

## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและวิเคราะห์

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้นั้น ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา การต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ของคอนกรีตที่ใช้เถ้าลอย ผงหินปูน ตะกรันเตาถลุงเหล็ก และเถ้าแก้ว สำหรับผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้นั้น ผลของคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

##### 4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition) ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เถ้าลอยแม่เมาะจาก จ.ลำปาง 3 ชนิด (FA, FB และ FC) เถ้าลอย BLCP จาก จ. ระยอง 1 ชนิด (FD) ผงหินปูนขนาด 8 ไมโครเมตร ตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด และซิลิกาฟุ่ม โดยใช้วิธี X-ray fluorescence spectrometry (XRF) แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่า  $\text{SiO}_2$  ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ค่าเท่ากับร้อยละ 18.93 โดยน้ำหนัก ในขณะที่ของผงหินปูนมีน้อยมากคือน้อยกว่าร้อยละ 1 แต่ของเถ้าลอย FA, FB, FC และ FD มีมากถึงร้อยละ 35.71 26.61 25.22 และ 61.46 ตามลำดับ และของตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียดเท่ากับร้อยละ 34.06 สุดท้ายเป็นของซิลิกาฟุ่มซึ่งมีปริมาณของ  $\text{SiO}_2$  คือร้อยละ 92.00 ส่วนปริมาณของ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  และ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  นั้นพบว่าของปูนซีเมนต์มีค่าประมาณร้อยละ 3-6 ของผงหินปูนไม่ถึงร้อยละ 1 โดยของเถ้าลอยแม่เมาะมีค่าในช่วง ร้อยละ 14-21 ส่วนของเถ้าลอย BLCP มี  $\text{Al}_2\text{O}_3$  และ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  เท่ากับร้อยละ 20.27 และ 5.56 ตามลำดับ และของตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียดเท่ากับร้อยละ 16.27 และ 1.70 ตามลำดับ ในส่วนปริมาณของ CaO นั้น ปรากฏว่าของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เท่ากับร้อยละ 65.53 ซึ่งใกล้เคียงกับของผงหินปูน (ร้อยละ 55.20) ในขณะที่เถ้าลอยแม่เมาะ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้นั้นมีปริมาณ CaO เท่ากับร้อยละ 16.52 24.97 และ 26.25 โดยน้ำหนัก และเถ้าลอย BLCP น้อยมากคือเท่ากับร้อยละ 1.73 และของตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียดเท่ากับร้อยละ 36.05 ส่วนของซิลิกาฟุ่มมีค่าน้อยมาก คือไม่ถึงร้อยละ 1

ในส่วนของออกไซด์รอง ซึ่งได้แก่  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  หรือ  $\text{SO}_3$  ในวัสดุประสานแต่ละชนิดที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ปรากฏว่ามีค่าค่อนข้างน้อยและมีในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน แต่สำหรับปริมาณของ LOI (การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา) พบว่าของผงหินปูนนั้นมีค่าค่อนข้างสูงคือประมาณร้อยละ 43-44 โดยน้ำหนัก ในขณะที่ของปูนซีเมนต์ เถ้าลอย และตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด นั้น มีค่าน้อยมาก คือประมาณร้อยละ 1-3 โดยน้ำหนักเท่านั้น ยกเว้นของเถ้าลอย BLCP ที่เท่ากับร้อยละ 5.38 สุดท้ายในส่วน of Free lime นั้น ของเถ้าลอยแม่เมาะ ชนิด FB และ FC มีค่าค่อนข้างสูง คือเท่ากับร้อยละ 3.93 และ 3.06 ตามลำดับ

ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าก้นเตาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งได้ใช้เถ้าก้นเตาแม่เมาะ 1 ชนิด (BAMM) และเถ้าก้นเตา BLCP จำนวน 2 ชนิด คือ BAH และ BAB แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุประสานที่ใช้ในการศึกษา

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	เถ้าลอยแม่เมาะ			เถ้าลอย BLCP	ตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด	ซิลิกาฟุ้ง	ผงหินปูน
		FA	FB	FC	FD			
SiO <sub>2</sub>	18.93	35.71	26.61	25.22	61.46	34.06	92.00	0.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.51	20.44	13.60	13.88	20.27	16.27	0.70	0.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.31	15.54	18.34	17.39	5.56	1.70	1.20	0.03
CaO	65.53	16.52	24.97	26.25	1.73	36.05	0.20	55.20
MgO	1.24	2.00	2.33	2.38	0.96	7.38	0.20	0.34
Na <sub>2</sub> O	0.15	1.15	1.75	1.40	0.73	2.16	-	< 0.01
K <sub>2</sub> O	0.31	2.41	1.77	1.92	1.36	0.21	-	< 0.01
SO <sub>3</sub>	2.88	4.26	8.53	9.44	0.38	1.09	1.50	0.01
LOI	-	0.49	0.53	0.56	5.38	1.44	-	43.12
Free lime	1.00	1.71	3.93	3.06	0.03	-	-	-

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าก้นเตาแม่เมาะ และเถ้าก้นเตา BLCP ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้

ออกไซด์	เถ้าก้นเตา BLCP		เถ้าก้นเตาแม่เมาะ (BAMM)
	BAH	BAB	
SiO <sub>2</sub> (%)	67.19	66.67	47.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	20.17	23.55	20.32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	5.36	4.15	10.92
CaO (%)	1.45	0.64	13.16
MgO (%)	0.85	0.30	2.60
SO <sub>3</sub> (%)	0.04	0.03	1.16
Na <sub>2</sub> O (%)	0.02	0.02	1.03
K <sub>2</sub> O (%)	0.97	0.59	2.70
LOI (%)	2.51	2.41	3.11
ความสามารถเก็บกักน้ำ (%)	18.8	21.1	29.6
ความถ่วงจำเพาะ	2.03	2.35	2.64

#### 4.1.2 ความละเอียดโดยวิธีเบลนของวัสดุประสาน

ในการทดสอบความละเอียดโดยวิธีเบลน (Blaine Fineness) ของวัสดุที่ศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งวัสดุประสานนั้นประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 เถ้าลอย ตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด และผงหินปูน โดยได้กระทำตามมาตรฐาน ASTM C204 ซึ่งผลการศึกษาได้แสดงดังตารางที่ 4.2

#### 4.1.3 ความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

ในการทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุประสานที่ศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 เถ้าลอย ตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด และผงหินปูน ได้กระทำตามมาตรฐาน ASTM C188 โดยค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุประสานดังกล่าวที่ศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

สำหรับค่าความสามารถเก็บกักน้ำ และค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าก้นเตา ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้นั้นได้ใช้เถ้าก้นเตาแม่เมาะ 1 ชนิด (BAMM) และเถ้าก้นเตา BLCP จำนวน 2 ชนิด คือ BAH และ BAB แสดงดังตารางที่ 4.2

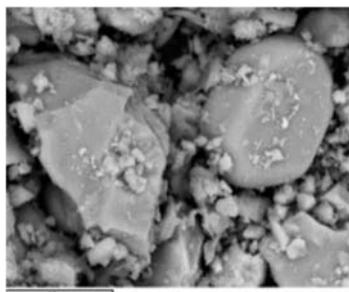
ตารางที่ 4.3 ความถ่วงจำเพาะ และความละเอียดโดยวิธีเบลน ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แก้วลอย ตะกรันเตาถลุงเหล็ก ซิลิกาฟุ่ม และผงหินปูน ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

คุณสมบัติ	ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1	แก้วลอย				ตะกรันเตาถลุงเหล็ก	ซิลิกาฟุ่ม	ผงหินปูน (8 $\mu$ )
		FA	FB	FC	FD			
ความถ่วงจำเพาะ	3.12	2.53	2.35	2.61	2.22	2.96	2.20	2.69
ความละเอียดโดยวิธีเบลน; ซม. <sup>2</sup> /ก.	3,190	2,723	2,867	2,820	2,722	4,600	200,000	5,210

#### 4.1.4 ภาพถ่ายอนุภาคของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

ในการถ่ายภาพของอนุภาค (ขยาย 3,500 เท่า) ของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยอนุภาคของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 แก้วลอย ตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด และผงหินปูน โดยใช้เครื่อง Scanning Electronic Microscope (SEM) ซึ่งภาพถ่ายขยายของอนุภาคของวัสดุดังกล่าวได้แสดงดังภาพที่ 4.1 พบว่าลักษณะรูปร่างของอนุภาคของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (ภาพที่ 4.1 ก) มีลักษณะเป็นเหลี่ยมคม ผิวขรุขระ ขนาดไม่แน่นอนแตกต่างกันไปกระจายอยู่ทั่ว ส่วนกรณีของอนุภาคของแก้วลอยแม่เมาะ (ภาพที่ 4.1ข) นั้นพบว่า มีลักษณะที่แตกต่างจากกรณีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 คือจะมีลักษณะผิวเรียบค่อนข้างกลมมีผิวเรียบ และลักษณะอนุภาคของแก้วลอย BLCP (ภาพที่ 4.1ค) จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับแก้วลอยแม่เมาะ แต่ขนาดของอนุภาคของแก้วลอยแม่เมาะ จะมีขนาดกลมมีผิวเรียบเมื่อเปรียบเทียบกับแก้วลอย BLCP ส่วนรูปร่างของอนุภาคของตะกรันเตาถลุงเหล็ก (ภาพที่ 4.1ง) และของผงหินปูน (ภาพที่ 4.1จ) จะมีลักษณะรูปร่างของอนุภาคใกล้เคียงกับของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ คือมีลักษณะเป็นเหลี่ยมคม ผิวขรุขระ ขนาดไม่แน่นอนแตกต่างกันไปกระจายอยู่ทั่ว

สำหรับภาพถ่ายของอนุภาค (ขยาย 3,500 เท่า) ของเถ้าก้นเตา ซึ่งในการศึกษารั้งนี้ได้นำมาใช้เถ้าก้นเตาแม่เมาะ 1 ชนิด (BAMM) และเถ้าก้นเตา BLCP จำนวน 2 ชนิด คือ BAH และ BAB แสดงดังภาพที่ 4.2 จะมีลักษณะรูปร่างของอนุภาคทั้งของเถ้าก้นเตาแม่เมาะ และ BLCP มีผิวขรุขระมีรูพรุนเล็กๆ มีความพรุนมากกว่าแก้วลอยทั้ง 2 แหล่ง



ก) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1



#### 4.2 คุณสมบัติด้านการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์

จากการทดลองและการศึกษาถึงความสามารถในการแทรกซึมคลอไรด์ของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอย ตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด ซิลิกาฟูม และผงหินปูน โดยพิจารณาผลกระทบจากผลกระทบจากการชนิดและปริมาณการแทนที่ของวัสดุประสานได้ผลการศึกษาในรูปของปริมาณการแทรกซึมคลอไรด์ของคูลอมบ์ ผ่านแท่งคอนกรีตที่ทำการหล่อแล้วนำไปบ่มในเวลา 7 14 28 และ 56 วัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) ของคอนกรีตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ล้วน คอนกรีตผสมเถ้าลอย ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด ผสมซิลิกาฟูม และผสมผงหินปูน ทั้งที่เป็นสองวัสดุประสาน และสามวัสดุประสาน โดยทดสอบที่อายุของคอนกรีต 7 14 28 และ 56 วัน

ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) และอายุการบ่มของคอนกรีตผสมเถ้าลอย ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด ผสมซิลิกาฟูม และผสมผงหินปูน กรณีสองวัสดุประสาน พบว่าความสามารถในการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ของคอนกรีตผสมเถ้าลอย ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด ผสมซิลิกาฟูม และผสมผงหินปูน ดีกว่าของคอนกรีตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ล้วน โดยเฉพาะเมื่ออายุของคอนกรีตที่มากขึ้น จะเห็นได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นว่าความต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ยังมีค่าต้านทานได้สูงขึ้น ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาปอซโซลานและผลจากความละเอียดของวัสดุดังกล่าว จะช่วยในการเติมเต็มช่องว่างในพาสต์ โดยเฉพาะซิลิกาฟูม และผงหินปูน (ซึ่งผงหินปูนไม่ใช่สารปอซโซลาน) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) ของตัวอย่างคอนกรีตที่ศึกษาในครั้งนี้แล้ว พบว่าทุกสัดส่วนผสมคอนกรีตให้ค่าระดับค่าการซึมผ่านของคลอไรด์ เมื่อพิจารณาจากผลการเคลื่อนที่ของประจุตาม ASTM C1202 แล้วผ่านเกิน 4,000 คูลอมบ์ซึ่งจัดอยู่ในระดับการซึมผ่านได้สูง ยกเว้นของคอนกรีตผสมเถ้าลอยที่อายุ 56 วัน บางสัดส่วนผสมของตัวอย่างคอนกรีตมีแนวโน้มน้อยกว่า 4,000 คูลอมบ์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับการซึมผ่านได้ในระดับปานกลาง

ส่วนในกรณีวัสดุประสานสามชนิด (ภาพที่ 4.2) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) และอายุการบ่มของคอนกรีตผสมเถ้าลอย ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด ผสมซิลิกาฟูม และผสมผงหินปูน พบว่าความสามารถในการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ของคอนกรีตผสมเถ้าลอย ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด ผสมซิลิกาฟูม และผสมผงหินปูน ดีกว่าของคอนกรีตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ล้วน ซึ่งให้ผลในทิศทางเดียวกับกรณีสองวัสดุประสาน ยกเว้นกรณีสัดส่วนผสมของคอนกรีตเมื่อใช้เถ้าลอย BLCF ร้อยละ 30 ร่วมกับผงหินปูนร้อยละ 10 จะให้ค่าการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ที่น้อยกว่าของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ล้วน แต่อย่างไรก็ตามเมื่ออายุของคอนกรีตที่ 56 วัน พบว่าสัดส่วนคอนกรีตดังกล่าวให้ค่าการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ที่ดีกว่าของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ล้วน

ส่วนภาพที่ 4.3 แสดงปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) ของคอนกรีตผสมเถ้าลอย ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด ผสมซิลิกาฟูม และผสมผงหินปูน ที่อายุของตัวอย่างคอนกรีต 7 14 28 และ 56 วัน ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าทุกตัวอย่างสัดส่วนผสมคอนกรีตนั้น ค่าการต้านทานการแทรกซึมของคลอไรด์ มีค่าการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ได้ดีขึ้นตามอายุของคอนกรีต ซึ่งเป็นผลจากเมื่ออายุของคอนกรีตมากขึ้น คอนกรีตจะมีความแน่น ความทึบน้ำได้สูงขึ้น เพราะทั้งปฏิกิริยาไฮเดรชัน และปฏิกิริยาปอซโซลานที่เกิดขึ้นมาก ส่งผลให้ตัวอย่างคอนกรีตมีความแน่นมากยิ่งขึ้น

ในการเปรียบเทียบความสามารถการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ของตัวอย่างคอนกรีตที่ศึกษาในครั้งนี้นั้น ซึ่งแสดงเปรียบเทียบดังภาพที่ 4.3 ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าตัวอย่างของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยทั้ง 4 ชนิด (ร้อยละ 40) และตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด (ร้อยละ 30) ซึ่งมีความสามารถในการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ได้ไม่แตกต่างกัน โดยที่มีค่าการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ที่ดีกว่าของสัดส่วนคอนกรีตอื่นๆ ที่ศึกษาในครั้งนี้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าลอย และตะกรันเตาถลุงเหล็ก จึงส่งผลให้คอนกรีตมีความทึบน้ำได้สูงมากกว่าสัดส่วนอื่นๆ แต่ในกรณีตัวอย่างคอนกรีตวัสดุประสานสามชนิด มีแนวโน้มว่าให้ค่าการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ที่ไม่แตกต่างจากของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ล้วน โดยเฉพาะเมื่ออายุของตัวอย่างคอนกรีตที่นานขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า การแทนที่ด้วยวัสดุประสานสามชนิดนั้น ซึ่งเป็นการแทนที่ด้วยผงหินปูนร่วมด้วย ซึ่งผงหินปูนไม่ใช้วัสดุปอซโซลาน ดังนั้นทำให้ปริมาณของวัสดุปอซโซลาน ไม่ว่าจะเถ้าลอย หรือตะกรันเตาถลุงเหล็กลดปริมาณน้อยลง ส่งผลให้ปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดน้อย ทำให้ความแน่นทึบของตัวอย่างคอนกรีตน้อยกว่า พร้อมทั้งผงหินปูนที่แทนที่ด้วยปริมาณร้อยละ 10 อาจเป็นปริมาณที่มากเกินไป จึงทำให้เกิดความพรุนมากขึ้นในเฟสของตัวอย่างคอนกรีต

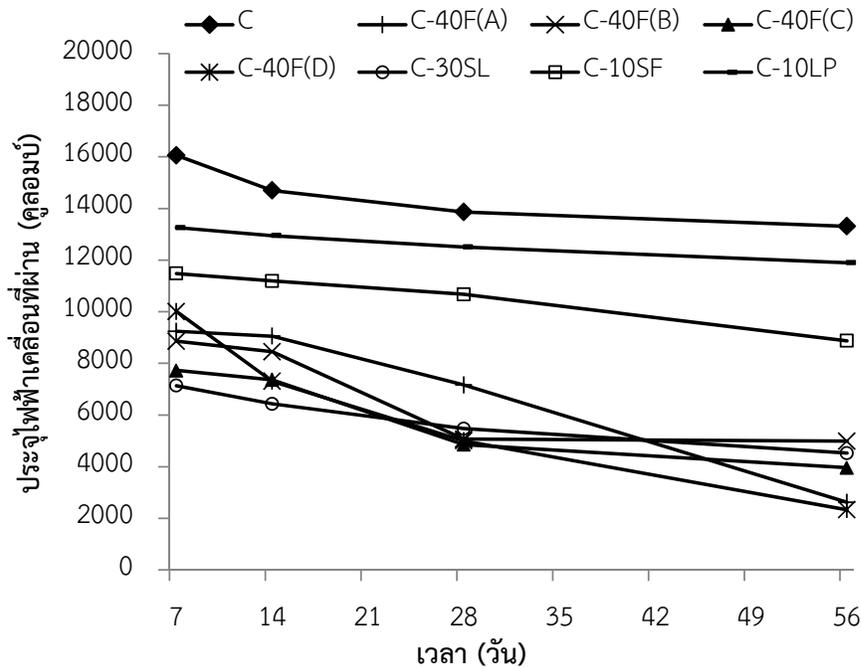
ส่วนภาพที่ 4.4 นั้นเป็นการแสดงการเปรียบเทียบปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) ของคอนกรีตผสมเถ้าลอยทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้ในการศึกษา ที่อายุของตัวอย่างคอนกรีต 7 14 28 และ 56 วัน พบว่า เถ้าลอยทั้ง 4 ชนิด คือเถ้าลอยแม่เมาะ 3 ชนิด และเถ้าลอย BLCP อีก 1 ชนิด ให้ผลของการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ที่ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในกรณีของเถ้าลอย BLCP จะมีแนวโน้มว่าในช่วงอายุต้นๆ ของตัวอย่างคอนกรีตจะให้ค่าการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ที่ไม่ดีเท่ากรณีของเถ้าลอยแม่เมาะ ทั้ง 3 ชนิด แต่เมื่ออายุของตัวอย่างคอนกรีตมากขึ้น กลับมีแนวโน้มให้ค่าการต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ของตัวอย่างคอนกรีตได้ดีกว่าของเถ้าลอยแม่เมาะ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเถ้าลอย BLCP มีอนุภาคที่พรุนและหยาบขรุขระเป็นเหลี่ยม ในขณะที่อนุภาคของเถ้าลอยแม่เมาะมีลักษณะที่พรุนน้อยกว่าและกลม ทำให้ช่วงอายุต้นๆ ซึ่งปฏิกิริยาปอซโซลานยังเกิดน้อย ดังนั้นการเติมเต็มหรือการแทรกตัวในเฟสของเถ้าลอยแม่เมาะได้ดีกว่าของเถ้าลอย BLCP แต่เมื่ออายุมากขึ้น ปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าลอย BLCP อาจเกิดได้ดีกว่าของเถ้าลอยแม่เมาะส่งผลให้เฟสมีความหนาแน่นที่สูงกว่า จึงสามารถต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ได้ดีกว่า

ตารางที่ 4.1 ระดับค่าการซึมผ่านของคลอไรด์เมื่อพิจารณาจากผลการเคลื่อนที่ของประจุ (ASTM C1202)

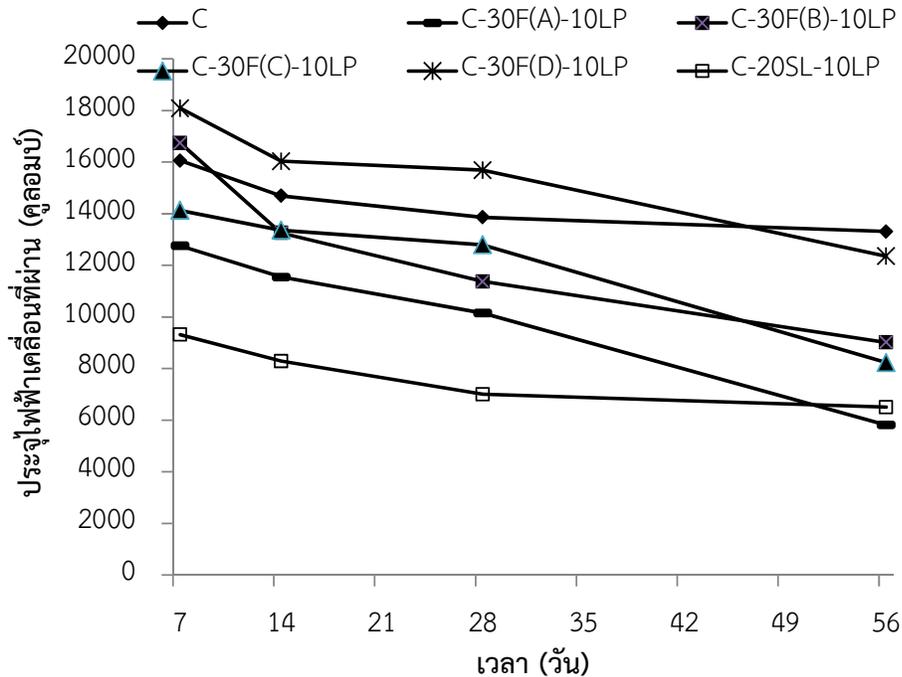
จำนวนประจุที่เคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์)	ระดับการซึมผ่านได้
มากกว่า 4,000	สูง
2,000 ถึง 4,000	ปานกลาง
1,000 ถึง 2,000	ต่ำ
100 ถึง 1,000	ต่ำมาก
น้อยกว่า 100	ไม่มีผล

ตารางที่ 4.2 ปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) ของคอนกรีต ที่อายุ 7, 14, 28, และ 56 วัน

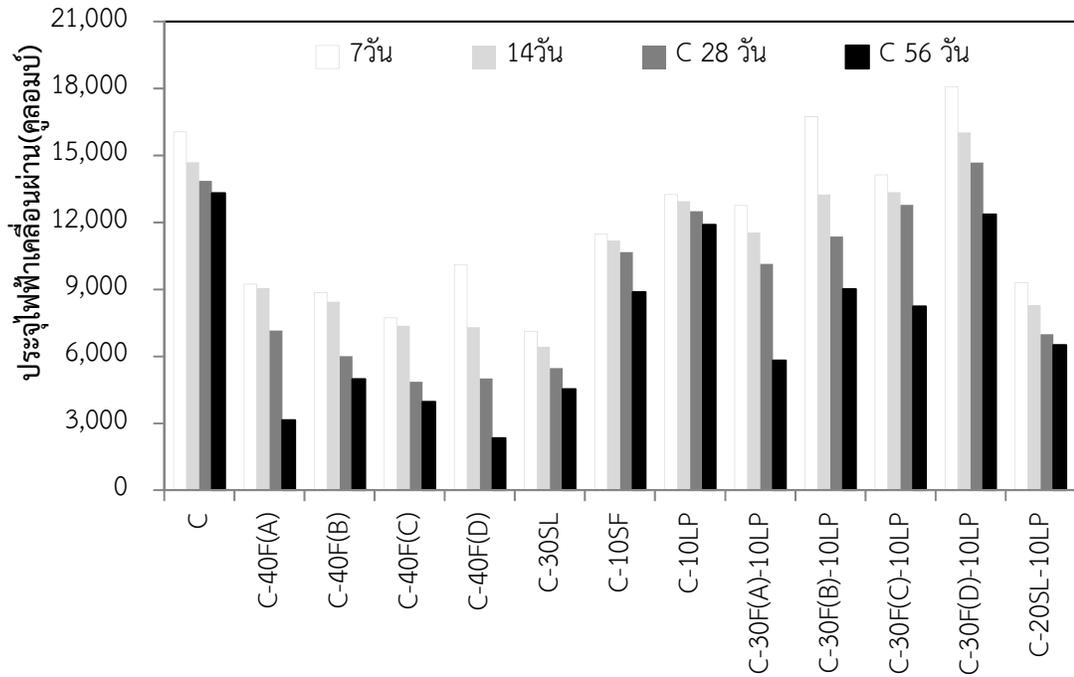
สัญลักษณ์	ปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อน (คูลอมบ์)			
	อายุการป่ม (วัน)			
	7	14	28	56
C	16058	14697	15864	13311
C-40FA	9243	9054	7164	2619
C-40FB	8861	8452	5068	4986
C-40FC	7731	7366	4860	3980
C-40FD	10120	7308	5004	2330
C-30SL	7137	6435	5472	4527
C-10SF	11484	11196	10674	8874
C-10LP	13257	12951	12510	11898
C-30FA-10LP	12762	11547	10152	5817
C-30FB-10LP	16743	13257	11376	9016
C-30FC-10LP	14130	13365	12798	8235
C-30FD-10LP	18087	16038	15687	12353
C-20SL-10LP	9315	8289	7002	6507



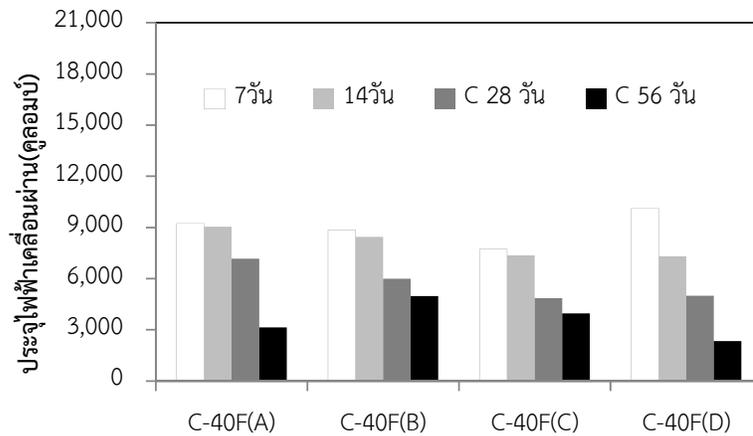
ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) และอายุการบ่มของคอนกรีตผสมถั่วลอ่ย ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด ผสมซิลิกาฟูม และผสมผงหินปูน (กรณีสองวัสดุประสาน)



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) และอายุการบ่มของคอนกรีตผสมถั่วลอ่ย ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด ผสมซิลิกาฟูม และผสมผงหินปูน (กรณีสามวัสดุประสาน)



ภาพที่ 4.3 ปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) ของคอนกรีตผสมเถ้าลอย ผสมตะกรันเตาถลุง เหล็กบดละเอียด ผสมซิลิกาฟูม และผสมผงหินปูน ที่อายุของตัวอย่างคอนกรีต 7 14 28 และ 56 วัน



ภาพที่ 4.4 ปริมาณประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่าน (คูลอมบ์) ของคอนกรีตผสมเถ้าลอยทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้ในการศึกษา ที่อายุของตัวอย่างคอนกรีต 7 14 28 และ 56 วัน