คอนกรีตพรุนโดยวิธีผสมผงอะลูมิเนียม

Aerated Concrete by Aluminium Powder Method

ประชุม คำพุฒ[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตพรุน โดยใช้วิธีการบ่มด้วยเครื่องอบไอน้ำความดันสูงการผลิตคอนกรีตพรุนใช้วิธีผสมผงอะลูมิเนียมลงไปในมอร์ต้าร์ ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ฟองก๊าซไฮโดรเจนในเนื้อมอร์ต้าร์ ปริมาณผงอะลูมิเนียมที่ใช้ ร้อยละ 0.10, 0.20 และ 0.30 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ค่อนกรีตที่ใช้เป็นส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 3 กับทรายละเอียดในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.55, 0.60 และ 0.65 ใช้ปริมาณปูนขาวเท่ากับร้อยละ 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และใช้ปริมาณยิบซั่มคงที่เท่ากับร้อยละ 3 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ นำไปหล่อเป็นชิ้นตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร จำนวนทั้งสิ้น 468 ตัวอย่าง ถอดแบบออกหลังจากหล่อก้อนตัวอย่างครบ 24 ชั่วโมง บ่มด้วยหม้ออบไอน้ำความดันสูง 8 ชั่วโมง แล้วบ่มต่อโดยใช้ถุงพลาสติกคลุม และทำการทดสอบคุณสมบัติหากำลังรับแรงอัด, ความหนาแน่น และอัตราการดูดซึมของตัวอย่างคอนกรีตพรุนที่ได้ เมื่ออายุครบ 7 วัน และ 28 วัน พบว่ากำลังอัดของคอนกรีตพรุนแปรผันตรงกับค่าความหนาแน่น และแปรผกผันกับปริมาณของอะลูมิเนียมและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ซึ่งความหนาแน่นที่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและปริมาณของผงอะลูเนียมเป็นหลัก อีกทั้งยังพบว่าที่อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.55 ปริมาณผงอะลูมิเนียมร้อยละ3 ปริมาณปูนขาวร้อยละ 5 ปริมาณยิบซั่มร้อยละ 3 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

คำสำคัญ: คอนกรีตพรุน, ผงอะลูมิเนียม

Abstract

The objective of this thesis is to develop the compressive strength of the aerated concrete by au toclaved. The production of aerated concrete is done by mixing the aluminium powder in motar 0.1%, 0.2% and 0.3% by weight of cement. By the chemical reaction retrieved the foam can be produced hydrogen. Mortar is the mixture of portland cement type III, with fine sand by the ratio 1:1 by weight and 0.55, 0.6, 0.65 of water cement ratio, lime 3%, 5%, 7% and gypsum 0.3% by weight of cement. The standard cubical specimens were cured by the autoclaved for 8 hours and then be covered by plastic. After the time of curing 7 and 28 days, all specimens were tested for compressive strength, density and absorbtion. From the result, it could be

[1]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

โทร/โทรสาร : 0-2549-3412 E-mail : choomy_gtc@hotmail.com

found that the relationship of ultimate compressive strength varies directly to the density but varies reciprocally with aluminium powder and water cement ratio. In addition it could be found that the 0.55 of water cement ratio, aluminium powder 0.3%, lime 5% and gypsum 3% are the most suitable for the mixture used this study.

Keywords: aerated concrete and aluminium powder.

1. บทนำ

ในปัจจุบันการก่อสร้างโดยทั่วไปประกอบขึ้นด้วยวัสดุจำพวกคอนกรีตเป็นวัสดุหลัก การใช้คอนกรีตมีความสะดวกและมีความเหมาะสมกว่าวัสดุอื่น ๆ เช่น ไม้ และเหล็กเพราะสามารถทำคอนกรีตให้เป็นรูปร่างลักษณะและขนาดตามความต้องการได้ง่าย นอกจากนี้คอนกรีตยังเป็นวัสดุทนไฟ และเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี โดยปกติแล้วคอนกรีตมีน้ำหนักมาก ถ้าสามารถลดน้ำหนักคอนกรีตลงได้ จะทำให้การก่อสร้างประหยัดลงได้มาก ซึ่งเหตุผลนี้คอนกรีตเบาจึงเริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลายขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติในด้านที่มีน้ำหนักน้อย และมีจุดเด่นในด้านที่เป็นฉนวนกันความร้อนและเก็บเสียงได้ดี งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการผลิตคอนกรีตพรุนโดยวิธีผสมผงอะลูมิเนียม ซึ่งอาศัยหลักการทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตขณะผสม โดยการใส่สารเคมีให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีในเนื้อคอนกรีต มีผลให้คอนกรีตมีความหนาแน่นลดลง

2. กระบวนการทดสอบ

การทดสอบจะแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบคอนกรีตพรุน ส่วนขั้นตอนที่สองเป็นการทดสอบชิ้นตัวอย่างคอนกรีตพรุน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้มีตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการทดสอบดังนี้คือ

- อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก
- ปริมาณผงอะลูมิเนียมร้อยละ 0.10, 0.20 และ 0.30 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
- อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.50, 0.60 และ 0.65
- ปริมาณผงปูนขาวร้อยละ 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
- ปริมาณยิบซั่มร้อยละ 3 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์

ในแต่ละอัตราส่วนผสมทำการหล่อชิ้นตัวอย่างจำนวนเท่ากับ 13 ชิ้นตัวอย่าง เพื่อนำไปทดสอบหาค่ากำลังอัดและความหนาแน่นเมื่ออายุครบ 7 วัน และ 28 วัน อย่างละ 5 ชิ้นตัวอย่าง ส่วนอีก 3 ชิ้นตัวอย่าง นำไปหาค่าอัตราการดูดซึมรวมจำนวนชิ้นตัวอย่างที่นำมาใช้ทั้งสิ้นเท่ากับ 468 ชิ้นตัวอย่าง

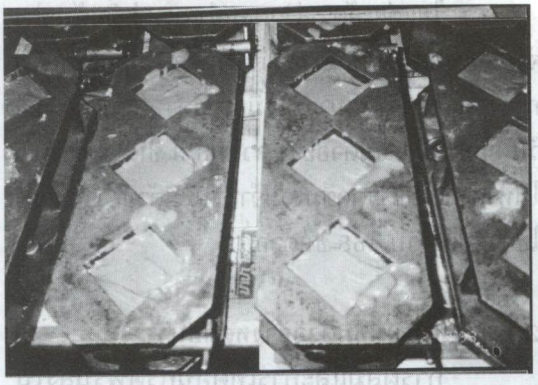
2.1 การเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบ

<u>การผสมและการเทคอนกรีตพรุนลงในแบบหล่อ</u>

1. ทำความสะอาดใบพายและหม้อผสมของเครื่องมือผสมให้แห้ง แล้วใส่น้ำที่เตรียมไว้จากการตวงด้วยกระบอกตวงตามปริมาณที่กำหนด
2. ผสมปูนซีเมนต์, ผงอะลูมิเนียม, ปูนขาว และยิบซั่ม คลุกเคล้าให้เข้ากันตามอัตราส่วนที่กำหนด แล้วเทลงในหม้อผสมที่มีน้ำอยู่
3. เปิดเครื่องผสมโดยใช้ความเร็วต่ำ (140 $\pm$ 5 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 30 วินาที
4. ในขณะที่เปิดเครื่องผสมความเร็วต่ำ ค่อย ๆ เติมทรายที่เตรียมไว้ในปริมาณที่กำหนด ลงในหม้อผสมอย่างช้า ๆ จนหมด
5. ปรับความเร็วของเครื่องผสมให้อยู่ที่ระดับสูง (285 $\pm$ 10 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 30 วินาที
6. ปิดเครื่องผสมเป็นเวลา 1 นาที 30 วินาที ระหว่างนี้ขูดซีเมนต์ที่ติดอยู่ข้างหม้อผสมและที่ใบพายให้มารวมอยู่ตรงกลาง ให้เสร็จภายใน 15 วินาที แล้วนำภาชนะมาปิดหม้อผสมไว้จนครบเวลาตามที่กำหนด
7. เปิดเครื่องผสมโดยใช้ระดับความเร็วสูง

(285 ± 10 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 1 นาที เสร็จแล้วปิดเครื่องผสม

8. นำส่วนผสมไปเทลงในแบบหล่อที่เตรียมไว้ โดยเทให้ส่วนผสมมีความสูงอยู่ที่ระยะ 2 ใน3 ของความสูงแบบหล่อ ทั้งนี้เพื่อเผื่อการขยายตัวของชิ้นตัวอย่างคอนกรีตพรุน

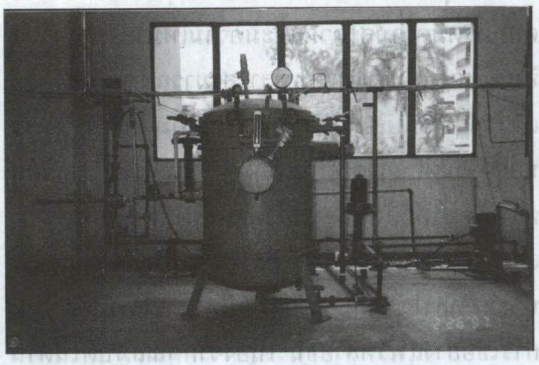


รูปที่ 1 การเทคอนกรีตพรุนลงในแบบหล่อ

รูปที่ 2 คอนกรีตพรุนเกิดการพองตัวเนื่องจากการทำปฏิกิริยา

การบ่มชิ้นตัวอย่างคอนกรีตพรุน

1. เมื่อชิ้นตัวอย่างคอนกรีตพรุนเริ่มเกิดการแข็งตัวพอประมาณหลังจากการหล่อ แล้วจึงทำการปาดแต่งผิวหน้าโดยใช้เส้นลวดตัดให้เรียบร้อย
2. ทำการถอดแบบหล่อ นำชิ้นตัวอย่างออกมาพร้อมทั้งเขียนหมายเลขรหัสที่ชิ้นตัวอย่าง
3. นำไปบ่มโดยใช้หม้ออบไอน้ำความดันสูงเป็นเวลา 8 ชั่วโมง
4. เมื่อครบกำหนดจึงนำชิ้นตัวอย่างออกจากหม้ออบ ทำการบ่มต่อโดยใส่ถุงพลาสติกสีดำคลุม ผูกปากถุงให้มิดชิด เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำในเนื้อคอนกรีตพรุน
5. เมื่อครบกำหนดก่อนการทดสอบ 1 วัน เปิดปากถุงนำชิ้นตัวอย่างคอนกรีตพรุนออกวางไว้ในสภาพอากาศปกติ
6. นำชิ้นตัวอย่างคอนกรีตพรุนที่ได้ไปทำการทดสอบ



รูปที่ 3 หม้ออบไอน้ำความดันสูง (Packed Boiler)

2.2 การทดสอบชิ้นตัวอย่างคอนกรีตพรุน

1. การหาความหนาแน่นของชิ้นตัวอย่างทดสอบ นำชิ้นตัวอย่างทดสอบไปชั่งน้ำหนัก วัดความกว้าง ความยาว และความสูง แล้วคำนวณหาค่าความหนาแน่นจากสูตร ความหนาแน่น = น้ำหนัก(กรัม) / ปริมาตร(ลบ.ซม.)
2. การทดสอบหาค่ากำลังอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ นำชิ้นตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบ โดยเพิ่มน้ำหนักกดด้วยอัตราเร็วคงที่ประมาณ 1.2 มม./นาที ตามมาตรฐาน ASTM C 39 จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างทดสอบพัง บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดไว้ แล้ว

คำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัดจากสูตร กำลังอัด = น้ำหนักสูงสุด (กก.) / พ.ท. หน้าตัด(ตร.ซม.)

3. การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ

การทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของชิ้นตัวอย่างคอนกรีตพรุน ทำการทดสอบชิ้นตัวอย่างที่อายุ 28 วัน

- นำชิ้นตัวอย่างไปอบจนได้น้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำออกมาชั่งให้ละเอียด $\pm$ 0.01 กรัม (a)
- นำชิ้นตัวอย่างไปแช่น้ำสะอาดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง
- เมื่อครบกำหนดแล้วนำตัวอย่างขึ้นจากน้ำใช้ผ้าแห้งซับน้ำที่ผิวออกแล้วนำไปชั่งให้ละเอียด $\pm$ 0.01 กรัม (b)
- คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมจากสูตร อัตราการดูดซึมน้ำ = [(b-a)/(a)] x 100

3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

3.1 ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 1 ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน

Aluminium powder %	W/C	Comp. St. at lime 3% ksc	Comp. St. at lime 5% ksc	Comp. St. at lime 7% ksc
0.10	0.55	97.19	79.52	66.06
	0.60	73.09	93.54	73.22
	0.65	58.27	48.82	51.09
0.20	0.55	73.01	55.90	66.40
	0.60	51.76	55.87	53.15
	0.65	42.11	37.60	54.67
0.30	0.55	47.48	33.71	35.68
	0.60	45.22	31.57	30.04
	0.65	20.99	26.93	25.27

ตารางที่ 2 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน

Aluminium powder %	W/C	Density at lime 3% gm/cm^3	Density at lime 5% gm/cm^3	Density at lime 7% gm/cm^3
0.10	0.55	1.36	1.31	1.31
	0.60	1.35	1.40	1.34
	0.65	1.22	1.19	1.22
0.20	0.55	1.26	1.18	1.22
	0.60	1.14	1.20	1.13
	0.65	1.10	1.10	1.19
0.30	0.55	1.11	0.99	1.03
	0.60	1.12	1.00	1.00
	0.65	0.91	1.08	0.96

ตารางที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย

Aluminium powder %	W/C	Percent absorbtion at lime 3%	Percent absorbtion at lime 5%	Percent absorbtion at lime 7%
0.10	0.55	21.63	23.47	28.03
	0.60	25.94	25.57	25.32
	0.65	30.58	30.63	32.02
0.20	0.55	28.09	31.67	28.84
	0.60	34.91	31.20	34.95
	0.65	36.22	35.29	30.34
0.30	0.55	33.34	45.71	39.91
	0.60	33.38	43.78	36.10
	0.65	47.17	34.20	44.06

3.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

จากผลการทดสอบพบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนจะแปรผกผันกับปริมาณของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ คือ เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มีค่า

เพิ่มขึ้น มีผลทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลง เนื่องจากโดยปกติถ้าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ยิ่งสูงก็มีผลทำให้คอนกรีตรับกำลังได้ต่ำอยู่แล้ว เมื่อรวมกับปฏิกิริยาที่ได้จากผงอะลูมิเนียมที่ทำให้เกิดความพรุนในเนื้อคอนกรีตส่งผลทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้มีค่าต่ำลงยิ่งขึ้น ดังนั้นปริมาณน้ำต่อซีเมนต์ในการวิจัยครั้งนี้ ค่าที่ให้กำลังอัดสูงสุดอยู่ที่ W/C = 0.55 ทั้งนี้ยังต้องพิจารณาร่วมกับความหนาแน่นที่เป็นจุดประสงค์หลักต่อไป

2. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

จากผลการทดสอบ พบว่า ค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ คือ เมื่อปริมาณน้ำสูง ทำให้เกิดฟองก๊าซไฮโดรเจนมาก ในระหว่างการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของผงอะลูมิเนียมที่ผสมในปูนซีเมนต์ และฟองก๊าซที่ได้มีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่ต่ำกว่า มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นที่ได้มีค่าน้อยลง ดังนั้นปริมาณน้ำต่อซีเมนต์สำหรับค่าที่ให้ความหนาแน่นต่ำโดยพิจารณาความหนาแน่นที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 จะขึ้นอยู่กับผงอะลูมิเนียมที่ 3% โดยมีปูนขาว5%, W/C 0.55 และปูนขาว 7%, W/C 0.65 ตามลำดับ

3. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับปริมาณผงอะลูมิเนียม

จากผลการทดสอบ พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนจะแปรผกผันกับปริมาณผงอะลูมิเนียมที่ใช้ผสม คือ เมื่อปริมาณผงอะลูมิเนียมมีค่าสูง ทำให้ปริมาณฟองอากาศที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างผงอะลูมิเนียมกับปูนซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะเกิดความพรุนในเนื้อคอนกรีตมากตามปริมาณผงอะลูมิเนียมที่ใส่ จึงมีผลทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดลดลงจากการวิจัยครั้งนี้ปริมาณผงอะลูมิเนียมที่ทำให้กำลังรับแรงอัดสูงสุดอยู่ที่ 0.10% แต่ทั้งนี้ยังต้องพิจารณาร่วมกับความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับผงอะลูมิเนียมอีกด้วย

4. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับปริมาณผงอะลูมิเนียม

จากผลการทดสอบพบว่าค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับปริมาณผงอะลูมิเนียม คือ เมื่อใส่ผงอะลูมิเนียมในปริมาณมากแต่ไม่เกิน 0.30% ทำให้ปริมาณฟองก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างผงอะลูมิเนียมกับปูนซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะเกิดความพรุนในเนื้อคอนกรีตมากตามปริมาณของอะลูมิเนียมที่ใส่ คอนกรีตพรุนที่ได้มีน้ำหนักที่เบาขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นมีค่าลดลง สำหรับปริมาณผงอะลูมิเนียมที่สูงกว่านี้ เช่นที่ 0.40% ได้ทำการทดสอบโดยการสุ่มปฏิบัติแล้วปรากฏว่าไม่มีผลต่อความหนาแน่น กล่าวคือ จะเริ่มคงที่ที่ 0.30% ดังนั้นปริมาณผงอลูมิเนียมสำหรับค่าที่ให้ความหนาแน่นต่ำโดยพิจารณาความหนาแน่นที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 อยู่ที่ปูนขาว 5%, W/C 0.55

5. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับปริมาณปูนขาว

จากผลการทดสอบพบว่าในช่วงของปริมาณปูนขาวที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ถ้าใช้ปริมาณของปูนขาวน้อย ๆ จะได้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณของปูนขาวมาก ๆ และค่อนข้างมีค่าคงที่เมื่อปริมาณปูนขาวเพิ่มขึ้นจากงานวิจัยนี้กำลังอัดสูงสุดอยู่ที่ปริมาณปูนขาวเท่ากับ 3% ทั้งนี้ต้องนำไปพิจารณาร่วมกับความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับผงอะลูมิเนียมอีกครั้งหนึ่ง

6. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณปูนขาว

จากผลการทดสอบพบว่าที่ปริมาณปูนขาว 5% ได้ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตพรุนต่ำสุดในช่วงแรก และช่วงหลังจะให้ค่าความหนาแน่นสูง สำหรับที่ความหนาแน่นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 นั้นจะขึ้นอยู่กับผงอะลูมิเนียมที่ 0.3%

3.3 รอยแตกของคอนกรีตพรุนหลังการทดสอบ

เมื่อทำการทดสอบการรับกำลังอัดของชิ้นตัวอย่าง หลังจากรับกำลังอัดสูงสุดแล้ว ลักษณะการแตกของชิ้นตัวอย่าง สามารถแบ่งรูปแบบการแตกของคอนกรีตพรุนออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. คอนกรีตพรุนที่มีฟองอากาศสม่ำเสมอทั้ง

ก้อน และความหนาแน่นค่อนข้างสูง

การแตกจะเป็นลักษณะระเบิดแตกในแนวเอียง 45 องศา กับแรงกด ซึ่งเป็นการวิบัติโดยทั่วไปของคอนกรีตที่เกิดในระนาบที่มีแรงเฉือนสูงสุด

2. คอนกรีตที่มีฟองอากาศไม่สม่ำเสมอ และความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ

การแตกจะเป็นลักษณะวิบัติในจุดที่มีความหนาแน่นที่น้อยกว่าก่อนเสมอ ไม่มีการระเบิด เพียงแต่เห็นรอยร้าวมากขึ้น แล้วจึงวิบัติทั่วทั้งก้อน ซึ่งการแตกแบบนี้ให้กำลังรับแรงอัดที่ต่ำมาก

4. สรุปผลการทดสอบ

จากผลการวิจัยคอนกรีตพรุนโดยวิธีผสมผงอะลูมิเนียมนี้ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก และยิบซั่ม 3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ พบว่า

1. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนแปรผกผันกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์, ปริมาณปูนขาว และปริมาณผงอะลูมิเนียม

2. ค่าความหนาแน่นแปรผกผันกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และปริมาณผงอะลูมิเนียม

3. อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองครั้งนี้ คือ ใช้ปริมาณผงอะลูมิเนียมเท่ากับ 0.30% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์, อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.55, ปริมาณปูนขาวเท่ากับ 5% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ ได้คุณสมบัติค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 33.71 ksc และค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.99 gm/cm^3

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานทดลอง และขอขอบพระคุณ อาจารย์เอกชัย ภัทรวงศ์ไพบูลย์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาที่ดีในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ASTM. Annual Book of ASTM Standard . 1973, Easton, Md., USA., 1973.

[2] Benjamin, I.A., Light Weight Concrete, American Concrete Institute, Detroit, Michican, 1960.

[3] Short, A. and Kinniborgh, W. Light Weight Concrete. First Publishing Ltd., 1981.

[4] Neville, A.M. Properties of Concrete. 3rd ed., Pitman Publishing Ltd., 1981.

[5] ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. คอนกรีตเทคโนโลยี . พิมพ์ครั้งที่ 1, 2536

[6] วินิต ช่อวิเชียร. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 5, 2527

ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ: นายประชุม คำพุฒ

สัญชาติ: ไทย

ประวัติการศึกษา :

- วศบ. (โยธา) สจธ.
- วศม. (โยธา) มจธ.

ตำแหน่ง: อาจารย์ 1 ระดับ 4

สถานที่ทำงาน: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี

บทความวิจัย: S. Rungthongbaisuree, P. Khamput and T. Ketratanaborvorn "Causes of Damage of Electric Tower in Thailand" Proc. of Second Asia/Pacific Conference on Durability of Building Systems : Harmonised Standards and Evaluation, Vol. 1, Bandung, Indonesia, July, 2000, pp. 16-1~16-9.

ประชุม คำพุฒ "ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายแบบผิดปกติของเสาไฟฟ้าแรงสูง" Extended Abstracts, The 3rd National Symposium on Graduate Research, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, กรกฎาคม,2545, หน้า 623-624.

ประชุม คำพุฒ "ลักษณะความเสียหายของเสาไฟฟ้าแรงสูงในประเทศไทย" วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคล, ฉบับปฐมฤกษ์,ปีที่ 1, 2545, หน้า 37-47.