



คอนกรีตที่ไม่ใช่ปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสม Concrete without using Portland Cement

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ มกระธัช¹

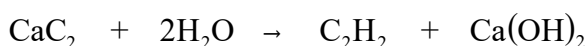
ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ความเชี่ยวชาญ : วิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง คอนกรีตวัสดุ และการก่อสร้าง



วิศวกรทั่วไปที่อ่านหัวข้อของบทความนี้อาจจะประหลาดใจว่าเป็นไปได้หรือที่คอนกรีตจะไม่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสมแต่จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งในและต่างประเทศเป็นเครื่องพิสูจน์ได้ดีว่า ในปัจจุบันนักวิจัยด้านคอนกรีตและวัสดุได้มีการคิดค้นหาวัสดุประสานชนิดอื่นมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ได้แล้ว เช่น วัสดุจีโอโพลิเมอร์ [1,2] และรวมถึงหัวข้อของบทความนี้คือ คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมวัสดุปอซโซลาน [3,4] มาใช้เป็นวัสดุประสานเพื่อเชื่อมประสานกับมวลรวมโดยไม่ใช้ปูนซีเมนต์ บทความนี้จึงเป็นประโยชน์ต่อวิศวกรหรือผู้ใช้คอนกรีตทั่วไปที่จะได้ทำความรู้จักกับคอนกรีตที่ไม่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสม โดยใช้ส่วนผสมระหว่างกากแคลเซียมคาร์ไบด์และวัสดุปอซโซลานที่มีอยู่ในประเทศไทยเป็นวัสดุในการเชื่อมประสาน นอกจากนี้ในบทความยังแสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตดังกล่าว เพื่อที่วิศวกรหรือผู้ใช้คอนกรีตอาจจะหิบบิบบส่วนผสมคอนกรีตดังกล่าวนำไปใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจริงๆ กระผมก็มีความยินดีครับ

เป็นที่รู้กันดีว่าในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในปริมาณที่สูงถึงประมาณ 0.9 ตัน ต่อการผลิตปูนซีเมนต์ 1 ตัน ในขณะที่โลกของเราต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในแต่ละปีในปริมาณที่สูงถึงประมาณ 2.8 พันล้านตัน เพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรม การก่อสร้างจึงอยากให้ท่านผู้อ่านได้ลองพิจารณาดูว่าเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์นั้นได้มีการปล่อยก๊าซ CO₂ เฉลี่ยในปริมาณที่สูงถึง 2.5 พันล้านตันต่อปีซึ่งสอดคล้องกับปัญหาภาวะโลกร้อนที่ส่งผลโดยตรงต่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ในทุกวันนี้ ทำให้ในบางประเทศรวมถึงบางภาคธุรกิจได้มีการกำหนดแผนนโยบายการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ออกสู่ชั้นบรรยากาศดังนั้นคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมวัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุประสาน สามารถจัดให้เป็นคอนกรีตที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซ CO₂ ได้เป็นอย่างดีเนื่องจากการไม่ใช้ปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตนั่นเอง

กากแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างแคลเซียมคาร์ไบด์กับน้ำในกระบวนการผลิตก๊าซอะเซทิลีน ซึ่งเป็นก๊าซที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมเชื่อมและการตัดโลหะ โดยปกติกากแคลเซียมคาร์ไบด์อยู่ในรูปของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)₂) ซึ่งแสดงในสมการที่ 1 เป็นโคลนเหลวสีเทาอมขาว มีสภาพความเป็นด่างสูง เมื่อปล่อยให้ตกตะกอนและแห้งตามธรรมชาติจะจับตัวเป็นก้อนและมีสีขาวเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นมีปริมาณลดลง แต่ละเดือนมีกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ต้องทิ้งจากโรงงานแห่งหนึ่งมากถึง 1,000 ตันต่อเดือน หรือประมาณ 12,000 ตันต่อปี ซึ่งทางโรงงานไม่สามารถนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้นอกจากนำไปทิ้ง (ดูรูปที่ 1)



(1)



รูปที่ 1 กากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่นำมาทิ้ง

ในประเทศไทยพบวัสดุปอซโซลานได้หลายชนิดเช่น เถ้าถ่านหิน เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ และเถ้าปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นเถ้าที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบตามภูมิภาคต่างๆ ไปเผาเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับวัสดุปอซโซลาน (Pozzolan) ตามคำจำกัดความของมาตรฐาน ASTM C618 [5] หมายถึง วัสดุที่ประกอบด้วยออกไซด์ของซิลิกา (Siliceous) หรือ ซิลิกาและอลูมินา (Siliceous and Aluminous) เป็นองค์ประกอบหลัก วัสดุปอซโซลานโดยทั่วไปมีคุณสมบัติของวัสดุประสานน้อยมากหรือไม่มีเลย แต่เมื่อวัสดุปอซโซลานมีความละเอียดสูงและมีความชื้นที่เพียงพอสามารถทำปฏิกิริยากับด่างหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสานได้ดีคล้ายกับปูนซีเมนต์ หรือเรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ว่าปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic reaction)

บทความนี้จึงนำภาคแคลเซียมคาร์ไบด์ (CR) และวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าถ่านหิน (FM และ FN) เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ (RA) และเถ้าปาล์มน้ำมัน (PA) ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยการบดให้ขนาดอนุภาคมีความละเอียด มาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อใช้แทนปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานในการหล่อคอนกรีต โดยอาศัยการทำปฏิกิริยาปอซโซลานระหว่างภาคแคลเซียมคาร์ไบด์และวัสดุปอซโซลานจากเถ้าโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อสร้างกำลังอัดให้แก่คอนกรีต อัตราส่วนผสมของคอนกรีต ได้แสดงในตารางที่ 1 ทำการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 20 ซม. ที่อายุ 7, 28, 60, 90 และ 180 วัน ซึ่งได้แสดงผลการทดสอบไว้ในตารางที่ 2 ด้วยเช่นกัน

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

Concrete symbol {CR-FM, CR-FN, CR-PA, CR-RA} (0.45)

โดย: CR-FM คือ ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของภาคแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมกับร้อยละ 70 โดยน้ำหนักของเถ้าถ่านหินภาคเหนือบด ใช้เป็นวัสดุประสาน

CR-FN คือ ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของภาคแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมกับร้อยละ 70 โดยน้ำหนักของเถ้าถ่านหินภาคกลางบด ใช้เป็นวัสดุประสาน

CR-PA คือ ร้อยละ 40 โดยน้ำหนักของภาคแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมกับร้อยละ 60 โดยน้ำหนักของเถ้าปาล์มน้ำมันภาคใต้บด ใช้เป็นวัสดุประสาน

CR-RA คือ ร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของภาคแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมกับร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ภาคกลางบด ใช้เป็นวัสดุประสาน

(0.45) คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีต

Concretes	Mixture Proportions (kg/m ³)									W/B	Slump (mm)
	CR	FM	FN	PA	RA	Sand	C-Agg.	Water	Super P.		
CR-FM(0.45)	135	315	-	-	-	735	940	203	-	0.45	100
CR-FN(0.45)	135	-	315	-	-	705	905	198	9.0	0.45	65
CR-PA(0.45)	180	-	-	270	-	710	910	201	2.9	0.45	80
CR-RA(0.45)	225	-	-	-	225	700	895	197	10.1	0.45	75



ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

Concretes	Compressive Strength (ksc)				
	7 days	28 days	60 days	90 days	180 days
CR-FM(0.45)	73	125	164	199	225
CR-FN(0.45)	110	290	323	343	350
CR-PA(0.45)	68	125	149	161	189
CR-RA(0.45)	48	115	116	125	141

ผลการทดสอบพบว่าวัสดุประสานที่ทำจากส่วนผสมระหว่างกากแคลเซียมคาร์ไบด์กับวัสดุปอซโซลาน ชนิดต่างๆ เช่น เถ้าถ่านหินทางภาคเหนือ เถ้าถ่านหินภาคกลาง เถ้าปาล์มน้ำมันภาคใต้ และเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ในภาคกลางของประเทศไทย มีคุณสมบัติในการยึดประสานและสามารถใช้แทนปูนซีเมนต์ในการผสมคอนกรีตได้ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 115 ถึง 290 กก./ซม.² ที่อายุ 28 วัน และกำลังอัดของคอนกรีตมีการพัฒนาเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีอายุในการบ่มเพิ่มขึ้น ซึ่งคล้ายกับคอนกรีตธรรมดาทั่วไปแม้ว่าคอนกรีตดังกล่าวไม่ใช้ปูนซีเมนต์ โดยที่อายุ 90 วัน คอนกรีตมีค่ากำลังอัดอยู่ในช่วงระหว่าง 125 ถึง 343 กก./ซม.² ทั้งนี้ค่ากำลังอัดที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุปอซโซลานและอัตราส่วนผสมที่ใช้ โดยคอนกรีตที่ใช้วัสดุประสานจากส่วนผสมของกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินในภาคกลางให้กำลังอัดสูงที่สุดในทุกอายุการทดสอบ โดยให้ค่ากำลังอัดเท่ากับ 290 กก./ซม.² ที่อายุ 28 วัน และเพิ่มขึ้นเป็น 350 กก./ซม.² ที่อายุ 180 วัน แม้ว่าคอนกรีตดังกล่าวไม่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสม

จากผลการทดสอบกำลังอัดที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ซึ่ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าคอนกรีตที่ทำจากส่วนผสมของกากแคลเซียมคาร์ไบด์และวัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุประสานให้ค่ากำลังอัดอยู่ในช่วงที่น่าสนใจและสามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กได้ โดยเฉพาะอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารโรงงาน ที่ระบุค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตทรงกระบอกไว้ เท่ากับ 280 ถึง 320 กก./ซม.² ที่อายุ 28 และ 90 วัน ตามลำดับ และยังส่งผลให้อาคารที่ใช้คอนกรีตที่ไม่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสมนี้ มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากวัสดุประสานชนิดใหม่นี้ลดการปล่อยก๊าซ CO₂ ออกสู่ชั้นบรรยากาศได้ด้วย

หากวิศวกรหรือผู้ใช้คอนกรีตท่านใดสนใจหรืออยากแลกเปลี่ยนประสบการณ์เกี่ยวกับหัวข้อในบทความนี้กระผมก็มีความยินดีครับ

อ้างอิง (references)

- [1] Jakrapan Wongpa, Kriwood Kiattikomol, Chai Jaturapitakkul and Parinya Chindaprasit (2010). Compressive strength, modulus of elasticity, and water permeability of inorganic polymer concrete. *Materials and Design*, 31(10), 4748-4754.
- [2] Smith Songpiriyakit, Tawich Pulngern, Pompong Pungpremrakul and Chai Jaturapitakkul (2011). Anchorage of steel bars in concrete by geopolymer paste. *Materials and Design*, 32(5), 3021-3028.
- [3] Nattapong Makaratat, Chai Jaturapitakkul, Charin Namarak and Vanchai Sata (2011). Effects of binder and CaCl_2 contents on the strength of calcium carbide residue-fly ash concrete. *Cement and Concrete Composites*, 33(3), 436-443.
- [4] Nattapong Makaratat, Chai Jaturapitakkul and Thanapol Laosamathikul (2010). Effects of calcium carbide residue-fly ash binder on mechanical properties of concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22(11), 1164-1170.
- [5] ASTM C618-08a. (2010). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*. Pennsylvania (USA), ASTM International; Annual Book of ASTM Standard

เกี่ยวกับผู้แต่งบทความ (biography)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ มกระธัช ตำแหน่งปัจจุบัน เลขาธิการสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย และผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายพัฒนาสิ่งแวดล้อมและกายภาพ เป็นอาจารย์สอนอยู่ที่ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ไทย-เยอรมัน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ความเชี่ยวชาญ วิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง คอนกรีตวัสดุ และการก่อสร้าง ประวัติการศึกษา จบปริญญาตรีบัณฑิต ปริญญาโท และปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



การอ้างอิงบทความ (citation)

ณัฐพงศ์ มกระธัช (2561), "คอนกรีตที่ไม่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสม (Concrete without Using Portland Cement)," *วารสารคอนกรีต, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย*, ปีที่ 12, ฉบับที่ 2, บทความหมายเลข TCA_M 120201, พฤษภาคม-สิงหาคม, 6 หน้า.

Nattapong Makaratat (2018) "Concrete without Using Portland Cement," *TCA Magazine, Thailand Concrete Association*, Vol.12, Issue 2, Paper ID TCA_M 120201, May-August, 6 pages.