

บทที่ 4

ผลการทดสอบและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบเมื่อแยกศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่างๆที่ผสมในมอร์ต้า ต่อคุณสมบัติของมอร์ต้าได้ผลตามตารางที่ 4.1 และผลการทดสอบเมื่อศึกษาตัวแปรต่างๆผสมรวมกัน ได้ผลตามตารางที่ 4.2

4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบชุดที่ 1

การทดสอบชุดที่ 1 เป็นการศึกษาผลกระทบของปูนขาว, ทราย, เพอร์ไลต์(Perlite), ทราย, น้ำ, สารลดน้ำพิเศษ(Superplasticizer), สารกระจายกักฟองอากาศ(Air-entraining Agent), สารโพลีเมอร์(Polymer) และสารเมทิลเซลลูโลส(Methyl cellulose) ที่มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของมอร์ต้า คือ การไหล, กำลังรับแรงอัด, โมดูลัสยืดหยุ่น, การดูดซึมน้ำ การหดตัว, การขยายตัวตามอุณหภูมิ และแรงยึดเหนี่ยว

4.2.1 ปูนขาว

จากการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าที่มีอัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์ระหว่าง 1.0-3.0 ($1.0 \leq L \leq 3.0$) โดยปริมาตร ควบคุมปริมาณน้ำและทรายคงที่ ได้ผลดังนี้

4.2.1.1 การไหล (F_L)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การไหลกับอัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.1 พบว่าเปอร์เซ็นต์การไหลจะลดลง เมื่ออัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.1

$$F_L = -a_{FL} L + b_{FL} \quad (4.1)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.95

ทั้งนี้เพราะว่าปูนขาวเป็นวัสดุเชื่อมประสานประเภทหนึ่ง เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวในขณะที่ปริมาณน้ำคงที่ ปูนขาวจะทำปฏิกิริยากับน้ำและมีการอุ้มน้ำ(Water Retentivity)เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำลดลงค่าการไหลจึงลดลง Jain(1974)แนะนำว่าการผสมปูนขาวในมอร์ต้าในสัดส่วนที่เหมาะสมจะทำให้การทำงานง่ายขึ้น แต่ถ้าใส่มากเกินไปก็จะ ได้ส่วนผสมที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานเช่นกัน

4.2.1.2 กำลังรับแรงอัด (C_L)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด กับอัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.2 พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.2

$$C_L = a_{CL} L + b_{CL} \quad (4.2)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.82

ทั้งนี้เนื่องจากปูนขาวเป็นวัสดุเชื่อมประสานประเภทหนึ่ง เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวในขณะที่มีปริมาณน้ำคงที่ ปูนขาวจะทำปฏิกิริยากับน้ำและมีการอุ้มน้ำ (Water Retentivity) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำลดลง กำลังรับแรงอัดอัดซึ่งแปรผกผันกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จึงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของสาขัณฑ์ ผลิตรกรรม(2533) ที่พบว่าการเพิ่มปริมาณปูนขาวในมอร์ต้าจะทำให้กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าสูงขึ้น

4.2.1.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (E_L)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับอัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.3 พบว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.3

$$E_L = a_{EL} L + b_{EL} \quad (4.3)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.88

ซึ่งสามารถอธิบายได้เหมือนกรณีกำลังรับแรงอัด ทั้งนี้เนื่องจากค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีความสัมพันธ์กับกำลังอัดและความหนาแน่น(22) ดังนั้นปัจจัยใดที่มีผลกระทบต่อกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าก็ย่อมมีผลกระทบต่อโมดูลัสยืดหยุ่นเช่นเดียวกัน

4.2.1.4 การดูดซึมน้ำ (A_L)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำกับอัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.4 พบว่าการดูดซึมน้ำจะลดลง เมื่ออัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.4

$$A_L = -a_{AL} L + b_{AL} \quad (4.4)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.56

ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปูนขาวส่งผลให้ปริมาณน้ำลดลง ทำให้โครงสร้างของมอร์ต้ามีความทึบแน่นการดูดซึมน้ำจึงลดลง

4.2.1.5 การหดตัว (D_L)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวสูงสุดตาม เวลากับอัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.5 พบว่าการหดตัวจะลดลง เมื่ออัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.5

$$D_L = -a_{DL} L + b_{DL} \quad (4.5)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.98

ทั้งนี้เนื่องจากการหดตัวของมอร์ต้าจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของซีเมนต์เฟสค์ การเพิ่มปูนขาวในมอร์ต้าจะเป็นการเพิ่มความหนาแน่นของซีเมนต์เฟสค์เพราะปริมาณน้ำเหลือน้อยลง ทำให้การหดตัวของมอร์ต้าลดลงซึ่งเหมือนกับการศึกษาของสายันท์ ผลิตกรรม(2533) ที่พบว่าการเพิ่มปริมาณปูนขาวในมอร์ต้าทำให้การหดตัวเมื่อแห้งลดลง

4.2.1.6 การขยายตัวตามอุณหภูมิ (T_L)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิกับอัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.6 พบว่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิจะลดลง เมื่ออัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.6

$$T_L = -a_{TL} L + b_{TL} \quad (4.6)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.68

จะสอดคล้องกับการหดตัวคือเมื่อปริมาณความหนาแน่นของซีเมนต์เฟสค์เพิ่มขึ้น ทำให้การขยายตัวตามอุณหภูมิลดลง

4.2.1.7 แรงยึดเหนี่ยว (B_L)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดเหนี่ยวกับอัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.7 พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวจะลดลง เมื่ออัตราส่วนปูนขาวต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.7

$$B_L = -a_{BL} L + b_{BL} \quad (4.7)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.95

ทั้งนี้เนื่องจากปูนขาวเป็นวัสดุเชื่อมประสานประเภทหนึ่ง เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวในขณะ ที่ปริมาณน้ำคงที่ ปูนขาวจะทำปฏิกิริยากับน้ำและมีการอุ้มน้ำ(Water Retentivity)เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำลดลง ทำให้ปริมาณน้ำที่จะทำปฏิกิริยาและเคลือบผิวของAAC น้อยลง ทำให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง



4.2.2 ทฤษฎี

จากการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าที่มีอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ระหว่าง 5.0-7.0 ($5.0 \leq S \leq 7.0$) โดยปริมาตร ควบคุมปริมาณปูนขาวและน้ำคงที่ ได้ผลดังนี้

4.2.2.1 การไหล (F_s)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การไหลกับอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.8 พบว่าเปอร์เซ็นต์การไหลจะลดลง เมื่ออัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.8

$$F_s = -a_{FS} S + b_{FS} \quad (4.8)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.92

ทั้งนี้เพราะเมื่อเพิ่มปริมาณทรายในขณะที่ปริมาณน้ำคงที่ การดูดซับน้ำของทรายจะเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำจึงส่งผลน้อยลง ทำให้แรงเสียดทานระหว่างวัสดุผสมมีมากขึ้นค่าการไหลจึงลดลง

4.2.2.2 กำลังรับแรงอัด (C_s)

จากข้อมูลการทดสอบ นำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดกับอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.9 พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.9

$$C_s = a_{CS} S + b_{CS} \quad (4.9)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.10

ทั้งนี้เพราะการเพิ่มปริมาณทรายในขณะที่ปริมาณน้ำเท่าเดิม ทำให้การดูดซับน้ำของทรายเพิ่มขึ้น อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จึงแสดงผลน้อยลง กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าจึงสูงขึ้น(17) และเนื่องจากทรายมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าซีเมนต์ผลการเพิ่มปริมาณทรายกำลังรับแรงอัดจึงสูงขึ้น

4.2.2.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (E_s)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.10 พบว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.10

$$E_s = a_{ES} S + b_{ES} \quad (4.10)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.22

ซึ่งสอดคล้องกับกำลังรับแรงอัด(22)คือ เมื่อปริมาณทรายเพิ่มขึ้นค่าโมดูลัสยืดหยุ่นก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

4.2.2.4 การดูดซึมน้ำ (A_s)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำกับอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.11 พบว่าการดูดซึมน้ำจะลดลง เมื่ออัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.11

$$A_s = -a_{AS} S + b_{AS} \quad (4.11)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.93

ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณทรายในขณะที่ปริมาณน้ำคงที่ทรายจะดูดซับน้ำสูงขึ้น จึงส่งผลให้มอร์ต้ามีปริมาณน้ำลดลง เมื่อมอร์ต้ามีปริมาณน้ำลดลงความชื้นน้ำจะเพิ่มขึ้นกล่าวคือมีโพรงคาปิลลารี (Capillary Pore) ในเนื้อมอร์ต้าลดลง ทำให้การดูดซึมน้ำลดลง

4.2.2.5 การหดตัว (D_s)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวสูงสุดตาม เวลากับอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.12 พบว่าการหดตัวลดลง เมื่ออัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.12

$$D_s = -a_{Ds} S + b_{Ds} \quad (4.12)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.06

ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มทรายในขณะที่ปริมาณน้ำมีเท่าเดิมทรายจะดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำลดลงและซีเมนต์เฟสที่มีความหนาแน่นสูงขึ้น การหดตัวเมื่อแห้งซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของซีเมนต์เฟสจึงลดลงด้วย จะสอดคล้องกับผลของ Pickett(1956) ที่พบว่าเมื่อปริมาณมวลรวมต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นการหดตัวจะลดลง

4.2.2.6 การขยายตัวตามอุณหภูมิ (T_s)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียน กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิกับอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.13 พบว่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิจะลดลง เมื่ออัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.13

$$T_s = -a_{TS} S + b_{TS} \quad (4.13)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.86

ซึ่งอภิปรายได้ลักษณะเดียวกับการหดตัวเมื่อแห้ง และอีกเหตุผลหนึ่งคือสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิของทรายน้อยกว่าซีเมนต์เฟส การขยายตัวของมอร์ต้าจึงลดลง

4.2.2.7 แรงยึดเหนี่ยว (B_s)

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดเหนี่ยวกับอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.14 พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวจะลดลง เมื่ออัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.14

$$B_s = -a_{BS} S + b_{BS} \quad (4.14)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.35

ทั้งนี้เพราะการเพิ่มปริมาณทรายทำให้ปริมาณน้ำลดลง ซึ่งไม่เพียงพอต่อการทำปฏิกิริยาและเคลือบผิวมอร์ต้ากับ AAC ทำให้การยึดเกาะต่ำลง

4.2.3 เพอร์ไลต์

เพอร์ไลต์เป็นมวลรวมเบาที่เกิดจากลาวาที่พองตัวโดยธรรมชาติ เกิดขึ้นเวลาภูเขาไฟระเบิด มวลรวมชนิดนี้ให้ผสมคอนกรีตหรือมอร์ต้าที่ไม่ต้องการกำลังสูงมากนัก และมวลรวมจะมีการดูดซึมน้ำสูง แต่สามารถกันความร้อนกันเสียงได้ดี การผสมสารเพอร์ไลต์ในมอร์ต้าเพราะมอร์ต้าสำหรับปูนฉาบของผนังคอนกรีตเบาชนิด AAC นี้ต้องการกำลังรับแรงอัดไม่สูงมาก และการใช้สารเพอร์ไลต์แทนทรายเนื่องจากเพอร์ไลต์สามารถควบคุมคุณภาพได้ดีกว่าทราย เพราะผลิตจากโรงงานโดยตรงซึ่งเวลาใช้สามารถระบุขนาดและขนาดกะได้

จากการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าที่ใช้เพอร์ไลต์แทนทรายต่อซีเมนต์ โดยมวลรวมละเอียดทั้งหมด 6.0 ส่วนจะใช้เพอร์ไลต์แทนทราย 1.0-4.0 ($1.0 \leq PR \leq 4.0$) ส่วนโดยปริมาตรควบคุมปริมาณปูนขาวและน้ำคงที่ ได้ผลดังนี้

4.2.3.1 การไหล (F_{PR})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การไหลกับปริมาณเพอร์ไลต์ได้ดังรูปที่ 4.15 พบว่าเปอร์เซ็นต์การไหลจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเพอร์ไลต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.15

$$F_{PR} = a_{FPR} PR + b_{FPR} \quad (4.15)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.93

ทั้งนี้เนื่องจากขนาดมวลรวมโดยเฉลี่ยของเพอร์ไลต์ที่ใช้ผสมมีขนาดใหญ่กว่าทราย โดยมวลรวมที่มีขนาดใหญ่พื้นผิวโดยรวมจะน้อยกว่ามวลรวมขนาดเล็ก(23) เมื่อเพิ่มปริมาณเพอร์ไลต์และลดทราย พื้นผิวโดยรวมของมวลรวมจึงลดลง การดูดซึมน้ำจึงน้อยลงค่าการไหลจึงเพิ่มขึ้น

4.2.3.2 กำลังรับแรงอัด (C_{PR})

จากข้อมูลการทดสอบ นำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดกับปริมาณเพอร์ไลต์ได้ดังรูปที่ 4.16 พบว่าเมื่อใช้เพอร์ไลต์เพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าจะเพิ่มในช่วงแรกและจะลดลง ถ้าแทนด้วยสมการเส้นตรงจะได้ดังสมการ 4.16

$$C_{PR} = a_{CPR} PR + b_{CPR} \quad (4.16)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.14

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเพอร์ไลต์เป็นมวลรวมเบาที่มีขนาดเล็ก(0.50-2.00 มม.) การเพิ่มเพอร์ไลต์ในช่วงแรกจะทำให้ขนาดผลของมวลรวมดีขึ้น กำลังจึงสูงขึ้น แต่หลังจากนั้นขนาดผลจะเหลวลงเพราะปริมาณทรายลดลง ทำให้ความหนาแน่นของมอร์ต้าลดลง กำลังรับแรงอัดซึ่งแปรผันโดยตรงกับความหนาแน่น(23) จึงลดลงในช่วงหลัง

4.2.3.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (E_{PR})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับปริมาณเพอร์ไลต์ได้ดังรูปที่ 4.17 พบว่าจะสอดคล้องกับกรณีกำลังรับแรงอัด(22) ดังสมการ 4.17

$$E_{PR} = - a_{EPR} PR + b_{EPR} \quad (4.17)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.44

4.2.3.4 การดูดซึมน้ำ (A_{PR})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำกับปริมาณเพอร์ไลต์ได้ดังรูปที่ 4.18 พบว่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเพอร์ไลต์ในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.18

$$A_{PR} = a_{APR} PR + b_{APR} \quad (4.18)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.93

ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเพิ่มเพอร์ไลต์ ทำให้ขนาดผลของมวลรวมไม่ดี เนื้อมอร์ต้าจึงมีช่องว่างและโพรงมากส่งผลให้การดูดซึมน้ำจึงมากขึ้น และอีกเหตุผลหนึ่งคือเพอร์ไลต์เป็นมวลรวมเบาที่มีการดูดซึมน้ำสูง ฉะนั้นการเพิ่มเพอร์ไลต์จึงทำให้การดูดซึมน้ำของมอร์ต้าสูงขึ้น

4.2.3.5 การหดตัว (D_{PR})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวสูงสุดตามเวลากับปริมาณเพอร์ไลต์ได้ดังรูปที่ 4.19 พบว่าการหดตัวจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเพอร์ไลต์ในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.19

$$D_{PR} = a_{DPR} PR + b_{DPR} \quad (4.19)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.78

ทั้งนี้เนื่องจากเพอร์ไลต์เป็นมวลรวมเบาซึ่งมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำ ทำให้แรงยึดรั้งต่อการหดตัวของของซีเมนต์เพสต์มีค่าน้อย(26) เพราะฉะนั้นการเพิ่มปริมาณเพอร์ไลต์ จึงทำให้การหดตัวของมอร์ต้าเพิ่มขึ้น

4.2.3.6 การขยายตัวตามอุณหภูมิ (T_{PR})

จากข้อมูลการทดสอบ นำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิกับปริมาณเพอร์ไลต์ได้ดังรูปที่ 4.20 พบว่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิจะลดลง เมื่อปริมาณเพอร์ไลต์ในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.20

$$T_{PR} = -a_{TPR} PR + b_{TPR} \quad (4.20)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.92

เนื่องจากเพอร์ไลต์เป็นสารที่นำความร้อนต่ำกว่าทราย เมื่อเพิ่มเพอร์ไลต์และลดทรายจึงทำให้สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้าลดลง

4.2.3.7 แรงยึดเหนี่ยว (B_{PR})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดเหนี่ยวกับ ปริมาณเพอร์ไลต์ได้ดังรูปที่ 4.21 พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวจะลดลง เมื่อปริมาณเพอร์ไลต์ในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.21

$$B_{PR} = -a_{BPR} PR + b_{BPR} \quad (4.21)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.97

ถึงแม้ว่าการเพิ่มเพอร์ไลต์จะทำให้มีน้ำเหลือพอที่จะทำปฏิกิริยากับและเคลือบระหว่างมอร์ต้ากับAAC แต่เพอร์ไลต์เป็นมวลรวมเบาซึ่งมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำทำให้แรงยึดรั้งในมอร์ต้าต่ำ แรงยึดเกาะระหว่างมอร์ต้ากับAAC จึงต่ำลงด้วย

4.2.4 น้ำ

จากการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 1.70-1.95 ($1.70 \leq W/C \leq 1.95$) โดยน้ำหนัก ควบคุมปริมาณปูนขาวและทรายคงที่ ได้ผลดังนี้

4.2.4.1 การไหล (F_{WC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การไหลกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.22 พบว่าเปอร์เซ็นต์การไหลจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.22

$$F_{WC} = a_{FWC} WC - b_{FWC} \quad (4.22)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.96

ทั้งนี้เพราะว่าค่าการไหลของมอร์ต้าขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานระหว่างวัสดุผสม เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นจะไปช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างวัสดุผสม ค่าการไหลจึงเพิ่มขึ้น

4.2.4.2 กำลังรับแรงอัด (C_{WC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.23 พบว่าเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าลดลงดังสมการ 4.23

$$C_{WC} = -a_{CWC} WC + b_{CWC} \quad (4.23)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.96

ทั้งนี้เพราะว่าปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นจะมีน้ำส่วนเกินจากปฏิกิริยาเคมี โดยน้ำในเนื้อมอร์ต้าส่วนหนึ่งจะอยู่ในลักษณะเป็นแอ่งไต้มวลรวมและบางส่วนจะเคลื่อนที่สู่ผิวหน้าของมอร์ต้าซึ่งเรียกว่าการซึม(Bleeding) เมื่อมอร์ต้าแข็งตัวแล้วจะทำให้เนื้อมอร์ต้ามีโพรงอากาศและช่องว่างขึ้นความหนาแน่นจึงต่ำลงและส่งผลให้กำลังรับแรงอัดลดลงด้วย(23) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Emrtroy และ Shacklock (1958) ที่พบว่าเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะลดลง

4.2.4.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (E_{WC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.24 พบว่าจะสอดคล้องกับกำลังรับแรงอัดและความหนาแน่น(22) โดยเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของมอร์ต้าจะลดลงดังสมการ 4.24

$$E_{WC} = -a_{EWC} WC + b_{EWC} \quad (4.24)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.92

4.2.4.4 การดูดซึมน้ำ (A_{WC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.25 พบว่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.25

$$A_{WC} = a_{AWC} WC - b_{AWC} \quad (4.25)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.90

เป็นเช่นนี้เพราะว่าการเพิ่มปริมาณน้ำในมอร์ต้าทำให้มอร์ต้ามีโพรงอากาศเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นต่ำลง ความหิบน้ำของมอร์ต้าลดลง จึงทำให้การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

4.2.4.5 การหดตัว (D_{wc})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวสูงสุดตาม เวลา กับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.26 พบว่าการหดตัวจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.26

$$D_{wc} = a_{Dwc} WC + b_{Dwc} \quad (4.26)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.75

ทั้งนี้เนื่องจากการยืดหดตัวของมอร์ต้าจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของซีเมนต์เพสต์ เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นของซีเมนต์เพสต์ลดลง การหดตัวของมอร์ต้าจึงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสาย์นห์ พลิตกรรม(2533) และPickett(1956) ที่พบว่าเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้การหดตัวเมื่อแห้งเพิ่มขึ้น

4.2.4.6 การขยายตัวตามอุณหภูมิ (T_{wc})

จากข้อมูลการทดสอบ นำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.27 พบว่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.27

$$T_{wc} = a_{Twc} WC - b_{Twc} \quad (4.27)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.99

อภิปรายได้เช่นเดียวกับการหดตัว เมื่อความหนาแน่นของซีเมนต์เพสต์ในเนื้อมอร์ต้าลดลง ทำให้การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสาย์นห์ พลิตกรรม (2533) ที่พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำในมอร์ต้าทำให้การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้าเพิ่มขึ้น

4.2.4.7 แรงยึดเหนี่ยว (B_{wc})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดเหนี่ยวกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.28 พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.28

$$B_{wc} = a_{Bwc} WC - b_{Bwc} \quad (4.28)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.73

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจะไปเคลือบผิวและทำปฏิกิริยาระหว่างมอร์ต้ากับคอนกรีตเบา ชนิด AAC ทำให้การยึดเหนี่ยวดีขึ้น

4.2.5 สารลดน้ำพิเศษ

สารลดน้ำพิเศษจะช่วยลดความต้องการน้ำของคอนกรีตหรือมอร์ตาร์ ทั้งนี้เพราะมีคุณสมบัติในการช่วยเปลี่ยนคุณสมบัติของผิวต่อระหว่างมวลรวมและน้ำ ซึ่งโดยปกติอนุภาคซีเมนต์ต่างๆจะมีประจุไฟฟ้าเป็นบวกหรือลบเหลืออยู่ อนุภาคซึ่งมีประจุต่างกันจะดูดกันรวมกันเป็นกลุ่มซึ่งสามารถดูดน้ำได้จำนวนมากทำให้น้ำหล่อลื่นเหลือน้อย โมเลกุลของสารลดน้ำพิเศษจะช่วยให้ประจุเป็นกลาง หรือทำให้ประจุบนผิวอนุภาคต่างๆกลายเป็นประจุชนิดเดียวกัน จึงเกิดแรงผลักดันซึ่งกันและกันทำให้เกิดการแยกกันในเรื่องซีเมนต์เฟสค น้ำที่เข้าไปผสมส่วนใหญ่จึงถูกใช้ลดความหนืดของซีเมนต์เฟสค(1)

สารลดน้ำพิเศษที่ใส่เข้าไปในมอร์ตาร์เพื่อเพิ่มความสามารถทำงานได้ของมอร์ตาร์และในปริมาณน้ำที่เท่ากันการเพิ่มสารลดน้ำพิเศษจะทำให้กำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผลของการลดน้ำในส่วนผสมทำให้ความหนาแน่นและกันซึมสูงขึ้นเพราะมอร์ตาร์เนื้อแน่นขึ้น

จากการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ตาร์ที่ผสมสารลดน้ำพิเศษ ในส่วนผสมของมอร์ตาร์ในอัตราส่วนร้อยละ 0.15-0.60 ($0.15 \leq SP \leq 0.60$) โดยน้ำหนักซีเมนต์และปูนขาว ควบคุมปริมาณปูนขาว น้ำ และทรายคงที่ ได้ผลดังนี้

4.2.5.1 การไหล (F_{SP})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การไหลกับปริมาณของสารลดน้ำพิเศษได้ดังรูปที่ 4.29 พบว่าเปอร์เซ็นต์การไหลจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของสารลดน้ำพิเศษเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.29

$$F_{SP} = a_{FSP} SP + b_{FSP} \quad (4.29)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.85

ทั้งนี้เนื่องจากสารลดน้ำพิเศษเป็นสารที่ช่วยลดความต้องการน้ำทั้งนี้ก็มีคุณสมบัติที่ช่วยเปลี่ยนคุณสมบัติของผิวอนุภาคระหว่างวัสดุผสมซึ่งโดยปกติอนุภาคของวัสดุผสมต่างๆจะมีประจุไฟฟ้าเหลือตกค้างที่ผิว โมเลกุลของสารลดน้ำพิเศษจะไปทำให้ประจุต่างๆเหล่านี้เป็นกลางหรือทำให้เป็นประจุต่างชนิดกันทำให้เกิดการผลักดันและกัน(1) ทำให้ช่องว่างและโพรงอากาศเกิดการแยกตัวและกระจายตัวกัน ค่าการไหลของมอร์ตาร์จึงเพิ่มขึ้น

4.2.3.2 กำลังรับแรงอัด (C_{SP})

จากข้อมูลการทดสอบ น
รับแรงอัดกับปริมาณของสารลดน้ำพิเศษได้ดังรูปที่ 4.30 พบว่า เมื่อใช้สารลดน้ำพิเศษในมอร์ตาร์เพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์จะเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนักดังสมการ 4.30

$$C_{SP} = a_{CSP} SP + b_{CSP} \quad (4.30)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.21

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารลดน้ำพิเศษจะทำให้ซีเมนต์เพสต์มีการกระจายตัวในเนื้อมอร์ต้ามากขึ้นกำลังรับแรงอัดจึงเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนัก ผลการศึกษาของ Ramachandran(1984) พบว่าสารลดน้ำพิเศษจะช่วยลดปริมาณน้ำโดยค่ากำลังรับแรงอัดไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

4.2.5.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (E_{sp})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับปริมาณของสารลดน้ำพิเศษได้ดังรูปที่ 4.31 พบว่าจะสอดคล้องกับกรณีกำลังรับแรงอัด (22) โดยจะเพิ่มขึ้นไม่มากนักดังสมการ 4.31

$$E_{sp} = a_{ESP} SP + b_{ESP} \quad (4.31)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.71

4.2.5.4 การดูดซึมน้ำ (A_{sp})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำกับปริมาณของสารลดน้ำพิเศษได้ดังรูปที่ 4.32 พบว่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของสารลดน้ำพิเศษในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.32

$$A_{sp} = a_{ASP} SP + b_{ASP} \quad (4.32)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.97

ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเพิ่มสารลดน้ำพิเศษทำให้ซีเมนต์เพสต์และโพร่งต่างๆเกิดการแยกตัวและกระจายกันออก โพร่งต่างๆจึงมีความต่อเนื่องกันทำให้มอร์ต้ามีความทึบน้ำต่ำการดูดซึมน้ำจึงเพิ่มขึ้น

4.2.5.5 การหดตัว (D_{sp})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวสูงสุดตาม เวลา กับปริมาณของสารลดน้ำพิเศษได้ดังรูปที่ 4.33 พบว่าการหดตัวจะลดลง เมื่อปริมาณของสารลดน้ำพิเศษในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.33

$$D_{sp} = -a_{DSP} SP + b_{DSP} \quad (4.33)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.81

โดยทั่วไปการเพิ่มสารลดน้ำพิเศษจะไม่มีผลต่อการหดตัว แต่ที่การหดตัวลดลงอาจเนื่องมาจากการใส่สารลดน้ำพิเศษทำให้ซีเมนต์เพสต์และมวลรวมมีการกระจายและเกาะเข้ากันดีการหดตัวจึงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของบัณฑิต หิรัญสถิตย์พร(2534) ที่พบว่าเมื่อใส่สารลดน้ำพิเศษ 1.25% จะทำให้การหดตัวและการสูญเสีย น้ำต่ำกว่มอร์ต้าที่ไม่ใส่สารลดน้ำพิเศษและผลการศึกษาของ Tokuda(28)ซึ่งก็พบว่าการใช้สารลดน้ำพิเศษในคอนกรีตทำให้การหดตัวลดลง

4.2.5.6 การขยายตัวตามอุณหภูมิ (T_{SP})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิกับปริมาณของสารลดน้ำพิเศษได้ดังรูปที่ 4.34 พบว่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิจะลดลง เมื่อปริมาณของสารลดน้ำพิเศษในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.34

$$T_{SP} = -a_{TSP} SP + b_{TSP} \quad (4.34)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.20

อภิปรายได้เช่นเดียวกับการหดตัว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของบัณฑิต หิรัญสถิตย์พร (2534) ที่พบว่าเมื่อใส่สารลดน้ำพิเศษ 1.25% จะทำให้การขยายตัวของมอร์ต้าลดลงและการศึกษาของ Tokuda(28) ก็พบว่าคอนกรีตที่ผสมสารลดน้ำพิเศษค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิจะลดลงประมาณ 7%

4.2.5.7 แรงยึดเหนี่ยว (B_{SP})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดเหนี่ยวกับปริมาณของสารลดน้ำพิเศษได้ดังรูปที่ 4.35 พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของสารลดน้ำพิเศษในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.35

$$B_{SP} = a_{BSP} SP + b_{BSP} \quad (4.35)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.90

ทั้งนี้เนื่องจากสารลดน้ำพิเศษเป็นสารที่ช่วยลดความต้องการน้ำการเพิ่มสารลดน้ำพิเศษโดยปริมาณคงที่ ทำให้ปริมาณน้ำมีเหลือพอที่จะทำปฏิกิริยาและเคลือบผิวระหว่างมอร์ต้ากับผิวของ AAC ทำให้การยึดเกาะดีขึ้น

4.2.6 สารกระจายกักฟองอากาศ

สารกระจายกักฟองอากาศเป็นสารอินทรีย์ที่ทำปฏิกิริยาบนผิว โดยก่อให้เกิดฟองอากาศในปริมาณที่สามารถควบคุมได้ ฟองอากาศเล็กๆเหล่านี้จะกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอและจะคงตัวอยู่ตลอดเวลา โดยทั่วไปจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.25 -1.00 มิลลิเมตร สารกระจายกักฟองอากาศจะเพิ่มความสามารถทำงานได้ของมอร์ต้า ทั้งนี้เพราะฟองอากาศขนาดเล็กที่เกิดขึ้นจะยึดหยุ่นได้และมีแรงเสียดทานต่ำจึงช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างวัสดุผสม แต่สารกระจายกักฟองอากาศมีผลเสียคือการเพิ่มฟองอากาศจะทำให้กำลังรับแรงอัดและความทนทานลดลง

จากการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าที่ผสมสารกระจายกักฟองอากาศ ในส่วนผสมของมอร์ต้าในอัตราส่วนร้อยละ 0.02-0.14 ($0.02 \leq AE \leq 0.14$) โดยน้ำหนักซีเมนต์ ควบคุมปริมาณปูนขาว น้ำ และทรายคงที่ ได้ผลดังนี้

4.2.6.1 การไหล (F_{AE})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การไหลกับปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศได้ดังรูปที่ 4.36 พบว่าเปอร์เซ็นต์การไหลจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.36

$$F_{AE} = a_{FAE} AE + b_{FAE} \quad (4.36)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.90

ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มสารกระจายกักฟองอากาศจะทำให้ปริมาณฟองอากาศเพิ่มขึ้น โดยฟองอากาศเล็กๆจำนวนมากจะมีความยืดหยุ่นและแรงเสียดทานต่ำซึ่งจะช่วยลดแรงเสียดทานในส่วนผสมทำให้ค่าการไหลเพิ่มขึ้น

4.2.6.2 กำลังรับแรงอัด (C_{AE})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดกับปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศได้ดังรูปที่ 4.37 พบว่า เมื่อใช้สารกระจายกักฟองอากาศในมอร์ต้าเพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าจะลดลงดังสมการ 4.37

$$C_{AE} = -a_{CAE} AE + b_{CAE} \quad (4.37)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.55

ทั้งนี้ปริมาณฟองอากาศที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นของมอร์ต้าลดลง กำลังอัดซึ่งแปรผันโดยตรงกับความหนาแน่น (23) จึงลดลง

4.2.6.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (E_{AE})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศได้ดังรูปที่ 4.38 พบว่าจะเหมือนกับกรณีผลต่อกำลังรับแรงอัดโดยจะลดลงดังสมการ 4.38

$$E_{AE} = -a_{EAE} AE + b_{EAE} \quad (4.38)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.65

4.2.6.4 การดูดซึมน้ำ (A_{AE})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำกับปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศได้ดังรูปที่ 4.39 พบว่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.39

$$A_{AE} = a_{AAE} AE + b_{AAE} \quad (4.39)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.75

ทั้งนี้การเพิ่มสารกระจายกักฟองอากาศ ทำให้ฟองอากาศกระจายทั่วไปในเนื้อมอร์ต้า โฟรงหรือช่องว่างต่างๆ จึงเกิดความต่อเนื่องกัน การดูดซึมน้ำของมอร์ต้าจึงเพิ่มขึ้น

4.2.6.5 การหดตัว (D_{AE})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวสูงสุด ตามเวลากับปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศได้ดังรูปที่ 4.40 พบว่าการหดตัวจะลดลง เมื่อ ปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.40

$$D_{AE} = -a_{DAE} AE + b_{DAE} \quad (4.40)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.97

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการเพิ่มสารกระจายกักฟองอากาศทำให้ฟองอากาศ จุดอ่อนหรือ โฟรงต่างกระจายตัวกันออกไปทั่วเนื้อมอร์ต้าการหดตัวจึงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สายัณห์ ผลิกรรม(2533) ที่พบว่ามอร์ต้าที่ผสมสารกระจายกักฟองอากาศจะมีการหดตัวเมื่อแห้ง น้อยกว่ามอร์ต้าที่ผสมปูนขาว

4.2.6.6 การขยายตัวตามอุณหภูมิ (T_{AE})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การ ขยายตัวตามอุณหภูมิกับปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศได้ดังรูปที่ 4.41 พบว่าสัมประสิทธิ์ การขยายตัวตามอุณหภูมิจะลดลง เมื่อปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศในส่วนผสมเพิ่มขึ้น ดังสมการ 4.41 สามารถอภิปรายได้ลักษณะเดียวกับการหดตัว

$$T_{AE} = -a_{TAE} AE + b_{TAE} \quad (4.41)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.93

4.2.6.7 แรงยึดเหนี่ยว (B_{AE})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดเหนี่ยว กับปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศได้ดังรูปที่ 4.42 พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวจะเพิ่มขึ้น เมื่อ ปริมาณของสารกระจายกักฟองอากาศในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.42

$$B_{AE} = a_{BAE} AE + b_{BAE} \quad (4.42)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.19

ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มสารกระจายกักฟองอากาศจะทำให้ปริมาณฟองอากาศเพิ่มขึ้น โดย ฟองอากาศเล็กๆจำนวนมากจะมีความยืดหยุ่นและแรงเสียดทานต่ำนั้น จะช่วยลดความต้องการน้ำ ของมอร์ต้าทำให้มีปริมาณน้ำเหลือพอที่จะทำให้ผิวของ AAC มีความเปื่อยชื้นและทำปฏิกิริยากับ มอร์ต้าช่วยให้การยึดเกาะดีขึ้น

4.2.7 สารโพลิเมอร์

โพลิเมอร์(Polymer) คือโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่เกิดจาก โมโนเมอร์(Monomer)จำนวนมากเชื่อมโยงติดกันด้วยปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่า Polymerization

การนำโพลิเมอร์มาใช้ในมอร์ต้าสำหรับเป็นปูนฉาบมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางอย่าง เช่น เพิ่มความเหนียว กำลังรับแรงดึง ความต้านทานแรงกระแทก และความทนทานเนื่องจากการเสียดสีและกัดกร่อนของสารเคมี เป็นต้น แต่โพลิเมอร์ก็มีข้อเสียคือสลายตัวได้เมื่อถูกความร้อนหรือสารเคมี ดังนั้นการนำโพลิเมอร์มาใช้งานควรเลือกใช้ชนิดและปริมาณให้ถูกต้องและเหมาะสมกับประเภทของงาน

จากการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าที่ผสมสาร โพลิเมอร์ (Acrylic Dry Polymer) ในส่วนผสมของมอร์ต้าในอัตราส่วนร้อยละ 0.50-2.00 ($0.50 \leq DP \leq 2.00$) โดยน้ำหนักซีเมนต์ ควบคุมปริมาณปูนขาว น้ำ และทรายคงที่ ได้ผลดังนี้

4.2.7.1 การไหล (F_{DP})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การไหลกับปริมาณของสารโพลิเมอร์ได้ดังรูปที่ 4.43 พบว่าเปอร์เซ็นต์การไหลจะลดลงเล็กน้อย เมื่อปริมาณของสารโพลิเมอร์เพิ่มขึ้นดังสมการ 4.43 แสดงว่าปริมาณสารโพลิเมอร์ในช่วงที่ศึกษาไม่ค่อยมีผลต่อการไหล

$$F_{DP} = -a_{FDP} DP + b_{FDP} \quad (4.43)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.25

จากการศึกษาของKaya(1985)พบว่า ความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารโพลิเมอร์ที่ผสมลงไปคอนกรีต และความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตที่ไม่ใส่สารโพลิเมอร์จะมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ใส่สารโพลิเมอร์ ดังรูปที่ 2.9

4.2.7.2 กำลังรับแรงอัด (C_{DP})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดกับปริมาณของสารโพลิเมอร์ได้ดังรูปที่ 4.44 พบว่า เมื่อใช้สารโพลิเมอร์ในมอร์ต้าเพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าจะลดลงดังสมการ 4.44

$$C_{DP} = -a_{CDP} DP + b_{CDP} \quad (4.44)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.96

ทั้งนี้เนื่องจากการใส่สารโพลิเมอร์ทำให้มอร์ต้าเกิดการขยายตัวความหนาแน่นของมอร์ต้าจึงลดลง กำลังรับแรงอัดจึงแปรผันโดยตรงกับความหนาแน่น(23)จึงลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ

ผลการศึกษาของ Vekey(1975) ที่พบว่า การเพิ่มโพลีเมอร์ในซีเมนต์เพสต์ทำให้ซีเมนต์เพสต์มีความพรุนเพิ่มขึ้นและความหนาแน่นลดลง

4.2.7.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (E_{DP})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับปริมาณของสารโพลีเมอร์ได้ดังรูปที่ 4.45 พบว่าจะสอดคล้องกับความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัด(22) โมดูลัสยืดหยุ่นจึงลดลง ดังสมการ 4.45

$$E_{DP} = -a_{EDP} DP + b_{EDP} \quad (4.45)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.86

4.2.7.4 การดูดซึมน้ำ (A_{DP})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำกับปริมาณของสารโพลีเมอร์ได้ดังรูปที่ 4.46 พบว่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของสารโพลีเมอร์ในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.46

$$A_{DP} = a_{ADP} DP + b_{ADP} \quad (4.46)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.89

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าโพลีเมอร์ทำให้มอร์ต้าเกิดการขยายตัวมีช่องว่างของอากาศเพิ่มขึ้น การดูดซึมน้ำของมอร์ต้าจึงมากขึ้น

4.2.7.5 การหดตัว (D_{DP})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวสูงสุดตาม เวลา กับปริมาณของสารโพลีเมอร์ได้ดังรูปที่ 4.47 พบว่าการหดตัวจะลดลง เมื่อปริมาณของสารโพลีเมอร์ ในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.47

$$D_{DP} = -a_{DDP} DP + b_{DDP} \quad (4.47)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.83

ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากโพลีเมอร์ทำให้มอร์ต้าเกิดการขยายตัวมีช่องว่างของอากาศเพิ่มขึ้น ทำให้การหดตัวและการขยายตัวของมอร์ต้าลดลง

4.2.7.6 การขยายตัวตามอุณหภูมิ (T_{DP})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิกับปริมาณของสารโพลีเมอร์ได้ดังรูปที่ 4.48 พบว่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิจะลดลง เมื่อปริมาณของสารโพลีเมอร์ในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.48 อภิปรายได้เช่นเดียวกับการหดตัว

$$T_{DP} = -a_{TDP} DP + b_{TDP} \quad (4.48)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.57

4.2.7.7 แรงยึดเหนี่ยว (B_{DP})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดเหนี่ยวกับปริมาณของสารโพลิเมอร์ได้ดังรูปที่ 4.49 พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวจะลดลง เมื่อปริมาณของสารโพลิเมอร์ ในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.49

$$B_{DP} = -a_{BDP} DP + b_{BDP} \quad (4.49)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.99

ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเพิ่มสารโพลิเมอร์ทำให้มอร์ต้าเกิดการขยายตัว ทำให้มอร์ต้าต้องการน้ำในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณน้ำที่ใส่ยังเท่าเดิมปริมาณน้ำจึงเหลือน้อยลง ทำให้ไม่เพียงพอต่อการ เคลือบผิวระหว่างมอร์ต้าและAACจึงทำให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวลดลง

4.2.8 สารเมทิลเซลลูโลส

สารเมทิลเซลลูโลสเป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ โมเลกุลของสารเมทิลเซลลูโลสจะเป็นเส้นใย ซึ่งเส้นใยเหล่านี้จะทำให้มอร์ต้ามีความเหนียว การใส่สารเมทิลเซลลูโลสในมอร์ต้าสำหรับเป็นปูนฉาบมีวัตถุประสงค์เพื่อ เพิ่มความเหนียว และเมื่อมอร์ต้าแข็งตัวแล้วจะช่วยลดการซึมผ่านของน้ำ และเพิ่มกำลังรับแรงดึง

จากการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าที่ผสมสารเมทิลเซลลูโลส ในส่วนผสมของมอร์ต้าในอัตราส่วนร้อยละ 0.03-0.12 ($0.03 \leq MC \leq 0.12$) โดยนำนักซีเมนต์ ควบคุมปริมาณปูนขาว น้ำ และทรายคงที่ ได้ผลดังนี้

4.2.8.1 การไหล (F_{MC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การไหลกับปริมาณของสารเมทิลเซลลูโลส ได้ดังรูปที่ 4.50 พบว่า เปอร์เซ็นต์การไหลจะลดลง เมื่อปริมาณของสาร เมทิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.50

$$F_{MC} = -a_{FMC} MC + b_{FMC} \quad (4.50)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.32

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าสารเมทิลเซลลูโลสเป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งซึ่งมีโมเลกุลเป็นโซ่เกาะด้วยยาว เมื่อใส่เข้าไปในมอร์ต้าทำให้มอร์ต้าเกาะตัวกันแน่นและมีความเหนียวเพิ่มขึ้นทำให้การไหลมีค่าลดลง Kaya (1985) พบว่าความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารโพลิเมอร์ที่ผสมลงไปคอนกรีต และความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตที่ไม่ใส่สารโพลิเมอร์ จะมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ใส่สารโพลิเมอร์ ดังรูปที่ 2.9

4.2.8.2 กำลังรับแรงอัด (C_{MC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดกับปริมาณของสารเมทิลเซลลูโลสได้ดังรูปที่ 4.51 พบว่า เมื่อใช้สารเมทิลเซลลูโลสในมอร์ต้าเพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าจะลดลงเล็กน้อยดังสมการ 4.51 แสดงว่าปริมาณสารเมทิลเซลลูโลสในช่วงที่ศึกษาไม่ค่อยมีผลต่อกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า

$$C_{MC} = -a_{CMC} MC + b_{CMC} \quad (4.51)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.95

ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chen และ Chung(1995)ซึ่งพบว่าการผสมสารเมทิลเซลลูโลสในซีเมนต์เพสต์ทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลง Kaya (1985) พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะไม่เปลี่ยนแปลงมากเมื่อผสมสารโพลีเมอร์ในคอนกรีตดังรูปที่ 2.5

4.2.8.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (E_{MC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับปริมาณของสารเมทิลเซลลูโลสได้ดังรูปที่ 4.52 พบว่า เมื่อใช้สารเมทิลเซลลูโลสในมอร์ต้าเพิ่มขึ้นโมดูลัสยืดหยุ่นของมอร์ต้าจะเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.52

$$E_{MC} = a_{EMC} MC + b_{EMC} \quad (4.52)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.35

ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่สารเมทิลเซลลูโลสเป็นสารที่มีโมเลกุลเป็นโซ่ต่อเนื่องกันเมื่อผสมในมอร์ต้าทำให้วัสดุผสมต่างๆมีการยึดเกาะตัวกันแน่นขึ้น โมดูลัสยืดหยุ่นจึงเพิ่มขึ้น

4.2.8.4 การดูดซึมน้ำ (A_{MC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำกับปริมาณของสารเมทิลเซลลูโลสได้ดังรูปที่ 4.53 พบว่าการดูดซึมน้ำจะลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณของสารเมทิลเซลลูโลสในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.53 แสดงว่าปริมาณสารเมทิลเซลลูโลสในช่วงที่ศึกษาไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของมอร์ต้า

$$A_{MC} = -a_{AMC} MC + b_{AMC} \quad (4.53)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.76

4.2.8.5 การหดตัว (D_{MC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวสูงสุดตาม เวลากับปริมาณของสารได้ดังรูปที่ 4.54 พบว่าการหดตัวจะลดลงเล็กน้อย เมื่อปริมาณของสารเมทิลเซลลูโลสในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.54 แสดงว่าปริมาณสารเมทิลเซลลูโลสในช่วงที่ศึกษาไม่มีผลต่อการหดตัวของมอร์ต้า

$$D_{MC} = -a_{DMC} MC + b_{DMC} \quad (4.54)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.99

4.2.8.6 การขยายตัวตามอุณหภูมิ (T_{MC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิกับปริมาณของสารเมทิลเซลลูโลสได้ดังรูปที่ 4.55 พบว่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิลดลง เมื่อปริมาณของสารเมทิลเซลลูโลสในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.55

$$T_{MC} = -a_{TMC} MC + b_{TMC} \quad (4.55)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.90

ทั้งนี้อาจเพราะสารเมทิลเซลลูโลสทำให้ซีเมนต์เพสต์เกาะตัวกันแน่นการขยายตัวจึงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chen และ Chung(1995) ที่พบว่าการเพิ่มสารเมทิลเซลลูโลสในซีเมนต์เพสต์ทำให้สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิของซีเมนต์เพสต์ลดลง

4.2.8.7 แรงยึดเหนี่ยว (B_{MC})

จากข้อมูลการทดสอบนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดเหนี่ยวกับปริมาณของสารเมทิลเซลลูโลสได้ดังรูปที่ 4.56 พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวจะลดลง เมื่อปริมาณของสารเมทิลเซลลูโลสในส่วนผสมเพิ่มขึ้นดังสมการ 4.56

$$B_{MC} = -a_{BMC} MC + b_{BMC} \quad (4.56)$$

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.94

ทั้งนี้อาจเกิดจากการเพิ่มสารเมทิลเซลลูโลสทำให้มอร์ต้าต้องการน้ำในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณน้ำที่ใส่ยังเท่าเดิมปริมาณน้ำจึงเหลือน้อยลง ทำให้ไม่เพียงพอต่อการเคลือบผิวและทำปฏิกิริยาระหว่างมอร์ต้ากับAAC จึงทำให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวลดลง

4.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบชุดที่ 2

การทดสอบชุดที่ 2 เป็นการศึกษาผลกระทบต่างๆต่อคุณสมบัติของมอร์ต้า เมื่อมีการผสมวัสดุผสมรวมกันคือ ปูนซีเมนต์, ปูนขาว, ทราย, เพอร์ไลต์, น้ำ, สารลดน้ำพิเศษ, สารกระจายกักฟองอากาศ, สารโพลีเมอร์ และสารเมทิลเซลลูโลสรวมกันเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผนังคอนกรีตเบาชนิดAAC ได้ผลตามตารางที่ 4.2 ซึ่งสามารถเลือกอัตราส่วนที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของAAC ได้ดังนี้

4.3.1 การไหล ค่าเปอร์เซ็นต์การไหลตามมาตรฐาน BS 4721 ได้กำหนดค่าที่เหมาะสมของมอร์ต้าสำหรับปูนฉาบควรจะมีค่าประมาณ 125 % จึงจะเหมาะสมกับการทำงาน จากผลการ

ทดสอบสามารถเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยพิจารณาการไหล 120-130 % อัตราส่วนที่สอดคล้องคือ M1, M2, M8, M10, M14 และ M15

4.3.2 กำลังรับแรงอัด ค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าสำหรับปูนฉาบของผนังคอนกรีตเบาชนิดAAC จาก Hebel International GmbH and Co.,(1993)ได้แนะนำว่าควรมีค่าไม่เกิน 40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากผลการทดสอบจะเห็นว่าค่ากำลังรับแรงอัดทุกอัตราส่วนผสมจะสอดคล้องกับข้อเสนอแนะ

4.3.3 โมดูลัสยืดหยุ่น เนื่องจากค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของมอร์ต้าสอดคล้องกับค่ากำลังรับแรงอัดจึงสามารถเลือกอัตราส่วนผสมได้เช่นเดียวกับกรณีของกำลังรับแรงอัด

4.3.4 การดูดซึมน้ำ การดูดซึมน้ำของมอร์ต้าถ้าเป็นปูนฉาบภายในจะไม่ค่อยมีผล แต่ถ้าเป็นปูนฉาบภายนอกควรเลือกค่าน้อยที่สุดเพื่อที่จะสามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำผ่านเข้าไปในเนื้อมอร์ต้าได้

4.3.5 การหดตัวเมื่อแห้ง การเลือกค่าการหดตัวเมื่อแห้งควรเลือกอัตราส่วนที่มีการหดตัวน้อยที่สุดเพื่อป้องกันการแตกร้าวของมอร์ต้า เนื่องจากถ้าการหดตัวเมื่อแห้งของมอร์ต้ามีค่าต่ำจะช่วยลดความเสียหายเนื่องจากการแตกร้าวได้

4.3.6 สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิ จาก CEB Manual of Design and Technology (1978) ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิของคอนกรีตเบาชนิดAAC มีค่าประมาณ $8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตทั่วไป การเลือกอัตราส่วนผสมให้สอดคล้องควรเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิของคอนกรีตเบาชนิดAAC เพราะเมื่อผนังมีการขยายตัวถ้าปูนฉาบกับคอนกรีตเบามีการขยายตัวใกล้เคียงกัน จะสามารถป้องกันการแตกร้าวของปูนฉาบได้ อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมคือ M3, M5, M6, M9, M10 และ M13

4.3.7 แรงยึดเหนี่ยว จากผลการทดสอบพบว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมอร์ต้ากับAACจะสอดคล้องกับค่าการไหลคือเมื่อค่าการไหลเพิ่มแนวโน้มของแรงยึดเหนี่ยวก็จะเพิ่มด้วยแสดงว่าน้ำจะเข้าไปทำปฏิกิริยาและเคลือบผิวระหว่างมอร์ต้ากับAACทำให้การยึดเกาะดีขึ้น การเลือกอัตราส่วนผสมควรเลือกอัตราส่วนผสมที่มีค่าแรงยึดเหนี่ยวมากที่สุดเพื่อปูนฉาบนั้นจะสามารถยึดเกาะกับกับผนังคอนกรีตเบาได้เป็นอย่างดี

4.4 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

จากผลการทดสอบชุดที่ 1 สามารถหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์คุณสมบัติของมอร์ต้ากับตัวแปรต่างๆโดยวิธีถดถอยแบบเส้นตรงตัวแปรเดียว(Linear Regression)ได้ดังสมการ 4.1-4.56 แสดงว่าเมื่อศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้ากับปริมาณตัวแปรต่างๆในช่วงแคบๆ สามารถแทนความ

สัมพัทธ์เหล่านั้นบางส่วนเป็นสมการเส้นตรงได้ ซึ่งจะเห็นจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) มีค่าใกล้เคียง 1.00 ในบางสมการเช่น คุณสมบัติการหดตัวกับทราย(สมการที่ 4.12) $R^2 = 0.06$ หรือกำลังรับแรงอัดกับเพอร์ไลต์(สมการที่ 4.16) $R^2 = 0.14$ ซึ่งต่างจาก 1.00 มาก แสดงว่าช่วงปริมาณตัวแปรที่ศึกษานั้นกว้างเกินไปสมมุติฐานที่ตั้งไว้จึงใช้ไม่ได้ ควรใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น เช่น สมการโพลิโนเมียล เป็นตัวหาความสัมพันธ์ เป็นต้น

นอกจากนั้นเมื่อนำผลการทดสอบชุดที่ 1 มาหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เชิงเส้นตรงหลายตัวแปร โดยวิธีถดถอยแบบเส้นตรงหลายตัวแปร(Multiple Linear Regression) เพื่อทำนายคุณสมบัติต่างๆคือ ค่าการไหล, กำลังรับแรงอัด, โมดูลัสยืดหยุ่น, การดูดซึมน้ำ, การหดตัวเมื่อแห้ง, สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิ และแรงยึดเกาะ กับวัสดุผสมต่างของมอร์ต้ากับวัสดุผสมต่างๆคือ ปูนซีเมนต์, ปูนขาว, ทราย, เพอร์ไลต์, น้ำ, สารลดน้ำพิเศษ, สารกระจายกักฟองอากาศ, สารโพลิเมอร์ และสารเมทิลเซลลูโลส จะได้สมการเส้นตรง 8 ตัวแปร 7 สมการ ตามคุณสมบัติของมอร์ต้าที่ศึกษา เมื่อนำสมการนี้ทำนายอัตราส่วนของตัวแปรต่างๆโดยอาศัยคุณสมบัติของมอร์ต้าที่สอดคล้องกับคอนกรีตเบาชนิดAAC จะได้อัตราส่วนตามตารางชุดทดสอบที่ 2 โดยค่าปริมาณตัวแปรที่เลือกต้องอยู่ในช่วงที่ศึกษาจากตารางการทดสอบชุดที่ 1 เช่น สารลดน้ำพิเศษควรอยู่ในช่วง 0.15-0.60 % และสารเมทิลเซลลูโลสควรอยู่ในช่วง 0.03-0.12 % เป็นต้น

จากผลการทดสอบชุดที่ 2 (ตารางที่ 4.2) ถ้าเปรียบเทียบคุณสมบัติจากค่าที่ทำนายจากสมการหลายตัวแปรชุดที่ 1 พบว่ามีคุณสมบัติบางอย่างที่มีค่าแตกต่างกันมาก แต่จากผลการทดสอบทั้ง 16 อัตราส่วนในตารางการทดสอบชุดที่ 2 (ตารางที่ 3.2) สามารถเลือกอัตราส่วนที่สอดคล้องเหมาะสมกับคอนกรีตเบาชนิดAAC ได้ ดังการวิเคราะห์ผลการทดสอบชุดที่ 2 แสดงว่าหลักการหาอัตราส่วนผสมของมอร์ต้าสำหรับปูนฉาบโดยใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เชิงเส้นตรงหลายตัวแปรสามารถทำนายอัตราส่วนเบื้องต้นได้ แต่อาจข้อผิดพลาดอันเนื่องมาจากการศึกษาในเบื้องต้นนั้นศึกษาผลกระทบของตัวแปรเดียวเท่านั้น ควรมีการศึกษาผลกระทบในกรณีที่แปรค่าตัวแปร 1-8 ค่าและเพิ่มอัตราส่วนในการศึกษา เป็นต้น

จากผลการทดสอบชุดที่ 1 และผลการทดสอบชุดที่ 2 เมื่อนำข้อมูลมารวมกันและหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์โดยวิธีถดถอยแบบเส้นตรงหลายตัวแปร(Multiple Linear Regression) ได้ผลดังนี้

4.4.1 การไหล สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$F = -a_F L - b_F S - c_F PR + d_F WC + e_F SP + f_F AE + g_F DP - h_F MC + i_F \quad (4.57)$$

ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.82 และสามารถเขียนรูปเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การไหลจากสมการกับค่าเปอร์เซ็นต์การไหลที่ได้จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.57

จากสมการจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรของปุ๋ยขาว, ทรายและสารเมทิลเซลลูโลสเป็นลบ ซึ่งเหมือนกับสัมประสิทธิ์ในกรณีศึกษาตัวแปรเดียวสมการที่ 4.1, 4.8 และ 4.50 แสดงว่าการเพิ่มปุ๋ยขาว, ทรายและสารเมทิลเซลลูโลสทำให้การไหลลดลง ส่วนน้ำ, สารลดน้ำพิเศษและสารกระจายกักฟองอากาศสัมประสิทธิ์จะมีค่าเป็นบวก แสดงว่าการเพิ่มปริมาณน้ำ, สารลดน้ำพิเศษและสารกระจายกักฟองอากาศทำให้ค่าการไหลของมอร์ต้าสูงขึ้นสอดคล้องกับสมการที่ 4.22, 4.29 และ 4.36 สำหรับเพอร์ไลต์และสารโพลิเมอร์ค่าสัมประสิทธิ์ต่างกัน แสดงว่ามีผลต่อการไหลน้อยมากเมื่อเทียบกับตัวแปรอื่นๆ

4.4.2 กำลังรับแรงอัด สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$C = a_c L - b_c S + c_c PR - d_c WC - e_c SP - f_c AE - g_c DP - h_c MC + i_c \quad (4.58)$$

ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ(R Squared) = 0.92 และสามารถเขียนรูปเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดจากสมการกับค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.58 จากสมการจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรของปุ๋ยขาวและเพอร์ไลต์เป็นบวก ซึ่งเหมือนกับสัมประสิทธิ์ในกรณีศึกษาตัวแปรเดียวสมการที่ 4.2 และ 4.16 แสดงว่าการเพิ่มปุ๋ยขาวและเพอร์ไลต์ทำให้กำลังรับแรงอัดสูงขึ้น ส่วนน้ำ, สารกระจายกักฟองอากาศ, สารโพลิเมอร์และสารเมทิลเซลลูโลสมีสัมประสิทธิ์จะมีค่าเป็นลบ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณน้ำ, สารกระจายกักฟองอากาศ, สารโพลิเมอร์และสารเมทิลเซลลูโลส ทำให้กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า ลดลงสอดคล้องกับสมการที่ 4.23, 4.37, 4.44 และ 4.51 สำหรับทรายและสารลดน้ำพิเศษค่าสัมประสิทธิ์ต่างกัน แสดงว่ามีผลต่อกำลังรับแรงอัดน้อยมากเมื่อเทียบกับตัวแปรอื่นๆ

4.4.3 โมดูลัสยืดหยุ่น สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$E = a_e L + b_e S - c_e PR - d_e WC + e_e SP - f_e AE - g_e DP + h_e MC + i_e \quad (4.59)$$

ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ(R Squared) = 0.78 และสามารถเขียนรูปเปรียบเทียบโมดูลัสยืดหยุ่นจากสมการกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ได้จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.59 จากสมการจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรของปุ๋ยขาว, ทราย, สารลดน้ำพิเศษและสารเมทิลเซลลูโลสเป็นบวก ซึ่งเหมือนกับสัมประสิทธิ์ในกรณีศึกษาตัวแปรเดียวสมการที่ 4.3, 4.10, 4.31 และ 4.52 แสดงว่าการเพิ่มปุ๋ยขาว, ทราย, สารลดน้ำพิเศษและสารเมทิลเซลลูโลสทำให้โมดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น ส่วนเพอร์ไลต์, น้ำ, สารกระจายกักฟองอากาศและสารโพลิเมอร์มีสัมประสิทธิ์จะมีค่าเป็นลบ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณเพอร์ไลต์, น้ำ, สารกระจายกักฟองอากาศและสารโพลิเมอร์ทำให้โมดูลัสยืดหยุ่นมอร์ต้าลดลงซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ 4.17, 4.24, 4.38 และ 4.45

4.4.4 การดูดซึมน้ำ สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$A = -a_A L - b_A S + c_A PR + d_A WC + e_A SP + f_A AE + g_A DP - h_A MC - i_A \quad (4.60)$$

ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.93 และสามารถเขียนรูปเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจากสมการกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ได้จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.60 จากสมการจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรของปุ๋ยขาว, ทราย, สารเมทิลเซลลูโลสเป็นลบ ซึ่งเหมือนกับสัมประสิทธิ์ในกรณีศึกษาตัวแปรเดียวสมการที่ 4.4, 4.11 และ 4.53 แสดงว่าการเพิ่มปุ๋ยขาว, ทรายและสารเมทิลเซลลูโลสทำให้การดูดซึมน้ำลดลง ส่วนเพอร์ไลต์, น้ำ, สารลดน้ำพิเศษ, สารกระจายกักฟองอากาศและสารโพลีเมอร์มีสัมประสิทธิ์จะมีค่าเป็นบวก แสดงว่าการเพิ่มปริมาณเพอร์ไลต์, น้ำ, สารลดน้ำพิเศษ, สารกระจายกักฟองอากาศและสารโพลีเมอร์ทำให้การดูดซึมน้ำสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ 4.18, 4.25, 4.32, 4.39 และ 4.46

4.4.5 การหดตัวเมื่อแห้ง สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$D = -a_D L - b_D S + c_D PR + d_D WC - e_D SP + f_D AE + g_D DP + h_D MC + i_D \quad (4.61)$$

ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.62 และสามารถเขียนรูปเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวเมื่อแห้งจากสมการกับค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวเมื่อแห้งที่ได้จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.61 จากสมการจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรของปุ๋ยขาว, ทราย, และสารลดน้ำพิเศษเป็นลบ ซึ่งเหมือนกับสัมประสิทธิ์ในกรณีศึกษาตัวแปรเดียวสมการที่ 4.5, 4.12 และ 4.33 แสดงว่าการเพิ่มปุ๋ยขาว, ทรายและสารลดน้ำพิเศษทำให้การหดตัวเมื่อแห้งลดลง ส่วนเพอร์ไลต์และน้ำมีสัมประสิทธิ์จะมีค่าเป็นบวกแสดงว่าการเพิ่มปริมาณเพอร์ไลต์และน้ำทำให้การหดตัวเมื่อแห้งเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ 4.19 และ 4.26 สำหรับสารกระจายกักฟองอากาศ, สารโพลีเมอร์และสารเมทิลเซลลูโลสค่าสัมประสิทธิ์ต่างกันแสดงว่ามีผลต่อการหดตัวเมื่อแห้งน้อยมากเมื่อเทียบกับตัวแปรอื่นๆ

4.4.6 สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิ สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$T = -a_T L - b_T S - c_T PR - d_T WC + e_T SP - f_T AE + g_T DP + h_T MC + i_T \quad (4.62)$$

ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.25 และสามารถเขียนรูปเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิจากสมการกับค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิที่ได้จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.62 จากสมการจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรของปุ๋ยขาว, ทราย, เพอร์ไลต์ และสารกระจายกักฟองอากาศเป็นลบ ซึ่งเหมือนกับสัมประสิทธิ์ในกรณีศึกษาตัวแปรเดียวสมการที่ 4.6, 4.13, 4.20 และ 4.41 แสดงว่าการเพิ่มปุ๋ยขาว, ทราย, เพอร์ไลต์และสารกระจายกักฟองอากาศทำให้ การขยายตัวตามอุณหภูมิลดลง สำหรับน้ำ, สารลดน้ำพิเศษ,

สารโพลิเมอร์และสารเมทิลเซลลูโลสค่าสัมประสิทธิ์ต่างกันแสดงว่ามีผลต่อการขยายตัวของอุณหภูมิอย่างมากเมื่อเทียบกับตัวแปรอื่นๆ

4.4.3 แรงยึดเหนี่ยว สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$B = -a_B L - b_B S - c_B PR + d_B WC + e_B SP + f_B AE - g_B DP - h_B MC + i_B \quad (4.63)$$

ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.69 และสามารถเขียนรูปเปรียบเทียบแรงยึดเหนี่ยวจากสมการกับค่าแรงยึดเหนี่ยวที่ได้จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.63 จากสมการจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรของปูนขาว, ทราย, เพอร์ไลต์, สารโพลิเมอร์และสารเมทิลเซลลูโลสเป็นลบ ซึ่งเหมือนกับสัมประสิทธิ์ในกรณีศึกษาตัวแปรเดียวสมการที่ 4.7, 4.14, 4.21, 4.49 และ 4.56 แสดงว่าการเพิ่มปูนขาว, ทราย, เพอร์ไลต์, สารโพลิเมอร์และสารเมทิลเซลลูโลสทำให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง ส่วนน้ำ, สารลดน้ำพิเศษและสารกระจายกักฟองอากาศมีสัมประสิทธิ์จะมีค่าเป็นบวก แสดงว่าการเพิ่มปริมาณ น้ำ, สารลดน้ำพิเศษ, สารกระจายกักฟองอากาศทำให้แรงยึดเหนี่ยวสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ 4.28, 4.35, และ 4.42

จากการเปรียบเทียบข้อมูลจากสมการความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะพบว่าคุณสมบัติบางอย่างของมอร์ต้า เช่น ค่าเปอร์เซ็นต์การไหล , กำลังรับแรงอัด , โมดูลัสยืดหยุ่น และการดูดซึมน้ำซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) = 0.82, 0.92, 0.78 และ 0.93 ตามลำดับ สามารถทำนายค่าโดยความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เชิงเส้นตรงหลายตัวแปรได้ ส่วนคุณสมบัติอื่นๆที่ค่าผิดพลาดไป อาจมีสาเหตุมาจาก ช่วงปริมาณตัวแปรบางชนิดกว้างเกินไป ปริมาณอัตราส่วนผสมที่นำมาทดสอบไม่มากและกว้างพอที่นำมาหาความสัมพันธ์ เช่น ควรมีการศึกษาโดยการแปรสารลดน้ำพิเศษกับสารโพลิเมอร์ร่วมกันหรือแปรสารลดน้ำพิเศษ, สารกระจายกักฟองอากาศและสารโพลิเมอร์รวมโดยขณะที่ตัวแปรอื่นๆคงที่ เป็นต้น