

ส่วนผสมคอนกรีตของโรงงานนครพนม สำหรับรายละเอียดที่เกินค่าการใช้งาน CPAC

ภัทรพันธ์ กมลภรณ์

ผู้จัดการส่งเสริมคุณภาพ CPAC ภาคตะวันออก 3

กิจการ CPAC ภาคตะวันออก

บทคัดย่อ : ปัจจุบันส่วนผสมคอนกรีตที่ซีแพคออกแบบสำหรับรายละเอียดพื้นที่ผิวจำเพาะ (SSA) มีค่าไม่เกิน 58,000 ตร.ซม./กก. แต่มีทรายที่ จ.นครพนม ในบางช่วงเวลามีพื้นที่ผิวจำเพาะเกินค่าการใช้งาน และไม่สามารถคัดเลือกขนาดคละได้ เนื่องจาก กระบวนการผลิตทรายในพื้นที่ใช้ท่อดูดทรายจากกันแม่น้ำนำมาผ่านตระแกรง ในฤดูฝน น้ำในแม่น้ำลึกลงมาก ๆ ต้องดูดทรายจากบริเวณริมแม่น้ำ ทรายที่ได้จะละเอียดมากหรือมีพื้นที่ผิวทรายมากกว่าช่วงปกติ ทำให้โรงงานไม่สามารถเลือกหาลูกหินค้ำย้อยที่มีอยู่เพื่อให้กำลังอัดผ่านเกณฑ์ที่รับรองได้ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อให้กำลังอัดผ่านเกณฑ์ที่รับรองให้ลูกค้ำ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นและปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นยังไม่มีความมาตรฐานกำหนดไว้เป็นตัวเลข จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมกับทรายที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะเกินค่าการใช้งาน เพื่อรักษาคุณภาพและควบคุมต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม สามารถนำไปปรับใช้กับโรงงานอื่นๆ ที่บางช่วงประสบปัญหาวัตถุดิบลักษณะเดียวกันได้

1. ที่มา

ทรายที่ จ.นครพนม ในบางช่วงเวลามีพื้นที่ผิวจำเพาะมากกว่าค่ามาตรฐานค่าการใช้งาน CPAC ทำให้โรงงานไม่สามารถเลือกหาลูกหินค้ำย้อยที่มีอยู่ในการผลิตได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อให้กำลังอัดผ่านเกณฑ์ที่รับรองให้ลูกค้ำ ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นและปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นยังไม่มีความมาตรฐานกำหนดไว้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมกับทรายที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะเกินมาตรฐาน เพื่อรักษาคุณภาพและควบคุมต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับพื้นที่ผิวทรายในพื้นที่ จ.นครพนม

2.2 เพื่อรักษามาตรฐานด้านคุณภาพและควบคุมต้นทุนการผลิตตามคุณภาพวัตถุดิบ

3. ขอบข่าย

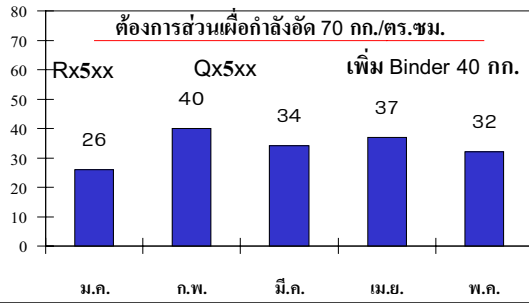
2.3 สํารวจพื้นที่ผิวทราย จ.นครพนม ในช่วงเวลาในปี 2546

2.4 ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตตามคุณภาพของทรายในจังหวัดนครพนม เพื่อการควบคุมคุณภาพและวัตถุดิบ

2.5 ติดตามการใช้งานจริงในแง่คุณภาพและต้นทุนการผลิต

4. สํารวจสภาพปัจจุบัน

4.1 ผลการวิเคราะห์กำลังอัดปัจจุบันก่อนมีการปรับและออกแบบส่วนผสมคอนกรีต



เดือน ก.พ. และ มี.ค. ส่วนเนื้อกำลังอัดเฉลี่ย 37 กก./ตร.ชม.
 ส่วนเนื้อที่ออกแบบ 153 + 33 = 186 กก./ตร.ชม.

รูปที่ 1 แสดงค่าส่วนเนื้อกำลังอัดโรงงานนครพนม เดือน ม.ค. ถึง พ.ค. 2546

รหัสสินค้าย่อย	Binder (kg)	W/B	ส่วนเนื้อกำลังอัด (ksc)
Rx5xx(PFA 20 %)	312	0.61	138
Qx5xx(PFA 10 %)	312	0.60	153

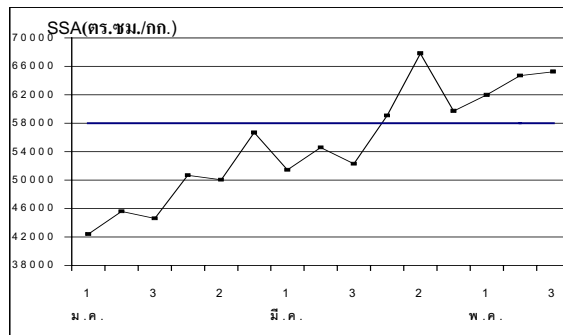
รูปที่ 2 ตารางเปรียบเทียบส่วนเนื้อกำลังอัด คอนกรีตกำลังอัด 240 กก./ตร.ชม. ค่ายุบตัว 10.0 ± 2.5 ซม. ระยะทาง Onsite

โดยใช้สูตรหาส่วนเนื้อกำลังอัด (y คือ กำลังอัดที่รับรองบวกส่วนเนื้อกำลังอัด)

ทดแทนด้วย PFA 10%, $y=1406.0 e^{-2.1243(W/B)}$

ทดแทนด้วย PFA 20%, $y=1412.8 e^{-2.1651(W/B)}$

4.2 สํารวจสภาพวัตถุดิบ



รูปที่ 3 แสดงค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของทรายโรงงานนครพนมในช่วงเวลาต่าง ๆ



รูปที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของทรายใน จ.นครพนม

ใช้ความรู้จาก C CONC E เทคนิคการปรับส่วนผสม โดยใช้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของมวลรวมตามรูปที่ 5

พื้นที่ผิวจำเพาะ ตารางซีเมนต์ / กิโลกรัม	กรวด			การปรับ SA	
	1,500 - 2,500	2,501 - 3,000	3,001 - 4,000		
ทราย	38,001 - 42,000	Rx5xx	Rx5xx	Rx5xx	ปรับ SA ลดลง 2 Step
	42,001 - 46,000	Rx5xx	Rx5xx	Rx5xx	ปรับ SA ลดลง 2 Step
	46,001 - 50,000	Qx5xx	Rx5xx	Qx5xx	ปรับ SA ลดลง 2 Step
	50,001 - 54,000	Qx5xx	Qx5xx	Qx5xx	ปรับ SA ลดลง 2 Step
	54,001 - 58,000	Qx5xx	Qx5xx	Qx5xx	ปรับ SA ลดลง 2 Step

รูปที่ 5 ตารางการปรับส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของมวลรวม

ในเดือน มกราคม โรงงานเลือกใช้ส่วนผสมรหัสสินค้าย่อย Rx5xx (ทดแทนด้วย PFA 20 % ควบคุมปริมาณ Binder) ลักษณะเนื้อคอนกรีตและค่ายุบตัวเริ่มต้นตามรูปที่ 6



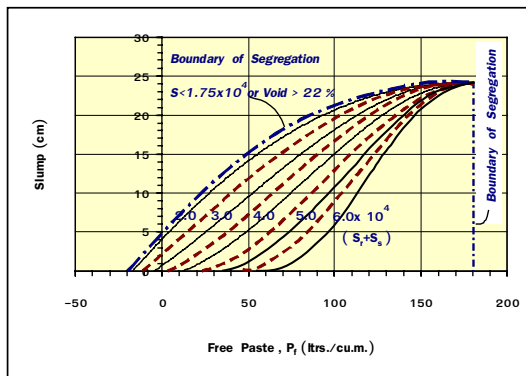
รูปที่ 6 ลักษณะเนื้อคอนกรีตและค่ายุบตัวเริ่มต้นทดแทน PFA 20% ได้ค่ายุบตัว 11.0 ซม.

เดือน กุมภาพันธ์ และ มีนาคม โรงงานเลือกใช้ส่วนผสมสโตนค้าย่อย Qx5xx (ทดแทนด้วย PFA 10 % ควบคุมปริมาณ Binder) ลักษณะเนื้อคอนกรีตและค่ายุบตัวเริ่มต้นตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 ลักษณะเนื้อคอนกรีตและค่ายุบตัวเริ่มต้นทดแทน PFA 10% ได้ค่ายุบตัว 10.0 ซม.

เดือน เมษายน และ พฤษภาคม ให้โรงงานใช้ส่วนผสมคอนกรีตเพิ่ม Binder 40 กก. จากข้อมูลเทคนิคตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ายุบตัวและปริมาณ Paste

จากกราฟ ต้องใช้ Paste อย่างน้อย 120 ลิตร/ลบ.ม. จึงเพิ่มปริมาณ Binder 40 กก. (15 ลิตร)

5. การดำเนินการ

5.1 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตสำหรับทรายที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเกินค่ามาตรฐาน

- อัตราน้ำยา Daratard P48R 300 cc. ต่อ 100 กก.ซีเมนต์ (ระยะทางจัดส่ง Onsite)
- คอนกรีตใช้งานทั่วไป ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม.
- ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบ 166 ลิตร (ทดแทนด้วย PFA30%)
- ส่วนเผื่อกำลังอัดที่ออกแบบ 186 กก./ตร.ซม.
- กำหนด W/B จากสูตร $y = 1624.1e^{-2.4994(W/B)}$
- ปริมาณวัสดุประสาน(B) ขั้นต่ำ 236 กก./ลบ.ม.
- อัตราส่วนมวลรวมต่อมวลรวมทั้งหมดโดยน้ำหนัก (S/A)

จากสูตร $S/A = -0.000756 (B) + 0.4924 +$ ค่าปรับแก้

ค่าปรับแก้ รสหินค้าย่อย xx5xx คือ -0.020
B คือ ปริมาตรวัสดุประสาน (ลิตร)

- กำลังอัดทรงลูกบาศก์ 240 กก./ตร.ซม.และ 350 กก./ตร.ซม.
- ประเภทการขนส่งอ่อนไซด์
- ทรายละเอียดและกรวดขนาด 3/4 - #4
- ปูนซีเมนต์มีกำลังอัดมอร์ต้าเท่ากับ 380 กก./ตร.ซม.
- ปริมาณเพสต์ อย่างน้อย 130 ลิตร/ลบ.ม.(จากรูปที่ 8 ต้องการ ค่ายุบตัวเริ่มต้น 15.0 ซม.)

5.2 การทดสอบเพื่อตรวจสอบผลคุณสมบัติคอนกรีต

เมื่อนำข้อมูลจากหัวข้อ 5.1 มาดำเนินการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยใช้ความรู้จาก C CONC E เรื่อง ทฤษฎีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตได้ส่วนผสมคอนกรีตตามตาราง

กำลังอัด 240 และ 350 กก./ตร.ซม. ค่ายุบตัว 10.0+2.5 ซม. ตามลำดับ

ซีเมนต์	PFA	น้ำ	กรวด	ทราย	น้ำยา	W/B	S/A
240	102	166	1190	720	720	0.54	0.38
290	124	166	1170	660	870	0.44	0.36

รูปที่ 9 ตารางแสดงส่วนผสมคอนกรีตสำหรับการทำการทดสอบโดยใช้ไม้เหล็กที่โรงงาน

รายละเอียดการทดลองส่วนผสมในห้องปฏิบัติการ

1. ทดลองส่วนผสมคอนกรีต 2 ส่วนผสม กำลังอัด 240 และ 350 กก./ตร.ซม.
2. ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม.
3. กำหนดพารามิเตอร์
 - 3.1 กำหนดน้ำคงที่ เพื่อพิจารณาความสามารถในการเท
 - 3.2 กำหนดค่ายุบตัวที่ต้องการ เพื่อให้ทราบปริมาณน้ำที่ต้องใช้จริงในคอนกรีต
4. ทดสอบการสูญเสียค่ายุบตัว(Slump Loss) ถึงเวลา 2 ชั่วโมง
5. ทดสอบกำลังอัดคอนกรีตอายุ 3, 7,14 และ 28 วัน ส่วนผสมละ 30 ก้อน ทำการทดสอบ 2 วัน ได้ก้อนตัวอย่างส่วนผสมคอนกรีตละ 60 ก้อน โดยแบ่งทดสอบต่อชุดที่อายุ 3 วัน 3 ก้อน, 7 วัน 9 ก้อน, 14 วัน 3 ก้อน และ 28 วัน 15 ก้อน เพื่อวิเคราะห์ผลกำลังอัดและจัดทำกราฟ Strength Development
6. วิเคราะห์ผลกำลังอัดคอนกรีตร่วมกับ คท.
7. สรุปลักษณะผสมคอนกรีตที่เหมาะสมให้โรงงานใช้ในการผลิตจริง

5.3 ผลการทดสอบจริงและการติดตามผล

Trial Mix ตามที่กำหนดในวันที่ 21 - 23 สิงหาคม 2546 โดยจัดทำ 2 ส่วนผสมอย่างละ 2 ครั้ง



รูปที่ 10 แสดงทราย จ.นครพนมที่มีค่าละเอียดมากในวันทดสอบส่วนผสมคอนกรีต คือ มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ 66,216 ตร.ซม./กก.



รูปที่ 11 แสดงกรวด จ.นครพนมที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ 2,693 ตร.ซม./กก.



รูปที่ 12 การหาความชื้นกรวดและทรายโดยวิธีการคั่ว



รูปที่ 13 การทดสอบส่วนผสมคอนกรีต โดยใช้โมเล็ก



รูปที่ 14 ค่ายุบตัวเบื้องต้น 14.0 ซม. คอนกรีตกำลังอัด 240 กก./ตร.ซม.

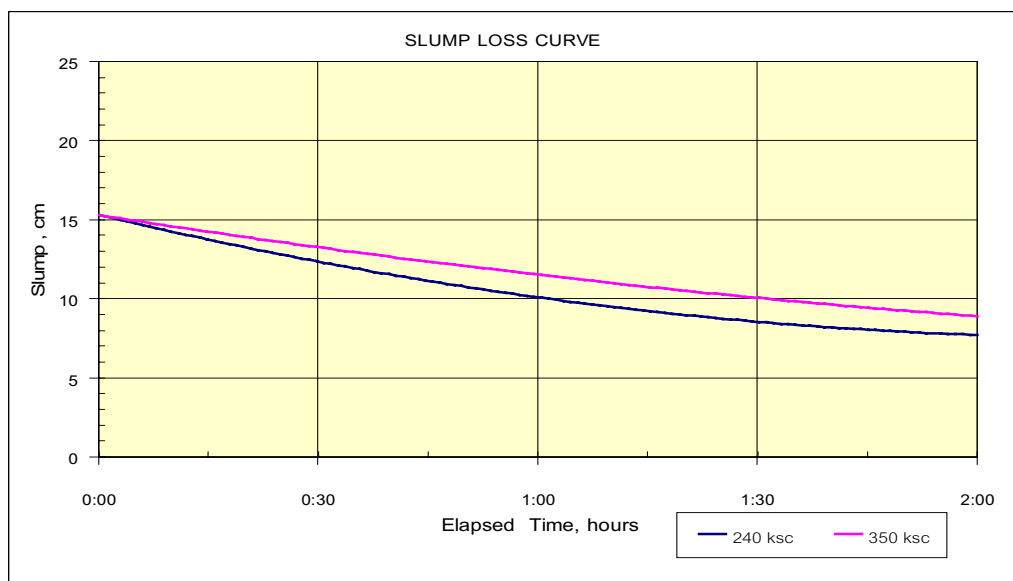


รูปที่ 16 แสดงการเก็บก้อนตัวอย่างทรงกระบอก

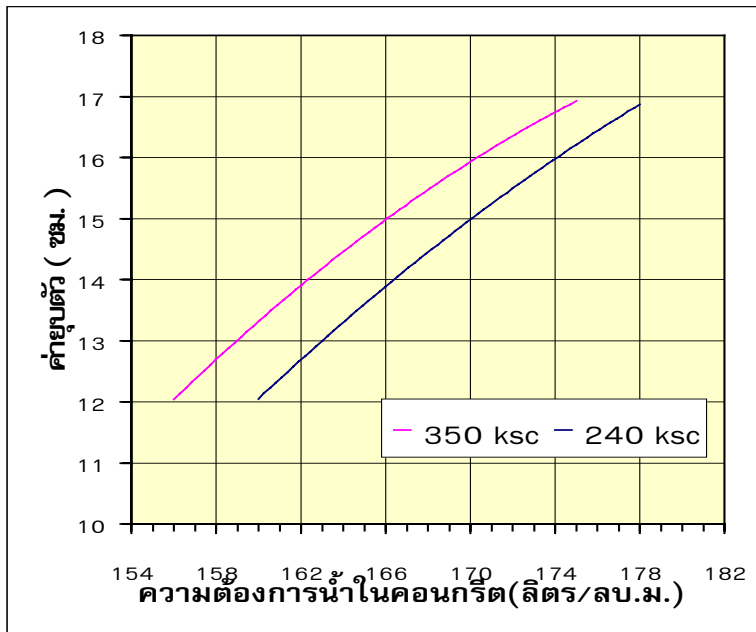


รูปที่ 15 ค่ายุบตัวเบื้องต้น 16.0 ซม. คอนกรีตกำลังอัด 350 กก./ตร.ซม.

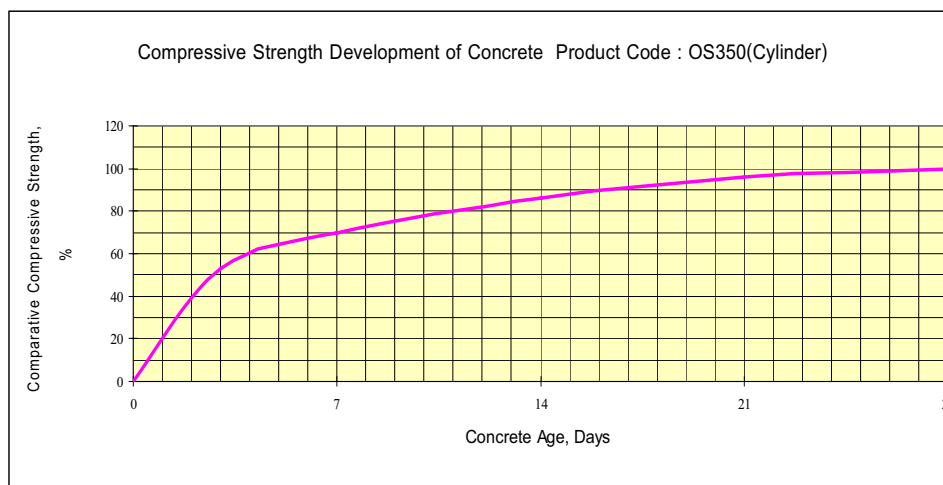
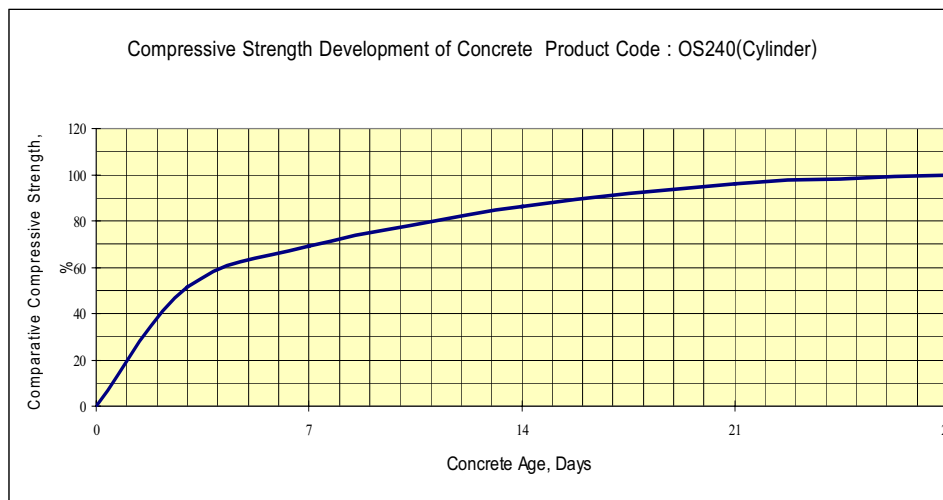
ผลการทดสอบคอนกรีต



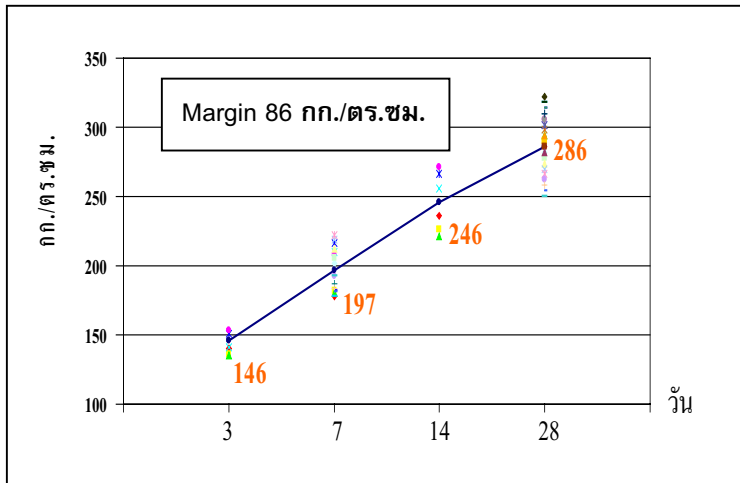
รูปที่ 17 กราฟแสดงความสูญเสียค่ายุบตัว (Slump Loss)



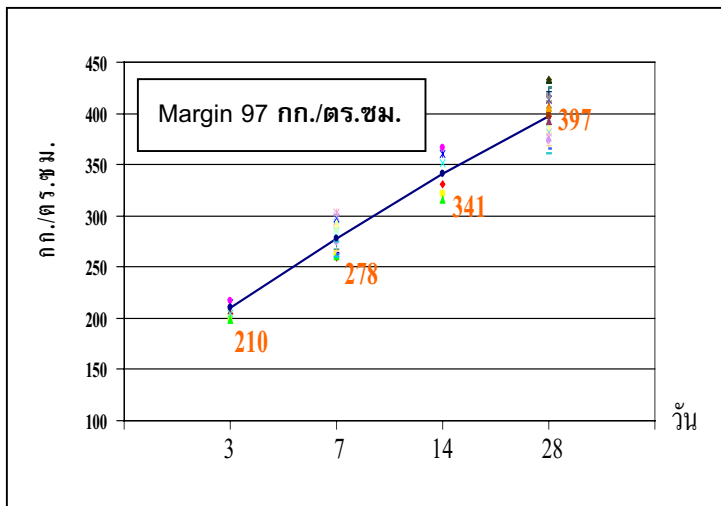
รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ายุบตัวกับปริมาณน้ำที่ใช้ในคอนกรีตแยกตามกำลังอัดที่ทดสอบ



รูปที่ 19 กราฟแสดงการพัฒนา กำลังอัด (Strength Development)



รูปที่ 20 กราฟแสดงผลกำลังอัดที่อายุต่างๆ คอนกรีตกำลังอัด 240 กก./ตร.ซม. (รับรองกำลังอัด 210 กก./ตร.ซม. ทรงกระบอก)



รูปที่ 21 กราฟแสดงผลกำลังอัดที่อายุต่างๆ คอนกรีตกำลังอัด 350 กก./ตร.ซม. (รับรองกำลังอัด 300 กก./ตร.ซม. ทรงกระบอก)

สรุปข้อมูลทั้งหมดแล้วปรับส่วนผสมคอนกรีต โดยใช้ค่าส่วนเนื้อกำลังอัดออกแบบ 180 กก./ตร.ซม. สำหรับคอนกรีตกำลังอัด 240 กก./ตร.ซม. และใช้ค่าส่วนเนื้อกำลังอัดออกแบบ 160 กก./ตร.ซม. สำหรับคอนกรีตกำลังอัด 350 กก./ตร.ซม. เพื่อให้โรงงานเก็บก้อนตัวอย่าง Random ในเดือน พฤศจิกายน รายละเอียดตามรูปที่ 22

ซีเมนต์	PFA	น้ำ	กรวด	ทราย	น้ำยา	W/B	S/A
242	104	170	1160	720	725	0.54	0.38
276	118	166	1150	700	830	0.46	0.38

รูปที่ 22 ตารางแสดงส่วนผสมคอนกรีตสำหรับเก็บข้อมูลผลกำลังอัด โรงงานนครพนมเดือน พฤศจิกายน

วิเคราะห์ผลกำลังอัดคอนกรีต เดือนพฤศจิกายน

กำลังอัด (ksc)	จำนวน (ก้อน)	Margin (ksc)	SD (ksc)	%Lower
240	42	54	32.5	0
350	45	59	34.9	0

นำผลที่ได้เข้าไปวิเคราะห์ผลร่วมกับหน่วยงานคอนกรีตเทคโนโลยี ได้ข้อสรุปว่าให้ทดลองปรับ S/A ลดลง 1 Step แล้วนำส่วนผสมคอนกรีตที่ปรับให้โรงงานเก็บก้อนตัวอย่างคอนกรีต ในเดือนธันวาคม ตามรายละเอียดรูปที่ 23

ซีเมนต์	PFA	น้ำ	กรวด	ทราย	น้ำยา	W/B	S/A
242	104	170	1200	680	725	0.54	0.36
276	118	166	1190	660	830	0.46	0.36

รูปที่ 23 ตารางแสดงส่วนผสมคอนกรีตสำหรับเก็บข้อมูลผลกำลังอัดโรงงานนครพนมเดือน ธันวาคม

วิเคราะห์ผลกำลังอัดคอนกรีต เดือนธันวาคม

กำลังอัด (ksc)	จำนวน (ก้อน)	Margin (ksc)	SD (ksc)	%Lower
240	48	68	35.0	0
350	45	76	31.7	0

6. กำหนดมาตรฐาน

นำส่วนผสมที่จัดทำ Random เดือน ธันวาคม มากำหนดเป็นมาตรฐานในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังอัดตั้งแต่ 180 ถึง 400 กก./ตร.ซม. ค่ายุบตัว 7.5 ± 2.5 และ 10 ± 2.5 cm โดยออกแบบส่วนเผื่อกำลังอัดคอนกรีตแยกเป็น 2 ช่วง คือ กำลังอัด 180 - 240 กก./ตร.ซม.ใช้ส่วนเผื่อ 180 กก./ตร.ซม.และ กำลังอัด 280 - 400 กก./ตร.ซม.ใช้ส่วนเผื่อกำลังอัด 160 กก./ตร.ซม. ระยะทางจัดส่ง Onsite และ Deliver สามารถใช้กับทรายที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะตั้งแต่ 58,000 ถึง 70,000 ตร.ซม./กก. ตามรายละเอียดรูปที่ 24 และ รูปที่ 25

Slump 5.0 - 10.0 cm.		(กำลังอัด 180 - 240 ksc)		Margin 160 ksc		(กำลังอัด 280 - 400 ksc)		Margin 180 ksc	
กำลังอัดที่รับรอง(Cube)	Ce	PFA	น้ำ	กรวด/ทับ	ทราย	Type D	W/B	S/A	
180	208	89	162	1200	760	624	0.60	0.39	
210	220	94	162	1200	740	659	0.57	0.38	
240	232	99	162	1200	720	695	0.54	0.38	
280	234	100	158	1190	740	703	0.52	0.38	
300	243	104	158	1190	730	728	0.50	0.38	
320	251	108	158	1190	710	754	0.49	0.37	
350	264	113	158	1190	690	793	0.46	0.37	
380	278	119	158	1190	680	834	0.44	0.36	
400	288	123	158	1190	660	863	0.43	0.36	

Slump 7.5 - 12.5 cm.		(กำลังอัด 180 - 240 ksc)		Margin 160 ksc		(กำลังอัด 280 - 400 ksc)		Margin 180 ksc	
กำลังอัดที่รับรอง(Cube)	Ce	PFA	น้ำ	กรวด/ทับ	ทราย	Type D	W/B	S/A	
180	217	93	170	1200	720	651	0.60	0.38	
210	229	98	170	1200	700	688	0.57	0.37	
240	242	104	170	1200	680	726	0.54	0.36	
280	245	105	166	1190	700	736	0.52	0.37	
300	254	109	166	1190	690	761	0.50	0.37	
320	263	113	166	1190	680	788	0.49	0.36	
350	276	118	166	1190	660	829	0.46	0.36	
380	291	125	166	1190	640	872	0.44	0.35	
400	301	129	166	1190	630	902	0.43	0.35	

รูปที่ 24 แสดงส่วนผสมคอนกรีตสำหรับทรายละเอียดเกินค่าการใช้งาน CPAC ระยะทาง Onsite

Slump 5.0 - 10.0 cm.		(กำลังอัด 180 - 240 ksc)		Margin 160 ksc		(กำลังอัด 280 - 400 ksc)		Margin 180 ksc	
กำลังอัดที่รับรอง(Cube)	Ce	PFA	น้ำ	กรวด/ทับ	ทราย	Type D	W/B	S/A	
180	214	92	167	1190	740	855	0.60	0.38	
210	226	97	167	1190	730	903	0.57	0.38	
240	238	102	167	1190	710	952	0.54	0.37	
280	241	103	163	1180	720	965	0.52	0.38	
300	250	107	163	1180	710	999	0.50	0.38	
320	258	111	163	1180	700	1033	0.49	0.37	
350	272	117	163	1180	680	1088	0.46	0.37	
380	286	123	163	1180	660	1144	0.44	0.36	
400	296	127	163	1180	650	1183	0.43	0.36	

Slump 7.5 - 12.5 cm.		(กำลังอัด 180 - 240 ksc)		Margin 160 ksc		(กำลังอัด 280 - 400 ksc)		Margin 180 ksc	
กำลังอัดที่รับรอง(Cube)	Ce	PFA	น้ำ	กรวด/ทับ	ทราย	Type D	W/B	S/A	
180	223	96	175	1190	700	892	0.60	0.37	
210	235	101	175	1190	680	942	0.57	0.36	
240	248	106	175	1190	660	994	0.54	0.36	
280	252	108	171	1180	670	1007	0.52	0.36	
300	261	112	171	1180	660	1043	0.50	0.36	
320	270	116	171	1180	640	1079	0.49	0.35	
350	284	122	171	1180	620	1136	0.46	0.34	
380	299	128	171	1180	600	1195	0.44	0.34	
400	309	132	171	1180	590	1236	0.43	0.33	

รูปที่ 25 แสดงส่วนผสมคอนกรีตสำหรับทรายละเอียดเกินค่าการใช้งาน CPAC ระยะทาง Deliver

7. แผนงานในอนาคต

นำส่วนผสมคอนกรีตที่ได้ไปทดสอบส่วนผสมคอนกรีตที่มีการใช้หินเป็นมวลรวมหยาบ เพื่อหาข้อมูลทางเทคนิค ตลอดจนปรับส่วนผสมคอนกรีตให้เหมาะสมแล้วจัดทำเป็นมาตรฐานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากกลุ่มบุคคลดังนี้ คือ คุณนฤชา เกษมสำราญ และ คุณสรวิฐ มูลเมือง หน่วยงาน คอนกรีตเทคโนโลยี ที่เป็นพี่ปรึกษา และให้คำแนะนำการดำเนินการโครงการนี้ และ พนักงานในหน่วยงานพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในความช่วยเหลือในการทำการทดสอบ และข้อมูลทางเทคนิค

เอกสารอ้างอิง

- เอกสารประกอบหลักสูตรการฝึกอบรมคอนกรีตเทคโนโลยีแบบบูรณาการ สำหรับวิศวกร เรื่อง เทคนิคการปรับส่วนผสมโดยใช้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของมวลรวม , ทฤษฎีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต และการทดสอบส่วนผสมคอนกรีต