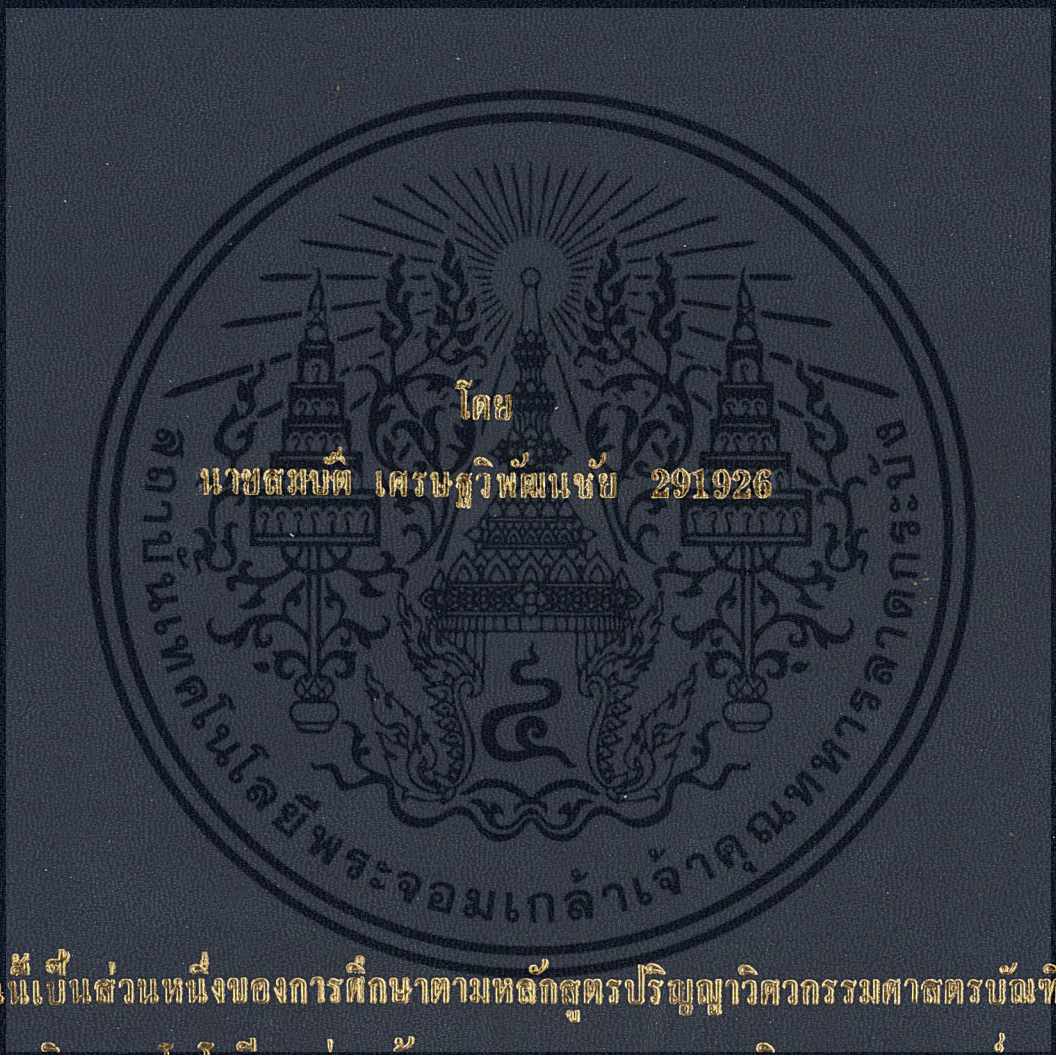
โครงงานวิจัย
การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำประเภทต่างๆผสมคอนกรีต



โดย
นายสมบัติ เศรษฐวิพัฒนชัย 29926

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2532

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำการทดลองครั้งนี้
และขอขอบพระคุณเป็นพิเศษ สำหรับ ผศ.ดร.วิไลวรรณ อุทุมพฤกษ์พร
ที่ให้ความรู้ในการหาค่าความเค็มของน้ำทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
027107

หน้าอนุมัติ

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

.....

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

กรรมการวัดผล ..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. เกษม อมันตกุล)

..... กรรมการ

(อ. สุรัตน์ หวังเจริญ)

..... กรรมการ

(อ. สุพจน์ ศรีนิล)

..... กรรมการ

(ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ)

..... กรรมการ

(อ. ชำนวย พาณิชย์กุลพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าอนุมัติ (ต่อ)

..... กรรมการ

(ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ)

..... กรรมการ

(อ. ศิลป์ชัย จานสุวรรณ)

..... กรรมการ

(อ. วิบูลย์ วุฒิญาณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
1. บทนำ	1
2. เรื่องของคอนกรีต	2
3. ความสำคัญของน้ำที่มีต่อคอนกรีต และคุณสมบัติของน้ำที่ผสมคอนกรีต	8
4. การหา MIXED DESIGN	33
5. ข้อมูลวัสดุการทดลอง	34
6. ผลการทดลอง	38
7. สรุปผล	63
8. ภาพประกอบ	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

1. บทนำ

ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของคอนกรีตประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของซีเมนต์ อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ โดยเฉพาะอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์นั้น โดยทั่วไป จะคำนึงถึงแต่น้ำหนักของน้ำและซีเมนต์ โดยไม่ได้คำนึงถึงคุณสมบัติของน้ำ ซึ่งทำให้คอนกรีตเท่าที่ควร ในการก่อสร้าง ถ้าหากสนามงานอยู่ที่ห่างไกลไม่อาจหาน้ำที่สะอาดบริสุทธิ์มาผสมคอนกรีตได้ อาจต้องใช้น้ำที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นนั้น ๆ ซึ่งอาจจะเป็นน้ำสระ , คลอง จึงจำเป็นต้องรู้ว่า น้ำดังกล่าวเหมาะสมที่จะนำมาผสมคอนกรีตหรือไม่ หรือต้องมีการปรับปรุง w/c ratio เพื่อให้ได้ STRENGTH ที่กำหนด การทำ PROJECT ชิ้นนี้จะเน้นถึงคุณภาพและประเภทของน้ำต่าง ๆ ที่นำมาผสมคอนกรีต กล่าวคือการทดลองนี้ได้นำเอาน้ำประเภทต่าง ๆ 5 ประเภท ได้แก่ น้ำบาดาล , น้ำสระ , น้ำดื่มบริสุทธิ์ , น้ำทะเล , น้ำฝน มาผสมโดยใช้ w/c retio เท่ากัน เมื่อทำการทดลองจะบันทึกค่า SLUMP , STRENGTH คอนกรีตบ่มในน้ำที่อายุ 7, 14, 28 วัน และคอนกรีตที่ไม่ได้บ่มในน้ำ อายุ 28 วัน ของน้ำแต่ละประเภทเพื่อศึกษาถึงความแข็งแรงของคอนกรีตดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2 เรื่องของคอนกรีต

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ผู้ตรวจงานควรจะมีความรู้เรื่องเกี่ยวกับคอนกรีตเป็นอย่างดี นั่นคือควรจะรู้ว่าจะทำอย่างไรและเหตุใดจึงทำเช่นนั้นบทนี้จะกล่าวถึงหลักเบื้องต้นของคอนกรีต ซึ่งเกี่ยวกับงานของผู้ตรวจงานโดยเฉพาะ ถ้าต้องการจะศึกษาถึงหลักการและวิธีการปฏิบัติโดยละเอียดจริง ๆ แล้วก็ควรอ่านหนังสืออ้างอิงที่ 4, 18, 26 และ 32

ชนิดและประโยชน์ของคอนกรีต

งานคอนกรีตส่วนมาก อาจแยกได้เป็นงานที่ต้องเข้าแบบ งานแผ่นพื้นหรืองานคอนกรีตหลา งานที่ต้องเข้าแบบเช่น คาน เสาอาคาร กำแพง องค์อาคารโค้งและอุโมงค์ ซึ่งมักจะทำเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ช่องว่างที่จะเทคอนกรีตย่อมจะถูกจำกัดลงไป และการแต่งผิวจะต้องกระทำหลังจากถอดแบบแล้ว ส่วนผิวถนนและแผ่นพื้นมีผิวหน้าซึ่งไม่ต้องใช้แบบหล่อ แต่จะต้องแต่งผิวและป้องกันผิวทันทีหลังจากเทคอนกรีตแล้ว สำหรับคอนกรีตหลาเช่นเขื่อน ตอม่อกลางน้ำและฐานรากมีผิวที่จะต้องใช้แบบหล่อและเปิดเผยเพียงส่วนน้อย แต่จะต้องคำนึงถึงการเกาะยึดระหว่างชั้นต่อชั้นของคอนกรีตที่เทและความร้อนที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาของซีเมนต์กับน้ำ ในคู่มือเล่มนี้จะกล่าวถึงคอนกรีตชนิดธรรมดาทั้งสามชนิด พร้อมด้วยคำอธิบายพิเศษเท่าที่จำเป็นเพื่อให้คลุมถึงส่วนที่แตกต่างออกไปจากกรณีทั่ว ๆ ไป

เกณฑ์กำหนดของคอนกรีต

เกณฑ์กำหนดหลักของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วก็คือ จะต้องมีกำลังตามที่ต้องการ จะต้องสม่ำเสมอ น้ำไม่ซึม และทนทานต่อลมฟ้าอากาศ ความสึกหรอและตัวทำลายอื่น ๆ จะต้องไม่หดตัวมากเกินไปเมื่อถูกความเย็นหรือความแห้ง ในบางกรณีอาจจะต้องมีเกณฑ์กำหนดสำหรับคอนกรีตเป็นพิเศษเช่นกำหนดให้คอนกรีตทนทานต่อไฟและสารเคมีได้หรืออาจให้มีน้ำหนักเบา หรือต้องเรียบเป็นพิเศษ หรือต้องการให้มีผิวพรุนตามความประสงค์ ไม่ว่าในกรณีใด ๆ ก็ตามความรู้เบื้องต้นในเรื่องธรรมชาติของคอนกรีตจะช่วยให้ผู้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์กำหนดทุกประการและทำให้ผู้ตรวจงานสามารถรับผิดชอบได้เต็มที่ ผลสรุปเกี่ยวกับเรื่องนี้จะได้กล่าวในหน้าต่อไปนี้

ธรรมชาติของคอนกรีต

คอนกรีตซึ่งผสมใหม่ ๆ และยังเหลวพอเทได้อยู่นั้น ส่วนที่เป็นของแข็งทั้งหมดรวมทั้งซีเมนต์จะลอยตัวอยู่ในน้ำชั่วคราว อนุภาคเล็ก ๆ แต่ละเม็ดจะถูกคั่นด้วยน้ำเป็นชั้นบาง ๆ การแยกตัวของอนุภาคนี้และผลของการหล่อลื่นของชั้นน้ำรวมทั้งแรงยึดระหว่างอนุภาคที่ละเอียดที่สุด ทำให้ส่วนผสมมีลักษณะเหลวพอเทได้ดี

เพื่อความสะดวกจะขอแยกคอนกรีตออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือเพสท์ และมวลที่เป็นแร่ธาตุอนุภาคแต่ละชิ้นของมวลจะฝังตัวและถูกหุ้มด้วยเพสท์ปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดเท่ากับปริมาตรของเพสท์ บวกกับปริมาตรของมวล และปริมาตรของอากาศที่อยู่ในช่องว่าง

ปริมาณอากาศ

ในคอนกรีตจะมีอากาศอยู่ด้วยเสมอแม้จะทำให้คอนกรีตแน่นอย่างไรก็ตาม ปกติคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วจะมีอากาศอยู่ไม่ถึง 2% โดยปริมาตร เมื่อกำหนดให้ความข้นเหลวของส่วนผสมและขนาดคละของมวลมีจำนวนคงที่ ปริมาณอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นหากซีเมนต์หรือส่วนละเอียดอื่น ๆ ในส่วนผสมลดลง แต่ถ้าอัตราส่วนผสมและคุณสมบัติของมวลคงที่ เมื่อปริมาณอากาศในคอนกรีตสูงขึ้นคอนกรีตจะกระด้างขึ้น อากาศในคอนกรีตมีลักษณะเป็นช่องว่างกระจายอยู่ทั่วไป ช่องว่างเหล่านี้ประมาณเท่าขนาดของเมล็ดทรายละเอียด และช่องว่างนี้แลคงลักษณะของส่วนผสมที่เหลวพอเทได้นั่นคือเป็น *ช่องว่างอากาศตามธรรมชาติ*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากช่องว่างอากาศตามธรรมชาติแล้ว อาจทำให้คอนกรีตมีช่องว่างเพิ่มขึ้นโดยการใช้สารกระจายกักฟองอากาศ ซึ่งสารผสมคอนกรีตสารเหล่านี้จะทำให้เกิดช่องว่างรูปทรงกลมเป็นจำนวนนับไม่ถ้วน ช่องว่างเหล่านี้จะอยู่ในซีเมนต์เพสท์และมีขนาดเทียบเท่ากับเม็ดซีเมนต์ขนาดใหญ่

ช่องว่างอากาศนี้ จะทำให้ส่วนผสมเหลวพอเทได้ดี เพราะว่าปริมาตรของอากาศจะทำให้ปริมาตรของเพสท์เพิ่มขึ้น ซึ่งจะลดอัตราการแยกตัวของอนุภาคของมวลด้วย ยิ่งกว่านั้นแรงดึงผิวรอบ ๆ ช่องว่างจะเพิ่มแรงเกาะยึดของเพสท์ให้สูงขึ้น จะเห็นผลได้ชัดเมื่อใช้สารกระจายกักฟองอากาศเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศให้มากขึ้น

จะได้กล่าวในตอนต่อไปว่า อากาศที่เกิดจากสารกระจายกักฟองอากาศนั้น ในบางกรณีจะช่วยให้คอนกรีตทนทานต่อการเยือกแข็งของน้ำได้ดี

การทรุดตัว

เมื่อเทคอนกรีตใหม่ ๆ และยังไม่ถูกกระเทือนเลย ส่วนที่เป็นของแข็งจะค่อย ๆ ทรุดตัวผ่านน้ำลงมาทำให้เหลือน้ำใส ๆ บนผิว กระบวนการที่เหลือน้ำไว้ให้เห็นนี้เรียกว่า "การเยิ้ม" เนื่องจากผลของการทรุดตัวทำให้พวกที่เป็นของแข็งซึ่งอยู่ส่วนล่างขององค์อาคารอัดกันแน่นขึ้น ในระหว่างนี้ส่วนที่อัดแน่นจะค่อยหนาขึ้น ๆ จนกระทั่งถึงผิวบน หรือจนกระทั่งหยุดทรุดตัวเนื่องจากซีเมนต์เพสท์แข็งตัว ในกรณีหลังส่วนบนของคอนกรีตจะแน่นน้อยกว่าส่วนล่าง หมายความว่ายังคงมีปริมาณน้ำสูงอยู่ เนื่องจากการทรุดตัวนี้คอนกรีตซึ่งแข็งตัวแล้วจะมีประมาตรน้อยกว่าเมื่อยังไม่แข็งเล็กน้อย (*ในการประมาณปริมาตรที่ได้จากการผสมควรจะพิจารณาถึงความแตกต่างข้อนี้ด้วย*) การทรุดตัวหรือการเยิ้มขึ้นอยู่กับความเสียดทานต่อแบบหล่อ อุณหภูมิและโดยเฉพาะก็คือ องค์ประกอบและความข้นเหลวของส่วนผสม

ถ้ามวลแต่ละก้อนถูกแยกด้วยเพสท์อย่างมีระเบียบดีตั้งแต่ตอนแรก เช่น ในส่วนผสมที่ใช้ซีเมนต์มาก การอัดแน่นโดยการทรุดตัวจะหยุดเมื่ออนุภาคของแข็งในเพสท์เข้ามาชิดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมดาการแยกตัวของมวลแต่ละก้อน (*ทั้งหยาบและละเอียด*) ในตอนแรกเกิดขึ้นเมื่อก้อนนั้น ๆ แตะกันแบบปลายต่อปลายก่อนที่การอัดแน่นของอนุภาคในเพสท์จะเสร็จสิ้นลง เมื่อเป็นเช่นนี้การทรุดตัวของคอนกรีตทั้งหมดก็จะหยุด แต่การทรุดตัวของอนุภาคในเพสท์จะยังคงดำเนินต่อไปภายในโพรงเล็ก ๆ หรือเซลล์ ซึ่งเกิดจากการที่อนุภาคมวลเชื่อมโยงต่อกันตลอดทั้งเนื้อคอนกรีต การทรุดตัวที่ยังคงดำเนินอยู่นี้จะเป็นเหตุให้เกิดรอยร้าวเล็ก ๆ ระหว่างเพสท์และส่วนล่างของอนุภาคของมวล รอยร้าวเล็ก ๆ นี้จะลดความแข็งแรงของคอนกรีตลงมากและยังทำให้น้ำซึมได้มากขึ้นด้วย แต่ตามปกติก็ไม่ร้ายแรงอะไร

ฉะนั้นหลังจากเทคอนกรีตแล้ว คอนกรีตสดจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสภาพเดิมเป็นสภาพที่ไม่ค่อยจะสม่ำเสมอจนกระทั่งเกิดการก่อตัวขึ้น โดยปกติปริมาณของการเปลี่ยนแปลงนี้น้อยมากเป็นพิเศษ ผู้คำนวณหาส่วนผสมก็ควรจะหาวิธีแก้ไขเสีย

เรื่องการทรุดตัวเท่าที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับคอนกรีตที่มีช่องว่างอากาศตามธรรมชาติเท่านั้น แต่ถ้าใช้การกระจายกักฟองอากาศ กระบวนการทรุดตัวจะเปลี่ยนไป โดยเฉพาะอัตราการทรุดตัวจะลดลงมาก การลดอัตราการทรุดตัวลงนี้ บางทีก็ทำให้น้ำเยิ้มระเหยหมดไปในทันทีที่เยิ้มออกมาฉะนั้นการใช้วิธีกระจายกักฟองอากาศจะเป็นการขจัดการเยิ้มไปด้วยในตัว อากาศที่กักกระจายนั้นไม่ค่อยมีผลกระทบกระเทือนต่อปริมาณการทรุดตัวทั้งหมดเท่าใดนัก แต่บางทีก็อาจทำให้การทรุดตัวช้าลงจนซีเมนต์เพสท์แข็งตัวเสียก่อน ซึ่งทำให้การทรุดตัวหยุดเสียกลางคันก่อนที่จะทรุดเสร็จ หมายความว่าอากาศที่กักกระจายนั้น จะลดทั้งปริมาณและอัตราการทรุดตัวของคอนกรีต

โดยปกติการขจัดการเยิ้มเป็นสิ่งที่ควรทำอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะว่าการเยิ้มทำให้การแต่งผิวทำได้ช้าลง เนื่องจากการแต่งผิวนี้ไม่ควรทำในขณะที่ผิวยังเปียกโชกอยู่ ถ้ารู้สึกว่าผิวจะแห้งเร็วเกินกว่าที่จะแต่งได้ทันก็อาจใช้ผ้าพลาสติกคลุมหรือใช้เครื่องพ่นละอองน้ำช่วยก็ได้ ปกติควรเตรียมแผนงานให้ดีเพื่อให้สามารถดำเนินการแต่งผิวได้โดยเร็ว การเยิ้มมักทำให้เกิดรอยแยกข้างใต้ของก้อนมวลซึ่งจะทำให้เสียกำลังและความสามารถต้านทานการซึมลงอย่างมาก นอกจากจะทำการเขย่าคอนกรีตซ้ำ แต่ทั้งนี้คอนกรีตต้องอยู่ในระยะที่ยังสามารพเขย่าให้เหลวและมีความสามารถเทได้ดีแม้ว่าในทางทฤษฎีการเยิ้มจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถลดอัตราส่วน น้ำ/ซีเมนต์ ลงได้ ซึ่งหมายความว่าควรจะทำให้คุณภาพของคอนกรีตดีขึ้น แต่จากที่ได้พิจารณามาโดยละเอียดแล้วเห็นว่าการเยิ้มไม่ได้ก่อประโยชน์แต่อย่างใด การใช้วิธีกระจายกักฟองอากาศมักจะลดการเยิ้มลงได้ประมาณครึ่งหนึ่ง และการใช้พอสโซลานก็สามารถลดการเยิ้มได้มากเช่นเดียวกัน

ในบางกรณีโดยเฉพาะเมื่อเกิดสภาวะแห้งแล้งอย่างรุนแรง การเยิ้มอาจยังคงดำเนินอยู่ข้างใต้ของผิวคอนกรีตที่แบนราบซึ่งผิวบนได้แห้งพอที่จะแต่งด้วยเกรียงได้แล้ว ผิวดังกล่าวนี้อาจแตกร่อนในภายหลังเนื่องจากการเยิ้มของคอนกรีตข้างใต้ซึ่งยังคงอยู่ในสภาพเหลวพอควร ทำให้เกิดน้ำเป็นชั้นบาง ๆ คั่นกลางอยู่ ในกรณีเช่นนี้การกระจายกักฟองอากาศอาจช่วยได้โดยลดน้ำเยิ้มลงซึ่งมิฉะนั้นแล้วจะทำให้ใต้ผิวคอนกรีตแห้งช้ากว่าผิวบน การใช้สารผสมหน่วงก็มักจะให้ผลในทำนองเดียวกันเนื่องจากสารผสมเหล่านี้ช่วยทำให้การก่อตัวของคอนกรีตช้าลง ทั้งนี้คงเนื่องมาจากผลของอากาศที่ได้จากสารผสมหน่วงซึ่งมีลิกนินผสมอยู่ การใช้สารผสมหน่วงที่มีอยู่ในปัจจุบันหรือไม่ใช้ก็ตามทำให้คอนกรีตสูญเสียความเหลว (*หรือการยุบ*) ได้พอ ๆ กัน แม้ว่าคอนกรีตที่ใช้สารผสมหน่วงจะทำให้การก่อตัวแรกเริ่มและการก่อตัวเสร็จช้าลง ซึ่งทำให้สามารถเขย่าคอนกรีตซ้ำในเวลาช้ากว่าปกติได้หลังจากเทเสร็จเรียบร้อยแล้ว

องค์ประกอบของเพสท์

เนื่องจากเพสท์เป็นตัวหุ้มและกันอนุภาคของมวลแต่ละเม็ดให้ออกห่างจากกัน กำลังของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับกำลังของเพสท์นั้นเอง เพสท์จะป้องกันไม่ให้มวลรวมขัดกัน และดังนั้นจึงไม่ได้ช่วยให้คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีกำลังสูงขึ้นแต่อย่างใด หน่วยแรงต่าง ๆ ก็ดีน้ำที่ไหลซึมก็ดี หรือสิ่งประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับลมฟ้าอากาศก็ดีจะต้องกระทำผ่านเพสท์นี้ สารประกอบบางอย่างในเพสท์ที่แข็งตัวแล้วนี้อาจจะละลายน้ำได้ และอัตราการละลายส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเพสท์ถ้าเพสท์ยิ่งแน่นอัตราการละลายก็ยิ่งช้าลง ฉะนั้นเพสท์จะต้องแข็งแรงและแน่น โดยเฉพาะในงานคอนกรีตที่ต้องแช่น้ำอยู่ตลอดเวลา

กำลังและความแน่นของเพสท์ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับปริมาณแรกเริ่มของน้ำซึ่งบรรจุอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องว่างรอบเม็ดซีเมนต์และขึ้นอยู่กับขนาดของปฏิกริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำ ปริมาณน้ำซึ่งบรรจุในช่องว่างนี้ปกติระบุในรูปของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และต้องกำหนดให้มีการบ่มเพื่อเป็นหลักประกันว่าอย่างน้อยที่สุดจะต้องได้ปฏิกริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำตามที่ต้องการ

อัตราส่วนซีเมนต์ต่อน้ำนี้ เดิมมักระบุเป็นปริมาตรของน้ำเป็นลิตรต่อซีเมนต์หนึ่งถุงแต่ปัจจุบันใช้วิธีที่ดีกว่าคือระบุเป็นน้ำหนัก คือกิโลกรัมของน้ำต่อซีเมนต์หนึ่งกิโลกรัม

กระบวนการแข็งตัว

รายละเอียดของกระบวนการก่อตัวและแข็งตัวของซีเมนต์จะไม่กล่าวในที่นี้ ตามที่รู้กันอยู่แล้วว่า ผลที่ได้จากปฏิกริยาอันสำคัญก็คือ วัสดุที่ไม่มีรูปร่างแน่นอนอย่างหนึ่ง มีลักษณะคล้ายวุ้นที่เกิดจากน้ำและส่วนของเม็ดซีเมนต์ที่ละลาย ถ้ารักษาให้เพสท์ชื้นอยู่เสมอแล้ว กระบวนการนี้ซึ่งหมายถึงส่วนผสมของซีเมนต์และส่วนของวุ้นที่ตกตะกอนจะดำเนินต่อไปจนกระทั่งไม่มีซีเมนต์เหลืออีก หรือจนกระทั่งช่องว่างทั้งหมดในเพสท์เต็มไปด้วยสารที่เกิดจากปฏิกริยานั้นทั้งหมดแล้ว ในส่วนผสมคอนกรีตธรรมดา ซีเมนต์จะเป็นตัวจำกัดขอบเขตของกระบวนการ

ถ้าไม่รักษาให้เพสท์นั้นชื้นอยู่ตลอดเวลา ปฏิกริยาของซีเมนต์กับน้ำจะหยุดเมื่อน้ำได้ระเหยหนีออกจากเพสท์หมดแล้ว ฉะนั้น การบ่มให้เพียงพอนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก

ยังไม่มีการกำหนดปริมาณของน้ำต่อหน่วยของซีเมนต์สำหรับการแข็งตัวที่พอเหมาะของซีเมนต์เพสท์ เพียงแต่ให้เพสท์นั้นอยู่ในสภาพอิ่มตัวหรือใกล้จะอิ่มตัวอยู่เสมอก็พอแล้ว

เวลาที่ต้องการสำหรับการทำปฏิกริยาของซีเมนต์กับน้ำอย่างสมบูรณ์นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม ชนิดของซีเมนต์และอุณหภูมิโดยรอบบริเวณและสำหรับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ต่ำกว่า 0.55 โดยน้ำหนักจะขึ้นกับการให้น้ำจากภายนอกด้วย ถ้าบ่มคอนกรีตที่ใช้กันตามธรรมดาเป็นเวลาหนึ่งเดือนโดยให้อยู่ในสภาวะมาตรฐานของห้องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 ความสำคัญของน้ำที่มีต่อคอนกรีตและคุณสมบัติของน้ำที่ผสมคอนกรีต

ปกติน้ำที่พอจะหาได้มักจะมีคุณสมบัติเหมาะสมกับงานคอนกรีต ถ้าเป็นน้ำดื่มด้วยแล้วนับว่าใช้ได้ดี ตามธรรมดาจะต้องรู้ว่ามีสิ่งสกปรกใด ๆ ที่เป็นภัยอยู่ในน้ำบ้าง เช่น ด่าง พืชที่เน่าเปื่อย น้ำมัน น้ำโสโครก หรือปริมาณ silt ที่มากเกินไป น้ำที่สงสัยในคุณภาพควรจะส่งไปวิเคราะห์หรือทดสอบที่ห้องทดลอง หรือถ้ามีเวลาพอก็ควรจะทดสอบตัวอย่างคอนกรีตหรือมอร์ต้าที่ใช้น้ำนั้นผสมด้วย เพื่อเปรียบเทียบกำลังและความทนทานกับตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำที่ใช้ได้ดี

ข้อกำหนดส่วนมากมักจะระบุให้วัดปริมาณน้ำผิดได้ไม่เกิน 1% ปกติใช้วัดปริมาณน้ำตามปริมาตร โดยใช้ถังที่แบ่งเทียบไว้ แม้ว่าบางทีอาจจะใช้วิธีชั่งหรือใช้เครื่องวัดก็ได้ ถังน้ำหรือเครื่องวัดนั้น ๆ ควรจะแบ่งเทียบโดยการวัดหรือชั่งปริมาณตัวอย่างน้ำที่ปล่อยออกมาโดยตั้งเครื่องไว้ต่าง ๆ กัน (การใช้ยางในรถตัดให้เป็นท่อน้ำต่อเข้าในถังขนาด 19 ลิตร (50 แกลลอน) นับว่าใช้ได้ดีในการเก็บตัวอย่างน้ำ) เพื่อให้ได้ความแน่นอนในการวัดปริมาณอาจใช้วิธีง่าย ๆ คือ ใช้ถังสองใบแทนที่จะเป็นใบเดียว เพื่อการวัดนั้นจะได้ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำ ไม่ควรให้น้ำรั่วเข้าไปในท่อซึ่งต่อไปยังเครื่องผสมเป็นอันขาด ทั้งนี้จะโดยจากเครื่องวัด หรือจากข้อต่อหรือลิ้นปิดเปิดใด ๆ ก็ตาม และไม่ควรมีลิ้นที่ปล่อยน้ำที่ไม่ได้ตวงให้ไหลเข้าไปในเครื่องผสมจากถังน้ำที่กำลังบรรจุหรือกำลังปล่อยน้ำออก

ถ้าหากเครื่องผสมไม่อยู่ในแนวระดับตลอดเวลา เช่น ในกรณีเครื่องผสมทำพื้นถนนซึ่งต้องเคลื่อนที่ไปบนพื้นดินแล้ว ควรจะแบ่งเทียบถังน้ำตามลาดและค่อย ๆ เอียงขึ้น ๆ จนถึงขีดสุดที่อาจจุเอียงขึ้นถึงได้ ถังน้ำควรจะเป็นแบบที่ค่าซึ่งอ่านได้ไม่ถูกกระทบกระเทือนจากการเปลี่ยนแปลงความลาดตามธรรมดา เช่น ถังรูปทรงกระบอกตั้งในแนวดิ่งและมีช่องปล่อยน้ำออกแบบกาลักน้ำอยู่ตรงกลาง

ปกติมักนิยมใช้น้ำมากในการผสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการไหลของคอนกรีต ซึ่งไม่ควรยอมให้ทำเช่นนั้นเป็นอันขาด เพราะจะทำให้กำลังและคุณภาพของคอนกรีตด้อยลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ดีถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันเกี่ยวกับวัสดุอันจะทำให้การยุบน้อยลงแม้จะใช้ปริมาณน้ำซึ่งตวงไว้อย่างพอดีก็ตาม ก็อาจจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณน้ำเข้าไปอีกเพื่อให้ได้ความข้นเหลวตามที่ต้องการถ้าจะให้ดีควรตวงน้ำที่เพิ่มพิเศษนี้ไว้ด้วย แต่สำคัญที่ว่าน้ำที่จะเติมลงไปในเครื่องผสมนั้น ต้องกระจายไปให้ทั่วถึง เพื่อจะได้รวมกับส่วนผสมได้โดยเร็วและทั่วถึง และจะต้องเพิ่มเวลาผสมให้พอเพียงด้วยการที่จะเติมน้ำเข้าไปในเครื่องผสมเฉย ๆ เพียงเพื่อประสงค์จะเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของคอนกรีต ซึ่งเดิมก็กำลังพอดีอยู่แล้ว ไม่ควรให้กระทำเป็นอันขาด โดยเฉพาะเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์อยู่ในพิกัดที่กำหนดไว้แล้ว

น้ำผสมคอนกรีต (concrete mixing water)

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องไม่มีสารซึ่งจะเป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือเหล็กเสริม เช่น ฝุ่นแขวนลอย สารอินทรีย์ และปฏิกูล หรือมีความเป็นกรด เป็นด่าง หรือมีเกลือแร่มากเกินไป การก่อสร้างในเมืองจะไม่มีปัญหาในเรื่องน้ำเพราะใช้น้ำประปา แต่สำหรับการก่อสร้างที่ห่างไกลตัวเมืองมาก ๆ อาจต้องหาแหล่งน้ำสำหรับผสมคอนกรีต

วิธีดูว่าน้ำในแหล่งน้ำนั้น ๆ ใช้ผสมคอนกรีตได้หรือไม่อย่างง่าย ๆ ก็ดู

- ความสะอาด น้ำจะต้องไม่มีสารเน่าเปื่อย ปฏิกูล หรือตะไคร่น้ำ
- สี น้ำจะต้องใส ถ้ามีสีแสดงว่ามีฝุ่นแขวนลอยต่าง ๆ มาก
- กลิ่น น้ำต้องไม่มีกลิ่นเน่า ถ้ามีกลิ่นก็มักมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก
- รส น้ำต้องไม่มีรสถ้ามีรสกร่อยหรือเค็มแสดงว่าน้ำมีเกลือแร่อยู่มาก

วิธีดูแหล่งน้ำสำหรับผสมคอนกรีตที่แน่นอนเชื่อถือได้และใช้ปฏิบัติกันก็คือ ถ้าแหล่งน้ำนั้นชาวบ้านใช้ดื่มได้ก็ใช้ผสมคอนกรีตได้

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องสะอาด มีความขุ่นไม่เกิน 2,000 ppm. (ส่วนในล้าน) ปราศจากกรด ด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่น ๆ ในปริมาณที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือเหล็กเสริม โดยปกติน้ำประปาและน้ำจืดตามธรรมชาติส่วนใหญ่ ซึ่งไม่มีส่วนผสมของน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากอาคารบ้านเรือนหรือจากโรงงานอุตสาหกรรมถือว่ามีคุณภาพดีพอสำหรับงานคอนกรีต ในกรณีที่สงสัย ให้ทำแท่งทดสอบโดยใช้น้ำที่สงสัยและเปรียบเทียบกำลังอัด (ที่อายุ 7 และ 28 วัน) ของอย่างน้อย 90% ก็ถือว่าน้ำนั้นมีคุณภาพดีพอ

หน้าที่ของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต คือ

1. ทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียกเพื่อปูนซีเมนต์จะเข้าเกาะโดยรอบและแข็งตัวยึดให้ติดกันได้

2. ทำหน้าที่หล่อลื่นในวัสดุทั้ง 3 อย่างนี้เกิดความเหลว สามารถเทและกระทุ้งหรือเขย่าเข้าแบบหล่อให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้

3. ทำหน้าที่เข้าผสมกับปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยาทางเคมีแล้วเกิดความร้อน ที่เรียกว่า heat of hydration ทำให้ผงซีเมนต์นั้นกลายเป็นวุ้น และเป็นซีเมนต์เหนียวซึ่งเป็นตัวประสานผิวระหว่างเม็ดของวัสดุผสม เกาะยึดกันแน่นเมื่อแข็งตัว

สารที่เจือปนอยู่ในน้ำ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการก่อตัวและกำลังของคอนกรีตได้แก่ ฝุ่นหรือผง (Silt) น้ำมัน กรด ด่าง เกลือด่าง สารอินทรีย์ต่าง ๆ น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น สารต่าง ๆ เหล่านี้ยอมให้เจือปนอยู่ในน้ำได้ไม่เกินกว่าปริมาณที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณที่ยอมให้ของเจือปนในน้ำ

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

คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต ถ้ามีโซเดียมคาร์บอเนตผสมอยู่เป็นปริมาณมาก จะทำให้คอนกรีตแข็งตัวเร็วเกินไปหรือถ้ามีโซเดียมและโปแตสเซียมไบคาร์บอเนตเกินกว่า 0.01% จะทำให้กำลังของคอนกรีตลอต่ำลง และระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับจำนวนไบคาร์บอเนต ยอมให้มีคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตผสมอยู่ได้ไม่มากกว่า 1,000 ppm. (0.1%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือของแร่เหล็ก (Iron Salt) ถ้ามีน้อยกว่า 4% หรือ 40,000 ppm. จะไม่ทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงแต่อย่างใด

เกลือของแมกนีเซียม(Mg) ดีบุก(Sn) สังกะสี(Zn) ตะกั่ว(Pb) ทองแดง(Cu) มีผลกระทบต่อระยะเวลาการก่อตัวและกำลังของคอนกรีตจะลดลงย่อมให้มีได้ไม่เกิน 500 ppm.

โซเดียมคลอไรด์และซัลเฟต น้ำที่มีโซเดียมคลอไรด์ปนอยู่ไม่เกินกว่า 20,000 ppm. อาจใช้ผสมทำคอนกรีตได้ ส่วนน้ำที่มีโซเดียมซัลเฟตปนอยู่ 0.5% จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดต่ำลง 4% แต่ถ้ามีปนอยู่ 1% จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงไปถึง 10% หากมีปนอยู่มากกว่า 1% (10,000 ppm) จะทำให้คอนกรีตมีกำลังลดลงไปมากและไม่ควรนำมาใช้ผสมคอนกรีต

น้ำทะเล ที่มีความเข้มข้นของเกลือ ($NaCl$, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, $CaCl_2$) ละลายอยู่ไม่เกิน 35,000 ppm. (3.5%) สามารถใช้ผสมทำคอนกรีตได้แต่จะทำให้กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตลดลง 10-20% แต่ถ้ามีปนอยู่ 5% จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลง 30% โดยคอนกรีตจะให้กำลังแข็งแรงเร็วในระยะแรกและจะลดลงเมื่อมีอายุได้ 28 วันถ้าสามารถหาน้ำจืดมาใช้ผสมคอนกรีตได้ ก็ไม่ควรใช้น้ำทะเลในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งนี้เพราะเหล็กเสริมจะเป็นสนิมและผุเร็ว ในงานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในน้ำทะเลควรมีคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมหนาไม่น้อยกว่า 7 ซม. ในงานคอนกรีตอัดแรงไม่ควรใช้น้ำทะเลหรือน้ำที่สารคลอไรด์ผสมคอนกรีตเพราะเหล็กเสริมที่ใช้จะเป็นสนิมโดยง่ายถ้าถูกกับสารคลอไรด์

สำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการจะอวดผิวหน้าหรือจะทาสีหรือจะฉาบปูนหรือจะทำงานประดับอื่น ๆ อีก ไม่ควรใช้น้ำทะเลเป็นส่วนผสมเพราะอาจเกิดความชื้นและขี้เกลือขึ้นได้

กรดและด่าง น้ำที่มี HCl และ H_2SO_4 หรือกรดอื่น ๆ เจือปนอยู่ไม่เกิน 10,000 ppm. สามารถนำมาใช้ผสมทำคอนกรีตได้ โดยไม่ทำให้กำลังของคอนกรีตเสียไป น้ำที่มี NaOH รวมอยู่ 0.5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ก็จะไม่ทำให้กำลังของคอนกรีตลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำโสโครก มีอันตรายต่อคอนกรีต น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีตะกอนประมาณ 4,000 ppm. อาจทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลงได้ถึง 10% ยอมให้มีน้ำโสโครกได้ไม่เกิน 400 ppm.

น้ำตาล ถ้ามีน้ำตาลละลายปนอยู่ประมาณ 0.03-0.15% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์จะทำให้การก่อตัวช้าลง แต่ถ้ามีปนอยู่มากกว่า 0.2% จะทำให้การก่อตัวกลับเร็วขึ้น ยิ่งถ้ามีมากกว่า 0.25% การก่อตัวก็จะยิ่งเร็วขึ้นมากและกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 28 วัน จะลดลง

น้ำมัน ในบางครั้งอาจมีน้ำมันปนอยู่ในน้ำ ซึ่งจะทำให้คุณภาพของคอนกรีตเสียไปถ้าเป็นน้ำมันปิโตรเลียมบริสุทธิ์ โดยไม่มีน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์เจือปนอยู่ด้วย อาจจะไม่ทำให้กำลังของคอนกรีตผิดไป แต่อย่างไรก็ดีถ้าน้ำมันปิโตรเลี่ยมผสมอยู่ในน้ำมากกว่า 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ คอนกรีตจะมีกำลังลดลงมากกว่า 20%

**ตะไคร่น้ำ* มีผลเสียอย่างมากต่อกำลังและการยึดเหนี่ยวของคอนกรีตและทำให้เกิดช่องว่างและรูพรุนในคอนกรีต ยอมให้มีได้ไม่เกินกว่า 1,000 ppm.

ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตขึ้นอยู่กับส่วนผสมและคุณสมบัติของหิน ทรายและซีเมนต์ คอนกรีตจะแข็งแกร่ง ทนทาน มีรูโพรงหรือแน่นทึบก็ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใส่ลงไป ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตโดยมากจะบอกเป็นอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนัก ถ้าใส่น้ำมากเกินไปคุณภาพของคอนกรีตก็จะเลวลง เนื่องจากน้ำที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาเคมีกับซีเมนต์ระเหยออกไปเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ทำให้เกิดเป็นโพรงช่องว่างในเนื้อคอนกรีตจึงมีกำลังความแข็งแรงในด้านต่าง ๆ น้อยลง

น้ำที่ต้องการใช้จริง ๆ เพื่อผสมกับปูนซีเมนต์ให้แข็งได้นั้นมีปริมาณน้อยกว่าที่ใช้ในการผสมคอนกรีตสำหรับใช้เทเข้าแบบมากแต่ถ้าจะใช้น้ำเพียงแต่พอความต้องการของปูนซีเมนต์ดังกล่าว คอนกรีตจะแห้งมากเกินไป จนไม่สะดวกในการที่จะเทลงแบบและกระทุ้งให้เป็นรูปได้ ฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำมากเกินกว่าที่ปูนซีเมนต์ต้องการจริง ๆ แต่ต้องไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลืมว่าถ้าใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นเท่าใด กำลังของคอนกรีตก็อ่อนลงไปตามลำดับปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างน้ำกับซีเมนต์อย่างเพียงพอและสมบูรณ์ต้องไม่น้อยกว่า 30% ของน้ำหนักของซีเมนต์ ในงานคอนกรีตบางอย่าง เช่น งานคอนกรีตเสริมเหล็กถ้ามีเหล็กมากจำเป็นต้องผสมคอนกรีตให้เหลวพอที่จะเทให้ลอดเข้าไปในระหว่างเหล็กได้ นั่นคือต้องใส่น้ำมากขึ้นและถ้าจะให้ได้กำลังคอนกรีตพอกับความต้องการ ต้องเพิ่มปูนซีเมนต์เข้าไปจำไว้เสมอว่าต้องทำให้ส่วนผสมเหลวพอกับความต้องการเท่านั้น อย่าทำให้เหลวมากเกินไป เพราะจะทำให้กำลังคอนกรีตลดลง หรือถ้าจะให้คงที่ก็ต้องเพิ่มปูนซึ่งเป็นการเปลืองโดยใช่เหตุ

น้ำสำหรับบ่มคอนกรีต (water for curing concrete)

น้ำที่มีสารเจือปน เช่น ฝุ่น (Silt) น้ำมันหรือเกลือผสมอยู่พอสมควรอาจใช้ในการบ่มคอนกรีตได้โดยไม่ทำให้เกิดรอยเปื้อนหรือสีบนผิวคอนกรีต น้ำที่มีกรดหรือสารอินทรีย์เจือปนจะต้องได้รับการตรวจสอบก่อนนำไปใช้ จะต้องระวังสารอินทรีย์พวกกรดแทนนิค (tannic acid) เกลือของแร่เหล็ก เพราะอาจก่อให้เกิดรอยเปื้อนเปรอะบนผิวคอนกรีต

น้ำสำหรับล้างวัสดุผสม (washing water)

การใช้น้ำที่มีสารเจือปน เช่นพวก ฝุ่น เกลือและสารอินทรีย์ต่าง ๆ ล้างวัสดุผสมให้สะอาดก่อนที่จะนำมาใช้ผสมทำคอนกรีตนั้น สารเจือปนเหล่านี้จะไปเคลือบอยู่บนผิวของวัสดุผสม และอาจเป็นสาเหตุให้เนื้อคอนกรีตผุกร่อน คอนกรีตแข็งตัวช้า หรือกำลังลดลง ฉะนั้นจึงควรเปลี่ยนน้ำที่ใช้ล้างวัสดุผสมบ่อย ๆ เพราะเท่าที่พอเห็น การล้างจะใช้บุ้งกี๋ซึ่งใส่ หิน กรวด ทรายและจุ้มลงไปในถัง จนน้ำในถังนั้นดำเป็นโคลนก็ไม่ค่อยเปลี่ยนน้ำกัน ดังนั้นแทนที่จะทำให้วัสดุนั้นสะอาด ก็กลับสกปรกขึ้นไปอีก ปริมาณของสารเจือปนที่ยอมให้มีอยู่ในน้ำสำหรับล้างวัสดุผสมนั้นไม่แน่นอน ควรใช้วิธีทดลองและเปรียบเทียบโดยใช้น้ำที่มีสารเหล่านี้เจือปน และน้ำสะอาดล้างวัสดุผสมที่จะใช้ผสมทำคอนกรีตแล้วเปรียบเทียบหาผลเสียหายว่าเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะพบว่าซีเมนต์จะทำปฏิกริยากับน้ำกว่า 80% อย่างไรก็ดีตามสภาพในสนามคอนกรีตจะแห้งภายในไม่กี่วัน หลังจากนั้นซีเมนต์ยังคงทำปฏิกิริยากับน้ำต่อไปได้โดยอาศัยน้ำที่ซึมมาจากใต้ดิน หรือจากความชื้นในขณะฝนตกหรือในขณะที่ความชื้นในอากาศสูง ดังนั้น ภายใต้ภาวะแวดล้อมธรรมดา การทำปฏิกิริยาของซีเมนต์กับน้ำจะยังคงมีต่อไปอีกหลายปีทีเดียว

อัตราการเพิ่มกำลังแตกต่างกับอัตราการทำปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิปกติปฏิกิริยาขั้นแรกจะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงขึ้นเล็กน้อย แต่ภายใต้สภาวะมาตรฐานในห้องทดลองพบว่าสำหรับซีเมนต์ชนิดที่ 1 และ 2 ประมาณครึ่งหนึ่งของกำลังอัดสูงสุดจะเกิดขึ้นภายในสัปดาห์แรก และประมาณสามในสี่ภายในเดือนแรก เนื่องจากกำลังคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการทำปฏิกิริยาของซีเมนต์ ดังนั้นถ้าคอนกรีตแห้งลงปฏิกิริยาของซีเมนต์ตลอดจนการเพิ่มกำลังจะหยุดทันทีในฤดูหนาวความแห้งอาจกลับมีประโยชน์ เพราะว่าคอนกรีตที่อิ่มตัวมักจะได้รับการเสียหายจากการเยือกแข็ง

ถ้าอุณหภูมิโดยรอบสูงขึ้นอัตราการทำปฏิกิริยาก็จะเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนั้นยังมีผลต่อคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของผลที่ได้จากปฏิกิริยานี้ด้วย อุณหภูมิโดยรอบยิ่งสูงผลก็จะมากขึ้นตาม แต่ที่อุณหภูมิธรรมดาผลที่ได้จากปฏิกิริยาของซีเมนต์จะเป็นในรูปของสารคล้ายวุ้นเป็นส่วนใหญ่ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะกลายเป็นผลึกขนาดเล็กจำนวนมาก อุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นเท่าไร ปริมาณ "วุ้น" ต่อหน่วยซีเมนต์ที่ทำปฏิกิริยาแล้วจะน้อยลงเท่านั้น

การเปลี่ยนแปลงของวุ้นที่เกิดจากอุณหภูมิสูง จะทำให้แรงอัดสูงสุดของคอนกรีตต่ำลงนอกจากนั้นยังลดการหดตัวอันเนื่องมาจากการแห้งของคอนกรีตอีกด้วย

การบ่ม

การบ่มตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดเป็นการกระทำเพื่อป้องกันรอยร้าวที่ผิวของคอนกรีตอันเนื่องจากการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ในขณะที่คอนกรีตยังมีลักษณะเหลวพอเทได้อยู่ และเป็นการทำให้ได้กำลังตามที่ต้องการด้วย ซีเมนต์ในคาน เสา และแผ่นพื้นที่ไม่อยู่ติดกับดินชั้นอาจจะหยุดกระทำปฏิกิริยากับน้ำทันทีหลังจากที่หยุดบ่ม ถ้าหากองค์อาคารอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่มไม่ถูกฝน ปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปได้ก็ต่อเมื่อมีความชื้นสูงกว่า 80% เท่านั้น ในทางตรงข้าม องค์หอาคารที่ติดกับดิน เช่น กำแพงกันดินและแผ่นพื้นถนน ปฏิกิริยาจะดำเนินไปด้วยดีโดยไม่ต้องมีการบ่มนานนัก สำหรับองค์อาคารเหล่านี้ จุดประสงค์อันสำคัญของการบ่มก็คือป้องกันการเสียน้ำเร็วเกินไป ซึ่งอาจเนื่องมาจากใต้ดินเดิมนั้นแห้งอยู่แล้วหรือโดยได้ความร้อนจากแสงอาทิตย์และลม และเพื่อให้ได้ความแข็งแรงในระยะแรกตามที่ต้องการด้วย

เพื่อให้อัตราการทำปฏิกิริยาเกิดสูงที่สุดในอุณหภูมิหนึ่ง เพสท์ของซีเมนต์ควรจะอยู่ในสภาพอิ่มตัวที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นจึงควรให้น้ำเพื่อชดเชยส่วนที่ระเหยไปจากผิว และเพื่อจะเติมน้ำที่หายไปจากรูพรุนอันเนื่องมาจากกระบวนการทางเคมีที่เรียกกันว่า " การแห้งในตัวเอง " (Selfdesiccation) สำหรับส่วนผสมธรรมดาปริมาณน้ำสำหรับเติมส่วนที่ขาดไปเนื่องจากการแห้งในตัวเองนี้มีประมาณ 2 ลิตร ต่อซีเมนต์หนึ่งถุง (50 ก.ก) ระหว่างสัปดาห์แรก

ถ้าต้องการจะทำผิวของคอนกรีตสดให้ผนึกแน่นแล้ว จะต้องให้ผลของการแห้งในตัวเองหยุดปฏิกิริยาของเพสท์ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำกว่า 20 ลิตรต่อซีเมนต์ 1 ถุง (0.4 โดยน้ำหนัก) ถ้าเพสท์มีปริมาณน้ำในตอนแรกสูง การแห้งในตัวเองจะไม่ถึงกับทำให้ปฏิกิริยาหยุดเสียทีเดียวเพียงแต่ทำให้ช้าลงเท่านั้น

การให้สารผนึกที่มีขาย ตามท้องตลาด ในการบ่มนั้นจะมีข้อจำกัดเมื่อใช้กับส่วนผสมที่มีซีเมนต์มาก ๆ ยิ่งกว่านั้นสารเหล่านี้เพียงแต่ทำให้น้ำซึมช้าเท่านั้น แต่ไม่ใช้ผนึกแน่นอย่างสมบูรณ์อย่างไรก็ดี เมื่อใช้กับส่วนผสมที่มีอัตราส่วนธรรมดา อาจทำให้น้ำระเหยช้าลงพอที่จะทำให้คอนกรีตได้กำลังตามที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนดได้

ถ้าเทคอนกรีตในที่ซึ่งมีอากาศหนาวจะต้องใช้วิธีบ่มเป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานการเยือกแข็ง

ในจำพวกภัยธรรมชาติที่เป็นตัวทำลายโครงสร้างคอนกรีตด้วยกันแล้ว การชุ่มน้ำที่ตามมาด้วยการเยือกแข็งและการละลายนับว่าร้ายแรงที่สุด ภายใต้สิ่งแวดล้อมบางประการอาจทำให้ทั้งเพสท์ที่แข็งแล้วและอนุภาคของมวลแตกสลายได้

เมื่ออยู่ในสภาพอิ่มตัวเพสท์จะแตกสลายได้จากการขยายตัวของน้ำที่กำลังแข็งซึ่งจะทำให้ปริมาตรภายในเพสท์ขยายตัวจนถึงขีดที่ไม่สามารถจะทานได้ก็จะแตกออก อนุภาคมวลก็เช่นเดียวกันสามารถจะอมน้ำซึ่งยังไม่แข็งได้มากกว่าเมื่อน้ำแข็งตัวแล้ว เมื่อรูพรุนในมวลถูกซีเมนต์เพสท์หุ้มปิดโดยรอบ ฉะนั้นถ้าการเยือกแข็งนี้เกิดขึ้นในขณะที่มีน้ำเต็มช่องรูพรุนทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดเวลาน้ำแข็งตัวก็จะดันหินหรือเพสท์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างให้แตกออก

ส่วนมากคอนกรีตไม่ได้คงอยู่ในสภาพอิ่มตัวเสมอไป เช่น พื้นถนนหรือกำแพงกันดิน ที่ติดกับพื้นเพียงด้านเดียว ส่วนอีกด้านหนึ่งถูกอากาศธรรมดาย่อมไม่อยู่ในสภาพอิ่มน้ำ เพราะอัตราการระเหยของน้ำสูงกว่าการซึมของความชื้นจากดินเข้ามา เพสท์ยิ่งมีความพรุนน้อยเท่าไร จุดอิ่มตัวก็ต่ำลงเท่านั้น (เพราะว่าช่องว่างติดต่อกันได้น้อย) และเพราะฉะนั้นคอนกรีตก็จะยิ่งทนทานต่อการเยือกแข็งได้มากยิ่งขึ้น

ถ้าคอนกรีตต้องแช่อยู่ในน้ำเป็นเวลานานก่อนที่จะเกิดการเยือกแข็งแล้ว เวลาเกิดการเยือกแข็งขึ้นจะได้รับความเสียหายอย่างแน่นอน อัตราการเสียหายย่อมขึ้นอยู่กับความพรุนของมวลหรือความพรุนของเพสท์ มีอยู่ระดับหนึ่งซึ่งถ้าความพรุนต่ำกว่านี้แล้วน้ำในเพสท์จะแข็งตัวไม่ได้แม้ว่าเพสท์จะอิ่มตัวก็ตาม และดังนั้นเพสท์จะมีความทนทานการเยือกแข็งได้เป็นอย่างดีถ้าใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ประมาณ 17 ลิตร ต่อซีเมนต์ 1 ถุง (50 ก.ก) หรือน้อยกว่านั้น และอัตราปฏิกิริยาของซีเมนต์กับน้ำอยู่ในระดับสูงสุดแล้วจะได้เพสท์ที่ทนทานต่อการเยือกแข็งดังกล่าว

ตามปกติเพสท์ในคอนกรีตนั้น ย่อมจะมีน้ำที่จะแข็งตัวได้ ซึ่งจะทนต่อการเยือกแข็งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่นานหลังจากอิ่มตัวแล้ว อย่างไรก็ดีถ้าทำให้เพสท์มีช่องว่างอากาศเป็นจำนวนมาก ๆ การเยือกแข็งจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายเลย แม้ว่าเพสท์ที่ล้อมรอบช่องว่างอยู่นั้นจะอิ่มน้ำก็ตาม เพื่อให้ได้ผลดีช่องว่างเหล่านี้จะต้องมีจำนวนมากพอที่ระยะเฉลี่ยระหว่างช่องน้อยกว่า 0.25 มม. ระยะระหว่างช่องว่างเหล่านี้ไม่สามารถจะเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ แต่เราทำให้เกิดได้โดยให้สารกระจายกักฟองอากาศ

โดยทั่ว ๆ ไปปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีตที่จะต้องต้านทานการเยือกแข็งอย่างรุนแรงนั้น ได้แก่ค่าที่จะให้ปริมาณร้อยละจะทำให้เกิดการของอากาศในคอนกรีต ณ เครื่องผสม ตามตาราง

อากาศที่กักกระจายอยู่ภายในนั้นจะป้องกันแต่เฉพาะเพสท์เท่านั้น ไม่ได้ป้องกันพวกมวลด้วย เพราะฉะนั้นถ้าคอนกรีตประกอบด้วยเพสท์ซึ่งมีอากาศกักกระจายอยู่แล้วความต้านทานต่อการเยือกแข็งส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับความพรุนและการอิ่มตัวของอนุภาคของมวลเอง

การหดตัวและการพองตัว

ถ้ารักษาคอนกรีตให้มีความชื้นอย่างสม่ำเสมอคอนกรีตจะขยายตัวช้า ๆ เป็นเวลาหลายปีแต่ทั้งปริมาณและอัตราการขยายตัวนี้ปกติแล้วน้อยมาก จนถือได้ว่าปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลง ตามธรรมดาเราไม่ได้รักษาคอนกรีตให้ชื้นอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นก็ต้องมีการเสียน้ำในตัวไปบ้างและเพราะฉะนั้นคอนกรีตจึงมักจะหดตัวมากกว่าขยายตัว

หลังจากคอนกรีตได้แห้งลงจนกระทั่งความชื้นคงที่ ภายใต้สภาพบรรยากาศอย่างหนึ่งแล้ว ถ้าความชื้นในอากาศลดลงคอนกรีตก็จะเสียน้ำไปบ้างหรือถ้าความชื้นสูงขึ้น คอนกรีตก็จะได้น้ำเพิ่มขึ้น เพสท์ที่แข็งตัวแล้วนั้นสามารถที่จะดูดน้ำได้ดี ฉะนั้นเพสท์และคอนกรีตจะเป็นส่วนที่หดตัวหรือพองตัวเมื่อปริมาณน้ำเปลี่ยนแปลง

ในการเปลี่ยนแปลงจากสถานะอิ่มตัวไปเป็นสถานะแห้ง (ความชื้นสัมพัทธ์ 50%) คอนกรีตทั่ว ๆ ไปจะหดลดตัวลงประมาณ 0.6 มม./1 เมตร หรือประมาณ 0.06% ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบเท่ากับการหดตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง 37.8 องศาเซนติเกรด

ปริมาณการหดตัวของคอนกรีต ภายใต้ภาวะการทำให้แห้งที่กำหนดให้อย่างหนึ่งอยู่กับหลายสิ่งด้วยกัน เพสท์ที่แข็งแล้วยิ่งพรุนมากเท่าไรก็ยิ่งจะหดตัวมากเท่านั้น ถ้าใช้เพสท์ชนิดเดียวกัน คอนกรีตยิ่งมีปริมาณเพสท์มากก็จะหดตัวมาก การเติมส่วนผสมที่ละเอียดเป็นผงลงในคอนกรีต ปกติจะทำให้เกิดการหดตัวมากขึ้น คอนกรีตที่ใช้ซีเมนต์ชนิดต่าง ๆ กันย่อมจะหดตัวต่างกันด้วย เช่นเดียวกันกับกรณีที่ใช้มวลชนิดต่าง ๆ กันสำหรับผลเกี่ยวกับการบ่มยังไม่เป็นที่ทราบกันแน่ชัด แต่โดยทั่ว ๆ ไปการบ่มให้เลยกำหนดไปสองสามวัน จะทำให้เกิดผลดีเพียงเล็กน้อยหรืออาจไม่มีผลเลยก็ได้ ในรูปที่ 9 ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดของคอนกรีตสดและการหดตัวของคอนกรีตซึ่งแข็งตัวแล้ว สำหรับส่วนผสมต่าง ๆ กันแต่ใช้วัสดุชนิดเดียวกัน จะเห็นว่าผลอันเกิดจากปริมาณน้ำมีมากพอควร

ถ้าองค์อาคารคอนกรีตถูกยึดไว้ไม่ให้หดตัว จะโดยพื้นดินก็ดี เหล็กเสริมก็ดี หรือการยึดทางโครงสร้างกับองค์อาคารอื่น ๆ ก็ดี องค์อาคารนั้น ๆ มักจะเกิดรอยร้าวอันเป็นผลจากการหดตัวหรือผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นร่วมกัน ยิ่งกว่านั้นเมื่อผิวขององค์อาคารแห้งเร็วกว่าภายในก็จะเกิดหน่วยแรงชั่วคราวขึ้นซึ่งอาจทำให้เกิดการแตกร้าวทั่วไป ตั้งแต่ภายนอกไปจนถึงภายใน การแห้งที่ไม่เท่ากันแบบนี้จะทำให้แผ่นพื้นต่าง ๆ เช่น พื้นถนนบิดงอได้

แม้ว่าการหดตัวเนื่องจากการแห้งจะเป็นเหตุเบื้องต้นที่ทำให้เกิดการแตกร้าวก็ตาม สิ่งสำคัญอื่น ๆ เช่นกำลังดึง ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง-ความเครียด-เวลา ลักษณะการกระจายความชื้นก็ควรจะได้รับการพิจารณาควบคู่ไปกับการหดตัวด้วย เพื่อไว้พิจารณาข้อแตกต่างของการแตกร้าวในโครงสร้างคอนกรีตชนิดต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนอันเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำ

ปฏิกิริยาระหว่างองค์ประกอบของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับน้ำนั้นจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นด้วย ส่วนหนึ่งของความร้อนนี้หนีผ่านเนื้อคอนกรีตออกมา แต่บางส่วนก็คงอยู่ภายในและทำให้คอนกรีตมีอุณหภูมิสูงขึ้น อุณหภูมิที่ขึ้นสูงเกินไปเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา เพราะอาจจะทำให้คอนกรีตเสียความแข็งแรงไปได้และจะทำให้เกิดหน่วยแรงต่าง ๆ ซึ่งทำให้เกิดการแตกร้าวได้ สำหรับโครงสร้างคอนกรีตส่วนมากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนั้นน้อยมาก และไม่ค่อยสำคัญนัก แต่อย่างไรก็ดีอุณหภูมิภายในของพื้นบาง ๆ อาจขึ้นสูงได้หลายองศาภายในไม่กี่ชั่วโมงหลังจากเทคอนกรีต สำหรับคอนกรีตหลา ซึ่งความร้อนหนีได้ช้ามาก อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 10 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเพิ่มของอุณหภูมิขึ้นอยู่กับชนิดของซีเมนต์และเป็นปฏิภาคกับปริมาณซีเมนต์ในคอนกรีตด้วย

การควบคุมอุณหภูมิในคอนกรีตหลามีหลายวิธี เช่น ใช่ส่วนผสมที่อ่อนซีเมนต์ ใช้ซีเมนต์ชนิดให้ความร้อนต่ำ ใช้วัสดุที่ถูกทำให้เย็นเสียก่อน ใช้น้ำแข็งแทนน้ำบางส่วน กำหนดการเทคอนกรีตโดยให้ชั้นที่เทแล้วเย็นตัวเสียก่อนที่จะเทชั้นต่อไป และการขจัดความร้อนด้วยการฝังท่อให้น้ำเย็นไหลผ่านตลอดเวลา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ใช้ทำคอนกรีต

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

1. ปูนซีเมนต์ โดยปกติจะมีปูนซีเมนต์ผสมอยู่ในเนื้อคอนกรีต 10-15% โดยปริมาตร ซีเมนต์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดและมีราคาแพงที่สุดในบรรดาวัสดุที่ใช้ผสมทำคอนกรีต เมื่อปูนซีเมนต์ผสมน้ำ จะเป็นซีเมนต์ข้น (paste) ซึ่งจะทำหน้าที่ห่อหุ้มทรายและหินและอุดตามช่องระหว่างเม็ดของทรายและหินรวมทั้งเป็นตัวยึดทรายและหินเข้าด้วยกันเป็นก้อน ซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วจะเป็นก้อนแข็งมีเนื้อแน่นเรียกว่าคอนกรีต

ปูนซีเมนต์ถูกผลิตขึ้นมาหลายชนิด ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ใช้สอยต่าง ๆ กันตามความต้องการโดยเฉพาะและเพื่อความเหมาะสมของแต่ละงาน งานก่อสร้างโดยทั่วไปหรือที่มิได้ระบุไว้เป็นพิเศษแล้ว ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แบบหนึ่ง (ตามมาตรฐานอเมริกา) หรือปูนซีเมนต์ตราพญานาคสีเขียวจัดว่าเป็นปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างโดยทั่วไป

2. ทรายและหิน เป็นส่วนผสมที่มีปริมาณมากที่สุดในเนื้อคอนกรีต โดยทั่วไปจะมีปริมาณ 66-78% โดยปริมาตรฉะนั้นการเลือกใช้ทรายและหินที่เหมาะสม หรือที่มีอยู่ในท้องถิ่นที่ทำการก่อสร้างจะช่วยให้ได้คอนกรีตที่มีราคาถูกยิ่งขึ้น อย่างไรก็ดีคุณภาพของทรายและหินหรือวัสดุอื่นที่จะนำมาใช้จะต้องได้ตามมาตรฐานที่กำหนดด้วย

ทรายและหินที่ใช้ทำคอนกรีตถูกแบ่งออกเป็น 2 พวก ตามขนาดของเม็ด กล่าวคือ

2.1 ทรายหรือวัสดุละเอียด มีขนาดของเม็ดตั้งแต่ 6.4 มม. ลงไปจนถึงขนาดเล็กเท่าเมล็ดฝุ่นที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่ ทรายธรรมชาติหรือทรายที่ทำขึ้นหรือส่วนผสมของทรายทั้งสองชนิดที่กล่าวถึง

2.2 หินหรือวัสดุหยาบ ส่วนใหญ่ที่ใช้กันอยู่ได้แก่ หินย่อย กรวด มีขนาดก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดหลั่นกันลงไปและก้อนใหญ่ที่สุดมักมีขนาดไม่เกิน 50 มม.

อันที่จริงแล้วสำหรับคอนกรีตที่มีความแข็งแรงเท่า ๆ กับการใช้หินขนาดยิ่งโตมากขึ้น จะสิ้นเปลืองปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะต้องใช้ลงได้ทำให้ได้คอนกรีตที่มีราคาถูกยิ่งขึ้น ขนาดใหญ่สุดของหินที่จะใช้โดยปกติจะถูกบังคับจากรูปร่างและขนาดของคอนกรีตที่ต้องการ ตลอดจนความถี่ห่างของเหล็กเสริม โดยทั่วไปกำหนดให้ขนาดของหินขนาดใหญ่ที่สุดที่จะใช้ไม่ควรจะโตกว่า 1/5 ของส่วนที่แคบที่สุดของโครงสร้าง เช่น คานหรือเสาและไม่ควรโตกว่า 3/4 ของระยะระหว่างผิวของเหล็กเสริมคู่ที่ชิดกันที่สุด

ความลดหลั่น (Gradation) ของขนาดของทรายและหินนั้นก็เป็นสิ่งสำคัญ ทรายและหินที่มีขนาดลดหลั่นดีจะช่วยให้เกิดผลดี 2 ประการ คือ

1. ก้อนหินและทรายสามารถเรียงกันได้ดีทำให้มีความแน่นสูงและมีเนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอ

2. ลดปริมาณซีเมนต์ข้น (paste) ที่จะต้องไปอุดตามช่องว่างระหว่างก้อนของหินและทราย ช่วยให้ใช้ปูนซีเมนต์น้อยลง ทำให้ราคาถูกยิ่งขึ้น

อัตราส่วนผสมที่ใช้จะเป็นตัวกำหนดความถูกแพงในการทำคอนกรีต ตลอดจนรูปร่างความลดหลั่นของขนาด และขนาดใหญ่ที่สุดของก้อนหินที่จะมีผลก่อกำลังของคอนกรีตที่ทำ

คุณสมบัติโดยทั่วไปของทรายและหินที่ใช้ผสมทำคอนกรีตจะต้องสะอาด แข็งทนทาน ปราศจากสารเคมีเจือปน ไม่มีดินหรือสิ่งอื่นใดห่อหุ้ม ก้อนหินที่มีลักษณะแหลมคม ขรุขระหรือเป็นแผ่นยาว จะต้องการทรายมาผสมในปริมาณสูงกว่าชนิดที่เป็นก้อนกลม หรือเป็นก้อนลูกบาศก์ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ความสะดวกในการทำงาน (Workebility) เท่า ๆ กัน ผลการทดลองในห้องทดลองจะช่วยกำหนดส่วนผสมระหว่างหินและทราย รวมทั้งปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องใช้เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังความต้องการและในราคาที่ประหยัดที่สุด

3. น้ำ ในปัจจุบันนี้การทำงานคอนกรีตโดยส่วนใหญ่ (นอกจากในรายที่มีการควบคุมโดยใกล้ชิด) ทั้งผู้ที่ทำงานและผู้ควบคุมแทบจะมิได้เอาใจใส่ในเรื่องคุณภาพของน้ำและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตเลย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำเป็นส่วนผสมที่มีราคาถูกที่สุด หรืออาจกล่าวได้ว่าแทบไม่มีราคาเลย ผู้ที่ทำงานจะเติมน้ำลงไปในส่วนผสมให้มาก ๆ ไว้เพื่อให้สะดวกแก่การทำงานและโดยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ผู้ควบคุมงานบางรายแม้จะรู้อยู่ว่าไม่ควร แต่ก็ปล่อยปละละเลยมิได้เอาใจใส่กวดขัน ยิ่งไปกว่านั้นผู้ควบคุมงานบางรายมิได้รู้ในข้อเสียจึงปล่อยให้ผู้ทำงานทำไปตามที่เคยทำมา

น้ำเป็นส่วนผสมที่มีความสำคัญมากอีกอันหนึ่งเพราะเป็นตัวที่ทำให้ซีเมนต์เกิดการแข็งตัว ปริมาณน้ำที่ใส่ลงในส่วนผสมของคอนกรีต มีความสัมพันธ์กับกำลังของคอนกรีต ถ้าใช้น้ำมากเกินไปกำลังของคอนกรีตจะลดลง เพราะน้ำที่เพิ่มขึ้นจะไปทำให้ซีเมนต์ข้น (peste) เจือจางและลดกำลังเหนียว ทำให้คอนกรีตแตกร้าวมากขึ้นเพราะหดตัวมากและเมื่อน้ำส่วนที่เกินไปนี้ระเหยออกจากคอนกรีตแล้วจะทำให้เกิดรูโพรงในเนื้อของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตไม่แน่นทึบ

ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับคอนกรีตพึงระลึกอยู่เสมอว่า ปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งซึ่งจะกำหนดกำลังของคอนกรีตที่ทำขึ้น และเพื่อให้เห็นได้ชัดจึงขอนำผลการทดลองกำลังของคอนกรีตซึ่งใช้ส่วนผสมอื่น ๆ เช่นเดียวกัน ผิดกันแต่ปริมาณของน้ำในส่วนผสม และทำการทดลองในสภาพเช่นเดียวกัน เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของกำลังของคอนกรีตที่ได้รับ

หน้าที่ของน้ำในส่วนผสมมี 2 ประการคือ 1. เปลี่ยนสภาพของส่วนผสมของปูนซีเมนต์ทรายและหินที่แห้งให้เป็นวัสดุเปียกทำงานได้สะดวก 2. ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ทำให้ส่วนผสมเปียกกลายเป็นมวลแน่นแข็งและมีความแข็งแรง

การกำหนดปริมาณของน้ำในส่วนผสม จึงต้องคำนึงถึงหน้าที่ทั้งสองประการนี้ โดยทั่วไปปริมาณของน้ำจะถูกกำหนดเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำหนักของน้ำที่ใช้ผสมกับน้ำหนักของปูนซีเมนต์ในส่วนผสม เรียกว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำและปูนซีเมนต์ (water-cement ratio) ซึ่งยิ่งทำให้อัตราส่วนนี้ต่ำได้เพียงใดจะได้คอนกรีตที่มีเนื้อแน่นและมีกำลังสูงขึ้นเพียงนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

การหาปริมาณน้ำที่พอเหมาะในส่วนผสมของคอนกรีตซึ่งใช้ทรายและหินต่าง ๆ กัน รวมทั้งในชนิดของงานคอนกรีตต่าง ๆ กันทำได้โดยง่าย จากการทดสอบ ซึ่งเรียกว่า ทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (slump test) ซึ่งวิธีทดสอบนี้จะช่วยกำหนดปริมาณน้ำที่พอเหมาะในส่วนผสม

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

3.2 วิธีทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (Slump test) วางกรวยเหล็กบนพื้นราบที่เรียบ ชุ่มชื้นไม่ดูดน้ำและมีความกว้างพอที่จะวางกรวยเหล็กได้สองอันใกล้ ๆ กัน เริ่มทดสอบโดยนำคอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ ๆ เติมลงในกรวยประมาณ 1/3 ของปริมาตรกรวย (ควรใช้คอนกรีตส่วนที่มีส่วนผสมสม่ำเสมอ หมายถึงมิใช่ส่วนที่เริ่มเทออกจากเครื่องผสมหรือส่วนที่ใกล้จะหมดในโม่ผสม) ขณะทดสอบให้ยืนเหยียบบนแผ่นเหล็กที่ฐานกรวยเพื่อมิให้เคลื่อนที่แล้วใช้ท่อนเหล็กกระทุ้งคอนกรีตในกรวยให้ตลทดและทั่ว ๆ ให้ครบ 25 ครั้ง เติมคอนกรีตชั้นที่สองลงในกรวยให้ได้ประมาณ 2/3 ของปริมาตรกรวย ให้ท่อนเหล็กกระทุ้งให้ตลอดชั้นที่เติมไปใหม่และให้ทั่ว ๆ อีก 25 ครั้ง เติมคอนกรีตชั้นสุดท้ายให้เต็มล้นกรวยและกระทุ้งให้ตลอดชั้นที่เติมไปใหม่และให้ทั่ว ๆ อีก 25 ครั้ง ปาดขอบบนของกรวยด้วยเหล็กกระทุ้งให้คอนกรีตส่วนที่เกินหลุดไป แล้วกวาดคอนกรีตที่หล่นอยู่โดยรอบฐานกรวยออกให้หมดยกกรวยขึ้นตรง ๆ ช้า ๆ โดยต้องระวังมิให้กระทบเนื้อคอนกรีตภายในกรวย วางกรวยเทียบกับแท่งคอนกรีตโดยกลับกรวยหงายขึ้นให้ด้านบนลงล่างใช้เหล็กกระทุ้งวางพาดก้นกรวยที่หงายขึ้นเทียบส่วนความสูงกับแท่งคอนกรีตแล้ววัดระยะยุบตัวของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบควรทำให้แล้วเสร็จภายใน 1.5 นาที และจะต้องดำเนินการทดสอบตามวิธีที่กล่าวโดยเคร่งครัด การปฏิบัติอื่นใดนอกเหนือไปจากที่ระบุ ทำให้ผิดไปจากมาตรฐาน การทดสอบอาจให้ผลลัพธ์เป็นอย่างอื่น การทดสอบนี้ควรทำทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีต รวมทั้งในเมื่อเปลี่ยนไปใช้วัสดุต่างกองกันด้วย

ระยะยุบตัวของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบนี้ จะต้องอยู่ในเกณฑ์กำหนดในแต่ละชนิดของงานคอนกรีตซึ่งแสดงในตารางข้างล่างนี้ พึงระลึกไว้เสมอว่าคอนกรีตที่มีการยุบตัวน้อยที่สุด จะทำให้ประหยัดที่สุดและมีกำลังสูงสุดแต่คอนกรีตที่ข้นเกินไปจะทำให้เทลำบาก กฎง่าย ๆ ก็คือพยายามใช้คอนกรีตให้ข้นที่สุดเท่าที่จะทำได้แต่ต้องให้เหลวพอที่จะเทและตกแต่งผิวหน้าได้สะดวก

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าที่สมาคม ACI พิมพ์แนะนำในวารสารเรื่องการเลือกส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสม

ค่าเกณฑ์ยุบตัวซึ่งกำหนดไว้ทั้งสูงสุดและต่ำสุดขึ้นอยู่กับการเทคอนกรีตซึ่งอาจใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตหรือมิได้ใช้ สำหรับการทำงานคอนกรีตในประเทศไทย ซึ่งมีอุณหภูมิของอากาศสูงนั้น ควรเพิ่มเผื่อค่าเกณฑ์ยุบตัวไว้บ้าง 1-2 ซม. ทั้งนี้เพราะคอนกรีตจะแห้งเร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หิน ทราย ในคอนกรีต

ในที่นี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติของหิน ทรายที่จะใช้ทำคอนกรีต เพื่อให้ทรายถึงผลสะท้อนที่จะมีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตที่ทำขึ้น โดยเลือกเฉพาะข้อที่สำคัญ ๆ เท่านั้น สำหรับงานก่อสร้างใหญ่ ๆ หรือที่เป็นงานก่อสร้างชนิดพิเศษ จำเป็นต้องมีการศึกษาหาคุณสมบัติของหินและทรายที่จะนำมาใช้โดยละเอียด

ในเนื้อคอนกรีตจะเป็นหินและทรายประมาณ 3 ใน 4 ส่วน จึงกล่าวได้ว่า คุณสมบัติของคอนกรีตนั้นส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหินและทรายด้วย

อันที่จริงแล้วส่วนที่เป็นหินและทรายนี้ อาจเป็นวัสดุอื่นก็ได้ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตามความต้องการใช้งาน แต่เนื่องด้วยหินและทรายเป็นวัสดุที่หาง่าย มีอยู่ทั่วไป หามาใช้ได้ในราคาที่ไม่แพงนักและถูกกว่าวัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันจึงใช้หินและทรายกันโดยทั่วไป อย่างไรก็ดี คุณสมบัติของหินและทรายที่จะกล่าวถึงนี้ อาจนำไปใช้เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกวัสดุอื่นที่จะนำมาใช้แทนได้ด้วย

คุณสมบัติของหินและทรายที่จะใช้ทำคอนกรีตอาจแบ่งออกได้กว้าง ๆ เป็น 2 อย่าง คือ คุณสมบัติโดยธรรมชาติและคุณสมบัติที่ถูกทำขึ้น

คุณสมบัติโดยธรรมชาติ เป็นสมบัติประจำตัวซึ่งเปลี่ยนแปลงไม่ได้ ฉะนั้นหินและทรายที่จะนำมาใช้จึงต้องเลือกมาจากแหล่งที่ให้คุณสมบัติตรงกับข้อกำหนดหรือความต้องการ โดยทั่วไปหินและทรายที่ได้มาจากแหล่งที่เคยใช้ได้ผลดีอยู่แล้ว ไม่ใคร่มีปัญหาในด้านคุณสมบัติโดยธรรมชาติ นอกจากในกรณีที่เกิดข้อสงสัยหรือในเมื่อนำหินและทรายมาจากแหล่งใหม่ที่ไม่เคยใช้จึงควรได้ตรวจสอบพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ ซึ่งจะกล่าวให้ทราบโดยลังเขป

1. ความแข็งแรง (Strength) คุณสมบัติข้อนี้มุ่งไปที่หินหรือวัสดุหยาบกล่าวคือหินที่จะใช้ต้องมีความแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักกดได้ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้สำหรับคอนกรีต มิฉะนั้นแล้วคอนกรีตที่ทำขึ้นจะแตกในเมื่อได้รับแรงกดเพราะหินที่ผสมอยู่แตกเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนแม้ว่าส่วนที่เป็นซีเมนต์เพสต์จะดีสักเพียงใดก็ตาม เรื่องนี้ไม่ใคร่มีปัญหา เพราะหินที่ใช้ทำคอนกรีตโดยทั่วไป สามารถรับแรงกดได้สูงกว่าที่กำหนดไว้สำหรับคอนกรีต ได้นำผลการทดสอบหินที่ใช้คำคอนกรีตทั่ว ๆ ไป ซึ่งจัดทำโดย U.S. Bureau of Public Roads มาแสดงเพื่อทราบ

ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่า หินที่ใช้อยู่โดยทั่วไปถ้าเป็นหินที่มิได้ถูกทำลายโดยสภาพดินฟ้าอากาศ (weathering) ทำให้สูญเสียคุณสมบัติไปแล้วจะดีพอสำหรับผสมทำคอนกรีต

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

3. *ความคงตัวต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability)* หินและทรายที่จะใช้จะต้องเป็นชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ หินและทรายในบางท้องที่ มีสารเคมีผสมอยู่ในเนื้อซึ่งจะทำปฏิกิริยากับด่าง (alkali) ในปูนซีเมนต์ เกิดเป็นวุ้นและขยายตัวก่อให้เกิดรอยร้าวโดยทั่วไปในคอนกรีต ในกรณีที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงการใช้หินและทรายเหล่านี้จะต้องใช้กับปูนซีเมนต์ที่มีเปอร์เซ็นต์ของด่างต่ำ (low-alkali cement) คือมีปริมาณของโซเดียมและโปรแตสเซียมอ๊อกไซด์ในปูนซีเมนต์ไม่เกิน 0.6%

4. *ลักษณะรูปร่างและผิวของก้อนหินและทราย (Particle Shape and Surface Texture)* คุณสมบัติข้อนี้เกี่ยวโยงกับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ก้อนหินและทรายที่เป็นแผ่นแบนหรือเป็นชิ้นยาวไม่เหมาะสมที่จะใช้ทำคอนกรีต เพราะจะต้องใส่น้ำในส่วนผสมมากกว่าก้อนกลมหรือรูปลูกบาศก์ เพื่อให้ทำงานได้ง่าย (workability) เท่า ๆ กัน ทำให้เปลืองปูนซีเมนต์ ลดกำลังและแรงยึดเหนี่ยว (bond) ภายในก้อนคอนกรีต ทรายที่ได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยหินมักมีรูปร่างแบนและเป็นแผ่นยาว ซึ่งต้องระมัดระวังในการนำมาใช้ โดยทั่วไปยอมให้มีหินและทรายที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนหรือเป็นชิ้นยางปนอยู่ไม่เกิน 15% โดยน้ำหนักของหินทรายที่ใช้หินและทรายที่เป็นก้อนกลมช่วยให้ทำงานง่ายและทำให้ประหยัดเพราะต้องการปูนซีเมนต์และน้ำในส่วนผสมน้อยกว่าก้อนที่เป็นแง่เป็นมุม แต่กลับให้ผลในการยึดเหนียว (bond) ระหว่างก้อนกับซีเมนต์เพสต์ต่ำกว่า เช่นเดียวกับลักษณะผิวของก้อนหินและทรายซึ่งมีผลโดยตรงกับแรงยึดเหนียว เมื่อมีผิวหยาบหรือด้านหรือมีรูพรุนมา (porosity) จะทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวดีแต่กลับต้องการซีเมนต์เพสต์มากขึ้น อย่างไรก็ดียังไม่มีขีดกำหนดในเรื่องนี้เท่าที่กล่าวมาเพียงเพื่อให้เห็นถึงคุณลักษณะต่าง ๆ เท่านั้น

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

6. *อำนาจดูดซึมและความชื้นที่ผิว (Absorption and Surface Moisture)* โครงสร้างภายในก้อนของหินและทรายประกอบด้วยเนื้อของแข็งและช่องว่าง ช่องว่างเหล่านั้นจะดูดความชื้นในอากาศเข้าไปเก็บไว้การผสมคอนกรีตจึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติข้อนี้เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในส่วนผสมให้ได้ความข้นเหลวคงที่อันจะทำให้คอนกรีตมีเนื้อสม่ำเสมอ

ถ้าความชื้นของหินและทรายอยู่ในสภาพน้อยว่า "แห้งและอิ่มตัว" จะสามารถดูดน้ำเข้าไปได้อีกโดยทั่วไปไม่เกิน 3% ของน้ำหนักเมื่อแห้งและอิ่มตัว แต่ถ้าอยู่ในสภาพ "เปรียกหรือชื้น" จะไปเพิ่มปริมาณน้ำให้แก่ส่วนผสมคอนกรีต สำหรับหินอาจเพิ่มได้ 2%ของน้ำหนักเมื่อแห้งและอิ่มตัว และทรายอาจเพิ่มได้ 10-12% การผสมคอนกรีตโดยวิธีชั่งน้ำหนักของส่วนผสม จะต้องเพิ่มปริมาณส่วนผสมเท่ากับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของส่วนผสมนั้นและลดปริมาณน้ำในส่วนผสมลงในปริมาณที่เท่ากันเพื่อควบคุมให้ส่วนผสมสม่ำเสมอ

ในการตวงส่วนผสมโดยปริมาตรต้องคำนึงถึงปริมาตรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความชื้นด้วย เมื่อทรายเปียกและถูกเคลื่อนย้าย ความชื้นที่ผิวจะผลักเม็ดทรายให้แยกออกจากกัน ทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นหรือที่เรียกกันว่า ทรายพองตัว (bulking) ปริมาณการพองตัวขึ้นอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ความชื้นและขนาดของเม็ดทราย ทรายที่ละเอียดกว่าจะพองตัวมากกว่าเมื่อความชื้นเท่ากัน การตวงส่วนผสมโดยปริมาตรนี้ควรหลีกเลี่ยงถ้าทำได้เพราะทรายอาจเพิ่มปริมาตรได้หลายสิบเปอร์เซนต์เมื่อมีความชื้น เพื่อเป็นแนวทางได้แสดงค่าการทดสอบการพองตัวสูงสุดของทรายขนาดต่าง ๆ เพื่อทราบ

	การพองตัวสูงสุดโดยปริมาตร
ทรายหยาบ	18 %
ทรายปานกลาง	29 %
ทรายละเอียด	38 %

มีบางท่านแนะนำให้เพิ่มปริมาตรทรายที่ผสมคอนกรีตขึ้น 25% ในเมื่อทรายชื้น ซึ่งนับว่าเป็นตัวเลขที่พอใช้ได้สำหรับงานคอนกรีตทั่วไปที่ไม่สำคัญนัก

คุณสมบัติที่ถูกทำขึ้น ต้องเอาใจใส่ให้มาก เพราะทำขึ้นได้และจะช่วยให้คุณภาพของคอนกรีตดีตามขึ้นด้วย

1. ความสะอาด หมายรวมไปถึงสารที่ไม่ต้องการ(Deleterious substances) ซึ่งเจือปนอยู่ในหินและทราย ถ่านหิน ถ่าน เศษไม้ วัสดุอ่อน ก้อนดินจะลดความทนทานและถ้าไปอยู่ใกล้ผิวคอนกรีตอาจทำให้คอนกรีตแตก เกิดรอยเปื้อนหรือหลุดออกไปเป็นรูโพรง ปริมาณของสิ่งเจือปนเหล่านี้ต้องไม่มากไปกว่าที่กำหนดไว้ในตารางข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ฝุ่นหรือผงละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ซึ่งห่อหุ้มก้อนหินและทรายอยู่นั้น แม้จะหุ้มอยู่บาง ๆ ก็จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างหิน ทรายและซีเมนต์เพสต์ลดลงไป และถ้ามีปริมาณสูง จะเป็นผลให้ต้องเพิ่มน้ำในส่วนผสม

สารอินทรีย์เป็นสิ่งซึ่งไม่ต้องการ เพราะจะทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตเสียไปด้วย การตรวจปริมาณสารอินทรีย์ในทรายใช้วิธีแช่ทรายในน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ข้น 3% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเปรียบเทียบสีของน้ำยากับสีมาตรฐาน ทรายที่ใช้ได้จะต้องให้สีของน้ำยาอยู่ภายในขีดกำหนด

การขจัดสิ่งเจือปนทำได้หลายวิธี เช่น ล้างน้ำ หรือแยกออกโดยใช้น้ำหรือลม หรือแยกด้วยน้ำยาที่มีความถ่วงจำเพาะสูงหรือแยกด้วยแม่เหล็ก เป็นต้น

2. *การขนย้ายและกองเก็บ* เนื่องด้วยความสม่ำเสมอของเนื้อคอนกรีตเป็นสิ่งที่ต้องการ ฉะนั้นหินและทรายจะต้องมีความสม่ำเสมอด้วย การขนย้ายหินและทรายตั้งแต่เริ่มผลิตจนถึงที่กองเก็บ ต้องควบคุมมิให้มีการแยกขนาด (segregation) และต้องมิให้ขนาดที่แตกต่างกันมาปะปนกัน รวบทั้งต้องป้องกันมิให้สิ่งสกปรกอื่น ๆ มาเจือปน การกองหินและทรายควรเพิ่มขึ้นเป็นชั้น ๆ ให้มีความหนาเท่า ๆ กัน กองที่เป็นรูปกรวยสูง ๆ จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการแยกขนาด หินที่ปล่อยลงมาจากสายพานหรือกะพร้อสูง ๆ ต้องป้องกันมิให้แตกออกเป็นชิ้นย่อย ๆ ขณะที่หินตกลงมาต้องควบคุมมิให้ลมเป่าส่วนที่ละเอียดกว่าแยกออกไปทางหนึ่ง เมื่อจะนำหินและทรายจากกองไปใช้ ควรตักเอาไปเป็นชิ้น ๆ

3. *ก้อนใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้ (Maximum Size of Aggregate)* ยิ่งก้อนโตเพียงใดจะยิ่งช่วยให้ใช้ปูนซีเมนต์น้อยลง ทำให้คอนกรีตมีราคาต่ำยิ่งขึ้นและมีคุณภาพดี แต่ทั้งนี้ต้องอยู่ในขีดกำหนดดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนที่ 6 ด้วย ในที่นี้ขอนำค่าแนะนำโดย ACI มาแสดงเพื่อเป็นแนวทาง

4. *ความลดหลั่นของขนาด (Gradation)* ของก้อนหินและทราย เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากอีกอันหนึ่ง เพราะช่วยให้คอนกรีตใช้ซีเมนต์น้อยลง มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ คุณภาพดีและทำงานง่าย ในที่นี้ได้นำภาพมาแสดงประกอบเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

ภาพหมายอักษร (ก) และ (ข) เป็นภาพภาชนะบรรจุหินแต่เพียงขนาดเดียวคือ 1" และ 3/8" ตามลำดับหมายอักษร (ค) บรรจุหินขนาด 1" และ 3/8" ผสมกัน แก้วตวงข้างใต้ภาพแสดงปริมาณน้ำที่ต้องการเพื่อเติมให้เต็มช่องว่างในแต่ละอัน ทั้งนี้เพื่อแสดงให้เห็นว่าถ้าใช้หินแต่เพียงขนาดเดียวแล้ว ปริมาณของช่องว่างจะเท่า ๆ กันโดยมิได้ขึ้นกับขนาดของก้อน แต่เมื่อนำหิน 2 ขนาดมาผสมกัน ปริมาณของช่องว่างจะลดลง ฉะนั้นถ้าใช้หินและทรายหลาย ๆ ขนาดผสมกัน โดยมีสัดส่วนที่พอเหมาะแล้วจะยิ่งทำให้ช่องว่างเหลือน้อยที่สุด

ในการผสมคอนกรีต ถ้าทำให้มีช่องว่างเกินขึ้นน้อยที่สุดแล้ว จะช่วยให้เปลืองซีเมนต์เพสต์น้อยที่สุดและจะเป็นผลให้คอนกรีตมีราคาต่ำที่สุด

ขนาดของหินและทรายวัดโดยร่อนผ่านตะแกรงซึ่งมีตาเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดของหินเริ่มจากตะแกรงเบอร์ 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1"และ1.5" ถ้าใช้หินขนาดใหญ่ขึ้นไปอีกก็ต้องใช้ตะแกรงซึ่งมีตาใหญ่ขึ้นร่วมด้วย ขนาดของตาบนตะแกรงถัดไปจะเพิ่มขึ้นทีละสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่าคือเป็น 3" และ 6" สำหรับตะแกรงคัดขนาดทรายมีขนาดเรียงกันคือ เบอร์ 4, 8, 16, 30, 50 และ 100 ตัวเลขแสดงเบอร์บอกจำนวนตาของตะแกรงต่อความยาว 1" เช่น ตะแกรงเบอร์ 30 หมายถึงต่อความยาว 1" จะมี 30 ช่อง ฉะนั้น จะมีจำนวนตาทั้งสิ้น 900 ตา เป็นต้น

ความลดหลั่นของขนาดของหินและทราย ควรอยู่ในขอบเขตที่กำหนดดังแสดงไว้ในภาพข้างล่างโดยคิดเปอร์เซนต์ของน้ำหนักของหินและทรายที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาดและให้เส้นแสดงความลดหลั่นของหินและทรายที่ใช้ตกอยู่ภายในพื้นที่ ๆ กำหนด

คุณสมบัติเกี่ยวกับการลดหลั่นของขนาดของหินและทราย ยังมีผลต่อการแยกตัวของคอนกรีต ปริมาณน้ำที่ผสม ความสะดวกในการทำงาน ความยากง่ายในการตกแต่งผิวหน้าคอนกรีตรวมทั้งการหาสัดส่วนของหินและทรายในส่วนผสม

ในงานก่อสร้างใหญ่ ๆ แม้ว่าความลดหลั่นของทรายที่หาได้ในท้องถิ่น จะหลุดออกไปนอกขอบเขตกำหนด ก็ควรได้ทำส่วนผสมทดลองขึ้นเปรียบเทียบ ถ้าราคาของส่วนผสมที่ใช้ทรายในท้องถิ่นยังถูกกว่าที่จะนำทรายจากแหล่งอื่นมาใช้แล้วควรได้พิจารณาใช้ทรายในท้องถิ่นนั้น ทั้งนี้โดยควบคุมมิให้ข้อเสียอันเนื่องมาจากคุณสมบัติที่ขาดไปของทรายในท้องถิ่นมาเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงานก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด

	ทราย	หิน
ความถ่วงจำเพาะ	2.6	2.63
ค่าแห่งความละเอียด	2.95	-
หน่วยน้ำหนัก, กก./ม^3	-	1624.16
ความชื้น, %	0.3	0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหา mixed Design

กำหนดให้ Conerete มีกำลังอัด 230 Ksc.

1. จากตาราง จะได้ $^{w}/_{c}$ Ratio = 0.6
2. ขนาดหิน 1" ให้ Slump = 7.5-10 cm.
   จะได้ปริมาณ 193 ลิตรในคอนกรีต 1 m^3
3. หาปริมาณปูนซีเมนต์
   $^{w}/_{c}$ = 0.6 , W = 193 , C = 321 kg = 6.4 ถุง
4. หาปริมาณหินในส่วนผสม
   จากตารางจะได้หิน = 0.645 m^3 ในคอนกรีต 1 m^3
   = 0.645 * 1624.16 = 1047.58 kg.
5. ปริมาณอากาศในส่วนผสม = 0.015 m^3
6. ปริมาณทรายในส่วนผสม

ปูนซีเมนต์ 321 kg.	= 321/3.15*1000	= 0.1019	m^3
น้ำ 193 ลิตร		= 0.193	m^3
อากาศ		= 0.015	m^3
หิน 1047.58 kg	= 1047.58/2.3*1000	= 0.455	m^3
	รวม	= 0.7653	m^3

ทราย = 1-0.7653 = 0.2347 m^3
= 0.2347*2.6*1000
= 610 kg.

ปริมาณน้ำที่หุ้มทราย = 610*0.003 = 1.83 kg.
ปริมาณน้ำที่หุ้มหิน = 1047.58*0.0032 = 3.35 kg.
5.18 kg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปูนซีเมนต์ ---------- 321 kg.

น้ำ ----------(193 - 5.18)---------- 187.82 kg.

ทราย ----------(610 + 1.83)---------- 611.83 kg.

หิน ----------(1047.58 + 3.35)---------- 1050.93 kg.

ปูน	ทราย	หิน
321	611.83	1050.93
1	1.9	3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของน้ำผสมคอนกรีต

1. น้ำบาดาล

   ที่มา : น้ำที่ขุดใช้ใน KMIT'L

   ลักษณะ : ใส , ไม่มีกลิ่น

   density : 998 kg/m^3

2. น้ำสระ

   ที่มา : สระน้ำบริเวณห้องสมุดสถาปัตย์

   ลักษณะ : มีตะกอน ขุ่นเล็กน้อย

   density : 996 kg/m^3

3. น้ำดื่ม

   ที่มา : น้ำดื่มบริสุทธิ์ยี่ห้อ "แชมป์"

   ลักษณะ : ใส , ไม่มีกลิ่น , ไม่มีรส

   density : 1000 kg/m^3

4. น้ำทะเล

   ที่มา : ชายหาดบางแสนชลบุรี

   ลักษณะ : น้ำทะเลในช่วงเดือน ม.ค. ระดับความเค็ม 31 PPT

   density : 1023 kg/m^3

5. น้ำฝน

   ที่มา : ใช้น้ำฝนที่เก็บไว้ประมาณ 3 เดือน ที่ลาดกระบัง

   ลักษณะ : ใส

   density : 999.5 kg/m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติน้ำทะเลบางแสน

S %. = 1.80655 Cl %.

ความเค็มน้ำทะเล (S %.) = 31 PPT

density = 1023 kg/m^3

S % = 1.80655 Cl %.

Cl %. = 17.16 PPT

The major ions of sea water

Ion	$g.kg^{-1}$ colorinity %.	Cl %. = 17.16 $^{-1}$
Cl^-	0.9989	17.14
So_4^{2-}	0.1400	2.4
Br^-	0.00347	0.0595
F^-	0.000067	0.00115
B	0.000232	0.00398
Na^+	0.5560	9.54
Mg^{2+}	0.0665	1.14
Ca^{2+}	0.02127	0.36
K^+	0.0206	0.3535
Sr^{2+}	0.00041	0.00703
	1.8	31.00516

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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
A11	181.72	30.50	13.37	9.50	29/1/33	5/2/33	7.00	39,840	219.24	21.49	2411.44	143.24
A12	183.05	30.40	13.67	9.50	29/1/33	5/2/33	7.00	33,320	182.02	17.84	2456.50	145.92
A13	194.58	30.40	13.53	9.50	29/1/33	5/2/33	7.00	40,060	217.03	21.27	2410.35	143.17
AVG.									206.10	20.20		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

f'c..230..ksc

No.	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
B11	184.73	30.50	13.41	12.00	30/1/33	6/2/33	7.00	37,880	205.05	20.10	2379.16	141.32
B12	184.61	30.35	13.39	12.00	30/1/33	6/2/33	7.00	32,880	178.10	17.45	2368.93	141.90
B13	181.38	30.65	13.39	12.00	30/1/33	6/2/33	7.00	31,860	175.65	17.21	2406.75	142.96
AVG.									186.27	18.25		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTHAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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
C11	181.50	30.50	13.25	7.50	31/1/33	7/2/33	7.00	41,400	228.09	22.35	2392.94	142.14
C12	184.21	30.40	13.23	7.50	31/1/33	7/2/33	7.00	40,520	219.96	21.56	2362.83	140.35
C13	183.51	30.50	13.29	7.50	31/1/33	7/2/33	7.00	42,200	229.96	22.54	2374.99	141.07
AVG.									226.01	22.15		

TYPE OF SAMPLE.....: CYLINDER
METHOD OF CASTED....: MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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
D11	184.12	30.50	13.50	3.30	2/2/33	9/2/33	7.00	40,500	219.96	21.56	2403.98	142.80
D12	181.69	30.40	13.21	3.90	2/2/33	9/2/33	7.00	38,220	210.36	20.62	2391.17	142.04
D13	181.26	30.50	13.39	3.99	2/2/33	9/2/33	7.00	36,260	200.04	19.60	2421.29	143.82
AVE.									210.12	20.59		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTHAHARLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

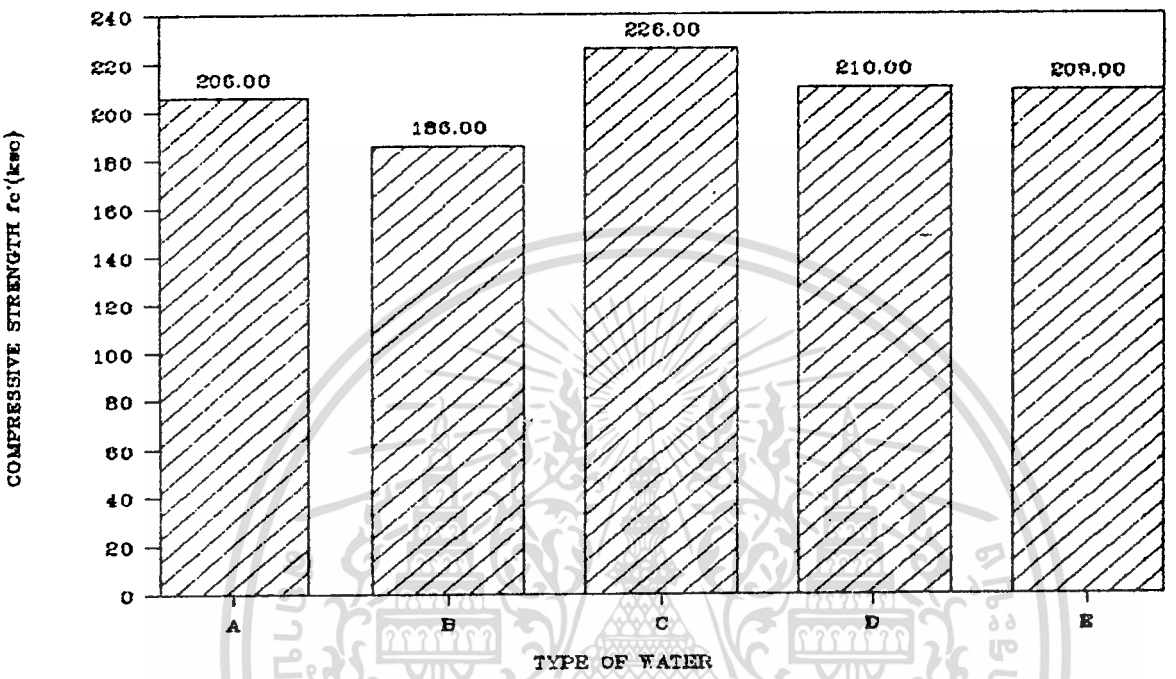
fc'..230..ksc

No.	Cross section (cm^2)	Height (cm.)	Weight (Kg.)	Slump cr.)	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
E11	183.27	30.50	13.25	5.50	3/2/33	10/2/33	7.00	43,020	234.74	23.00	2370.46	140.81
E12	185.68	30.50	13.36	5.50	3/2/33	10/2/33	7.00	35,400	190.65	18.68	2359.04	140.13
E13	183.75	30.40	13.24	5.50	3/2/33	10/2/33	7.00	37,500	204.09	20.00	2370.86	140.83
AVG.									209.82	20.56		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOFAH THONBURI, BANGKOK, THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..250..ksc

No.	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
A21	182.81	30.60	13.54	9.50	29/1/33	12/2/33	14.00	39,860	218.04	21.37	2420.81	143.80
A22	184.79	30.60	13.62	9.50	29/1/33	12/2/33	14.00	48,360	261.70	25.65	2408.62	143.07
A23	185.68	30.50	13.55	9.50	29/1/33	12/2/33	14.00	33,420	179.98	17.64	2392.95	142.14
AVG.									219.91	21.55		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHARKHUNTHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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
B21	185.90	30.50	13.44	12.00	30/1/33	13/2/33	14.00	43,820	236.04	23.13	2370.76	140.82
B22	182.02	30.60	13.19	12.00	30/1/33	13/2/33	14.00	34,800	19..19	18.74	2368.49	140.69
B23	183.97	30.60	13.48	12.00	30/1/33	13/2/33	14.00	33,480	181.99	17.83	2395.27	142.28
AVG.									203.07	19.90		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMPUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

f'c..230..ksc

No.	Cross section (cm^2)	Height (cm.)	Weight (kg.)	Slump (cm.)	Date of Casted	Date of Tested	Ages (days)	Ultimate Load (kg.)	Compressive strength		Weight per Volume	
									ksc.	N/mm^2	kg/m^3	Lb/ft^3
C21	184.09	30.50	13.47	7.50	31/1/33	14/2/33	14.00	41,280	224.24	21.98	2399.57	142.53
C22	182.23	30.40	13.35	7.50	31/1/33	14/2/33	14.00	46,000	252.40	25.81	2410.17	143.16
C23	184.58	30.60	13.37	7.50	31/1/33	14/2/33	14.00	42,000	227.54	22.30	2366.80	140.59
AVE.									238.39	23.36		

TYPE OF SAMPLE.....: CYLINDER
METHOD OF CASTED....: MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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
D21	183.39	30.50	13.52	3.90	2/2/33	16/2/33	14.00	29,700	161.95	15.87	2416.79	143.56
D22	185.16	30.60	13.60	3.90	2/2/33	16/2/33	14.00	47,940	258.91	25.37	2399.61	142.54
D23	184.46	30.60	13.56	3.90	2/2/33	16/2/33	14.00	39,720	215.33	21.10	2401.67	142.66
AVG.									212.06	20.78		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMSUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

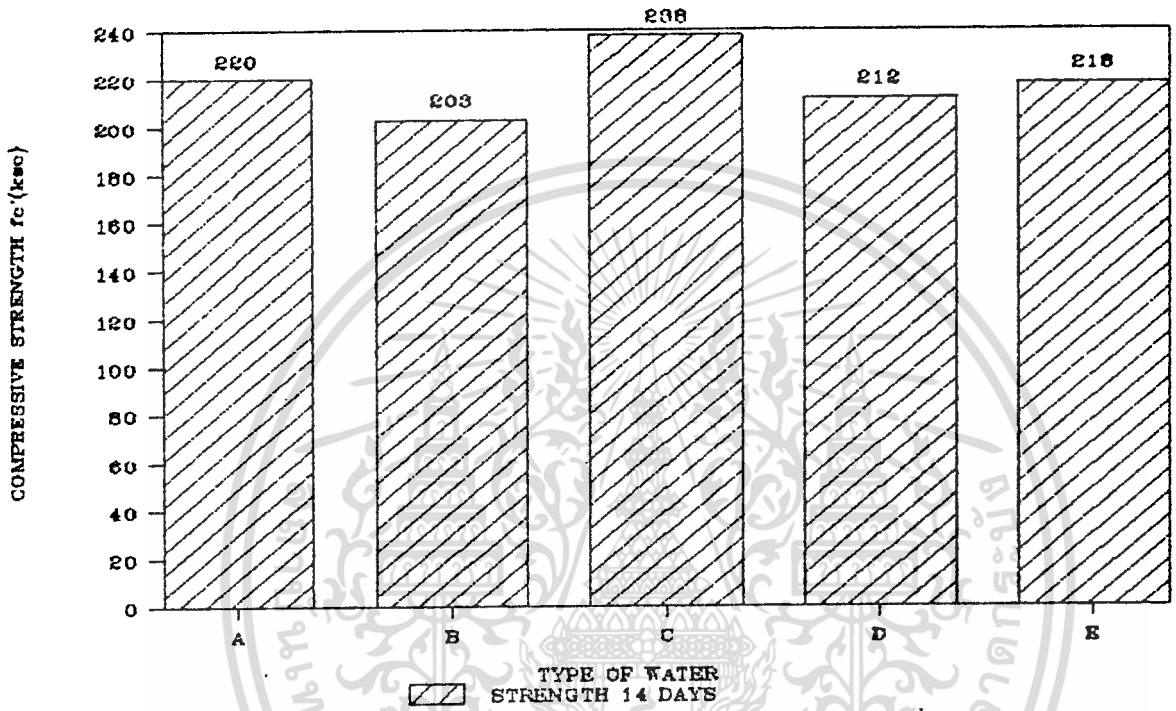
fc'..230..ksc

No.	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
E21	184.64	30.30	17.27	5.50	3/2/33	17/2/33	14.00	49,140	266.14	26.08	2372.28	140.91
E22	182.57	30.50	17.35	5.50	3/2/33	17/2/33	14.00	34,200	187.33	18.36	2396.79	142.37
E23	186.05	30.50	17.54	5.50	3/2/33	17/2/33	14.00	37,680	202.53	19.85	2365.57	141.76
AVG.									218.55	21.43		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARAW LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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
A31	186.70	30.40	13.49	9.50	29/1/33	26/2/33	28.00	41,080	220.04	21.56	2374.75	141.06
A32	181.96	30.50	13.47	9.50	29/1/33	26/2/33	28.00	54,040	296.99	29.11	2427.86	144.21
A33	183.97	30.50	13.59	9.50	29/1/33	26/2/33	28.00	35,700	194.05	19.02	2422.01	143.87
AVG.									237.03	23.23		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SEEVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTHARNPHOKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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
B31	185.25	30.40	13.34	12.00	30/1/33	27/2/33	28.00	39,000	210.52	20.63	2368.74	140.70
B32	182.29	30.40	13.31	12.00	30/1/33	27/2/33	28.00	39,920	218.99	21.46	2401.42	142.64
B33	183.91	30.40	13.17	12.00	30/1/33	27/2/33	28.00	41,200	224.03	21.95	2356.20	139.96
AVG.									217.85	21.35		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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
C31	184.15	30.50	15.31	7.50	31/1/33	28/2/33	28.00	40,320	218.95	21.46	2726.01	161.93
C32	184.12	30.70	13.53	7.50	31/1/33	28/2/33	28.00	40,860	221.92	21.75	2394.15	142.2:
C33	182.48	30.60	13.41	7.50	31/1/33	28/2/33	28.00	52,000	284.97	27.93	2402.33	142.70
AVG.									241.95	23.71		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHOKHUNTAHARKLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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
D31	185.62	30.20	13.57	3.90	2/2/33	3/3/33	28.00	41,500	223.57	21.91	2420.73	143.79
D32	184.58	30.50	13.55	3.90	2/2/33	2/3/33	28.00	41,520	224.94	22.04	2406.89	142.97
D33	185.53	30.50	13.35	3.90	2/2/33	2/3/33	28.00	40,260	217.00	21.27	2359.76	140.17
AVG.									221.84	21.74		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTER BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOPHRAYA-KRUNGTHAPARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

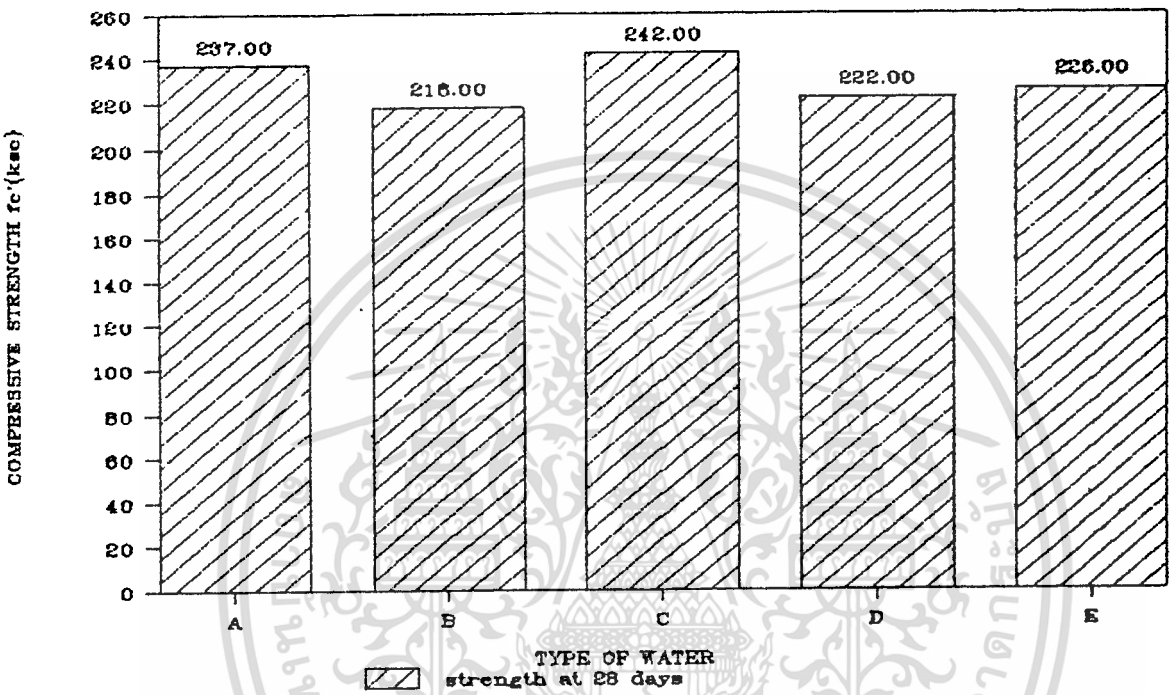
f'c'..230..ksc

No.	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
E31	184.55	30.20	13.40	5.50	3/2/33	3/3/33	28.00	42,640	231.05	22.64	2404.29	142.81
E32	185.44	30.40	13.51	5.50	3/2/33	3/3/33	28.00	40,240	217.00	21.27	2396.54	142.35
E33	184.21	30.40	13.46	5.50	3/2/33	3/3/33	28.00	42,380	230.06	22.55	2403.36	142.76
AVG.									226.04	22.15		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONEKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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	183.51	30.60	13.43	9.50	29/1/33	26/2/33	28.00	31,200	170.02	16.66	2390.91	142.02
A2	184.18	30.60	13.43	9.50	29/1/33	26/2/33	28.00	32,220	174.94	17.14	2382.02	141.49
A3	183.45	30.50	13.46	9.50	29/1/33	26/2/33	28.00	36,320	197.98	19.40	2405.98	142.92
AVG.									180.98	17.74		

TYPE OF SAMPLE.....: CYLINDER
METHOD OF CASTED....: MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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	176.18	30.00	12.61	12.00	30/1/33	27/2/33	28.00	32,700	183.52	17.98	2358.43	140.09
B2	177.70	30.10	12.62	12.00	30/1/33	27/2/33	28.00	36,600	205.96	20.18	2359.57	140.16
B3	177.73	30.00	12.56	12.00	30/1/33	27/2/33	28.00	26,300	147.97	14.50	2355.41	139.91
AVG.									179.15	17.56		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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	178.45	30.10	12.67	7.50	31/1/33	28/2/33	28.00	32,840	184.03	18.03	2358.76	140.11
C2	178.06	30.20	12.54	7.50	31/1/33	28/2/33	28.00	35,080	197.01	19.31	2331.94	138.52
C3	178.06	30.20	12.62	7.50	31/1/33	28/2/33	28.00	35,730	200.94	19.69	2347.19	139.42
AVG.									193.99	19.01		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTAHARNLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

fc'..230..ksc

No.	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	178.09	30.00	12.91	3.90	2/2/33	2/3/33	28.00	36,860	206.97	20.28	2416.34	143.53
D2	178.78	30.20	12.94	3.90	2/2/33	2/3/33	28.00	35,400	198.00	19.40	2396.61	142.36
D3	178.42	30.10	12.94	3.90	2/2/33	2/3/33	28.00	36,400	204.01	19.99	2409.44	143.12
AVG.									202.99	19.89		

TYPE OF SAMPLE.....: CYLINDER
METHOD OF CASTED....: MANUAL

TESTED BY SOMBUT SESVIPATTAMACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CHAOKHUNTHAHARLADKRABANG,BANGKOK,THAILAND TEL. 326-9874

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

SPECIAL PROJECT

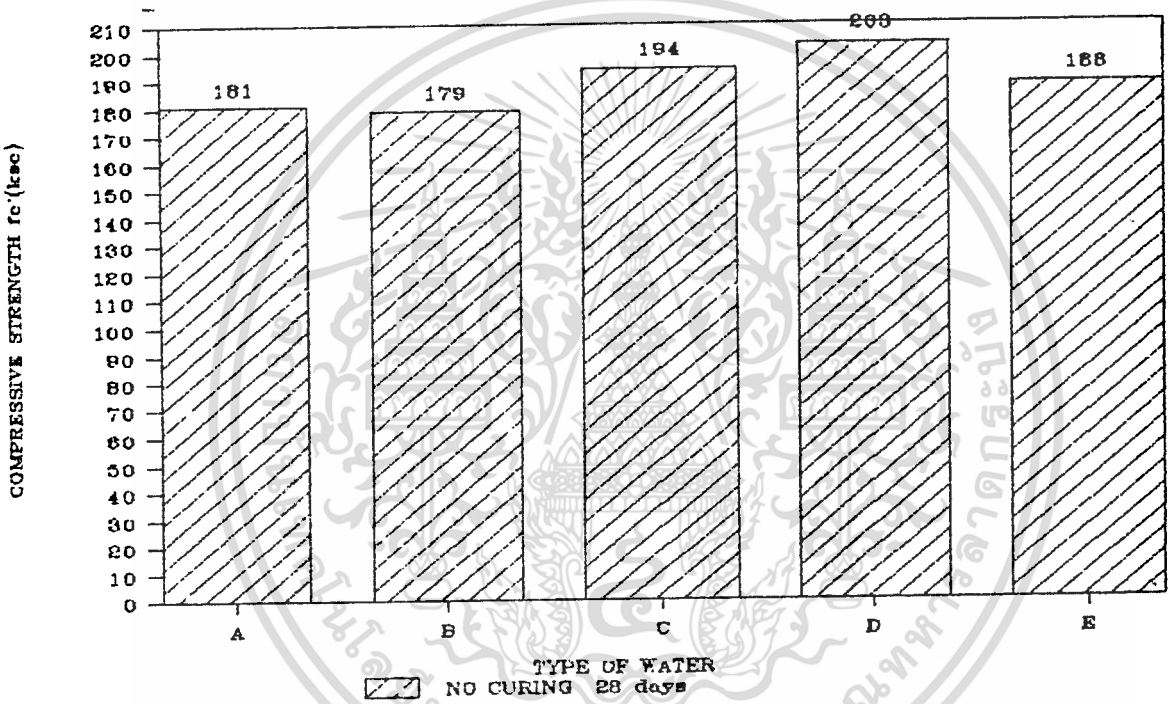
fc'..230..ksc

No.	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	177.97	30.00	12.74	5.50	3/2/33	3/3/33	28.00	30,260	170.03	16.66	2396.13	141.74
E2	177.91	30.00	12.65	5.50	3/2/33	3/3/33	28.00	35,220	197.96	19.40	2376.07	140.78
E3	177.73	30.10	12.71	5.50	3/2/33	3/3/33	28.00	34,840	196.02	19.21	2375.81	141.12
AVG.									188.00	18.42		

TYPE OF SAMPLE.....* CYLINDER
METHOD OF CASTED....* MANUAL

TESTED BY SOMBUT SEEVIFAIRANACHAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผล

1. จากผลการทดลองสามารถจัดลำดับ STRENGTH ของตัวอย่างคอนกรีตที่มีน้ำประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

1 คอนกรีตที่มีน้ำบริสุทธิ์ผสม

2 คอนกรีตที่มีน้ำบาดาลผสม

3 คอนกรีตที่มีน้ำฝนผสม

4 คอนกรีตที่มีน้ำทะเลผสม

5 คอนกรีตที่มีน้ำสระผสม

2. น้ำทะเลจะมีอัตราการเพิ่มของ STRENGTH ใน 7 วันแรกเมื่อเทียบกับ 28 วัน สูงที่สุดคือ 94 % แต่จะเพิ่มขึ้นในช่วง 7 ถึง 14 วัน น้อยที่สุด

3. CONCRETE ที่มี STRENGTH สูงกว่า 230 ksc. ได้แก่ น้ำบริสุทธิ์ , น้ำบาดาล

4. CONCRETE ที่มี STRENGTH ต่ำกว่า 230 ksc. ได้แก่ น้ำทะเล น้ำฝน น้ำสระ

5. ในกรณีที่คอนกรีตไม่ได้รับการบ่ม สามารถจัดลำดับ STRENGTH จากมากไปน้อยดังนี้

1 คอนกรีตที่มีน้ำทะเลผสม

2 คอนกรีตที่มีน้ำบริสุทธิ์ผสม

3 คอนกรีตที่มีน้ำฝนผสม

4 คอนกรีตที่มีน้ำบาดาลผสม

5 คอนกรีตที่มีน้ำสระผสม

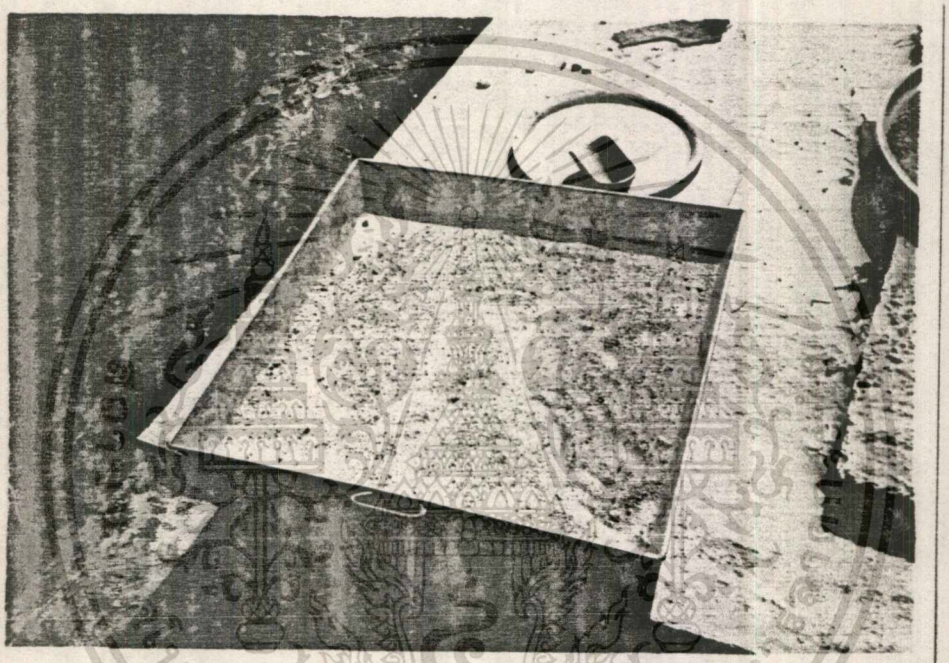
โดย STRENGTH ของน้ำทะเลจะลดลง 9.5%

STRENGTH ของน้ำบริสุทธิ์จะลดลง 20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

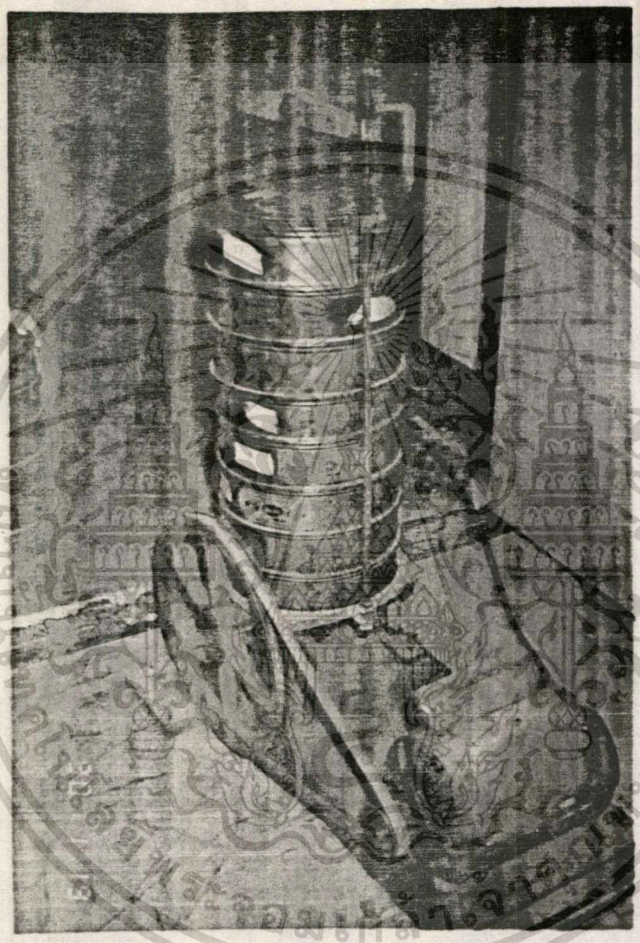
ภาพประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ทรายตากแดดเพื่อหาค่าความชื้นในการทำ MIXED DESIGN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หาค่าความละเอียดของ ทราย และ หินโดยใช้ตะแกรงร่อน

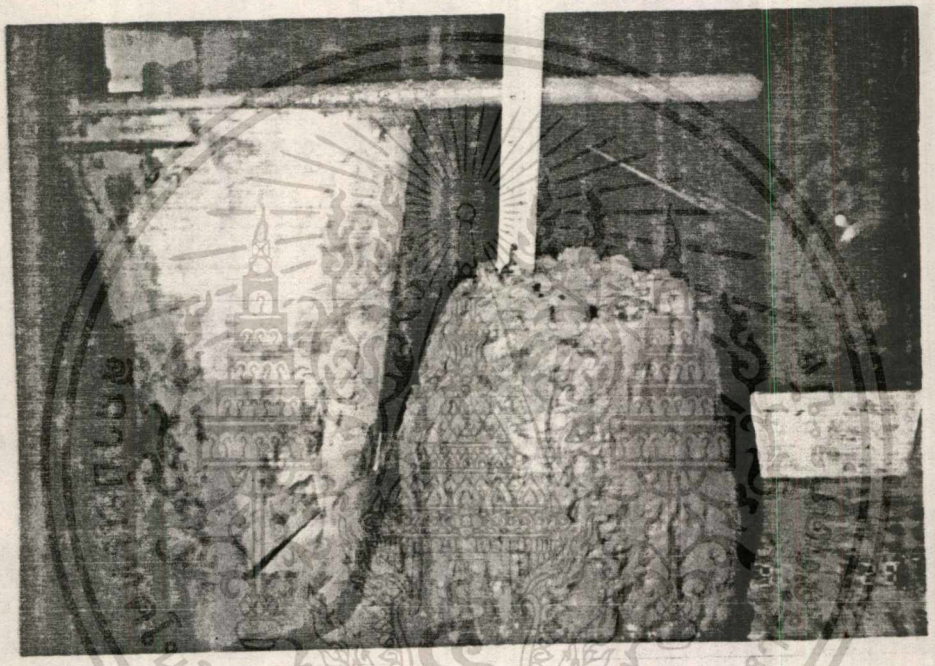
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำทรายมาวางเตรียมผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

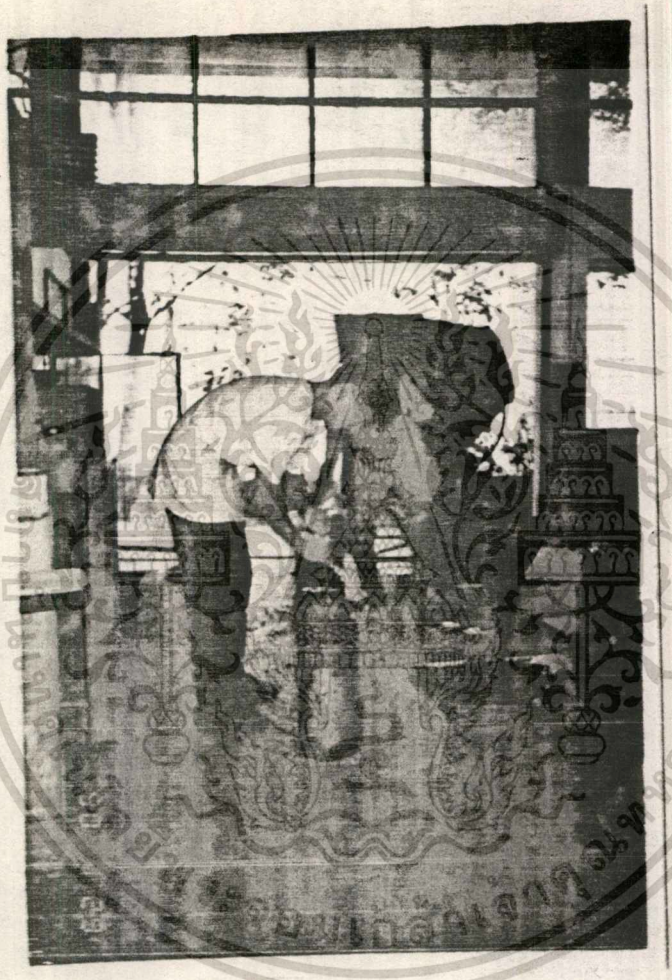
ชนะผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วัดหาค่า SLUMP ของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เทคอนกรีตลง MOLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคอนกรีตลง MOLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. เรื่องของคอนกรีต , บริษัท ชลประทานซีเมนต์ จำกัด
2. คอนกรีตเทคโนโลยี่ , วินิต ช่อวิเชียร พ.ศ. 2529 ,
3. วัสดุก่อสร้าง , ชยาทิตย์ วัฒนวิกย์กิจ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
4. คู่มือการตรวจสอบคอนกรีต , สมาคมคอนกรีตอเมริกา ,อรุณ ชัยเสรี แปล , ชัย มุกตพันธุ์ ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า