บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 3

Proceedings of the 3rd RMUTP Conference of Engineering and Technology

การศึกษาการซึมผ่านน้ำของคอนกรีตที่ใช้วัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุประสาน

A Study of Permeability of Concrete using Pozzolanic Materials as Cementitious materials

ธิดารัตน์ ชาญณรงค์[1] , พิบูลศักดิ์ อรุณมาศ[1] และ ยศพงศ์ แก้วช่วย[1]

จักรพันธ์ แสงสุวรรณ[2] , อนุรักษ์ เทพกรณ์[2]

นักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธา[1] อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตที่ใช้วัสดุประสานชนิดใหม่ คือกากแคลเซียมคาร์ ไบด์บด (CR) ผสมร่วมกับเถ้าถ่านหินบด (FN) ในอัตราส่วน CR:FN เท่ากับ 30:70 โดยน้ำหนัก และใช้ปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลัง การซึมของน้ำผ่านคอนกรีตเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นวัสดุประสาน ผลการทดสอบพบว่าคอนกรีตที่ใช้ส่วนผสมของ CR:FN เป็นวัส ดุประสานมีการก่อตัวทั้งระยะต้นและระยะปลายนานกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ การใช้ปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลังในอัตราร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ทำให้ระยะเวลาก่อตัวเร็วขึ้นใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ ด้านกำลังอัดพบว่าคอนกรีตที่ใช้ส่วนผสมของ CR:FN เป็นวัสดุประสา นมีการพัฒนากำลังอัดคล้ายกับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ และกำลังอัดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณปูนซีเมนต์สูงขึ้น ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ใช้ส่วนผสมของ CR:FN เป็นวัสดุประสานพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง $2.77x10^5$ ถึง $3.83x10^5$ กก/ซม^2 และมีค่าสูงขึ้นตามกำลังอัด ส่วนการซึ มของน้ำผ่านคอนกรีตที่ใช้ส่วนผสมของ CR:FN เป็นวัสดุประสาน พบว่ามีค่าต่ำกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน เมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ : กากแคลเซียมคาร์ไบด์ / เถ้าถ่านหิน / การซึมผ่านน้ำ

Abstract

The objective of this research is to study concrete from a new binder, calcium carbide residue - fly ash mixtures. The ground calcium carbide residue (CR) was mixed with ground fly ash (FN) at a ratio of CR:FN of 30:70 by weight and water permeability of the concretes were determined and compared with conventional concrete (concrete made from Portland cement type I). The test results indicated that CR:FN concretes had longer in both initial and final setting times than that of conventional concrete. However, the setting time of concretes was the same as that of conventional concretes when 10% of Portland cement was added in the mixtures. Forthe compressive strength of CR:FN concretes, it was found that the higher was cement content in the mixture, the greater was the compressive strength of CR:FN concrete. The modulus of elasticity of CR:FN concretes ranged from $2.77x10^5$ to $3.83x10^5$ ksc and was higher as the increased of the compressive strength. Finally, CR:FN concretes had the most coefficient of water permeability lower than that of conventional concrete when the compressive strengths of both concretes were approximately the same

Keywords : Calcium carbide residue / Coal ash / Water permeability

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อนเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสนใจอย่างมาก อุตสาหกรรมการผลิตปูนซี เมนต์เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหานี้ขึ้น เนื่องจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ต้องใช้เชื้อเพลิงในปริมาณสูงเพื่อให้ความร้อนในการเผาวัตถุดิบเพื่อผลิตเม็ดปูน (Clinker) ซึ่งมีการประมาณว่าการผลิตเม็ดปูนซีเมนต์จำนวน 1 ตัน ต้องใช้น้ำมันเตาถึง 125 ลิตร และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สู่บรรยากาศในปริมาณ 1 ตัน ในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณสูงถึง 35 ล้านตัน เพราะอุตสาหกรรมก่อสร้างส่วนใหญ่ต้องใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานหลักในคอนกรีต นอกจากนี้จำนวนประชากรและการเจริญต่างๆ ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ต้องผลิตปูนซี เมนต์เพิ่มขึ้นเพื่อสนองต่ออุตสาหกรรมการก่อสร้างกากแคลเซียมคาร์ไบด์ (Calcium Carbide Residue) คือ วัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตก๊าซอะเซทิลีน ซึ่งก๊าซอะเซทิลีนนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการเชื่อมและตัดโลหะ นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรเพื่อให้ความร้อนในการบ่มผลไม้ ปัจจุบันพบว่าการใช้ก๊าซอะเซทิลีนมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์เหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ในปี พ.ศ. 2550 ปริมาณการทิ้งกากแคลเซียมคาร์ไบด์จากโรงงานแห่งหนึ่งสูงถึง 1,000 ตัน/เดือน ส่วนใหญ่กากแคลเซียมคาร์ไบด์จะถูกนำไปทิ้งหรือกองไว้ (รูปที่ 1)

ก่อให้เกิดปัญหาและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ความเป็นด่างที่สูงของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ทำ ให้ดินบริเวณพื้นที่ทิ้งไม่สามาร ถใช้เป็นพื้นที่ทำการเกษตรได้เดิบโตของการก่อสร้างในเมือง

รูปที่ 1 บริเวณที่ทิ้งกากแคลเซียมคาร์ไบด์

เถ้าถ่านหินเป็นวัสดุพลอยได้จากการเผาถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า การนำเถ้าถ่านหินมาใช้ในงานคอนกรีตได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่ศึกษาถึงการใช้เถ้าถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนและพบว่าเถ้าถ่านหินสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตได้ ปัจจุบันมี การใช้เถ้าถ่านหินในงานคอนกรีตอย่างแพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามยังมีเถ้าถ่านหินอีกจำนวนมากที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ และส่วนใหญ่ต้องนำไปทิ้ง ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของการกำจัดและสิ่งแวดล้อมจากปัญหาที่ได้กล่าวมา ทำให้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์มาใช้ร่วมกับวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าถ่านหิน และเถ้าแกลบ เพื่อเป็นวัสดุประสานทดแทนปูนซีเมนต์ซึ่งพบว่าส่วนผสมของวัสดุทั้งสองชนิดนี้มีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาให้เป็นวัสดุประสานทดแทนปูนซีเมนต์ได้ แต่มีการพัฒนากำลังอัดที่ต่ำเมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ ยิ่งกว่านั้นการศึกษาประโยชน์จากปฏิกิริยาระหว่างกากแคลเซียมคาร์ไบด์กับวัสดุปอซโซลานไปใช้ในงานคอนกรีตมีน้อยและส่วนใหญ่เป็นการศึกษาหาปริมาณส่วนผสมระหว่างกากแคลเซียมคาร์ไบด์และวัสดุปอซโซลาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาวัสดุประสานที่ทำจากกากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้ าถ่านหินมาใช้ทำคอนกรีต และใช้ปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลัง[1]

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินเป็นวัสดุประสานต่อคุณสมบัติของคอนกรีต ได้แก่ การซึมของน้ำผ่านคอนกรีต โดยเปรียบเทียบกับคอนกรีต ทั่วไปที่ใ ช้ปูนซีเมนต์เป็ น วัสดุประสาน

3.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Malhotra และ Matha (2002) ที่ศึกษาการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ใช้เถ้าถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณมาก (High-Volume Fly Ash) ใช้ความหนาของก้อนตัวอย่าง 5 เซนติเมตร โดยใช้วิธีทดสอบ (Under Uniaxial Flow) มีแรงดันทดสอบที่เท่ ากับ 2.7 MPa พบว่าคอนกรีตมีค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตน้อยกว่า $1x10^{-13}$ เมตร / วินาที โดยให้เหตุผลว่าการใช้เถ้าหินในปริมารที่มากทำให้อัตราส่วนปริมาตรช่องว่างโพรงภายในคอนกรีตลดลง

3. การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

3.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

กากแคลเซียมคาร์ไบด์ : ได้จากโรงงานผลิตก๊าซอะเซทีลีน นำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ได้จากโรงงานมาตากแดดให้แห้งเพื่อลดความชื้น จากนั้นบดจนมีอนุภาคค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 น้อยกว่าร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ใช้สัญลักษณ์ CRเถ้าถ่านหิน : ใช้เถ้าถ่านหินจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่ งใช้ถ่านหินประเภทซับบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิง มีระบบการเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidize Bed Combustion) อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 800 ถึง 900 องศาเซลเซียส ปรับปรุงคุณภาพเถ้าถ่านหินด้วยการบดให้อนุภาคมีความละเอียดจนมีน้ำหนักค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ใช้สัญลักษณ์ FN ปูนซีเมนต์ : ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มวลรวม : ใช้ทรายแม่น้ำ มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.04 และใช้หินปูนย่อยที่มีขนาดไม่เกิน 20 มม. สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะของทรายแม่น้ำและหินปูนย่อยมีค่าเท่ากับ 2.60 และ 2.67 ตามลำดับ ส่วนค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.94 และ 0.46 ตามลำดับ

3.2 วิธีการทดสอบ

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกากแคลเซียมคาร์ไบด์บดเถ้าถ่านหินบด และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ได้แก่ภาพถ่ายขยายอนุภาค ความถ่วงจำเพาะ ความละเอียด และองค์ประกอบทางเคมี ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์บดกับเถ้าถ่านหินบดในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก และใช้ปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลังแทนที่วัสดุประสานในอัตราร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20โดยน้ำหนัก ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนผสมของคอนกรีตคอนกรีตที่มีส่วนผสมของกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินบดใช้ปริมาณวัสดุประสานเท่ากับ 450 กก/ม3 มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45 ควบคุมค่ายุบตัวของคอนกรีตสดให้อยู่ในช่วง 5-10 ซม โดยใช้สารลดน้ำพิเศษ หล่อตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม สูง 20 ซม เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ถอดแบบและนำไปบ่มน้ำ เพื่อทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ ระยะเวลา 7, 28, และ 90 วัน ทดสอบหาค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ระยะเวลา 28 และ 90 วัน เปรียบเทียบผลทดสอบกับคอนกรีตธรรมดา(CON : คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นวัสดุประสาน) ซึ่งออกแบบให้มีกำลังอัดที่ระยะเวลา 28 วัน เท่ากับ 300 กก/ซม^2 มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.70

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของคอนกรีต

Mix	Mix Proportion (kg/m^3)							W/B	Slump (cm)
	CR	FA	Cement	Limestone	Sand	Water	SP		
CFC00	135	315	-	905	705	198	9.00	0.45	6.5
CFC05	128.25	299.25	22.50	910	710	198	9.00	0.45	5.0
CFC10	121.50	283.50	45	915	715	198	6.90	0.45	9.0
CFC15	114.75	267.75	67.50	915	715	198	6.50	0.45	7.0
CFC20	108	198	90	920	720	198	6.00	0.45	5.0
CON	-	-	300	1035	810	210	-	0.70	7.5

4. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย

CON(concrete) หมายถึง คอนกรีตธรรมดา เป็นคอนกรีตควบคุมที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสาน โดยมีปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานเท่ากับ 550 กก/ซม^3

CFC00 หมายถึง คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินเป็นวัตถุประสาน

CFC05 หมายถึง คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินเป็นวัตถุประสานและมีปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลังร้อยละ 5

CFC10 หมายถึง คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินเป็นวัตถุประสานและมีปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลังร้อยละ 10

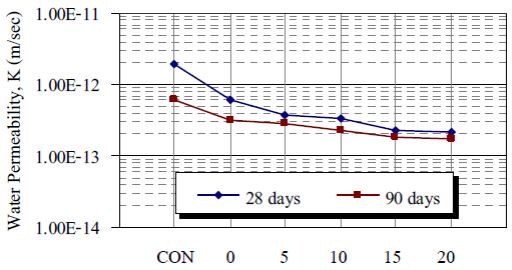
CFC15 หมายถึง คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินเป็นวัตถุประสานและมีปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลังร้อยละ 15

CFC20 หมายถึง คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินเป็นวัตถุประสานและมีปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลังร้อยละ 20

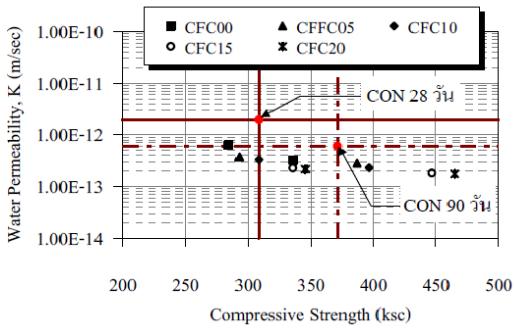
5. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต

ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็นสารเร่งกำลังและอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ ระยะเวลา 28 และ 90 วัน แสดงในรูปที่ 2 พบว่าคอนกรีตธรรมดา (CON) มีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ระยะเวลา 28 และ 90 วัน เท่ากับ $19.8\text{x}10^{13}$ และ $6.0\text{x}10^{13}$ เมตร/วินาที ตามลำดับ คอนกรีต (CFC00) มีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดา (CON) แม้ว่าไม่มีปูนซีเมนต์ในส่วนผสม โดยมีค่าเท่ากับ $6.3\text{x}10^{13}$ และ $3.2\text{x}10^{13}$ เมตร/วินาที ที่ระยะเวลา 28 และ 90 วัน ตามลำ ดับ ทั้งนี้เนื่องจากกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ ทำให้เถ้าถ่านหินสามารถแทรกในช่องว่างในคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ต่ำและจากงานวิจัยที่ผ่านมาของ Malhotra พบว่าเพสต์ที่ผสมเถ้าถ่านหินความละเอียดสูงมีขนาดของโพรงเฉลี่ยเล็กลง ซึ่งขนาดโพรงที่เล็กลงส่งผลให้การซึมของน้ำผ่านคอนกรีตลดลงด้วย

เมื่อพิจารณาค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินบดเป็นวัสดุประสานและร้อยละปริมาณปูนซีเมนต์ พบว่าทุกร้อยละการใช้ปูนซีเมนต์คอ นกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินบดเป็นวัสดุประสานมีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดา (CON) และค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตมีค่าลดลงเมื่อร้อยละการใช้ปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้น โดยที่ระยะเวลา 28 วัน คอนกรีต CFC05, CFC10,CFC15 และ CFC20 มีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตเท่ากับ $3.7\text{x}10^{13}$, $3.3\text{x}10^{13}$, $2.3\text{x}10^{13}$ และ $2.2\text{x}10^{13}$ เมตร/วินาที ตามลำดับและมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อ ระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 90 วัน คือมีค่าเท่ากับ $2.8\text{x}10^{13}$, $2.3\text{x}10^{13}$, $1.8\text{x}10^{13}$และ $1.8\text{x}10^{13}$เมตร/วินาที ตามลำดับ



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละปูนซีเมนต์และอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ระยะเวลา 28 และ 90 วัน



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตและกำลังอัดของคอนกรีต ที่อายุ 28 และ 90 วัน

พบว่าค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ใช้กาก แคลเซียมคาร์ไบด์ร่วมกับเถ้าถ่านหิ นเป็นวัสดุประสานทั้งที่มีและไม่มีปูนซีเมนต์มีแนวโน้มลดลงเมื่อกำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้น ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับคอนกรีตทั่วไปที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าค่าการซึมของน้ำผ่านของคอนกรีตที่ใช้กาก แคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินบด และใช้ปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 และ 10 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน (ใช้ปูนซีเมนต์เพียง 45 และ 90 กก/ม3) มีค่าต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดา CON แม้ว่าคอนกรีตมีค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดา CON ตัวอย่างเช่น ที่อายุ 28 วัน คอนกรีต (CFC05) มีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตเท่ากับ $2.2x10^{13}$ เมตร/วินาที มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 293 กก/ซม^2 ส่วนคอนกรีตธรรมดา (CON) มีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตเท่ากับ $19.8x10^{13}$ เมตร/วินาที มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 309 กก/ซม^2 ทั้งนี้เนื่องจากความละเอียดของกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินมีความละเอียดสูงกว่าปูนซีเมนต์มาก และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่ต่ำของคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ร่วมกับเถ้าถ่านหินเป็นวัสดุประสาน รวมถึงปริมาณเพสต์ของคอนกรีตที่ใช้แคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินที่สูงกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน

6. สรุปผลการทดสอบ

ผลทดสอบและวิเคราะห์ผลการใช้ กากแคลเซียมคาร์ไบด์บดผสมร่วมกับเถ้าถ่านหินบดเป็นวัสดุประสาน และใช้ปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลังสามารถสรุปได้ดังนี้

1. คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์บดผสมร่วมกับเถ้าถ่านหินบด (CR:FN) มีระยะเวลาก่อตัวนานกว่าคอนกรีตธรรมดา (CON) อย่างไรก็ตามการใช้ปูนซีเมนต์เป็ นสารเร่งกำลังในอัตราร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ทำให้ระยะเวลาก่อตัวเร็วขึ้นและการใช้ปูนซีเมนต์ในอัตราสูงขึ้นทำให้ระยะเวลาก่อตัวเร็วขึ้น

2. ส่วนผสมของกากแคลเซียมคาร์ไบด์บดผสมร่วมกับเถ้าถ่านหินบด (CR:FN) สามารถใช้เป็นวัสดุประสานในคอนกรีตได้ โดยให้กำลังอัดเท่ากับ 285 กก/ซม2 ที่อายุ 28 และเพิ่มขึ้นเป็น 336 กก/ซม^2 ที่อายุ 90 วัน แม้ว่าไม่มีปูนซีเมนต์ในส่วนผสม นอกจากนี้การใช้ปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลังเพียงร้อยละ 10 (ปูนซีเมนต์ 45 กก/ม^3) คอนกรีตมีกำลังอัดที่อายุ 28วัน เทียบเท่ากับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน และมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อคอนกรีตมีอายุมากขึ้น

3. คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์บดผสมกับเถ้าถ่านหินบด (CR:FN) มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้นตามกำลังอัดของคอนกรีต และมีค่าไม่แตกต่างจากกับคอนกรีตทั่วไปที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน เมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดเท่ากัน

4. คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์บดผสมกับเถ้าถ่านหินบด (CR:FN) เป็นวัสดุประสานมีค่าค่าการซึมของน้ำต่ำลงตามกำลังของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าการซึมของ น้ำผ่านคอนกรีตโดยส่ว นใหญ่มีค่าต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดาที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน แม้ว่าคอนกรีตที่ใช้ CR:FN เป็นวัสดุประสานให้ค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่า

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ ผ.ศ.จักรพันธ์ แสงสุวรรณ และ อาจารย์ อนุรักษ์ เทพกรณ์ ที่ให้ความรู้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิจัยตลอดมา ขอบคุณ โรงงานผลิตก๊าซอะเซทีลี น จังหวัด สมุทร สาคร และโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่สนับสนุนวัสดุในการทำวิจัยนี้เป็นอย่างดี และต้องขอบพระคุณอย่างสูงต่อบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และครูอาจารย์ ทุกท่านที่ได้ส่งสอนให้ผู้วิจัยมีวันนี้ ตลอดจนนักศึกษาปริญญาตรีทุกคนที่ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในช่วงระหว่างการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยนี้จะช่วยเสริมสร้างความรู้ และความเข้าใจ ตลอดจนส่งเสริมกากนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินมาใช้ในงานคอนกรีตต่อไป ซึ่ งจะช่วยลดปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่เหลือทิ้งจำนวนมาก รวมถึงเถ้าถ่านหินที่เป็นผลพลอยได้เพื่อสร้างคุณค่าในงานคอนกรีตกำลังสูงต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

[1] ไกรวุฒิ เกียรติโกมล , 2546, “เถ้าถ่านหินในงานคอนกรีต ”, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการนำเถ้าถ่านหินในประเทศไทยมาใช้ในงานคอนกรีต , 29เมษายน , ภาควิชาวิศวกรรมโยธา , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ, หน้า 1-18

[2] บัณฑิต เหล่าสมาธิกุล, 2551 , การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินหรือเถ้าแกลบ เป็นวัส ดุประสาน , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , หน้า 41-50.

[3] ปิติศานต์ กร้ำมาตร , 2539, การศึกษาส่วนผสมของกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินเพื่อนำมาใช้ในงานคอนกรีต , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรม หาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 24-88.