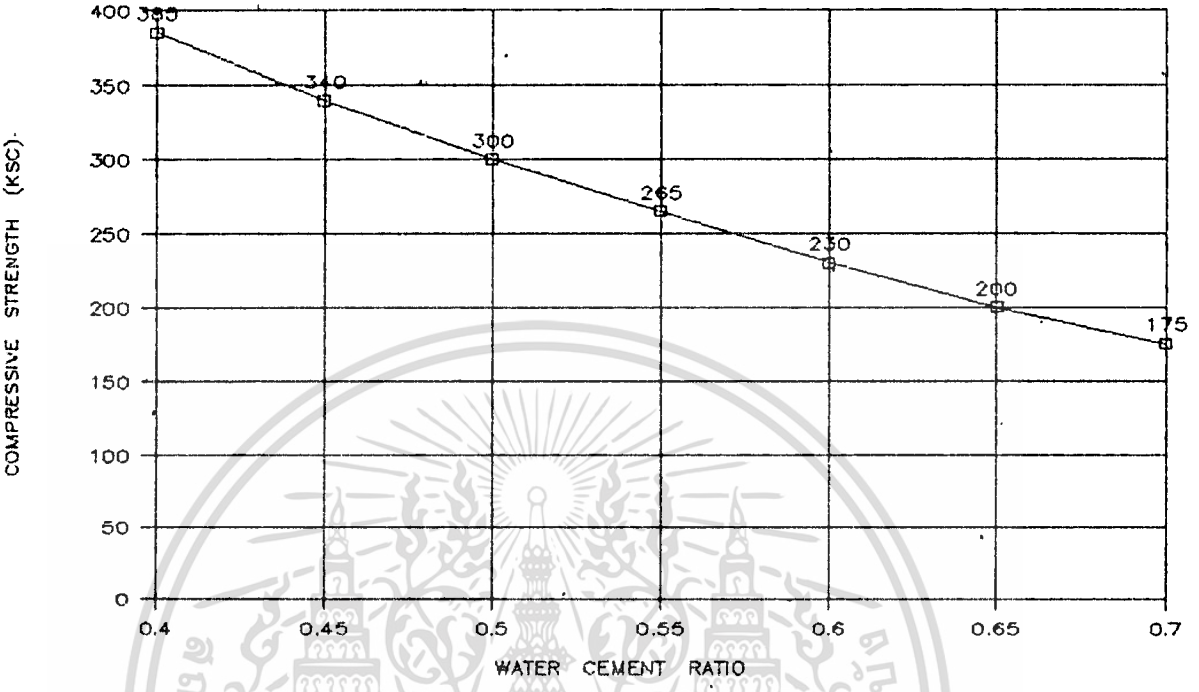
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8

ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้เป็นนิ้ว	ปริมาตรของหินต่อกองกรีต 1 หน่วยปริมาตร			
	ค่าแห่งความละเอียดของทราย			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.46	0.44	0.42	0.40
1/2	0.55	0.53	0.51	0.49
3/4	0.65	0.63	0.61	0.59
1	0.70	0.68	0.66	0.64
$1\frac{1}{2}$	0.76	0.74	0.72	0.70
2	0.79	0.77	0.75	0.73
3	0.84	0.82	0.80	0.78
6	0.90	0.88	0.86	0.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WATER CEMENT RATIO



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมวดที่ 2
เอกสารจากบริษัท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Colemanoid

1

Concrete admixture for waterproofing, dustproofing, oilproofing, hardening.

* **An integral liquid admixture for Portland Cement**
* **Waterproof, Oilproof, Chemical Resisting**
* **More Workability without Air Entrainment**
* **Faster Final Set**
* **Increased Compressive Strength during and after Curing**
* **Proved over 40 years practical use**

Colemanoid 1, a liquid chemical compound is added to the gauging water. It does not discolour the concrete nor deteriorate in store.

Colemanoid 1. Floor toppings can be used for heavy trucking 72 hours after laying. The compressive strength being increased up to 65% after 3 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Colemanoid

WATERPROOFING DUSTPROOFING OILPROOFING

Structural Concrete

Concrete mix The mix should unless otherwise specified consist of 4 parts of clean, well-graded aggregate, 2 parts of clean washed sand, and one part of standard Portland cement by volume.

Water content Concrete should be mixed without excess water, the water content varying from 15-25 gallons in each cubic yard of concrete mortar. (90-150 Litres per m^3).

Cement Coat rendering

Colemanoid 1 waterproofs and oilproofs Portland cement renderings, basement floors and walls, pits, tanks, roofs, subways, swimming pools, aquaria, etc.

Thickness Wall renderings should be approximately $\frac{3}{4}$ inch thick (20mm) bottle coved at all intersections and to the floor, and applied in two coats.

Mortar mix The mortar mix should unless otherwise specified consist of one part of standard Portland cement and 2 to $2\frac{1}{2}$ parts of good sharp washed sand by volume.

Bond To give a bond to the underlying masonry, all base surfaces, even green concrete should be thoroughly roughened and cleaned before the application of Colemanoid 1 treated rendering or topping.
Where rendering is used on brickwork, all joints should be raked out to a depth of $\frac{1}{2}$ inch (15mm) from the face.

Grouting A grout (1 part of Colemanoid 1 in 3 parts of water, plus sufficient Portland cement to give a consistency of heavy paint) should be brushed on to the roughened surface. The rendering or topping must be applied within one hour of painting with grout.

Floor topping

Colemanoid 1 waterproofs, oilproofs and dustproofs concrete and granolithic floors in garages, factories, warehouses, hangars, etc.

Existing floors A topping of Portland cement, sand or crushed granite gauged with an aqueous solution of Colemanoid 1 should be laid on the existing floor slabs. A "keyed" topping should not be less than $1\frac{1}{2}$ inch in (35mm) thickness and an "unbonded" topping 3 inches (75mm).

Monolithic floors The mass concrete floor should be laid to within $\frac{1}{2}$"-$\frac{3}{4}$" (15-20mm) of the required thickness, and roughly spade levelled.
Within a few minutes of levelling, a topping of Portland cement, sand or crushed granite gauged with an aqueous solution of Colemanoid 1 should be laid.

Mortar mix The mortar mix should consist of 1 part Portland cement to $2\frac{1}{2}$ to 3 parts sharp washed sand by volume, (or alternatively $\frac{1}{2}$ part sharp washed sand with 2 parts $\frac{3}{8}$" to $\frac{1}{4}$" clean granite).
Over trowelling should be avoided.

SPECIFICATIONS

WATERPROOF

Structural Concrete: Add 1 Part of Colemanoid No. 1 to 15 Parts of Clean Water. Use 1 litre of Mixing Liquid per sack of cement. (average 6-7½ litres of Mixing liquid per 1 m^3) When a large head of water is encountered and the concrete is under 100mm thick increase the strength of the solution to 1 Part of Colemanoid No. 1 to 10 Parts of Clean Water.

Cement Mortars for Brickwork or for Renderings
Add 1 Part of Colemanoid No. 1 to 10 Parts of Clean Water. Use 1 litre of Mixing Liquid per sack of cement. (average 27 litres of Mixing Liquid per 1000 bricks or 10 litres of Mixing Liquid to 23 metres super of rendering 20mm thick)

OILPROOF, ACID AND ALKALI RESISTANT

Rendering and Floor Toppings Add 1 Part of Colemanoid No. 1 to 6 Parts of Clean Water. Use 1 litre of Mixing Liquid per sack of cement. (average 10 litres of Mixing Liquid per 23m super/20mm thick of rendering or 9 litres of Mixing Liquid to 10m super/25mm thick of floor toppings.)

Dustless Floors and Waterproof Floors
Add 1 Part of Colemanoid No 1 to 10 Parts of Clean Water. Use 1 Litre of Mixing Liquid per sack of cement. For monolithic toppings 1 Part of Colemanoid No. 1 to 8 Parts of Clean Water. Use 1 litre of Mixing Liquid per sack of cement (average 5.5 litres of Mixing Liquid to 10 metres super 25mm thick.)

NOTE: *Where oilproof, waterproof or dustless concrete is required under low temperature conditions Colemanoid No. 1 can be used as an "anti-freezer and accelerator" but the Colemanoid No. 1 Contend should not be less than 1 Part of Colemanoid No 1 to 6 Parts of Clean Water.*

PACKING:
22.5 litres drum.
Packages free and non returnable

Sold Distributor:
UNION ASSOCIATES CO., LTD.
1246-1248 Rama 4 Road, Rama 4 Trade Center
Klongtoey, Prakanong, Bangkok 10110
Tel. 2490170 Fax: (662) 2496812
Telex: 21109 UNIASCO TH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Georgia-Pacific
BELLINGHAM DIVISION

GEORGIA-PACIFIC CORPORATION
300 West Laurel Street
Bellingham, Washington 98225
Post Office Box 1236 (98227)
Telephone (206) 733-4410
Teletype (910) 442-2370

LIGNOSITE

LIGNOSULFONATE PRODUCTS

PRODUCT INFORMATION SHEET

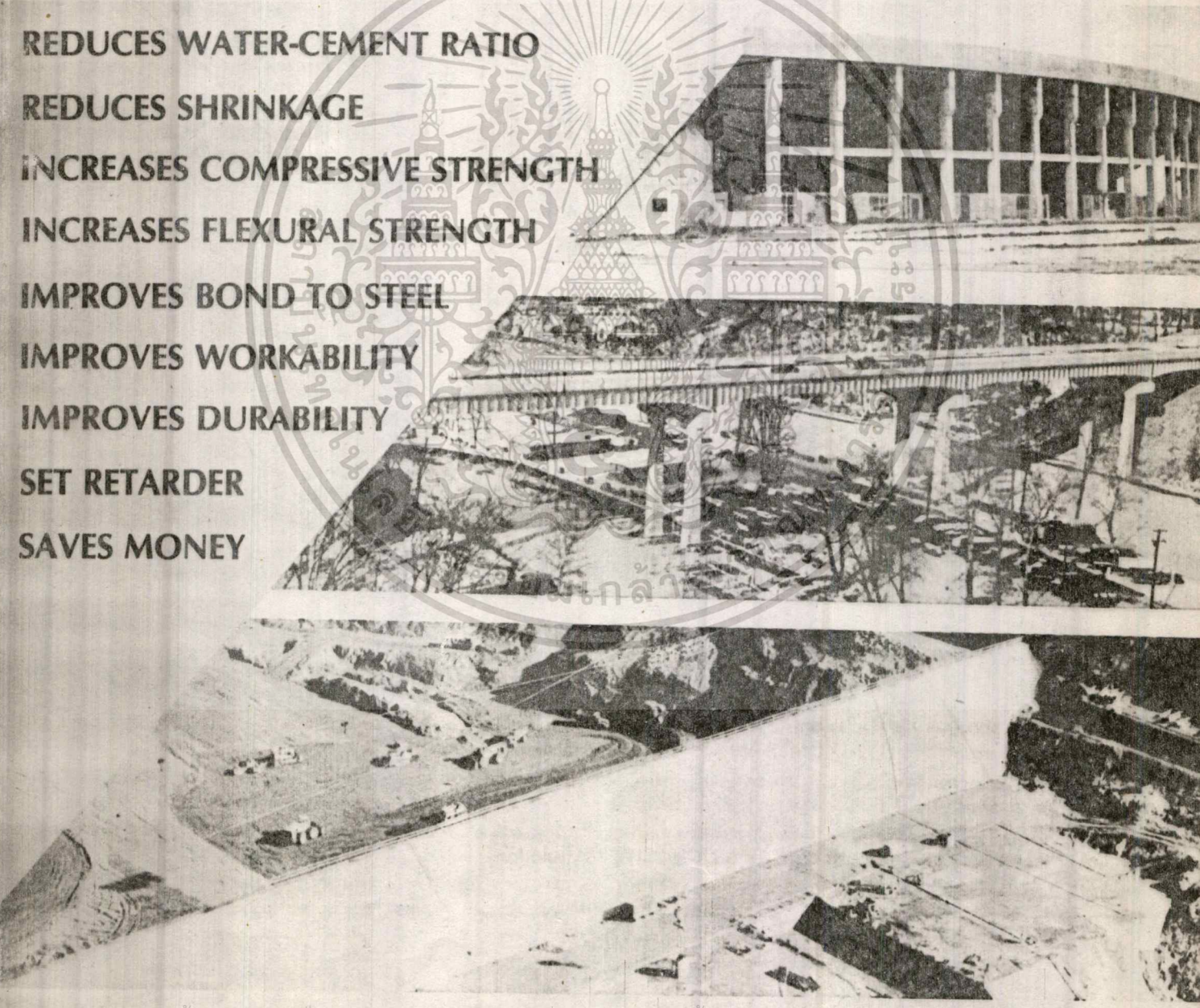
LIGNOSITE 458

ADMIXTURE FOR QUALITY CONCRETE

CAS Registry Number 8061-51-6
(Lignosulfonic acid, sodium salt)

TYPE A: Water-Reducing Admixtures
TYPE D: Water-Reducing and Retarding Admixtures

- REDUCES WATER-CEMENT RATIO
- REDUCES SHRINKAGE
- INCREASES COMPRESSIVE STRENGTH
- INCREASES FLEXURAL STRENGTH
- IMPROVES BOND TO STEEL
- IMPROVES WORKABILITY
- IMPROVES DURABILITY
- SET RETARDER
- SAVES MONEY



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

IMPORTANT: The technical data herein is believed to be accurate. It is offered for your consideration, investigation and verification. Buyer assumes all risk of use, storage and handling of the product. NO WARRANTY, EXPRESS OR IMPLIED, IS MADE INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Nothing contained herein shall be construed as a license to operate under, or recommendation to infringe, any patents.

LIGNOSITE 458 Lignosulfonate is a sodium - base product which provides the same high sulfonated lignin content and low carbohydrate content as LIGNOSITE calcium - base product. It is ideal for applications in which calcium lignosulfonate is not suitable or when the use of ammonium lignosulfonate is precluded by the volatile nature of ammonia.

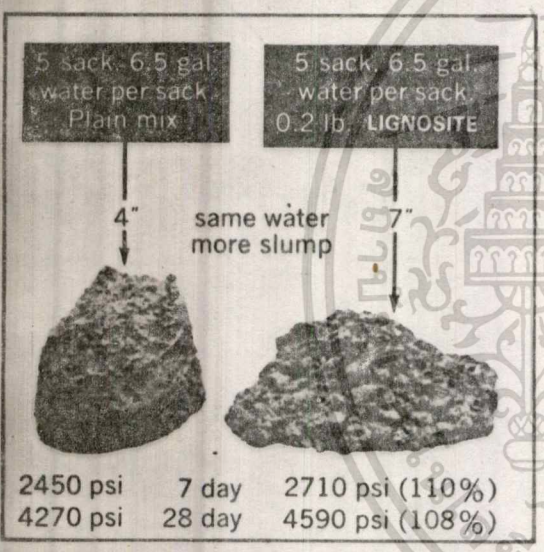
LIGNOSITE 458 is recommended for use as either a water - reducing admixture or a set retarder. It improves the quality of concrete by reducing water requirements, improving workability and increasing strength and durability.

● MEETS SPECIFICATIONS

LIGNOSITE meets all applicable specifications for water reducing and/or set retarding admixtures, having been tested alone or in special formulations by the Bureau of Public Roads, the Bureau of Reclamation, the Corps of Engineers and many State Highway Departments. LIGNOSITE has qualified fully under ASTM specification C494-63T under Type A water reducing admixtures, and Type D, water reducing and retarding admixtures.

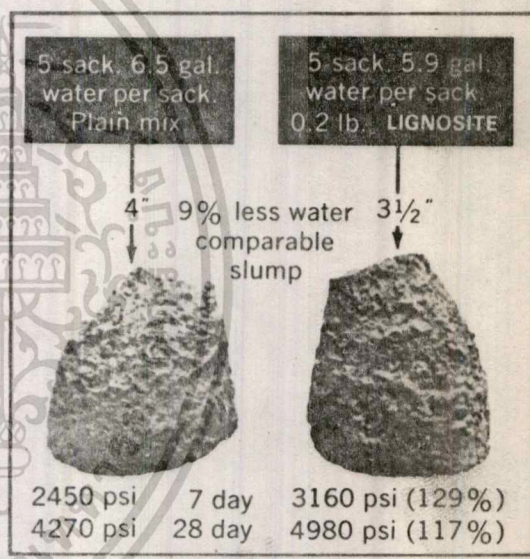
● IMPROVES WORKABILITY - INCREASES STRENGTH - SAVES MONEY

A more workable mix saves money because it is easier to place, reducing labor requirements for the project. Using LIGNOSITE, It is possible to increase slump and at the same time increase the strength by reducing the water-cement ratio.



At a dosage rate of 0.2 lb/sack of cement, LIGNOSITE added to a plain mix will increase slump 2 to 4 inches, resulting in: ● improved placeability ● increased strength ● better finishing properties.

At a dosage rate of 0.2 lb/sack of cement LIGNOSITE reduces the water requirement up to 12 percent-more at higher dosage rates. At the same slump, the LIGNOSITE concrete will be more plastic and may be placed and consolidated more easily.



Additional benefits include: ● reduced bleeding ● greater strength and durability ● denser, more impermeable concrete.

LIGNOSITE reduces the amount of water required to make a workable concrete mix in some instances up to 20%. Reducing the water content while leaving the cement factor unchanged results in concrete of higher compressive strength at all ages. At a given cement factor, strength gains of 20-35% at 7 days and 15-40% at 28 days are usually obtained with LIGNOSITE.

Independent laboratory and job control tests show that flexural strength is increased an average of 8-15% at 7 days and 3-10% at 28 days, when LIGNOSITE is used for reduction of water content.

Because of the increase in strength when using LIGNOSITE it is possible to reduce the cement factor by 8% to 10% and still obtain strengths higher than the control mix with unreduced cement factor, giving the same quality of concrete at lower cost. Tests conducted by the U.S. Bureau of Public Roads and reported in Public Roads, February 1961, gave the following compressive strength data for a LIGNOSITE formulation:

	Compressive Strength lbs./sq. in.			Ratio to 6 sack Control	
Age	Without LIGNOSITE 6 sack	With LIGNOSITE 6 sack	With LIGNOSITE 5.5 sack	With LIGNOSITE 6 sack	With LIGNOSITE 5.5 sack
3 days	2460	3280	2710	133%	110%
7 days	3620	4490	3900	124%	107%
28 days	5050	5990	5400	117%	107%
1 year	6050	7310	649[illegible]	121%	107%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REDUCES SHRINKAGE

Excess mixing water is the major cause of drying shrinkage in concrete, though cement content, air content, and nature of aggregate also have an effect. Since LIGNOSITE reduces the total water requirements, the drying shrinkage tendency should be less at all ages. (See Table 1).

CONTROLS SET TIME

The concrete producer may desire to use LIGNOSITE as a retarder to: (1) Extend permissible mixing time a long hauls (2) Facilitate pumping on tunnel jobs (3) Aid in placing monolithic structures, minimizing cold joints (4) Extend the set time during hot weather (5) Aid in placing bridge decks, where it is desired to place an entire section before initial set is reached.

Optimum strength benefit from LIGNOSITE is usually obtained at 0.2 lb. per sack of cement, accompanied by retardation of 0.5 to 1.0 hour. If retardation beyond on hour is desired, usually more than 0.20 lb. per sack will be required. (See Table 1).

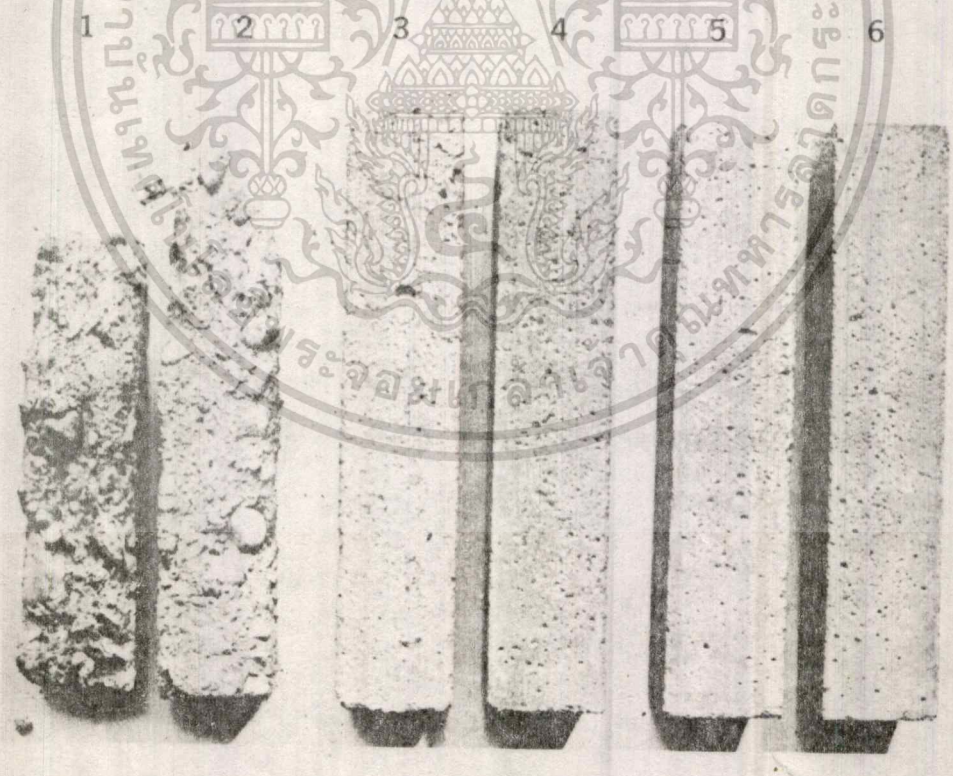
IMPROVES BOND TO STEEL

Bond strength to reinforcing steel is higher for LIGNOSITE concrete than for plain concrete of the same cement content and slump. Tests conducted at an independent laboratory show a 17% increase in bond strength for non-air-entrained concrete, and 26% for air-entrained concrete. (See Table 1).

IMPROVES DURABILITY

Most high performance concrete is designed with about 5% entrained air to increase freeze-thaw durability. While the regular formulations of LIGNOSITE are not considered air-entraining agents, they entrain about 1% air over plain concrete. More important, LIGNOSITE increases the efficiency of standard air-entraining agents, so that half the normal dosage of air-entraining agent will usually give the desired air content when LIGNOSITE is used.

The picture demonstration shows that even though LIGNOSITE is not itself an air-entraining agent, the durability of concrete containing LIGNOSITE is improved significantly. Also note that in these tests the strength of air-entrained concrete with LIGNOSITE was higher than plain concrete.



DETERIORATION AFTER 400 CYCLES OF FREEZING AND THAWING

Mix No.	Mix — 5 bags cement per cu. yd.	Slump	Air	Strength lbs./sq. in. 28 days	Durability
1	Plain concrete	7¼"	1.7%	2160	56%
2	" "	3¾"		3210	69%
3	Concrete with LIGNOSITE	8"	3.2%	3640	94%
4	" "	2¼"		4120	99%
5	Concrete with LIGNOSITE and AEA	7¾"	7.2%	2420	99%
6	" " " "	3¾"		3120	99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE I

The American Society for Testing and Materials has set up a specification for chemical admixtures in concrete under the number C494-63T. Among the categories covered are Type A, water-reducing admixtures, and Type D, water-reducing and retarding admixtures. Test results summarized below show that LIGNOSITE fully meets the specifications for Type A and Type D admixtures in non-air-entrained and air-entrained concrete mixes. All mixes contain 5.5 sacks of cement per cubic yard.

		NON AIR-ENTRAINED MIXES			AIR-ENTRAINED MIXES		
	SPECIFICATION REQUIREMENTS	Control	LIGNOSITE @ 0.2 lb/sk Type A	LIGNOSITE @ 0.35 lb/sk Type D	Control	LIGNOSITE @ 0.2 lb/sk Type A	LIGNOSITE @ 0.35 lb/sk Type D
Water Content:							
Lb/cu yd		302	274	263	280	261	256
% of control	Max 95% of control	—	90.8%	87.1%	—	93.2%	91.5%
Air Content: Percent		2.5%	2.1%	2.8%	5.6%	5.4%	5.3%
Time of Setting:	Type A Type D						
Initial		4:45	5:35	7:10	4:15	4:45	7:00
Deviation from control	± 1 hr max + 1 hr min	—	+ 0:50	+2:25	—	+0:30	+2:45
Final	3 hr max	7:25	8:10	10:15	7:00	7:30	10:00
Deviation from control	± 1 hr max + 3 hr max	—	+ 0:45	+2:50	—	+0:30	+3:00
Bleeding: Percent	5% max over control	5.0%	3.9%	4.1%	2.8%	1.9%	2.4%
Compressive Strength:							
psi (3 day)		2190	2970	3290	1990	3140	2870
% of control	Min 110% of control	—	136	150	—	158	144
psi (7 day)		2680	4260	4230	2770	3920	4120
% of control	Min 110% of control	—	159	158	—	141	149
psi (28 day)		4310	5050	5550	3750	5000	5310
% of control	Min 110% of control	—	117	129	—	133	142
psi (6 months)		5180	6690	6640	5190	6380	6450
% of control	Min 100% of control	—	129	128	—	123	124
psi (1 year)		5870	7800	7910	5820	6410	7100
% of control	Min 100% of control	—	133	135	—	110	122
Flexural Strength:							
psi (3 day)		430	590	590	480	550	550
% of control	Min 100% of control	—	137	137	—	115	115
psi (7 day)		570	690	830	610	660	720
% of control	Min 100% of control	—	121	145	—	108	118
psi (28 days)		790	860	920	770	840	790
% of control	Min 100% of control	—	109	116	—	109	103
Bond Strength:							
psi (28 days)		1560	1820	1790	1380	1740	1640
% of control	Min 100% of control	—	117	115	—	126	119
Volume Change:							
Shrinkage, inches x 10^4	(28 day)	21.0	21.3	22.3	22.0	20.3	25.0
Percent	0.010 max over control	.023	.024	.025	.024	.023	.028
Shrinkage, inches x 10^4	(6 month)	81.0	80.3	79.3	80.0	75.3	78.0
Percent	0.010 max over control	.090	.089	.088	.089	.084	.087
Shrinkage, inches x 10^4	(1 year)	96.0	85.0	85.0	94.0	86.0	88.0
Percent	0.010 max over control	.107	.095	.095	.104	.096	.098
Durability Factor:							
By Dynamic E	Min 80% of control				99.3	100.0	103.5
% of control					100	101	104
By Weight	(Not a specification req.)				99.3	99.8	99.8
% of control					100	101	101

***LIGNOSITE is a registered trademark of Georgia-Pacific Corporation. All LIGNOSITE lignosulfonate products are derived from a uniform mix of softwood to insure maximum purity and optimum dispersive characteristics.**

ลิขสิทธิ์ของหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Colemanoid

An admixture for Portland Cement Mortar without the addition of lime

Super 5

An intergral liquid Mortar Plasticiser and Air Entraining Agent for Portland cement mortar for use in

- **: Bricklaying**
- **: Pointing for brickwork**
- **: Backing coats for plaster**
- **: Renderings**
- **: Rough Cast, Spatter Dash, etc.**
- **: Partition Blockwork**

DESCRIPTION

Colemanoid super 5 liquid mortar plasticiser is Vinsol Resin based air entraining agents free from Calcium Chloride and designed to give controlled plasticity with a high degree of frost resistance in the set mortar. When added to the gauging water of cement sand mixes, it produces minute stable air bubbles at a controlled rate, which results in a fatty mortar without the addition of lime.

Colemanoid super 5 replaces lime in the mix, thus reducing the possibility of lime bloom and efflorescence. There is no loss in the volume of the mortar, as the entrained air gives the same bulking effects as the lime.

USES

For plasticising cement mortar for use in bricklaying, pointing for brickwork, backing coats for plaster, renderings, rough cast, spatter dash, partition blockwork, etc.

SPECIAL ADVANTAGES

Give ease of working by improved plasticity with consequent increased productivity.

Reduce the risk of crazing or firecracking of the finish coat even when the base coat is allowed to dry out completely before the finish coat is applied.

Reduce the possibility of lime bloom.

Will not entrain an excessive amount of air with prolonged mixing.

Accidental overdosage will not normally adversely affect the mortar.

Give better adhesion and improve mortar durability.

Have an excellent water retentivity.

Impart a high degree of frost resistance in the set mortar and high degree of resistance to freezing and thawing in the plastic state.

The rate of set is unaltered except possibly in very cold weather when the cement content should be slightly increased.

Fatty mortar is obtained without the use of lime, even when the sharp sand is used for the mix.

More economy, especialy when compared with mortars containing lime; Easy to handle and clean to use; lower transport and storage costs.

Where a high cement content is not essential for the purpose of strength or durability, a 3 : 1 sand cement mix may usually be replaced by a 6 : 1 or sometimes even 8 : 1 sand cement mix.

The strength of normal brickwork, using medium strength bricks bonded with Colemanoid super 5 mortar, is virtually unchanged.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

NOTE : The use of a mortar plasticiser is not advised for engineering brickwork where the maximum possible strength of mortar is required.

SPECIFICATION

Add the Colemanoid super 5 to the guaging water, either in the storage tank or direct into the mixer.

Use 100 CC. of Colemanoid super 5 per 50 kg. cement. 400 CC. of Colemanoid super 5 is sufficient for addition to a 180 litres drum of gauging water, and this mixing water is enough for approximately 4 bags of cement in a 6 : 1 sand cement mix.

SAFETY PRECAUTION

Colemanoid super 5 is alkaline. Protect hands and eyes. Wash off skin splashes with clear water. Irrigate eye splashes with clear water. Avoid ingestion.

SUGGESTED MIXES

GENERAL MIXES			REPLACED BY		
SAND	LIME	CEMENT	SAND	COLEMANOID SUPER 5 AT THE RATE OF 100 cc per 50 kg. CEMENT	CEMENT
6	1	1	6	Colemanoid Super 5	1
9	2	1	8	Colemanoid Super 5	1
FOR BRICKLAYING USE			6	Colemanoid Super 5	1
POINTING USE			3	Colemanoid Super 5	1
BACKING COAT USE			6	Colemanoid Super 5	1
RENDERING USE			4-6*	Colemanoid Super 5	1
ROUGH CAST USE			3	Colemanoid Super 5	1
PARTITION BLOCKS USE			8	Colemanoid Super 5	1
FROSTY WEATHER			Specification as above, but ensure that the aggregate is free from frost, the mix should not be weaker than 6 : 1 sand and cement.		

* Dependent upon degree of exposure to weather.

PACKAGING SIZES :
5.20 litres

ALTRO LTD

Sale Division of
THE ADAMITE COMPANY LTD.
CAXTON HILL HERTFORD SG 13 7 NB HERTFORD 4212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีต
(Test for Compressive Strength of Concrete)

วัสดุ

วัสดุซึ่งใช้ในการเตรียมแท่งตัวอย่างคอนกรีต ซึ่งประกอบด้วยซีเมนต์มวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

เครื่องมือ

1. แบบหล่อแท่งทดสอบ
2. แท่งเหล็กกระทุ้ง เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มม. ยาว 500-600 มม. ปลายมน
3. เครื่องทดสอบแรงกดมาตรฐานแบบไฮดรอลิก
4. เวอร์เนียคาลิปเปอร์
5. เครื่องชั่งอ่านละเอียดถึง 1 ก.
6. เครื่องมืออื่น ๆ เช่น พลั่ว เกรียง แปรง ฯลฯ

แท่งทดสอบ

เป็นการเตรียมแท่งทดสอบรูปทรงกระบอกในแบบหล่อ เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15 ซม. และสั้น 30 ซม. จะนำไปใช้เพื่อทำการทดสอบที่ 7, 14 และ 28 วัน

การเตรียมแท่งทดสอบซึ่งได้จากแบบหล่อ

1. เคลือบภายในด้วยน้ำมันหล่อลื่น
2. เทคอนกรีตลงในแบบชั้น ๆ พร้อมกระทุ้งทุกชั้นไม่ให้มีการแยกตัว
3. เขย่าคอนกรีตโดยใช้แท่งกระทุ้ง ซึ่งจากการกระทุ้ง 1 ครั้งต่อพื้นที่ 1000 มม.^{2} การกระทุ้งแต่ละครั้งต้องให้จมเท่ากับความหนาของชั้นนั้น ๆ
4. ตกแต่งผิวคอนกรีตให้เรียบ
5. ทำการเตรียมตัวอย่างเช่นเดิม แต่คอนกรีตที่ใช้จะมีน้ำยากันซึมผสมด้วยในอัตราส่วนผสมที่ออกแบบไว้

วิธีทดสอบ

1. วัดขนาดและชั่งน้ำหนักแท่งทดสอบ
2. ทำการเคลือบผิวหน้าทดสอบ
3. วางแท่งทดสอบในแนวแกนศูนย์กลางน้ำหนักกด แล้วเลื่อนจนผิวเครื่องกดสัมผัสกับผิวแท่งคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เปิดเครื่องทอสอบให้น้ำหนักกดในอัตราที่คงที่ช่วง 14-34 นิวตันต่อ มม^2 หรือตามความเหมาะสม

5. ให้กดจนกระทั่งแท่งทดสอบถึงจุดประลัย พร้อมบันทึกค่าสูงสุดของน้ำหนักกด

6. คำนวณหาความต้านทานแรงอัด = $\frac{\text{น้ำหนักประลัย}}{\text{พื้นที่หน้าตัดรับน้ำหนัก}}$

7. ทำการเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตธรรมดา กับคอนกรีตที่ผสมน้ำยากันซึม

ผลการทดลองการทดสอบการต้านทานแรงอัด

ปฏิภาคส่วนผสมโดยน้ำหนัก ซีเมนต์ : หิน : ทราย = 8.0:29.1:20.3 kg.

ขนาดใหญ่สุด 1".

โมดูลความละเอียด 2.80

ตารางที่ 12

ชนิดของตัวอย่าง	อายุ วัน	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่ (cm^2)	น้ำหนักประลัย (kg)	กำลังอัด kg/cm^2	เฉลี่ย kg/cm^2
คอนกรีตธรรมดา	7	13.54	176.7	33000	186.8	199.0
Mix No.1	7	13.65	176.7	37000	209.4	
	7	13.80	176.7	35500	200.9	
	14	13.60	176.7	38000	215.1	222.6
	14	13.60	176.7	40000	226.4	
	14	13.80	176.7	40000	226.4	
	28	13.60	176.7	45000	254.7	250.9
	28	13.80	176.7	43000	243.4	
	28	13.55	176.7	45000	254.7	
คอนกรีตผสมน้ำยา 70	7	13.60	176.7	33000	186.8	198.1
cc.ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง	7	13.70	176.7	35000	198.1	
Mix No.2	7	13.72	176.7	37000	209.4	

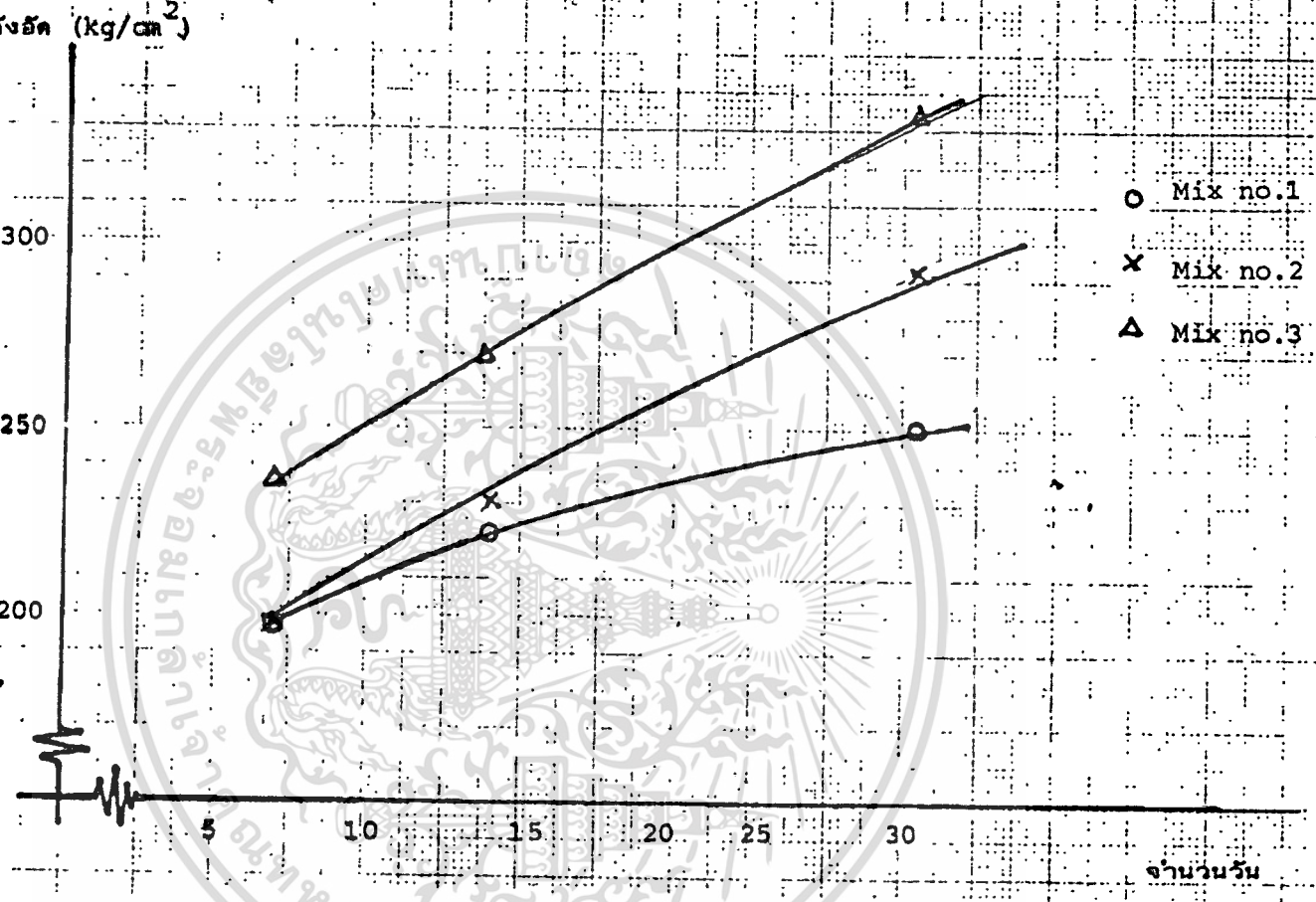
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของตัวอย่าง	อายุ วัน	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่ (cm^2)	น้ำหนักประลัย (kg)	กำลังอัด kg/cm^2	เฉลี่ย kg/cm^2
	14	13.80	176.7	40000	226.4	230.3
	14	13.50	176.7	42800	242.2	
	14	13.50	176.7	39300	222.4	
	28	13.80	176.7	52000	294.3	292.4
	28	13.50	176.7	55000	331.3	
	28	13.40	176.7	48000	271.6	
คอนกรีตผสมน้ำยา	7	13.75	176.7	44000	249.0	236.7
100 cc ต่อปูนซีเมนต์	7	13.82	176.7	42000	237.7	
1 ถุง	7	13.70	176.7	39500	223.5	
Mix No.3	14	13.60	176.7	51700	292.6	272.2
	14	13.80	176.7	48000	271.6	
	14	13.60	176.7	44600	252.4	
	28	13.65	176.7	57000	322.6	333.9
	28	13.70	176.7	60000	339.6	
	28	13.64	176.7	60000	339.6	

ตารางที่ 13

อายุ (วัน)	% การเพิ่มความต้านทานแรงอัดของ Mix No.2 เปรียบเทียบ Mix No.1	% การเพิ่มความต้านทานแรงอัดของ Mix No.3 เปรียบเทียบ Mix No.1
7	0.0	18.9
14	3.5	22.3
28	16.5	33.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับจำนวนวันที่หล่อคอนกรีต

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบหาปริมาณการลดน้ำ โดยกำหนดค่าการยุบตัวที่ 10 cm. ปรากฏว่า

1.1 คอนกรีตธรรมดาจะมีปริมาณน้ำประมาณ 5610 cc

1.2 คอนกรีตที่ผสมน้ำยากันซึม 70 cc/ปูนซีเมนต์ 1 ถุง จะมีปริมาณน้ำประมาณ 5340 cc และมีอัตราการลดน้ำถึง 4 – 5 %

1.3 คอนกรีตที่ผสมน้ำยากันซึม 100 cc/ปูนซีเมนต์ 1 ถุง จะมีปริมาณน้ำประมาณ 5330 cc และมีอัตราการลดน้ำประมาณ 5 %

การทดสอบหาการหน่วงการก่อตัวเมื่อต้องผสมน้ำยากันซึม ปรากฏผลดังนี้

2.1 คอนกรีตธรรมดาจะมีการก่อตัวครั้งแรกใช้เวลาประมาณ 201 นาที และการก่อตัวครั้งสุดท้ายใช้เวลาประมาณ 280 นาที

2.2 คอนกรีตที่ผสมน้ำยากันซึมในอัตราส่วน 70 cc ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง จะใช้เวลาในการก่อตัวครั้งแรกประมาณ 213 นาที และมีอัตราการหน่วงการก่อตัวเพิ่มจากครั้งแรกประมาณ 12 (6%) นาที และจะใช้เวลาในการก่อตัวครั้งสุดท้ายประมาณ 312 นาที มีอัตราการหน่วงการก่อตัวเพิ่มจากครั้งสุดท้ายประมาณ 32 (11%) นาที

2.3 คอนกรีตที่ผสมน้ำยากันซึมในอัตราส่วน 100 cc ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง จะใช้เวลาในการก่อตัวครั้งแรกประมาณ 215 นาที และมีอัตราการหน่วงการก่อตัวเพิ่มจากครั้งแรกประมาณ 14 (7%) นาที และจะใช้เวลาในการก่อตัวครั้งสุดท้ายประมาณ 314 นาที มีอัตราการหน่วงการก่อตัวเพิ่มจากครั้งสุดท้ายประมาณ 34 (12%) นาที

การทดสอบกำลังความต้านทานแรงอัด (Compressive strength) จะทำการทดสอบเมื่อครบกำหนด 7, 14 และ 28 วัน ปรากฏดังนี้

3.1 ที่กำหนด 7 วัน ปรากฏว่าคอนกรีตธรรมดามีกำลังแรงอัด 199 ksc และคอนกรีตที่ผสมน้ำยากันซึม 70 cc ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง จะมีกำลัง 198 ksc ไม่การการเพิ่มกำลัง ส่วนคอนกรีตผสมน้ำยากันซึม 100 cc ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง จะมีกำลัง 292.4 ksc และมีอัตราการเพิ่มกำลังต้านทานแรงอัดประมาณ 18.9 %

3.2 ที่กำหนด 14 วัน ปรากฏว่าคอนกรีตธรรมดาจะมีกำลังอัด 222.6 ksc และคอนกรีตที่ผสมน้ำยากันซึม 70 cc ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง จะมีกำลังถึง 230.3 ksc ซึ่งมีอัตราการเพิ่มกำลังความต้านทานแรงอัดประมาณ 3.5 % ส่วนคอนกรีตที่ผสมน้ำยากันซึม 100 cc ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง จะมีกำลังอัด 272.2 ksc มีอัตราการเพิ่มกำลังความต้านทานแรงอัดประมาณ 22.3 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ที่กำหนด 28 วัน ปรากฏว่าคอนกรีตธรรมดาจะมีกำลังอัด 250.9 ksc และคอนกรีตที่ผสมน้ำยากันซึม 70 cc ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง จะมีกำลังอัดประมาณ 292.4 มีอัตราการเพิ่มกำลังความต้านทานแรงอัดประมาณ 16.5 % ส่วนคอนกรีตที่ผสมน้ำยากันซึม 100 cc ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง จะมีกำลังอัด 333.9 มีอัตราการเพิ่มกำลังความต้านทานแรงอัดประมาณ 33.1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลน้ำ ผลปูน

Admixture : LIGNOSITE 458 (TYPE D)

f_c' 210 KSC
MAXIMUM SIZE 1"
FM Sand 3.48 - [illegible]
ปูนซีเมนต์ ทราอวลัน (TYPE III) 2.3 - 3.2

Admixture ไม่ใช้	Admixture ใช้	Rate lb/cement 50kg	อัตราส่วน	SLUMP (นิ้ว)	Flow (ซม.)	น้ำหนัก (กก/ม³)	Cement (กก/ม³)	ผลน้ำ %	ความชื้น (กก)	Setting time เริ่มต้น : หลัง		กำลังรับ ที่ 6"×12" (KSC)		
										Initial	Final	1 วัน	2 วัน	3 วัน
✓		-	1 : 3.20 : 3.13 w/c 0.68	4	20.35	199	292.6	-	-	3:40	4:55	151.60	205.83	232.34
	✓	0.45 ลิตร	1 : 3.82 : 3.73 w/c 0.68	4 2/8	19.95	175.12	257.5	12	35.1	7:25	8:55	157.39	214.74	249.53
	✓	0.50	1 : 3.82 : 3.73 w/c 0.68	5	20.53	175.12	257.5	12	35.1	8:25	9:55	155.02	206.96	262.15

บรรณานุกรม

1. วินิต ช่อวิเชียร : คอนกรีตเทคโนโลยี่ พ.ศ. 2529

2. พิภพ สุนทรสมัย : ปฏิบัติการงานคอนกรีต พ.ศ. 2528

3. เอกสาร "เรื่องของคอนกรีต" ของบริษัทชลประทานซิเมนต์ จำกัด

4. เอกสาร "เทคนิควิทยาคอนกรีต" ของบริษัท ปูนซิเมนต์นครหลวง จำกัด

5. เอกสาร "คุณสมบัติของสารผสมเพิ่ม" ของบริษัท ยูเนี่ยน แอสโซซิเอท จำกัด

6. Oechard, D.F. : Concrete Technology, 2nd. Ed., John Wiley, New York, 1962.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้