ปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า

Air Content of Cellular Lightweight Concrete

ธนภร ทวีวุฒิ นท แสงเทียน วิวัฒน์ พัวทัศนานนท์
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

การศึกษานี้นำเสนอการประยุกต์หาปริมาณฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า 3 วิธี ได้แก่ (1) ใช้โปรแกรม Air Void Analyser (2) วิธีการคำนวณจากปริมาณส่วนผสม และ (3) การหาค่าความพรุนโดยคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะของคอนกรีตจาก ASTM C128 โดยผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าที่มีหน่วยน้ำหนักตั้งแต่ 800 ถึง 1800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรใช้อัตราส่วนน้ำปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.45 และ 0.55 และอัตราส่วนทรายต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.25:1, 0.5:1, 1:1, 2:1 และ 3:1 รวมทั้งหมด 26 สูตร ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฟองอากาศที่ได้จากวิธีที่ (1) อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 13.3 ถึง 53.8 วิธีที่ (2) ในช่วงร้อยละ 39.4 ถึง 78.7 และ วิธีที่ (3) ในช่วงร้อยละ 36.7 ถึง 73.1 และ ปริมาตรของปูนซีเมนต์รวมกับทรายพบในช่วงร้อยละ 19.8-59 ของปริมาตรคอนกรีต จากการศึกษาอาจกล่าวได้ว่า ในทางปฏิบัติอาจเลือกใช้วิธีการหาปริมาณฟองอากาศและความถ่วงจำเพาะของคอนกรีตโดยอาศัยวิธีตาม ASTMC128 และค่าปริมาตรรวมของปูนซีเมนต์กับทรายอาจสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาคุณสมบัติอื่นของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า

คำสำคัญ : คอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า คอนกรีตโฟม ปริมาณฟองอากาศ ความพรุน ความถ่วงจำเพาะ

Abstract

This paper presents the determination of air content in cellular lightweight concrete using 3 methods: (1) Air Void Analyser, (2) calculation based on mix proportions and (3) porosity estimation using ASTM C128 for the determination of concrete specific gravity. Cellular lightweight concretes with unit weight between 800 kg/m^3 to 1800 kg/m^3 using water to cement ratios of 0.45 and 0.55 and sand to cement ratios of 0.25:1, 0.5:1, 1:1, 2:1 and 3:1 in total of 26 designed mixes are produced. The air contents obtained using methods (1), (2) and (3) found in between 13.3 and 53.8 %, from 39.4 to 78.7 % and from 36.7 to 73.1%, respectively. The volume of cement and sand (solid content) found in between 19.8 and 59 percent of concrete volume. From the study, this may be concluded that in practice determination of porosity and concrete specific gravity based on ASTM C128 may be used, and solid content may be used to study the correlation of cellular lightweight concrete properties.

Keywords : cellular lightweight concrete, foam concrete, air content, porosity, specific gravity

1. บทนำ

คอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า (Cellular lightweight concrete) หรือ เรียกว่า คอนกรีตโฟม (Foam Concrete) เป็นคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมอร์ต้า กับโฟมเหลว ที่เตรียมจาก foaming agent ผสมกับน้ำในถังอัดอากาศแล้วฉีดเข้าไปผสมกับมอร์ต้า โดยไม่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบ โฟมเหลวที่ฉีดเข้าไปก็คือฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตนั่นเอง ความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตขึ้นกับปริมาณฟองโฟมที่ใส่เข้าไป แต่โดยทั่วไปแล้ว เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจะพบว่าปริมาณฟองอากาศที่ได้นั้นมีความแตกต่างจากที่ออกแบบไว้ [1-2] ซึ่งหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าอาจมีค่าได้ตั้งแต่ 300 ไปจนถึง 1920 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (20-120 lb/ft3) ใช้สำหรับเป็นวัสดุฉนวน บล็อก และในงานโครงสร้าง [3-5]

คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าหรือคอนกรีตโฟมนี้ ขึ้นกับคุณสมบัติของโครงสร้างภายในและส่วนผสมของคอนกรีต [6] ความพรุน หรือ ปริมาณฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต ส่งผลอย่างมากต่อกำลังรับแรงและความคงทนของคอนกรีต คุณสมบัติการซึมผ่านการดูดกลืนน้ำ การนำความร้อนและการดูดซับเสียง [7-9] และความพรุนยังใช้เป็นตัวบ่งชี้กำลังรับแรงของคอนกรีต [7-8] ความพรุนของคอนกรีตโฟมที่ผสมวัสดุพอซโซลานหรือfly ash ที่หน่วยน้ำหนัก 800-1800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อาจพบว่ามีความพรุนอยู่ในช่วง 63-30 % [8] การหาความพรุนของคอนกรีตอาจใช้วิธี คำนวณส่วนผสม (Mix Design), Mercury intrusion porosimetry, Vacuum Saturate Apparatus, SEM และ Powder XRD เป็นต้น ซึ่งการทดสอบเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือเฉพาะทางและวิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อน [8-10]

การศึกษานี้นำเสนอการประยุกต์หาปริมาณฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า 3 วิธี ได้แก่ (1) วิธีการสแกนภาพแล้วนำเข้าโปรแกรมคำนวณ AirVoid Analyser (2) วิธีการคำนวณจากปริมาณส่วนผสม และ (3) การหาค่าความพรุนโดยคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะของคอนกรีตจาก ASTMC128 โดยผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าที่มีหน่วยน้ำหนักตั้งแต่ 800 ถึง 1800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้อัตราส่วนน้ำปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.45 และ 0.55 และอัตราส่วนทรายต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.25:1, 0.5:1, 1:1, 2:1 และ 3:1 รวมทั้งหมด 26 สูตร

2. กระบวนการผลิต

2.1 การเตรียมวัสดุผสม

(1) ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมละเอียด (ทราย) และทดสอบหาค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของทราย ตามมาตรฐาน ASTM C 128 - Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate เพื่อใช้ในการออกแบบปริมาณส่วนผสม ในที่นี้ค่าความถ่วงจำเพาะของทราย อยู่ที่ประมาณ 2.7 และความสามารถในการดูดซึมน้ำมีค่า 1.6 เปอร์เซ็นต์

(2) การเตรียมน้ำยาสร้างฟองโฟม

การเตรียมน้ำยาสร้างฟองโฟมใช้อัตราส่วนสารสร้างฟองโฟมต่อน้ำ คือ 1 ต่อ 30 แล้วทดสอบหาอัตราการขยายตัวของปริมาตรน้ำยาโฟม พบว่ามีค่าประมาณ 26 เท่า และ อัตราการไหลของฟองโฟมเหลว อยู่ที่ประมาณ 6.45 ลิตรต่อวินาที

2.2 การผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า

ขั้นตอนการผลิตและการทดสอบ มีดังนี้

(1) เตรียมเครื่องผลิตโฟมเหลว โดยต่อเครื่องอัดอากาศเข้ากับถังรับแรงดันสำหรับผสมน้ำยาสร้างฟองโฟม ใช้น้ำยากับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 30 ใส่ลงในถังรับแรงดันและปรับแรงดันให้อยู่ในช่วงประมาณ 0.60-0.65 MPa

(2) ใส่ทรายและปูนซีเมนต์ลงในโม่ผสมคอนกรีต ผสมให้เข้ากัน แล้วใส่น้ำ ใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที เพื่อให้ส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ฉีดโฟมเหลวใส่ไปในโม่ปล่อยให้โม่ทำงานประมาณ 1-2 นาที จนเห็นว่าส่วนผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงเทคอนกรีตที่ผลิตเข้าแบบหล่อที่เตรียมไว้ รายละเอียดอัตราส่วนผสมสำหรับการศึกษานี้แสดงในตารางที่ 1

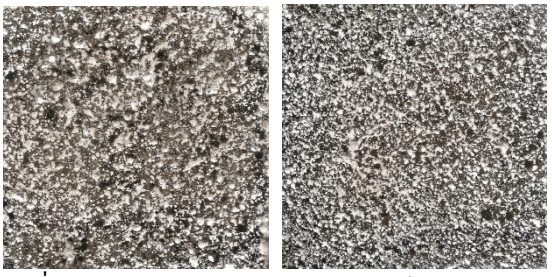
ตารางที่ 1 สูตรส่วนผสม

สูตร	หน่วยน้ำหนัก (kg/m^3)	s/c	w/c	ปริมาณฟองโฟม (ร้อยละ)
1	800	0.25	0.45	60.71
2	800	0.25	0.55	58.73
3	800	0.5	0.45	62.52
4	800	0.5	0.55	60.86
5	1000	0.5	0.45	50.89
6	1000	0.5	0.55	48.41
7	1000	1	0.45	53.16
8	1000	1	0.55	51.07
9	1200	1	0.45	43.79
10	1200	1	0.55	41.29
11	1200	2	0.45	46.86
12	1200	2	0.55	44.97
13	1400	1	0.45	34.42
14	1400	1	0.55	31.5
15	1400	2	0.45	38
16	1400	2	0.55	35.8
17	1400	3	0.45	39.97
18	1400	3	0.55	38.22
19	1600	2	0.45	29.14
20	1600	2	0.55	26.63
21	1600	3	0.45	31.4
22	1600	3	0.55	29.39
23	1800	2	0.45	20.28
24	1800	2	0.55	17.46
25	1800	3	0.45	22.82
26	1800	3	0.55	20.56

3. วิธีการศึกษา

3.1 การหาปริมาณฟองอากาศโดยใช้โปรแกรม Air Void Analyzer

ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม Air Void Analyzer เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตปกติพัฒนาขึ้นโดย Jeremy Carlson (2005), Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan Tech University [11] สำหรับหาปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า การเตรียมตัวอย่างดำเนินการโดยตัดตัวอย่างเป็นชิ้นขนาดกว้างประมาณ 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตรและหนา 2 เซนติเมตร สูตรละ 3 ตัวอย่าง และ เตรียมผิวหน้าคอนกรีตด้วยการโรยผงแป้งในช่องว่างอากาศที่ผิวตัวอย่าง แล้วทาสีดำบริเวณขอบโพรงอากาศและเนื้อคอนกรีต เพื่อให้เกิดความชัดเจนระหว่างส่วนที่เป็นเนื้อคอนกรีตกับฟองอากาศ จากนั้นสแกนผิวคอนกรีตควรใช้ความละเอียดสูง ในการศึกษานี้ใช้ที่ 2400 DPI แล้วนำเข้าภาพสแกนเพื่อให้โปรแกรมคำนวณหาปริมาณฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต รูปที่ 1 ตัวอย่างคอนกรีตสำหรับนำเข้าโปรแกรม



รูปที่ 1 ภาพตัวอย่างคอนกรีตสำหรับนำเข้าโปรแกรม

3.2 การหาปริมาณฟองอากาศโดยใช้หลักการคำนวณหาค่าความพรุน

อัตราส่วนช่องว่าง หรือ Void Ratio (e) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของช่องว่างทั้งหมดกับปริมาตรของเนื้อคอนกรีต[12]

$$e = \left[\frac{\gamma_w G_{con}}{\gamma_d} \right] - 1 \qquad (1)$$

เมื่อ

G_{con} คือ ความถ่วงจำเพาะของคอนกรีต

γ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ (ใช้ = 1 g/cm^3)

γ_d คือ ความหนาแน่นแห้งของคอนกรีต (g/cm^3)

และ ค่าความพรุน (n) คือ เปอร์เซ็นต์ของช่องว่างอากาศที่มีอยู่ในคอนกรีต สามารถคำนวณได้ตามสมการดังนี้

$$n = \frac{e}{1+e} \qquad (2)$$

โดยในการศึกษานี้จะทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของคอนกรีต (G_{con}) จาก 2 วิธีเพื่อเปรียบเทียบกัน ซึ่งวิธีแรกจะหาค่าจากการคำนวณปริมาณส่วนผสมที่ออกแบบไว้สำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าตามอัตราส่วนที่แสดงในตารางที่ 1 ส่วนวิธีที่สอง จะใช้วิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะอาศัยมาตรฐาน ASTM C128

3.2.1 การหาความถ่วงจำเพาะของคอนกรีตจากปริมาณส่วนผสมที่ออกแบบ

ความถ่วงจำเพาะของคอนกรีต (G_{con}) หาได้จากการนำปริมาณส่วนผสมของคอนกรีตที่ออกแบบไว้มาคำนวณ[7] ตามสมการ(3)ข้างล่าง

$$G_{con} = \frac{(Wc \times Gc) + (Ws \times Gs)}{Wc + Ws} \quad (3)$$

เมื่อ

Wc คือ น้ำหนักปูนซีเมนต์ (กิโลกรัม)

Gc คือ ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์

Ws คือ น้ำหนักทราย (กิโลกรัม)

Gs คือ ความถ่วงจำเพาะของทราย

3.2.2 การหาความถ่วงจำเพาะของคอนกรีตโดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C128

มาตรฐาน ASTM C128 [13] เป็นวิธีการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของมวลรวมละเอียด ในการศึกษานี้เห็นว่าด้วยหลักการเดียวกัน น่าจะสามารถนำคอนกรีตมวลเบาที่เป็นผงมาหาค่าความถ่วงจำเพาะได้ การทดลองดำเนินการโดยนำตัวอย่างคอนกรีตที่แห้งแล้วมาบดให้ละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 เพื่อให้ได้ผงคอนกรีตแล้วนำมาทดลองตามขั้นตอนในมาตรฐาน ASTMC128 เพื่อคำนวณความถ่วงจำเพาะปรากฏของคอนกรีต (Apparent Specific Gravity) โดยใช้สมการที่ (4)

$$G_{con} = \frac{Wd}{Wb + Wd - Wa} \quad (4)$$

เมื่อ

G_{con} คือ ความถ่วงจำเพาะปรากฏของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าตามมาตรฐาน ASTM C128

Wd คือ น้ำหนักคอนกรีตอบแห้ง (กรัม)

Wb คือ น้ำหนักขวด+น้ำจนถึงขีดทดลอง (กรัม)

Wa คือ น้ำหนักขวด+น้ำ+คอนกรีต จนถึงขีดทดลอง (กรัม)

4. ผลการศึกษา

4.1 การหาปริมาณฟองอากาศ

ปริมาณฟองอากาศ ที่ได้จาก วิธีที่ (1) โปรแกรม Air Void Analyzer พบว่ามีปริมาณฟองอากาศอยู่ในช่วง ร้อยละ 13.35 ถึง 53.78 วิธีที่ (2) เป็นการหาปริมาณฟองอากาศโดยหลักการหาค่าความพรุน (หัวข้อ 3.2) โดย ค่า Gs คำนวณจาก ปริมาณส่วนผสมที่ออกแบบ หรือ Mix Design วิธีนี้ ให้ค่าปริมาณฟองอากาศในช่วง ร้อยละ 39.38 ถึง 78.73 และ วิธีที่ (3) เป็นการหาปริมาณฟองอากาศโดยหลักการหาค่าความพรุนเช่นกับวิธีที่ (2) แต่ ทำการหาค่า Gs โดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน ASTM C128 ซึ่งผลการศึกษาพบว่าคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่ามีปริมาณฟองอากาศในช่วง ร้อยละ 36.77 ถึง 73.13

รูปที่ 2 แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักของตัวอย่างกับร้อยละปริมาณฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตที่หาโดยวิธี (1) ใช้โปรแกรม Air Void Analyzer คือ

y = -0.0278x + 63.046

สมการร้อยละปริมาณฟองอากาศที่หาโดยใช้วิธีการคำนวณ Gs จากปริมาณส่วนผสม (วิธีที่ 2)

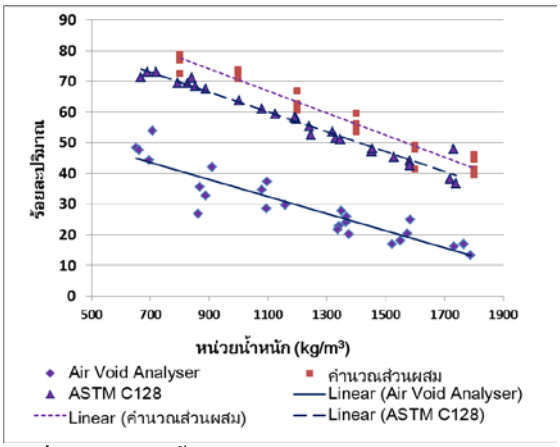
y = -0.036x + 106.56

การหาปริมาณฟองอากาศโดยหา Gs ตามมาตรฐาน ASTM C128 (วิธีที่ 3)

y = -0.0324x + 95.719

โดยค่า R^2 ของวิธีที่ (1), (2) และ (3) เท่ากับ 0.84, 0.95 และ 0.96 ตามลำดับ

เมื่อ y คือ ค่าร้อยละปริมาณฟองอากาศ x คือ หน่วยน้ำหนัก (kg/m^3) และมีค่าระหว่าง 800-1800



รูปที่ 2 หน่วยน้ำหนักของตัวอย่างกับร้อยละปริมาณฟองอากาศ

สูตรส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าที่พบว่ามีร้อยละปริมาณฟองอากาศต่ำสุดและสูงสุดของแต่ละวิธีศึกษา แสดงในตารางที่ 2 ข้างล่าง

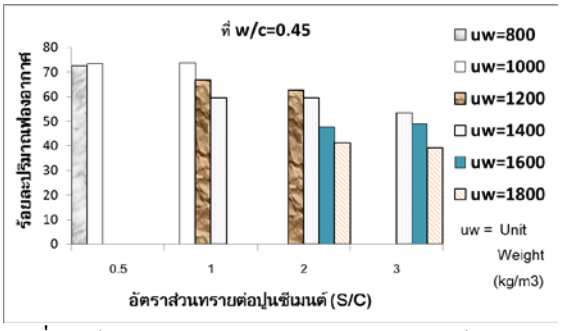
ตารางที่ 2 สูตรส่วนผสมที่พบว่ามีร้อยละปริมาณฟองอากาศต่ำสุดและสูงสุด

ร้อยละปริมาณฟองอากาศต่ำสุด				
วิธีการ	หน่วยน้ำหนัก	S/C	W/C	Air Content
(1) Analyzer	1800	2	0.45	13.35
(2) Mix Design	1800	3	0.45	39.38
(3) ASTM C128	1800	3	0.45	36.77
ร้อยละปริมาณฟองอากาศสูงสุด				
(1) Analyzer	800	0.25	0.55	53.78
(2) Mix Design	800	0.25	0.45	78.73
(3) ASTM C128	800	0.5	0.55	73.13

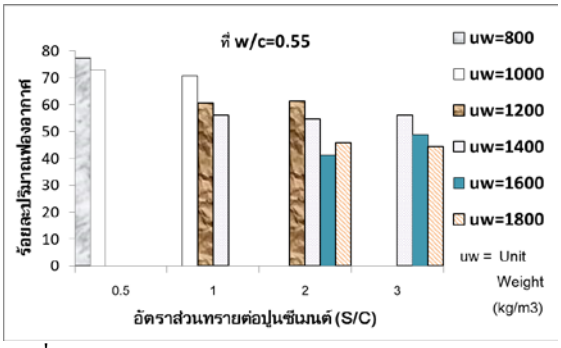
การหาปริมาณฟองอากาศโดยใช้โปรแกรม Air Void Analyzer ให้ค่าที่แตกต่างกันมากกับ การหาปริมาณฟองอากาศโดยใช้วิธีคำนวณส่วนผสม (Mix Design) และวิธีตามมาตรฐาน ASTM C128 โดย 2 วิธีหลังนี้ให้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในช่วง ประมาณ 1-5 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นไปได้ว่าโปรแกรม Air Void Analyser เหมาะกับคอนกรีตปกติมากกว่าคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า เนื่องจากโปรแกรมสามารถแยกแยะส่วนผสมได้อย่างชัดเจนระหว่างมวลรวมกับช่องว่างอากาศ ในคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่านั้นที่ไม่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบและผิวคอนกรีตมีความเปราะบางของโครงสร้างฟองอากาศอย่างมาก โดยเฉพาะตัวอย่างคอนกรีตที่มีค่าหน่วยน้ำหนักต่ำ ผนังฟองอากาศจะล้มง่าย การเตรียมผิวหน้าตัวอย่างให้เรียบเป็นระนาบเดียวกันเหมือนกับคอนกรีตปกตินั้นค่อนข้างยากและในการลงสีเพื่อให้เห็นความชัดเจนระหว่างฟองอากาศกับเนื้อคอนกรีตบางส่วนพบว่าสีกลืนกันเป็นสีเทาซึ่งอาจกระทบต่อการประมวลผลของโปรแกรม ส่วนผลการทดสอบที่ได้ (รูปที่ 1)

เมื่อพิจารณาปัจจัยอัตราส่วนทรายต่อปูนซีเมนต์ (S/C) ดังในรูปที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบกรณี S/C = 0.5, 1, 2 และ 3 ใช้ W/C = 0.45 ไม่พบว่าการใช้ S/C ต่างกันส่งผลชัดเจนต่อปริมาณฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต และ ในรูปที่ 4 เป็นกรณีใช้ W/C = 0.55 ก็เช่นเดียวกัน

ผลของปัจจัยของอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณีคือ กรณีใช้ W/C= 0.45 (รูปที่ 3) และ 0.55 (รูปที่ 4) ดูเหมือนว่ากรณีที่ใช้น้ำมากกว่าให้ค่าปริมาณฟองอากาศต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ไม่พบว่ามีแนวโน้มที่ชัดเจน

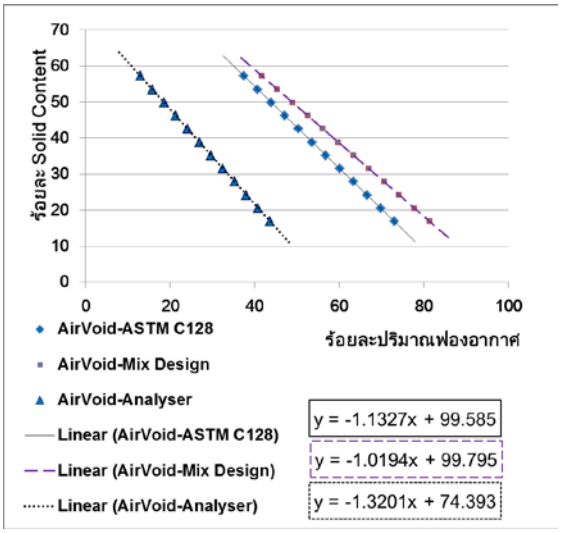


รูปที่ 3 ร้อยละของปริมาณฟองอากาศโดยใช้วิธีคำนวณส่วนผสมที่ S/C = 0.5, 1, 2 และ 3 กรณี W/C = 0.45



รูปที่ 4 ร้อยละของปริมาณฟองอากาศโดยใช้วิธีคำนวณส่วนผสม ที่ S/C = 0.5, 1, 2 และ 3 กรณี W/C = 0.55

เมื่อพิจารณาส่วนผสมที่เป็นของแข็ง ซึ่งก็คือปูนซีเมนต์และทราย หรือ เรียกว่า Solid Content พบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณฟองอากาศ (Air content) อย่างชัดเจน เนื่องจากปริมาณฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตแปรผกผันกับ Solid Content ดังสมการในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง solid content กับ air content ที่ได้จากทั้ง 3 วิธีการศึกษา

5. วิเคราะห์และสรุป

การศึกษานี้นำเสนอการประยุกต์หาปริมาณฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า โดยใช้ (1) โปรแกรม Air Void Analyser (2) วิธีการคำนวณจากปริมาณส่วนผสม และ (3) การหาค่าความพรุนโดยคำนวณค่าความถ่วงจำเพาะของคอนกรีตจาก ASTMC128 และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟองอากาศ (Air content) กับปริมาตรของปูนซีเมนต์รวมกับทราย (Solid Content) พบว่า ปริมาณฟองอากาศที่ได้จากวิธีคำนวณส่วนผสมและวิธีตามมาตรฐาน ASTM C128 (วิธีที่ 2 และ 3) ให้ค่าที่ค่อนข้างสอดคล้องหลักการที่ว่าคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตรประกอบด้วยปริมาตรของ Solid Content รวมกับ Air content

ในทางปฏิบัติอาจเลือกใช้วิธีการหา Air Content และความถ่วงจำเพาะของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าโดยอาศัยวิธีตาม ASTMC128 และ นอกจากค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตแล้ว Solid Content ก็อาจใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าได้ด้วยเช่นกัน ดังตารางที่ 3 นำเสนอสรุปผลการศึกษา

ตารางที่ 3 สรุปผลการศึกษา

หน่วยน้ำหนักออกแบบ (kg/m^3)	ปริมาณฟองอากาศในคอนกรีต			Solid Content (%)
	Airvoid Analyser (%)	Mix Design (%)	ASTM C128 (%)	
800	48.3-53.8	72.5-78.7	69.5-73.1	19.8-22.8
1000	26.7-42	70.8-73.7	67.5-71.1	24.8-28.5
1200	28.6-37.3	60.5-66.8	57.8-63.8	32.8-37.5
1400	20.2-27.8	53.5-59.7	51.2-58.2	38.3-45.9
1600	16.8-24.9	41.2-49	45.2-48	48.6-52.4
1800	13.3-17	39.4-46	36.7-44	54.7-59

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Fouad H. Fouad, “Cellular concrete,” J.F.Lamond and J.H.Pielert (eds), In Significance of Tests and Properties of concrete and concrete- making material, ASTM International, West Conshohocken, PA, pp. 561-569, 2006.

[2] N. Narayanan and K. Ramamurthy, “Structure and properties of aerated concrete: a review,” Cement & Concrete Composites, Vol.22, pp.321-329, 2000.

[3] M.S. Shetty, “Concrete Technology: Theory and Practice,” S.CHAND&COMPANY, Ram Nagar, New Delhi, 2000.

[4] M L. Gambhir, “Concrete Technology: Theory and Practice,” 5ed., McGraw Hill Education (India) Private Limited, New Delhi, 2013.

[5] TIS 2601-2556, Cellular Lightweight Concrete Blocks using Preformed Foam,” Thai Industrial Standard Institute, Ministry of Industry, 2556.

[6] E.K.K. Nambiar and K. Ramamurthy, “Models relating mixture composition to the density and strength of foam concrete using response surface methodology,” Cement & Concrete Composites, Vol.28, pp.752–760, 2006.

[7] A. Bouguerra et al., “Effect of Microstructure on the Mechanical and thermal Properties of Lightweight Concrete Prepared from Clay, Cement, and Wood Aggregates,” Cement and Concrete Research, Vol.28, No.8, pp1179-1190, 1998.

[8] E.P.Kearsley and P.J. Wainwright, “Porosity and Permeability of foamed concrete,” Cement and Concrete Research, Vol. 31, pp.805-812, 2001.

[9] E.K.K. Nambiar and K. Ramamurthy, “Air void characterisation of foam concrete,” Cement and Concrete Composites, Vol. 37, pp.221-230, 2007.

[10] N. Narayanan and K. Ramamurthy, “Microstructural investigations on aerated concrete,” Cement and Concrete Research, Vol.30 pp.457-464, 2000.

[11] J. Carlson, “Advancement on the Application of a Flat-Bed Scanner for Hardened Portland Cement Concrete Air Void Analysis,” Thesis, Michigan Tech University, 2005.

[12] R.F.Craig, “Soil Mechanics,” Chapman&Hall, 1996.

[13] ASTM C128-97 Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate.