

การศึกษาปรับปรุงและออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Tailor made design) ที่ใช้กรวด เป็นมวลรวมหยาบที่โรงงานนำ

อุทัย คำมาวัน

วิศวกรเขต 2

กิจการคอนกรีตผสมเสร็จภาคเหนือ

บทคัดย่อ: โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จนำ เป็นโรงงานที่ได้มีการนำกรวดมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมหยาบในการผลิตคอนกรีต เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ในพื้นที่และมีราคาต้นทุนต่ำกว่าหิน อย่างไรก็ตามการนำกรวดมาใช้เป็นมวลรวมหยาบในการผลิตคอนกรีตของโรงงานนำนั้น ยังพบปัญหาการผลิตในเรื่องของส่วนเผื่อกำลังอัด (Marginal Strength) ที่ไม่สม่ำเสมอ โดยส่วนใหญ่มีค่าค่อนข้างต่ำที่กำลังอัด 28 วัน

ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวข้างต้น มีปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหานี้อยู่หลายประการ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยด้านความสม่ำเสมอของคุณภาพวัสดุบวมที่ต้นแหล่ง, ปัจจัยด้านรูปร่าง(ค่าแฟคเตอร์ความเหลี่ยมมุมของรูปร่างและปริมาณช่องว่าง) หรือปัจจัยด้านขนาดโตสุด (Maximum size) สืบเนื่องจากสาเหตุปัจจัยดังกล่าวทำให้คอนกรีตที่ผลิตได้ตามส่วนผสมมาตรฐาน มีเนื้อคอนกรีตสโตออกไปทางหยาบและมีความเสี่ยงต่อการแยกตัว ทำให้เกิดการเพิ่มน้ำในส่วนผสมเกินกว่าค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มาตรฐาน ทั้งจากการผลิตเองหรือจากการเติมน้ำที่หน้างานโดยลูกค้าเพื่อให้คอนกรีตสโตได้ค่ายุบตัวหรือสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ทำให้เกิดผลเสียโดยตรงต่อกำลังอัดของคอนกรีต ดังนั้นการที่จะผลักดันการใช้งานคอนกรีตที่ใช้กรวดเป็นมวลรวมผสมให้แพร่หลายนั้น จำเป็นต้องแก้ไขจากสาเหตุปัจจัยดังกล่าวโดยการนำความรู้ความเข้าใจด้านคอนกรีตเทคโนโลยีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมเข้ามาแก้ปัญหาที่สาเหตุ ทั้งนี้เพื่อผลิตสินค้าให้มีคุณภาพที่ดีอย่างสม่ำเสมอในราคาที่แข่งขันได้สอดคล้องกับนโยบายของบริษัท

สำหรับแนวทางการแก้ปัญหาได้ทำการเก็บข้อมูลผลการวิเคราะห์ขนาดคละเพื่อหาค่า SSA ของวัสดุมวลรวมย้อนหลังตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง สิงหาคม 2545 และพบว่ามีความแปรตั้งแต่ประมาณ 14,000 - 20,000 ตร.ซม./กก. โดย SSA ของวัสดุที่มีขนาดคละที่ดีอยู่ในขอบเขตตามมาตรฐานของ ASTM C 136 คือ 20,000 ตร.ซม./กก. จึงสมมติให้เป็น SSA ตัวแทน และทำการออกแบบปรับส่วนผสมแบบ Tailor Made เทียบกับ SSA ตัวแทนนี้ โดยอาศัยกราฟความสัมพันธ์ %Void VS. SSA ซึ่งสภาพของวัสดุมวลรวมที่มี SSA ต่ำที่สุดคือ 14,000 ตร.ซม./กก. นั้นต้องปรับปริมาณเพสต์เพิ่มขึ้นอีก 15 ลิตร จากนั้นจึงทำการทดลองส่วนผสมที่ปรับนี้เทียบกับส่วนผสมมาตรฐานของ M18A400 P ผลการทดลองพบว่าเนื้อคอนกรีตสโตของส่วนผสมที่ปรับปรุงมีความเหมาะสมกับการทำงานที่ดีกว่าอีกทั้งมีกำลังอัดที่ 28 วันดีกว่าส่วนผสมมาตรฐาน จึงอาจจะสรุปในเบื้องต้นได้ว่าแนวทางการแก้ปัญหาส่วนเผื่อกำลังอัดต่ำ ด้วยวิธีปรับปรุงและออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Tailor made design) ตามผลการทดสอบขนาดคละและพื้นที่ผิวของวัสดุมวลรวมที่สามารถนำมาแก้ปัญหาได้ แต่ทั้งนี้ต้องทำการเก็บข้อมูลให้หลากหลายเพื่อการวิเคราะห์ผลที่ชัดเจนแน่นอนเพื่อขยายผลใช้งานต่อไปในอนาคต โดยได้สรุปจุดเรียนรู้สำคัญที่ได้จากการทำโครงการงานศึกษานี้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปเป็นแนวทางการควบคุมความผันแปรของการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จของโรงงานใดๆ ตามคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการผลิตจริง ณ โรงงานนั้นๆ

1. เข้าใจในนโยบายของผู้บริหาร

1.1 สืบเนื่องจากนโยบายบริษัทในการที่จะผลิตสินค้าให้มีคุณภาพและมีต้นทุนที่แข่งขันได้ กอรปกับปัจจัยของวัตถุดิบที่มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ดังนั้น การที่จะผลิตสินค้าให้มีคุณภาพที่ดีอย่างสม่ำเสมอ นั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจอันดีในคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสด โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จนั้น เป็นโรงงานที่ได้มีการนำกรวดมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมหยาบในการผลิตคอนกรีต และต้องการผลักดันให้มีการเลือกใช้งานจากลูกค้าย่างกว้างขวางมากขึ้น ด้วยเหตุผลในเชิงธุรกิจ แต่เมื่อผลิตใช้งานสินค้าคอนกรีตจากส่วนผสมมาตรฐานของส่วนคอนกรีตเทคโนโลยีแล้ว พบว่าผลของกำลังอัดคอนกรีตมีส่วนเพื่อกำลังอัดค่อนข้างต่ำและมีความไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อตอบสนองต่อนโยบายของบริษัท

1.2 สาเหตุของปัญหาส่วนเพื่อกำลังอัดที่ค่อนข้างต่ำและไม่สม่ำเสมอ นั้นมีปัจจัยสาเหตุหลักมาจากคุณสมบัติทางกายภาพและรูปร่างของกรวดที่มีความแตกต่างจากหิน โดยสามารถจำแนกปัจจัยดังกล่าวได้ดังนี้

1.2.1 ปัจจัยด้านรูปร่าง เนื่องจากกรวดมีลักษณะที่กลมมน (Spherical Shape) แตกต่างจากหินที่มีความเป็นเหลี่ยมมุม บิดเบี้ยว (Irregular Shape) โดยกรวดจะมีค่าแฟคเตอร์ความเหลี่ยมของรูปร่าง (Angularity Factor) เท่ากับ 1.1 ซึ่งต่ำกว่าหินที่มีค่าเท่ากับ 1.4

1.2.2 ปัจจัยด้านขนาด เนื่องจากกรวดที่ใช้ผลิตที่โรงงานนั้นมีขนาดโตสุดที่ใหญ่กว่ากรวดที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมมาตรฐานจาก ส.คท. (3/4”-#4)

จากปัจจัยของคุณสมบัติด้านรูปร่างและขนาดดังกล่าวข้างต้น มีผลให้ค่าการออกแบบของมวลรวมคือพื้นที่ผิว (ผลจากค่าแฟคเตอร์ความเหลี่ยมของรูปร่าง) และปริมาณช่องว่าง แตกต่างจากหินหรือกรวดมาตรฐาน แต่เนื่องด้วยกรวดมีขนาดคละที่ออกหยาบมาก ดังนั้นปริมาณช่องว่าง (%Void) จึงมีอิทธิพลเหนือกว่าพื้นที่ผิวซึ่งส่งผลให้คอนกรีตสดมีความต้องการปริมาณเพสต์ในการอุดช่องว่างในคอนกรีตสดเพิ่มขึ้น เมื่อต้องการค่ายุบตัวที่เท่ากันเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หินหรือกรวดมาตรฐาน ปัจจัยสำคัญที่ทำให้กำลังอัดต่ำก็คือ การเพิ่มน้ำในส่วนผสมเกินกว่าค่าอัตราส่วน

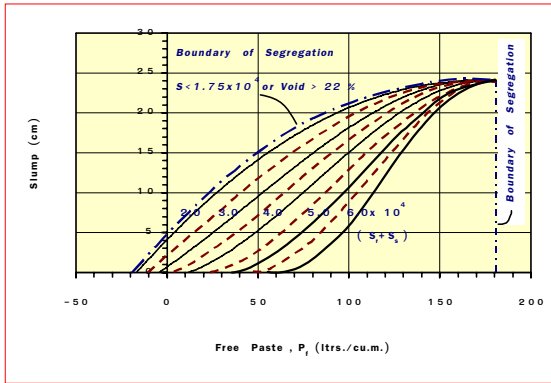
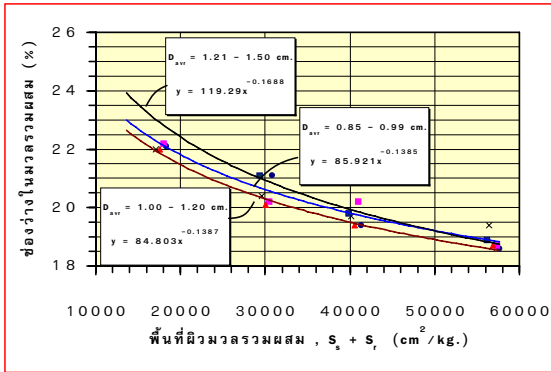
น้ำต่อซีเมนต์มาตรฐานที่ออกแบบ ทั้งนี้จากกระบวนการผลิตเองหรือจากการที่ลูกค้าเติมน้ำหน้างานเพื่อให้ได้ค่ายุบตัวในการทำงานที่ต้องการ ซึ่งมีผลอย่างยิ่งต่อกำลังอัดและการแยกตัวของคอนกรีตสดโดยตรง

ด้วยคุณสมบัติของแร่ธาตุประกอบในกรวดซึ่งประกอบด้วยซิลิกาเป็นส่วนใหญ่เช่นเดียวกับทราย ดังนั้นกำลังของกรวดจึงมีค่าไม่ต่ำไปกว่าหินปูน ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต และนอกจากนี้คอนกรีตที่ผลิตส่วนใหญ่อยู่ในช่วงกำลังอัดใช้งานที่ต่ำ (180-280 ksc) ดังนั้นกำลังของมวลรวมหยาบจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญรองจากกำลังของเพสต์และ Transition Zone

2. กำหนดงานที่จะทำ

จากการสำรวจที่มาแห่งปัญหา สามารถพิจารณาหาทางเลือกในการแก้ไขปัญหาได้ดังนี้





รูปที่ 1 กราฟสำหรับหาค่าการปรับ Free Paste

ทางเลือก	การประเมินผล
ปรับปรุงคุณภาพ กรวดและทราย ต้นแหล่งหรือ เปลี่ยนแหล่ง	ทำได้ยากเนื่องจากต้องปรับปรุง สภาพเครื่องจักรหรือกระบวนการ การผลิตที่ต้นแหล่ง หรือการ เปลี่ยนแหล่งอาจต้องพิจารณา ปัจจัยการผลิตและจัดส่ง
ปรับ S/A	มิได้เป็นการปรับปรุง Margin แต่เป็นการปรับปรุงสภาพเนื้อ ของคอนกรีตสดให้มีความทำงาน ที่ดีขึ้นด้วยสายตา แต่สภาพเนื้อ คอนกรีตอาจยังไม่ตรงตาม ความต้องการของลูกค้า
ปรับเพิ่ม Binder ในส่วนผสม	สามารถปรับปรุง Margin ได้แต่ เป็นการแก้ไขที่ปลายเหตุและไม่ มีแบบแผนที่เป็นมาตรฐาน

ทางเลือก	การประเมินผล
ปรับปรุงส่วนผสม ตามคุณภาพวัสดุ คุณภาพวัตถุดิบที่แปรผันไป ตามสภาพที่เป็นอยู่จริงโดย ตามผลทดสอบ ขนาดคละและ พื้นที่ผิว	เป็นการปรับปรุงส่วนผสมตาม คุณสมบัติของวัตถุดิบมวลรวม ตามสภาพที่เป็นอยู่จริงโดย อาศัยพารามิเตอร์ ปริมาณช่อง ว่าง (void) และพื้นที่ผิว (Specific Surface Area) การ ใช้เครื่องมือ CPAC SADA จะ สามารถสื่อถึงคุณสมบัติด้าน ส่วนคละที่ดีกว่าการดูเพียง Gradation จึงถือเป็นการแก้ ปัญหาที่สาเหตุ

ตารางที่ 1 การประเมินทางเลือกในการแก้ปัญหา

ข้อสรุปทางเลือก: ปรับปรุงส่วนผสมตามคุณภาพวัตถุดิบที่แปรผันไปตามผลทดสอบขนาดคละและพื้นที่ผิว

3. พัฒนารูปแบบการปฏิบัติงาน

จากเอกสารแนบ 1 เมื่อทำการเก็บข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ของกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้กรวดเป็นวัสดุมวลรวมเทียบกับค่า SSA ของวัสดุมวลรวมที่ได้จากการคำนวณ ของโรงงานนำ โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงสิงหาคม 2545 แล้วพบว่า วัสดุมวลรวมมีค่า SSA ผันแปรตั้งแต่ประมาณ 14,000 ถึง 20,000 ตร.ซม./กก. ซึ่งจากทฤษฎีด้านคอนกรีตเทคโนโลยีถือว่ามีค่าความหนาแน่นมากจนถึงหนาแน่น ทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตมาก คอนกรีตสดจึงมีความต้องการ Free paste เพิ่มขึ้นเพื่อมิให้เกิดการแยกตัวและช่วยเพิ่ม Workability การผลิตคอนกรีตที่มีขั้นตอนการผลิตตามมาตรฐานจากระบบฐานข้อมูลอาจไม่สอดคล้องกับคุณสมบัติและคุณภาพของวัตถุดิบมวลรวมที่มีความผันแปรอยู่สูง พบว่าการผลิตคอนกรีตที่มีขั้นตอนการผลิตที่ระดับ P ถึง J ยังคงมีค่า Marginal Strength กำลังอัดที่ 28 วันที่ต่ำ การปรับปรุงส่วนผสมตามคุณภาพวัสดุมวลรวมที่แปรผันไปตามสภาพความเป็นจริงจึงเป็นวิธีการที่ถูกเลือกนำมาแก้ไขปัญหานี้ ซึ่งการพัฒนารูปแบบการปฏิบัติงานสามารถกำหนดได้ดังนี้

3.1 นำกรวดและทรายมาหาค่า SSA

ทำได้ 2 วิธีโดย

- 1.1.1 คำนวณจากค่าที่ Sieve ประจำกรวด
- 1.1.2 หาค่าจากเครื่องมือ CPAC SADA

3.2 ปรับส่วนผสมแบบ Tailor Made Design จาก

ค่า SSA ตามข้อ 3.1

3.2.1 เลือกตัวอย่างของกรวดและทรายที่มีขนาดคละดีเพื่อเป็นตัวแทนในการเปรียบเทียบหาค่า (SSA ตัวแทน)

3.2.2 คำนวณการปรับส่วนผสมจากการเปรียบเทียบค่า SSA ของวัสดุมวลรวมของผลทดสอบขนาดคละดีและพื้นที่ผิวกับค่า SSA ตัวแทน

3.3 ทำ Trial Mix

3.3.1 ทำ Trial Mix จาก Mix ที่คำนวณการปรับส่วนผสม สังเกตลักษณะเนื้อคอนกรีตสดและติดตามผลกำลังอัด เปรียบเทียบกับสินค้าที่ผลิตตามส่วนผสมที่ใช้งานปัจจุบัน

รายละเอียด, เงื่อนไขและข้อกำหนดในการทำ Trial Mix เป็นดังนี้

1. เลือกใช้ Mix ZBDM18A400P เป็นตัวแทนในการทดลองปรับส่วนผสม

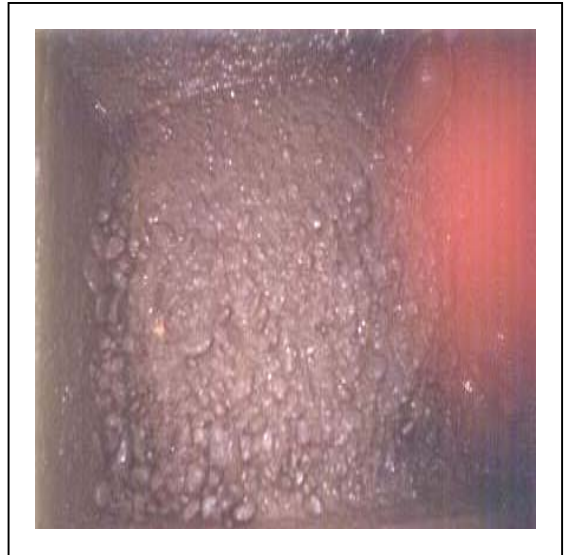
2. กำหนดค่า SSA ตัวแทน ของวัสดุมวลรวมคือ 20,000 ตร.ซม./กก. และของ Mix ที่จะทำการปรับคือ 14,000 ตร.ซม./กก.

3. เนื่องจากค่า SSA ของวัสดุมวลรวมของ Mix ที่จะทำการปรับมีค่าต่ำ ดังนั้นช่องว่างในเนื้อคอนกรีตจึงมีผลมากกว่า จึงเลือกปรับ Free Paste จากกราฟ %Void VS. SSA (สำหรับส่วนผสมหลังจากปรับแล้วและราคาต้นทุน ดูตามเอกสารแนบ 2)

4. สังเกตลักษณะเนื้อคอนกรีตสดและติดตามผลกำลังอัด เปรียบเทียบกับสินค้าที่ผลิตตามส่วนผสมที่ใช้งานปัจจุบัน

MIX ZBDM	7 วัน	28 วัน	ลักษณะเนื้อคอนกรีตสด	SL. Cm.
	STR.	STR.		
18A400P	152	210	ออกหยาบ	12
18A400T	167	223	ปกติ	10.5

ตารางที่ 2 บันทึกผลการทำ Trial Mix



รูปที่ 2 ลักษณะเนื้อคอนกรีตสดของ M18A400P



รูปที่ 3 ลักษณะเนื้อคอนกรีตสดของ M18A400T

4. วิธีการเพื่อให้งานสำเร็จ

แผนการปฏิบัติงาน

1. นำเครื่องมือ CPAC SADA มาใช้งานเพื่อหาค่า SSA ของวัสดุมวลรวม และปรับใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งในการติดตามคุณภาพวัตถุดิบ
2. ติดตามกำลังอัดที่ 7 วันเป็นอย่างช้าในการติดตามผลด้านกำลังอัดของคอนกรีตเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจปรับเปลี่ยนส่วนผสม

3. สร้างระบบเก็บข้อมูลเพื่อการตรวจสอบรองรับและแจ้งกับ ส.คท. เพื่อนำเข้าระบบฐานข้อมูลส่วนผสม Online

4. ประชาสัมพันธ์และผลักดันการใช้งานให้เกิดขึ้นในวงกว้าง

ตารางที่ 3 การคาดการณ์ถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นและการเตรียมการป้องกัน

ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น	การเตรียมการป้องกัน
1. ความคลาดเคลื่อน/ ถูกต้องจากการใช้เครื่องมือและการเก็บตัวอย่าง	สร้างทีมงานเข้าทำการ Coaching รวมถึงการ OJT เรื่องการใช้เครื่องมือและการเก็บตัวอย่างในช่วงเริ่มใช้งานอย่างใกล้ชิดและต่อเนื่อง
2. ต้นทุนอาจสูงขึ้นเนื่องจากการปรับส่วนผสม	ปรับเพิ่ม % PFA Replacement โดยเลือกใช้งานตามลักษณะโครงสร้างที่นำคอนกรีตไปใช้งาน
3. ลูกค้ายึดติดกับการใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมหายาบ	ทำความเข้าใจเพื่อสร้างความเชื่อมั่นในสินค้าให้เกิดขึ้นโดยทีมงานการตลาดและวิศวกร
4. การใช้งานของลูกค้ำที่ไม่ถูกต้องเหมาะสมอาจนำมาซึ่งปัญหาเดิม	จัดทำคู่มือการใช้งานคอนกรีตที่ถูกต้องพร้อมทั้งติดตามพฤติกรรมกรรมการใช้สินค้าในช่วงแรกอย่างใกล้ชิด

5. การปฏิบัติตามแผนงาน

ตารางที่ 2 แผนการปฏิบัติงานตามเอกสารแนบ 3

6. การตรวจสอบผล

หัวข้อในการใช้เพื่อตรวจสอบผลมีดังนี้

1. กำลังอัด / ส่วนเผื่อกำลังอัด

2. ยอดขายงานที่เลือกใช้گردเป็นวัสดุมวลรวมหายาบ

3. ข้อร้องเรียนหรือข้อเสนอแนะจากลูกค้าในตัวผลิตภัณฑ์

โดยจะเริ่มเก็บข้อมูลเป็นรายเดือนจากเดือนตุลาคม 2545 เป็นต้นไป

7. การจัดผู้ทำงานปกติ

ตารางที่ 4 กำหนดหน้าที่และผู้รับผิดชอบ

งานที่ทำ	ผู้รับผิดชอบ
1. การใช้เครื่องมือ CPAC SADA เพื่อวัดผลด้านคุณภาพของวัตถุดิบ	พนักงานผลิต / พนักงานศูนย์ควบคุมคุณภาพ
2. ตรวจสอบและติดตามผลทดสอบประจำงวด	หน.รง. / ผจผ.ผ
3. ติดตามผลกำลังอัดและคุณภาพสินค้า	พนักงานผลิต / พนักงานศูนย์ควบคุมคุณภาพ/ วิศว.
4. ออกแบบปรับส่วนผสมที่เกิดปัญหา	วิศว.
5. ประชาสัมพันธ์และผลักดันการใช้สินค้า	จนท.ปช./ ผจผ.กต./ วิศว.
6. เก็บข้อมูล, ปรับแก้และ ควบคุมความคงตัวของระบบ	วิศว.

จุดเรียนรู้ที่ได้

จากการทำโครงการนี้ ได้ทราบจุดเรียนรู้หนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการควบคุมความผันแปรของกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จให้เป็นไปตามเกณฑ์ จากปัจจัยด้านความผันแปรของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต อาทิเช่น ความผันแปรของคุณสมบัติวัตถุดิบมวลรวมหรือสารผสมเพิ่มอื่นใด โดยสามารถสรุปเป็นแนวปฏิบัติสำหรับใช้งานในโรงงานอื่น ๆ ได้ดังนี้

1. ศึกษาและทำความเข้าใจถึงคุณสมบัติของวัตถุดิบทุกชนิดจากต้นแหล่ง ที่โรงงานนั้นๆ นำมาผลิต ว่าส่งผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งในสถานะ

คอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วในด้านใดและอย่างไรบ้าง

2. ตรวจสอบคุณสมบัติจากผลทดสอบวัสดุดิบทุกชนิดประจำงวดที่มี เพื่อที่จะได้คาดการณ์ถึงผลกระทบที่จะมีต่อคอนกรีตที่ผลิตได้ หรือกรณีที่เกิดปัญหาขึ้นก็สามารถที่จะแก้ปัญหาที่สาเหตุ ได้อย่างถูกต้อง

3. ทำการปรับปรุงส่วนผสม หรือกระบวนการผลิตให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของวัสดุดิบที่ใช้ผลิตตามที่ได้รวบรวมไว้จากข้อมูลจริงตามหลักทางสถิติ เพื่อผลิตคอนกรีตที่มีคุณสมบัติได้อย่างสม่ำเสมอในต้นทุนที่เหมาะสม (Tailor made design)

4. ตรวจสอบผลและวิเคราะห์ความผันแปรของกระบวนการผลิตเพื่อหาจุดบกพร่องหรือปัจจัยอื่นใดที่มีผลกระทบต่อความคงที่ของระบบพร้อมทั้งปรับแก้และกำหนดวิธีการป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ

5. กำหนดสู่การทำงานปกติ

8. แผนงานในอนาคต

ออกแบบส่วนผสมที่ปรับเพิ่ม % Replacement โดยเลือกใช้งานตามลักษณะโครงสร้างที่นำคอนกรีตไปใช้งาน เพื่อความเหมาะสมทางด้านต้นทุนราคา

เอกสารอ้างอิง

เอกสารประกอบหลักสูตรการฝึกอบรมคอนกรีตเทคโนโลยีแบบบูรณาการ สำหรับวิศวกร เรื่อง สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม

ตาราง แสดงข้อมูลความสัมพันธ์กำลังอัดกับค่า SSA ของวัสดุมวลรวมของโรงงานนำ

Month 2002	Product ZBDM	Mean ST@7 day		Mean ST@28 day		SSA, cm ² /kg			Ss+Sg, cm ² /kg	Gradation Curve		Remarks
		KSC	%	KSC	%	Sand	F.M.	Gravel		Sand	Gravel	
Jan	21A400P	124	59	227	108							max.margin=21 ksc min.margin=1 ksc
	21A400H	149	70	231	110	16,411	3.1	1,261	17,672	N.G	O.K	
	28A5J0P	204	72	281	100							
Feb	18A401P	106	50	183	101							max.margin=47 ksc min.margin=3 ksc
	24A400P	136	56	287	119	18,138	2.72	1,264	19,403	O.K	O.K	
	24A400J	136	56	263	109							
Mar	21A401J	159	75	238	113	16,206	3.11	1,267	17,473	O.K	O.K	max.margin=28 ksc min.margin=17 ksc
	25A402P	199	79	267	106							
Apr	25A402P	220	88	285	114	16,030	2.67	1,166	17,196	N.G	N.G	margin=35 ksc
May	25A402P	190	76	317	126	18,182	2.91	1,217	19,399	O.K	O.K	margin=67 ksc
Jun	18A400R	179	99	226	126	12,953	3.04	1,265	14,218	N.G	N.G	ปรับSTEP การผลิตขึ้น
Jul	926031	177	98	256	142	18,714	2.84	1,281	19,995	O.K	O.K	ปรับปรุง Binder
Aug	926031	190	105	260	144	12,851	3.26	1,750	14,600	N.G	N.G	ปรับปรุง Binder

ส่วนผสมคอนกรีต

สำหรับการทำ Trial Mix โรงงานคอนกรีตผสมน้ำ เชน 2 กิจการคอนกรีตผสมเสร็จภาคเหนือ

รหัสสินค้า	กำลังอัดที่ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)		ค่ายุบตัว (ซม.)	* รหัสสินค้าย่อย	ส่วนผสมคอนกรีต (กก./ลบ.ม.)										หมายเหตุ
	ทรงลูกบาศก์ (15x15x15 ซม.)	ทรงกระบอก (15x30 ซม.)			ซีเมนต์	PFA	น้ำ	W/B	S/A	ทราย	หิน	กรวด	หน้ายา Type D (ซีซี) (กก.)		
ZBDM18A400	180	140	5 - 10	PX2XX	170	74	163	0.67	0.43	850		1150	510	0.63	Mix กรวดมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ
															มี TVC เท่ากับ 694.11 บ/ลบ.ม.คอนกรีต
ZBDM18A400	180	140	5 - 10	T	182	80	170	0.65	0.43	850		1150	546	0.67	Mix ที่มีการปรับ Free Paste
															มี TVC เท่ากับ 716.67 บ/ลบ.ม.คอนกรีต
ZBDM18A000	180	140	5 - 10	PX3XX	170	74	163	0.67	0.43	850	1150		510	0.63	Mix หินมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ
															มี TVC เท่ากับ 774.61 บ/ลบ.ม.คอนกรีต

* ตัวแปร X ให้อุณหภูมิในการกำหนดรหัสสินค้าย่อย

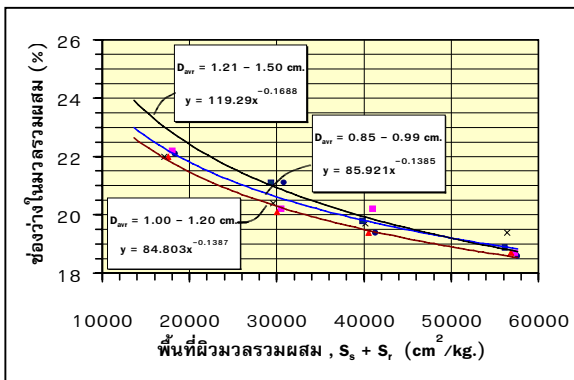
ฉบับที่	ปรับปรุง	ผู้ทบทวน	ผู้อนุมัติ	วัน/เดือน/ปี	เลขที่เอกสาร	หน้า	ของ
1	0			5/08/45	R-10-006 (ช2.ภน.)	1	1
ISSUE	REVISION	REVIEW	APPROVAL	DATE	DOCUMENT NO.	PAGE	OF

การออกแบบส่วนผสม

เงื่อนไข : กำลังอัด 180 ksc โดยเลือก Mix 18A400P2 ในการปรับส่วนผสมเป็นดังนี้

- Cement= 170 kg
- PFA= 74 kg
- Water= 163 litres
- Sand= 850 kg
- Gravel= 1150 kg
- P48R= 510 CC.

ปรับส่วนผสมจากค่า SSA ตัวแทน คือ 20,000 cm²/kg โดยสมมุติว่าปรับจาก SSA ที่หยาบที่สุดที่มีข้อมูล คือ 14,000 cm²/kg เนื่องจากค่า SSA ของวัสดุรวมมีค่าต่ำมากดังนั้นปริมาณช่องว่าง(% Void)จึงมีอิทธิพลเหนือกว่าพื้นที่ผิวซึ่งส่งผลให้คอนกรีตมีความต้องการปริมาณเพสต์ในการอุดช่องว่างในคอนกรีตเพิ่มขึ้น จึงทำการปรับแก้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Void กับ ค่า S_s+S_g(SSA วัสดุรวม)

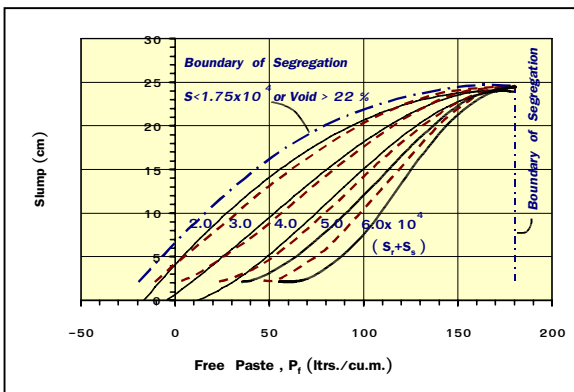


ที่ SSA = 20,000 cm²/kg และ D_{avg} = 1.21-1.50 cm
 จะได้ค่า %V = 22.5 ที่ SSA = 14,000 cm²/kg และ
 D_{avg} = 1.21-1.50 cm จะได้ค่า %V = 24.0 , มีผลต่าง %V
 เท่ากับ 1.5 ดังนั้นต้องเพิ่ม Free Paste อีก 15 ลิตร
 Adjust mix: W/B=0.668 → B=C+PFA
 C=0.7B

REPLACEMENT 30%, 0.7W/C = 0.668 → W/C=0.943
 W+C/3.15+PFA/2.0 = +15
 0.943C+C/3.15+3C/14 = +15

C = 12.26 kg, P = 5.25 kg, W = 11.56 l

ดังนั้น ต้องปรับ Free Paste จากเดิมเป็น C = 170+12.26
 = 182.26 Say 182 kg
 P = 74+5.25 = 79.25
 Say 80 kg
 Water = 163+11.56
 174.56 Say 174 l



Volume Check 182/3.15+80/2.0+174+850/2.65+1150/2.65
 v = 1026.5 l ok

ดังนั้นจะได้ส่วนผสมที่ปรับปรุงใหม่ดังนี้

- M18A400T → Cement= 182 kg , Sand= 850 kg
- PFA= 80 kg , Gravel= 1150 kg
- Water= 170 l , P48R= 546 cc.