

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม มาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูโลส เพื่อหาระดับปัจจัยในการผลิตที่เหมาะสมในการผลิต โดยมีกระบวนการและขั้นตอนในการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษากระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูโลส

การวิจัยนี้นำเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสมมาใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนากอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูโลส เพื่อหาสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมก่อนที่จะนำคอนกรีตมวลเบาไปใช้ การออกแบบการทดลองแบบผสม เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยเชิงปริมาณตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป โดยยึดหลักว่าผลรวมปริมาณของปัจจัยทั้งหมดจะต้องเป็น 1.0 (หรือ 100%) เสมอ กล่าวคือเมื่อปัจจัยหนึ่งมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นย่อมทำให้ปัจจัยอื่นๆ มีสัดส่วนลดลง ซึ่งแตกต่างจากการทดลองที่ไม่ใช่การออกแบบการทดลองแบบผสมที่ตัวแปรแต่ละตัวเป็นอิสระจากกัน โดยการออกแบบการทดลองครั้งนี้ ใช้แบบการทดลองย่อยแบบเอ็กซ์ทรีมเวอร์ (Myers, R.H., and Montgomery, D.C., 2002)^[20] เป็นการออกแบบการทดลองแบบที่มีข้อจำกัดสัดส่วน (Design with Constraints on Proportion) หรือแบบที่มีข้อจำกัด (Constrained Mixture Design)

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูโลส ซึ่งมีปัจจัยส่วนผสมที่สำคัญ 4 ปัจจัย คือ 1) โฟม 2) ทราย 3) ซีเมนต์ 4) ซิลิกาฟูม ในงานวิจัยดังกล่าวที่ 3.1 ปัจจัยส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูโลส โดยปัจจัยที่กำหนดมาจากปัจจัยที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบาของบริษัท กรีนเอนอร์จิคอนสตรัคชั่น จำกัด



1) โฟม



2) ทราย



3) ซีเมนต์



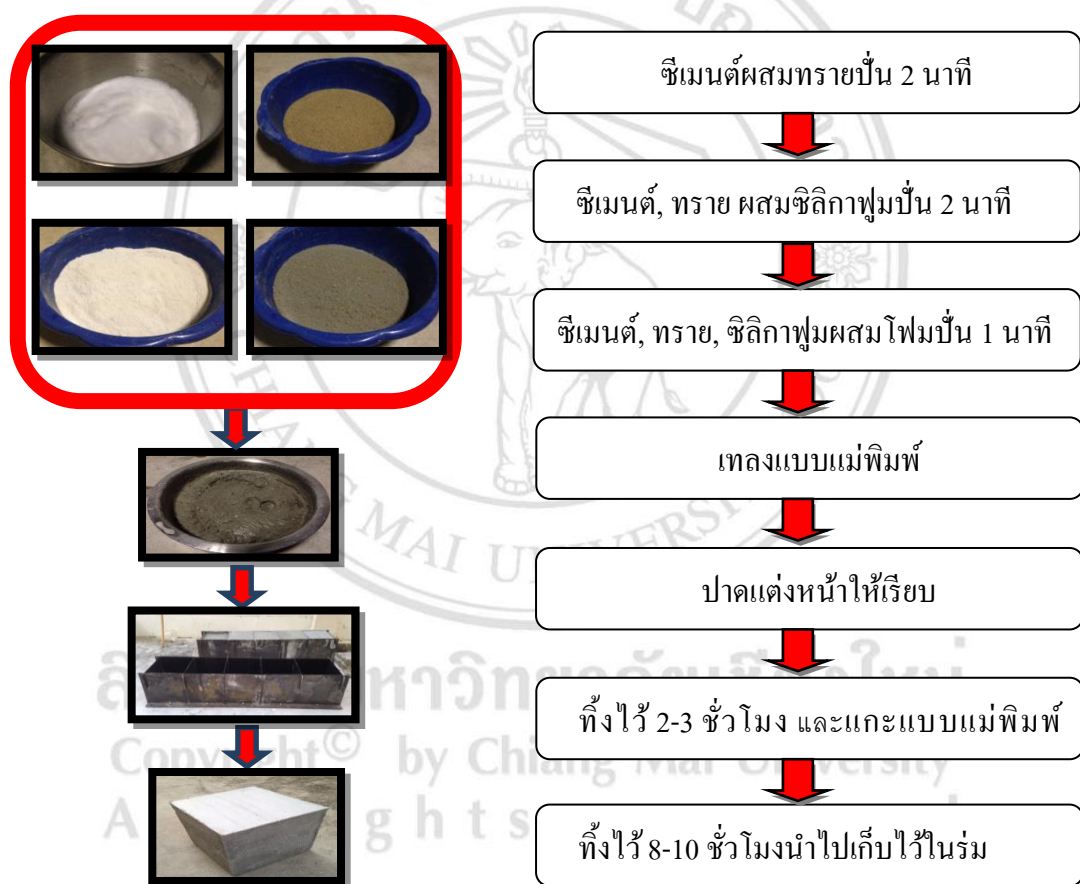
4) ซิลิกาฟูม

ภาพที่ 3.1 ปัจจัยส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า

จากศึกษากระบวนการและขั้นตอนการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า เพื่อให้ทราบถึงวิธีการผลิต กระบวนการผลิต เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดค่าผลตอบแทน กำหนดระดับปัจจัย ซึ่งการวิจัยนี้ได้มีการกำหนดปัจจัยในการทดลองทั้งหมด 4 ปัจจัย คือ 1) ทราย 2) โฟม 3) ซีเมนต์ 4) ซิลิกาฟูม ซึ่งทั้งหมดเป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า และกระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าในงานวิจัย มีขั้นตอนการผลิต (ภาพที่ 3.2) ดังต่อไปนี้

- 1) นำซีเมนต์เทรวมผสมกับทราย และทำป่นรวมกันเป็นเวลา 2 นาที
- 2) นำซีเมนต์ที่ผสมกับทราย (ในขั้นตอนที่ 1) นำมาผสมรวมกับซิลิกาฟูม และป่นรวมกันเป็นเวลา 2 นาที
- 3) นำซีเมนต์ ทราย และซิลิกาฟูม (ในขั้นตอนที่ 2) ที่ผสมกันดีแล้ว ผสมรวมกับน้ำ และป่นต่อเป็นเวลา 2 นาที

- 4) นำส่วนผสมจากขั้นตอนที่ 3 ผสมกับโพลีตามอัตราส่วนที่กำหนด และทำการปั่นเป็นเวลา 1 นาที
- 5) เทลงแบบแม่พิมพ์คอนกรีตมวลเบา
- 6) ทำการปาดแต่งหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
- 7) ทิ้งไว้ 2-3 ชั่วโมง เพื่อให้คอนกรีตเซตตัว และทำการแกะแบบแม่พิมพ์ออก
- 8) ทิ้งไว้ 8-10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิปกติเพื่อให้คอนกรีตมวลเบาแห้ง และนำไปเก็บไว้ในร่ม และทำการบ่มเป็นเวลา 28 วัน ก่อนนำไปทดสอบ ค่ากำลังอัด อัตราการดูดกลืนน้ำ ความหนาแน่นเชิงปริมาตร



ภาพที่ 3.2 กระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าในงานวิจัย

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

การพัฒนาคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าในงานวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และใช้วัสดุอุปกรณ์ในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า ดังนี้

- 1) ซีลิกาฟูม
- 2) น้ำ
- 3) ทราย
- 4) ซีเมนต์
- 5) เครื่องผสมคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า
- 6) เครื่องสร้างโฟม
- 7) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล
- 8) แบบแม่พิมพ์คอนกรีตมวลเบา
- 9) น้ำมันทาแบบแม่พิมพ์
- 10) เกรียงปาดหน้า

3.2 การกำหนดผลตอบแทนและเป้าหมายของงานวิจัย

การกำหนดผลตอบแทนและเป้าหมายในงานวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้คอนกรีตมวลเบาแบบแบบเซลลูล่ามีค่ามาตรฐานตรงตาม มอก.2601-2556 เรื่อง คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ โดยได้อ้างอิงมาตรฐานคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิด C12 เพราะคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิด C12 เหมาะสำหรับโครงสร้างที่มีเสาและคาน และโครงสร้างที่ไม่มีเสาและคาน เพื่อให้คอนกรีตมวลเบาแบบแบบเซลลูล่าที่ผลิต ตรงตามมาตรฐานอุตสาหกรรมและสามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งผลตอบแทนในงานวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดตามมาตรฐานอุตสาหกรรมมีทั้งหมด 3 ค่าคือ

Y_1 แทน กำลังอัดคอนกรีตมวลเบา

Y_2 แทน อัตราการดูดกลืนน้ำ

Y_3 แทน ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

โดยในงานวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดค่าเป้าหมายของแต่ละผลตอบแทน โดยได้กำหนดค่าเป้าหมายของผลตอบแทนตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.2601-2556 เรื่อง คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ โดยได้อ้างอิงมาตรฐานคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิด C12 ดังนี้

- กำลังอัด (Y_1) มากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 เมกะปาสกาล (≥ 2.5 MPa) แต่ได้กำหนดค่าเป้าหมายในการผลิตจริง (Internal specification) 2.75 เมกะปาสกาล
- อัตราการดูดกลืนน้ำ (Y_2) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์เศษส่วนโดยมวล (≤ 23 %) แต่ได้กำหนดค่าเป้าหมายในการผลิตจริง (Internal specification) 20 เปอร์เซ็นต์เศษส่วนโดยมวล

- ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Y3) มีค่าระหว่าง 1,001 ถึง 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (1,001-1,200 kg/m³) แต่ได้กำหนดค่าเป้าหมายในการผลิตจริง (Internal specification) 1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.3 ออกแบบการทดลองในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเบบเซลลูล่า

จากการกำหนดปัจจัยส่วนผสมในงานวิจัยทั้งหมดในการทดลอง 4 ปัจจัยคือ ทราย โฟม ซีเมนต์ ซิลิกาฟูม จากนั้นผู้วิจัยได้นำทั้ง 4 ปัจจัยมาออกแบบการทดลองแบบผสมด้วยวิธีแบบ เอ็กซ์ทรีมเวอร์ทิส และมีการทดลองซ้ำ 2 ครั้งเพื่อที่จะตรวจสอบค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองรวมมีการทดลองทั้งหมด 34 การทดลอง แต่ในงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดสอบชิ้นงานแบบทำลายทั้ง 3 ผลตอบ จึงทำให้ต้องผลิตคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ในงานวิจัย 102 ก้อน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ระดับนัยสำคัญ α เท่ากับ 0.05 โดยการศึกษาระดับปัจจัยที่ใช้ในงานวิจัยใช้การออกแบบการทดลองแบบผสม แบบการทดลองย่อยแบบเอ็กซ์ทรีมเวอร์ (Myers, R.H., and Montgomery, D.C., 2002)^[20] โดยอ้างอิงการกำหนดระดับปัจจัยจากงานวิจัยที่มีลักษณะงานเกี่ยวข้องกับการผลิตคอนกรีตมวลเบา (วีระศักดิ์ ละอองจันทร์ และคณะ, 2553)^[3] และ การใช้ซิลิกาฟูมเป็นวัสดุเพิ่มในงานคอนกรีต (Hooton R.D., 1993)^[2] ดังตารางที่ 3.1 ระดับปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลองแบบผสม และตารางที่ 3.2 ตารางการออกแบบการทดลองแบบผสม และได้กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water Cement Ratio; W/C) ที่ระดับ 0.8 ตัวอย่างเช่น ใช้ซีเมนต์ในการผลิต 10 กิโลกรัม จะต้องใช้น้ำในการผลิต 0.8 ลิตร และในงานวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนในการผลิตและทดสอบค่าผลตอบคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าในงานวิจัยดังภาพที่ 3.3 โดยกำหนดค่าตัวแปรตอบทั้งหมด 3 ค่า อ้างอิงมาตรฐานคุณสมบัติคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าตาม มอก.2601-2556 เรื่อง คอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ โดยได้อ้างอิงมาตรฐานคอนกรีตมวลเบาชนิด C12 กำหนดตัวแปรตอบ 3 ค่า ดังนี้

Y₁ แทน กำลังอัดคอนกรีตมวลเบา

Y₂ แทน อัตราการดูดกลืนน้ำ

Y₃ แทน ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

ตารางที่ 3.1 ระดับปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลองแบบผสม (Hooton R.D.,1993)^[2]

ปัจจัย	ระดับปัจจัย (%)	
	ระดับต่ำ	ระดับสูง
1) ทราย (A)	50	60
2) โฟม (B)	2	5
3) ซีเมนต์ (C)	30	40
4) ซิลิกาฟูม (D)	3	5

(วิเคราะห์ด้วยวิธีของจันทร และคณะ, 2553)^[3].

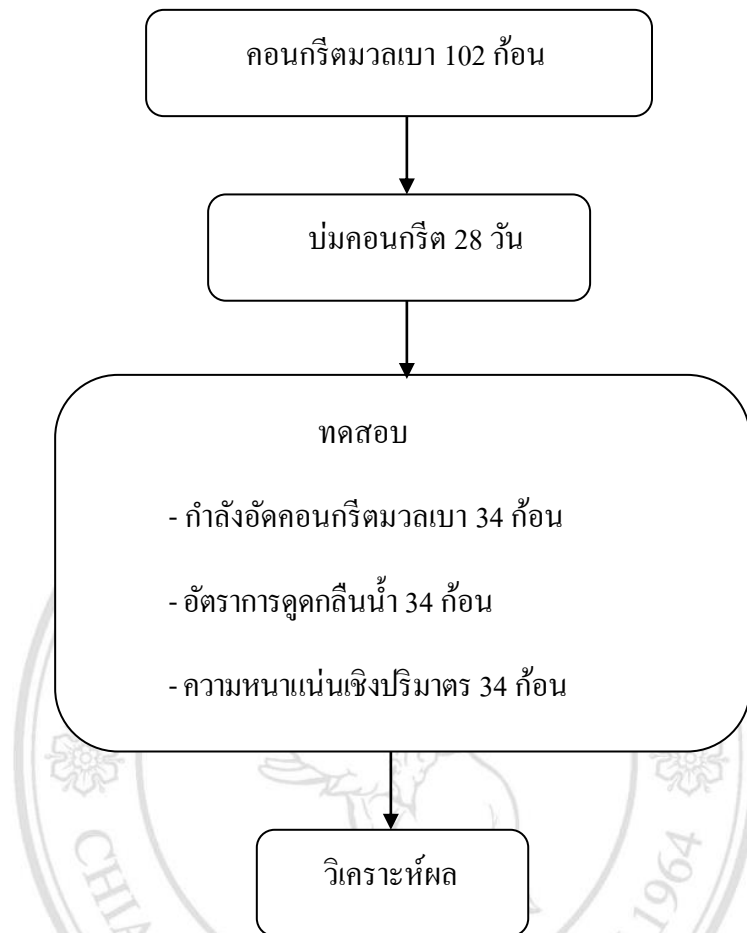
หมายเหตุ : กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) 0.8

ตารางที่ 3.2 ตารางการออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design)

Run Order	Std. Order	Sand(A)	Foam(B)	Cement(C)	Silica fume(D)	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	34	0.5412	0.0425	0.3812	0.0350	2.42	18.00	1165.39
2	20	0.6000	0.0200	0.3300	0.0500	2.32	26.50	1136.21
3	7	0.5300	0.0200	0.4000	0.0500	2.23	19.80	1130.78
4	17	0.5412	0.0425	0.3812	0.03500	2.38	18.60	1150.68
5	15	0.5562	0.0275	0.3812	0.0350	2.49	19.60	1125.00
6	31	0.5812	0.0425	0.3312	0.0450	2.43	19.30	1171.09
7	28	0.5812	0.0275	0.3562	0.0350	2.63	20.10	1141.67
8	2	0.6000	0.0200	0.3500	0.0300	2.61	23.20	1159.93
9	14	0.5812	0.0425	0.3312	0.0450	2.46	20.00	1157.87
10	21	0.6000	0.0500	0.3200	0.0300	2.69	18.80	1115.38
11	33	0.5462	0.0275	0.3812	0.0450	2.38	20.80	1151.07
12	13	0.5812	0.0425	0.3412	0.0350	2.58	18.40	1157.50
13	27	0.5312	0.0425	0.3812	0.0450	2.39	14.70	1185.56
14	5	0.6000	0.0500	0.3000	0.0500	2.56	23.80	1087.32
15	19	0.6000	0.0200	0.3500	0.0300	2.67	20.20	1174.24
16	29	0.5812	0.0275	0.3462	0.0450	2.53	22.00	1136.71

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

Run Order	Std. Order	Sand(A)	Foam(B)	Cement(C)	Silica fume(D)	Y ₁	Y ₂	Y ₃
17	16	0.5462	0.0275	0.3812	0.0450	2.41	17.80	1138.37
18	25	0.5200	0.0500	0.4000	0.0300	2.31	16.64	1141.07
19	1	0.5000	0.0500	0.4000	0.0500	2.59	11.51	1139.79
20	12	0.5812	0.0275	0.3462	0.0450	2.55	20.77	1138.59
21	3	0.6000	0.0200	0.3300	0.0500	2.35	27.60	1121.68
22	30	0.5812	0.0425	0.3412	0.0350	2.61	18.53	1146.63
23	22	0.6000	0.0500	0.3000	0.0500	2.62	25.63	1100.80
24	32	0.5562	0.0275	0.3812	0.0350	2.61	22.59	1128.24
25	23	0.5500	0.0200	0.4000	0.0300	2.36	21.34	1150.32
26	9	0.5625	0.0350	0.3625	0.0400	2.52	20.17	1151.44
27	8	0.5200	0.0500	0.400	0.0300	2.19	18.92	1129.74
28	26	0.5625	0.0350	0.3625	0.0400	2.56	17.39	1162.60
29	18	0.5000	0.0500	0.4000	0.0500	2.61	13.51	1143.45
30	24	0.5300	0.0200	0.4000	0.0500	2.19	17.11	1121.75
31	6	0.5500	0.0200	0.4000	0.0300	2.30	23.16	1148.96
32	4	0.6000	0.0500	0.3200	0.0300	2.59	18.31	1116.93
33	11	0.5812	0.0275	0.3562	0.0350	2.65	22.51	1142.53
34	10	0.5312	0.0425	0.3812	0.0450	2.45	15.75	1180.51



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนในการผลิตและทดสอบค่าผลตอบแทนคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าในงานวิจัย

3.4 กระบวนการทดสอบคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าในงานวิจัย

กระบวนการทดสอบผลตอบแทนตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.2601-2556 เรื่อง คอนกรีต บล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ โดยได้อ้างอิงมาตรฐานคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิด C12

1) กระบวนการทดสอบกำลังอัดอิฐมวลเบา (Y_1)

- เตรียมชิ้นงานทดสอบขนาด 15x15x15 เซนติเมตร
- เครื่องกดที่อ่านละเอียดได้ถึง 100 นิวตัน
- กดชิ้นงานทดสอบในแนวตั้งฉากกับชิ้นงานตัวอย่างจนได้ค่าแรงอัดสูงสุด

เมื่อชิ้นทดสอบแตกเสียหาย

2) กระบวนการทดสอบอัตราการดูดกลืนน้ำ (Y_2)

- เตรียมชิ้นงานทดสอบขนาด 15x15x15 เซนติเมตร
- นำชิ้นงานเข้าตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยตู้อบสามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส $\pm$ 5 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
- แช่ชิ้นงานในน้ำสะอาดให้น้ำท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วยกออก ใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดที่ผิวที่ละก้านแล้วชั่งใหม่ให้เสร็จภายใน 3 นาที น้ำหนักที่ชั่งได้นี้ถือเป็นน้ำหนักคอนกรีตมวลเบาที่ดูดกลืนน้ำ

- คำนวณหาการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบา จากร้อยละของปริมาณน้ำหนักที่คอนกรีตมวลเบาดูดซึมต่อน้ำหนักแห้งของคอนกรีตมวลเบา

ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการดูดกลืนน้ำ

$$\begin{aligned}\text{อัตราการดูดกลืนน้ำ} &= ((\text{น้ำหนักแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักอบแห้ง}) / \text{น้ำหนักอบแห้ง}) \times 100 \\ &= ((4026 - 3412) / 3412) \times 100\end{aligned}$$

$$\text{อัตราการดูดกลืนน้ำ} = 18 \%$$

3) กระบวนการทดสอบความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Y_3)

- เตรียมชิ้นงานทดสอบขนาด 15x15x15 เซนติเมตร
- นำชิ้นงานเข้าตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยตู้อบสามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส $\pm$ 5 องศาเซลเซียส
- รายงานค่าการทดสอบความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งของชิ้นทดสอบแต่ละค่าและค่าเฉลี่ย

ตัวอย่างการคำนวณหาความหนาแน่นเชิงปริมาตร

$$\begin{aligned}\text{ความหนาแน่นเชิงปริมาตร} &= \text{น้ำหนักอบแห้ง} / \text{ปริมาตร} \\ &= 3.962 / 0.15^3\end{aligned}$$

$$\text{ความหนาแน่นเชิงปริมาตร} = 1065.39 \text{ kg/m}^3$$

ซึ่งกระบวนการทดสอบ กำลังอัดคอนกรีตมวลเบา อัตราการดูดกลืนน้ำ ความหนาแน่นเชิงปริมาตร เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบทั้งหมด เพราะการทดสอบจะส่งผลต่อความแข็งแรง ทนทาน ของคอนกรีตมวลเบา และส่งผลถึงความปลอดภัยจากการนำคอนกรีตมวลเบาไปใช้งาน

3.5 วิเคราะห์ความเหมาะสมของแบบจำลอง

การใช้ข้อมูลเพื่ออธิบายและการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น ข้อมูลจำเป็นต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนด คือ ความปกติของข้อมูล (Normal) และความเป็นอิสระของข้อมูล (Independent) และความเสถียรของความแปรปรวน ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลอง

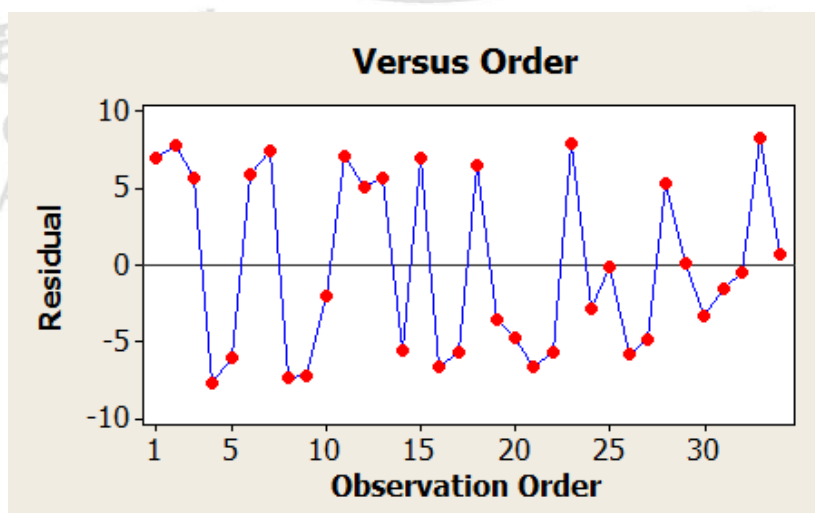
ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อสรุปการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน หากแบบจำลองไม่มีความถูกต้องแล้ว จะถือว่าข้อมูลไม่มีความเหมาะสมและไม่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ผลได้ การวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองจะดำเนินการผ่านการทดสอบส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูลซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ e_{ij} หมายถึง $y_{ij} - \hat{y}_{ij}$ สำหรับข้อมูลที่ j ของระดับปัจจัยที่ i โดย

$$e_{ij} = y_{ij} - \hat{y}_{ij} \quad (3.1)$$

เมื่อ $\hat{y}_{ij}$ คือ ค่าประมาณ (Fit) ของข้อมูล y_{ij} ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\bar{y}_{ij}$ หมายความว่าค่าประมาณข้อมูลในระดับปัจจัยที่ i คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในระดับปัจจัยนั้นๆ การทดสอบข้อมูลก่อนนำมาวิเคราะห์มีวิธีการดังนี้

1) การทดสอบความสุ่มของข้อมูล (Run Test)

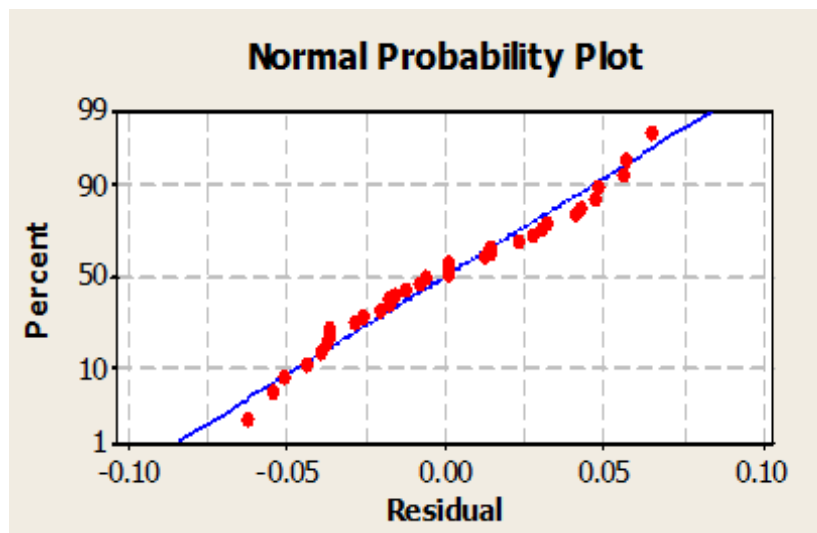
ใช้กราฟ Chart of Residual ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและเวลาหรือลำดับข้อมูลในการพิจารณา ดังตัวอย่างในภาพที่ 3.4 หากข้อมูลมีความสุ่มแล้วจะต้องไม่มีลักษณะเป็นจุดต่อเนื่อง (Run) แนวโน้ม (Trend) และวัฏจักร (Cycle)



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างกราฟ Chart of Residual

2) กราฟทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normal Probability Paper; NOPP)

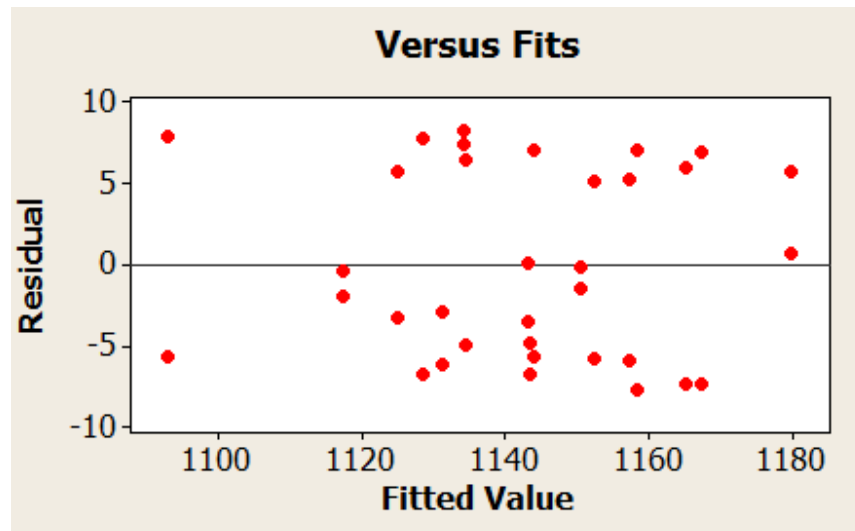
กราฟทดสอบการแจกแจงแบบปกติเป็นกราฟที่พล็อตระหว่างข้อมูลที่นำมาพิจารณา กับความถี่สะสมในสเกลของการแจกแจงปกติและนำมาใช้ตรวจสอบความเป็นปกติ (Normal) ของ ข้อมูล โดยเฉพาะมีลักษณะดังภาพที่ 3.5 หากข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติแล้ว กราฟ NOPP จะให้ข้อมูลที่มีลักษณะการเรียงตัวใกล้เคียงเส้นตรง



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างลักษณะกราฟทดสอบการแจกแจงแบบปกติ

3) การทดสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Test for Equal Variance)

จะใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Residual และ Fit ในการพิจารณาความเสถียรของความแปรปรวนดังตัวอย่างในภาพที่ 3.6 หากความแปรปรวนมีความเสถียรแล้วการกระจายตัวของค่า Residual ที่เหนือและใต้เส้น 0 ควรมีขนาดใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Residual และ Fit

3.6 การทดลองเพื่อยืนยันผลในงานวิจัยคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า

ในการทดลองยืนยันผลในการวิจัยครั้งนี้ใช้การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis) เป็นกระบวนการตัดสินใจเพื่อยืนยันความเชื่ออย่างใดอย่างหนึ่งเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่อธิบายสภาวะที่เกิดขึ้นจริง และเรียกข้อความที่แสดงถึงการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่หมายถึงสภาวะที่เกิดขึ้นจริงว่าสมมติฐานเชิงสถิติ (Statistical Hypothesis) ได้แก่ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis; H_0) และสมมติฐานอื่น (Alternative Hypothesis; H_1) โดยสมมติฐานหลัก คือ สมมติฐานที่เชื่อว่าเป็นสภาวะที่เกิดขึ้นจริงและต้องทำการทดสอบเพื่อที่จะปฏิเสธสมมติฐานนี้ ส่วนสมมติฐานอื่น คือ สภาวะที่ต้องการยืนยันด้วยเหตุผลและการตัดสินใจแบบทดสอบสมมติฐานนี้มีโอกาสในการผิดพลาดได้ 2 ชนิด คือ

- ความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error) การปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งที่ในความเป็นจริงสมมติฐานหลักถูกต้องอยู่แล้ว เรียกว่าระดับนัยสำคัญ (Significant Level) แทนด้วย สัญลักษณ์ α
- ความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II Error) การไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งที่ในความเป็นจริงสมมติฐานหลักไม่ถูกต้องแทนด้วยสัญลักษณ์ β และ $1-\beta$ คืออำนาจในการทดสอบ (Power of Test) ในการทดสอบสมมติฐานนั้นต้องออกแบบวิธีการตัดสินใจให้มีระดับนัยสำคัญคงที่และมีค่าต่ำๆ เช่น 0.05 หรือ 0.1 และให้อำนาจในการทดสอบมีค่าสูงที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้การตัดสินใจเลือก H_1 ต้องกระทำอย่างมีเหตุผลรองรับที่ชัดเจนจริงๆ ซึ่งเรียกว่า การตัดสินใจแบบยืนยัน (Strong Conclusion) ซึ่งในการตัดสินใจโดยการทดสอบสมมติฐานสามารถดำเนินการได้ตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- 1) ตั้งสมมติฐานตามสิ่งที่ต้องการทดสอบ
 - 2) กำหนดวิธีการตัดสินใจด้วยการพิจารณาถึงตัวสถิติสำหรับการทดสอบพารามิเตอร์ รวมถึงการแจกแจงของตัวสถิติดังกล่าว ซึ่งอธิบายขนาดความผันแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ ระหว่างเงื่อนไขของการทดลอง (Reproducibility) และกำหนดช่วงการปฏิเสธและการยอมรับ ภายใต้ค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด
 - 3) ออกแบบการทดลอง ด้วยการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยให้อำนาจในการทดสอบอยู่ในระดับที่ยอมรับได้
 - 4) ดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้
 - 5) ตัดสินใจตามวิธีการตัดสินใจที่กำหนดไว้ โดยหากข้อมูลอยู่ในช่วงการยอมรับให้สรุปว่าไม่มีเหตุผลในการปฏิเสธสมมติฐาน เนื่องจากข้อมูลอยู่ในช่วงความผันแปรที่เกิดจากสาเหตุธรรมชาติ แต่หากข้อมูลอยู่ในช่วงการปฏิเสธให้ทำการปฏิเสธสมมติฐาน
- โดยนำผลการทดลองที่ได้จากการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลล์ดูล่า โดยทำการทดสอบสมมติฐานแบบ T-Test และทำการทดลองยืนยันผล 3 ครั้ง ครั้งละ 15 ข้อมูล เพื่อทำนายพฤติกรรมของกระบวนการที่ได้จากการทดสอบจริงและค่าผลตอบที่ได้จากค่าทำนายผลที่ระดับนัยสำคัญ 95 % ($\alpha = 0.05$)

3.7 สรุปผลดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนนี้เป็นสรุปผลการทดลองที่ได้ และผลการวิเคราะห์จากทุกขั้นตอน จากการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองในการสร้างสมการทำนายค่าผลตอบ และการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาคอนกรีตมวลเบาแบบเซลล์ดูล่าโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved