บทที่ 3
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ในบทนี้เป็นการแสดงผลที่ได้จากการทดลองต้ามที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ซึ่งผลที่ได้ดังกล่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของเถ้าลอยว่ามีผลต่อการต้านซัลเฟตของมอร์ต้าและคอนกรีตได้อย่างไรบ้าง โดยเปรียบเทียบกับมอร์ต้าและคอนกรีตธรรมดา

3.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ การดูดซึมน้ำ และความชื้นของทราย

ค่าความถ่วงจำเพาะการดูดซึมน้ำ และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นของทรายที่นำมาทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ซึ่งรายละเอียดของการคำนวณได้ให้ไว้ในภาคผนวก

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะการดูดซึมน้ำและเปอร์เซนต์ความชื้นของทราย

คุณสมบัติของทราย	ทราย
ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.56
เปอร์เซนต์การดูดซึม	2.79
เปอร์เซนต์ความชื้น	1.92

3.2 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ การดูดซึมน้ำ และความชื้นของหิน

ค่าความถ่วงจำเพาะการดูดซึมน้ำ และค่าเปอร์เซนต์ความชื้นของหินที่นำมาทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ซึ่งรายละเอียดของการคำนวณได้ให้ไว้ในภาคผนวก

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะการดูดซึมน้ำและเปอร์เซนต์ความชื้นของหิน

ขนาดหิน	¾ นิ้ว
ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.72
เปอร์เซนต์การดูดซึม	2.37
เปอร์เซนต์ความชื้น	0.82

3.3 ผลการทดสอบการขยายตัวของมอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอยและแช่สารละลายโซเดียมซัลเฟต

ตารางที่ 3.3 ถึง ตารางที่ 3.6 แสดงผลการทดสอบการขยายตัวของมอร์ต้าที่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 , 2 , 3 , และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับสำหรับสัญลักษณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้ P1 หมายถึง มอร์ต้าที่ไม่ได้ผสมเถ้าลอย , F10 หมายถึง มอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอย 10% , F20 หมายถึง มอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอย 20% , F30 หมายถึง มอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอย 30%, F50 หมายถึง มอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอย 50% , F70 หมายถึง มอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอย 70% , A หมายถึง ตัวอย่างที่ทำการทดสอบตัวที่ 1 , B หมายถึง ตัวอย่างที่ทำการทดสอบตัวที่ 2

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าการขยายตัวของมอร์ต้าที่แช่สารละลายโซเดียมซัลเฟต ที่อายุ 1 สัปดาห์

Type	L_x (mm)		G (mm)		L_i (mm)		L (mm)		
	A	B	A	B	A	B	A	B	เฉลี่ย
P1	199.812	199.613	190	190	199.448	199.462	0.19158	0.07947	0.1355
F10	200.347	200.025	190	190	200.539	200.415	-0.1011	-0.2053	-0.153
F20	199.689	199.628	190	190	199.672	199.584	0.00895	0.02316	0.0161
F30	199.643	199.926	190	190	199.626	199.821	0.00895	0.05526	0.0321
F50	201.223	201.177	190	190	201.207	201.211	0.00842	-0.0179	-0.005
F70	200.609	200.191	190	190	200.592	200.168	0.00895	0.01211	0.0105

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าการขยายตัวของมอร์ต้าที่แช่สารละลายโซเดียมซัลเฟต ที่อายุ 2 สัปดาห์

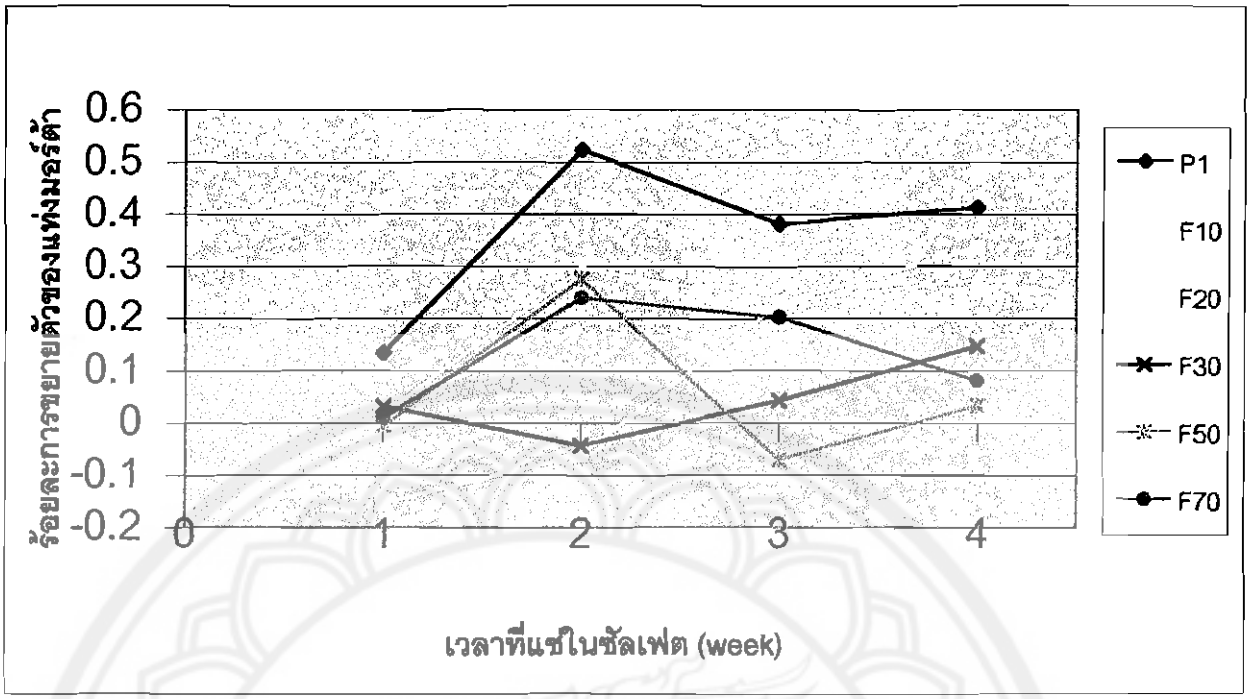
Type	L_x (mm)		G (mm)		L_i (mm)		L		
	A	B	A	B	A	B	A	B	เฉลี่ย
P1	200.476	200.425	190	190	199.448	199.462	0.54105	0.50684	0.5239
F10	200.357	200.365	190	190	200.539	200.415	-0.0958	-0.0263	-0.061
F20	200.38	200.003	190	190	199.672	199.584	0.37263	0.22053	0.2966
F30	200.003	199.279	190	190	199.626	199.821	0.19842	-0.2853	-0.043
F50	201.777	201.693	190	190	201.207	201.211	0.3	0.25368	0.2768
F70	200.441	201.232	190	190	200.592	200.168	-0.0795	0.56	0.2403

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าการขยายตัวของมอร์ต้าที่แช่สารละลายโซเดียมซัลเฟต ที่อายุ 3 สัปดาห์

Type	L_x (mm)		G (mm)		L_i (mm)		L		
	A	B	A	B	A	B	A	B	เฉลี่ย
P1	200.066	200.294	190	190	199.448	199.462	0.32526	0.43789	0.3816
F10	201.012	200.812	190	190	200.539	200.415	0.24895	0.20895	0.2289
F20	199.996	200.145	190	190	199.672	199.584	0.17053	0.29526	0.2329
F30	199.654	199.954	190	190	199.626	199.821	0.01474	0.07	0.0424
F50	201.262	200.887	190	190	201.207	201.211	0.02895	-0.1705	-0.071
F70	200.818	200.709	190	190	200.592	200.168	0.11895	0.28474	0.2018

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าการขยายตัวของมอร์ต้าที่แช่สารละลายโซเดียมซัลเฟต ที่อายุ 4 สัปดาห์

Type	L_x (mm)		G (mm)		L_i (mm)		L		
	A	B	2	B	A	B	A	B	เฉลี่ย
P1	200.124	200.356	190	190	199.448	199.462	0.35579	0.47053	0.4132
F10	201.247	200.985	190	190	200.539	200.415	0.37263	0.3	0.3363
F20	200.086	200.213	190	190	199.672	199.584	0.21789	0.33105	0.2745
F30	199.913	200.096	190	190	199.626	199.821	0.15105	0.14474	0.1479
F50	201.422	201.126	190	190	201.207	201.211	0.11316	-0.0447	0.0342
F70	200.971	200.098	190	190	200.592	200.168	0.19947	-0.0368	0.0813



รูปที่ 3.1 แสดงร้อยละการขยายตัวของมอร์ต้าที่แช่ สารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 5 กับ เวลาที่แช่ในซัลเฟต

จากรูป 3.1 แสดงให้เห็นว่าแท่งมอร์ต้าที่ไม่ได้ผสมเถ้าลอย (P1) ซึ่งใช้เป็นตัวเปรียบเทียบการขยายตัวของแท่งมอร์ต้า โดยมีการขยายตัวถึงร้อยละ 0.41 แท่งมอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 10 (F 10) นั้นมีการขยายตัวร้อยละ 0.34 แท่งมอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 20 (F 20) นั้นมีการขยายตัวร้อยละ 0.27 แท่งมอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 30 (F 30) นั้นมีการขยายตัวร้อยละ 0.15 แท่งมอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 50 (F 50) นั้นมีการขยายตัวร้อยละ 0.03 แท่งมอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 70 (F 70) นั้นมีการขยายตัวร้อยละ 0.08

ดังนั้น จากผลการทดสอบพบว่า การใช้เถ้าลอยโดยการแทนที่ปูนซีเมนต์นั้น สามารถช่วยลดการขยายตัวของแท่งมอร์ต้าเนื่องจากซัลเฟตลงได้ โดยการแทนที่นั้นจะมีค่าใกล้เคียงกัน 2 ชุดคือ อัตราส่วนร้อยละ 10 20 30 และที่อัตราส่วนร้อยละ 50 70 ซึ่งในการแทนที่ของเถ้าลอยในอัตราส่วนที่มากนั้น ต้องระวังในเรื่องของกำลังอัดด้วย

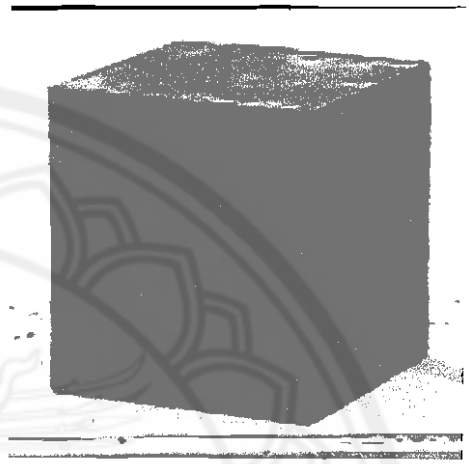
TA
439
.W27
2546

สำนักหอสมุด
2 S.A. 2546
4740045

3.4 ผลการทดสอบการกัดกร่อนของแท่งคอนกรีตเนื่องจากสารละลายโซเดียมซัลเฟต

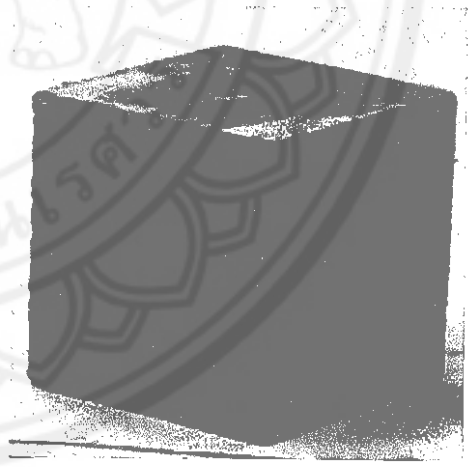
รูปที่ 3.4 แสดงภาพถ่ายของแท่งตัวอย่างคอนกรีต ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.4 และ 0.5 หลังจากแช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 14 วัน แท่งทดสอบถูกบ่มด้วยน้ำเป็นเวลา 28 วัน ก่อนที่จะนำไปแช่สารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 5

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 100 %



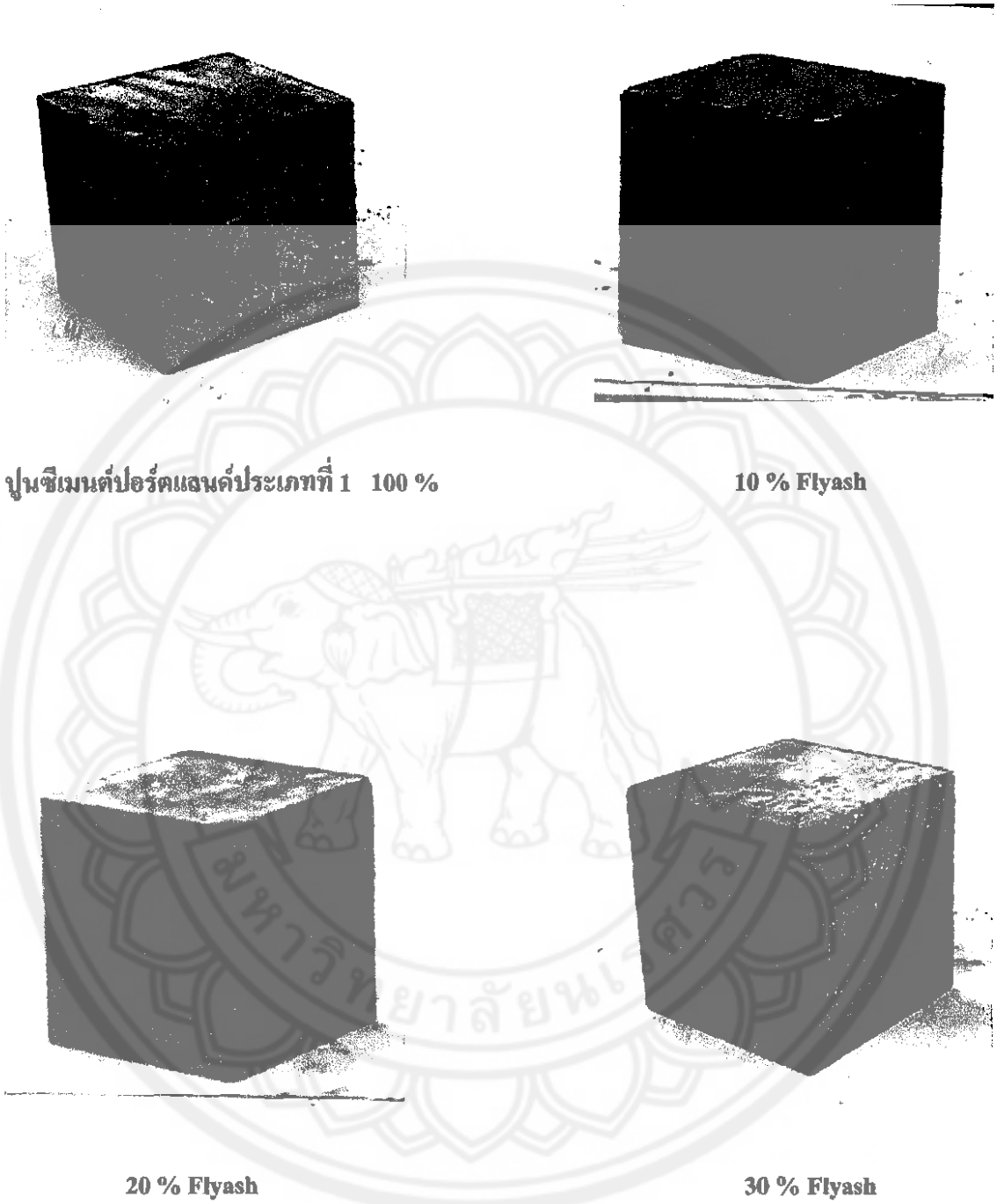
10 % Flyash

20 % Flyash



30 % Flyash

รูปที่ 3.2 แสดงสภาพการกัดกร่อนของแท่งทดสอบคอนกรีต ที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานร้อยละ 40 บ่มชื้นเป็นเวลา 14 วัน



รูปที่ 3.3 แสดงสภาพการกัดกร่อนของแท่งทดสอบคอนกรีต ที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ร้อยละ 50 บ่มชื้นเป็นเวลา 14 วัน

จากการสังเกตพบว่า การกัดกร่อนโดยซัลเฟต จะเกิดขึ้นมากในบริเวณมุมของแท่งทดสอบ ซึ่งการกัดกร่อนจะเริ่มต้นขึ้นในบริเวณมุมของแท่งทดสอบก่อน ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณที่มุมนั้น โซเดียมซัลเฟตจะสามารถแพร่เข้าไปได้จากพื้นผิวทั้ง 2 ด้าน ทำให้มีการแทรกซึมของโซเดียมซัลเฟตเข้าไปในเนื้อคอนกรีตมากกว่าบริเวณอื่น จากนั้นโซเดียมซัลเฟตจะแทรกซึมเข้าไปบริเวณที่อยู่ใกล้กับบริเวณมุมที่ถูกกัดกร่อน ทำให้แท่งทดสอบถูกกัดกร่อนลุกลามไปบริเวณที่ใกล้เคียงกันไปเรื่อยๆ

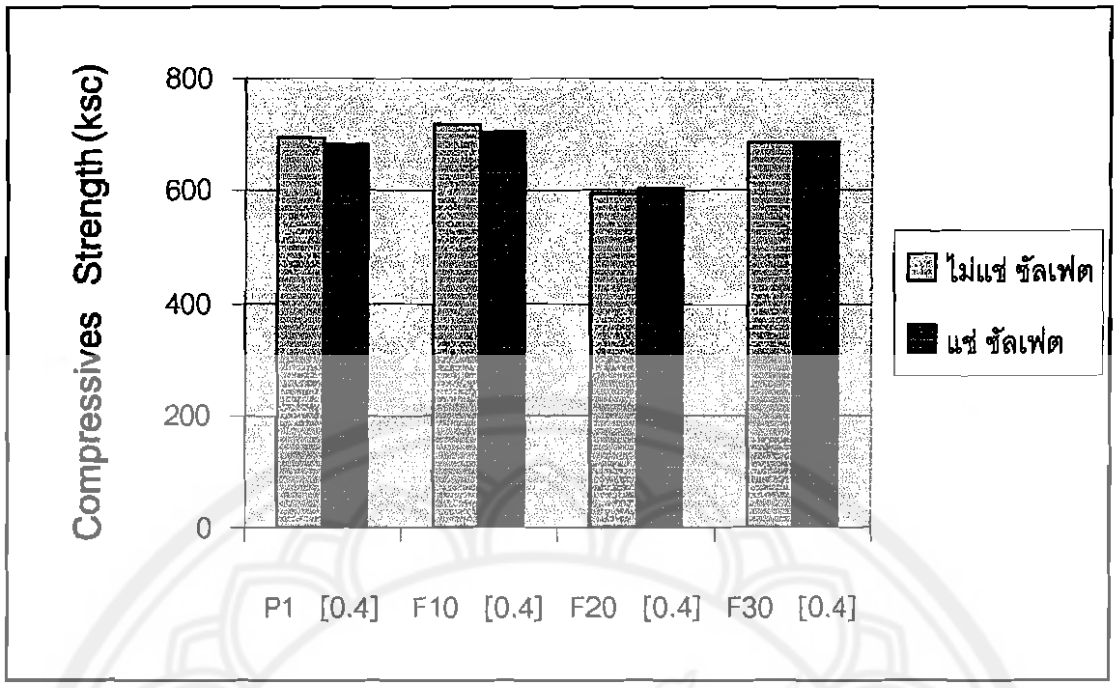
จากผลที่ได้พบว่า คอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยมีการกัดกร่อนโดยโซเดียมซัลเฟตน้อยกว่าคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมเถ้าลอยทั้งนี้การกัดกร่อนเห็นได้ไม่ชัดเจนเนื่องจากเวลาที่แช่ในโซเดียมซัลเฟตไม่มาก โดยปริมาณการกัดกร่อนจะลดลงตามปริมาณของเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานก็มีผลต่อปริมาณการกัดกร่อน ซึ่งจากผลที่ได้พบว่าส่วนผสมที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 40 จะมีการกัดกร่อนที่น้อยกว่าส่วนผสมที่มีอัตราส่วนเท่ากับร้อยละ 50

3.5 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

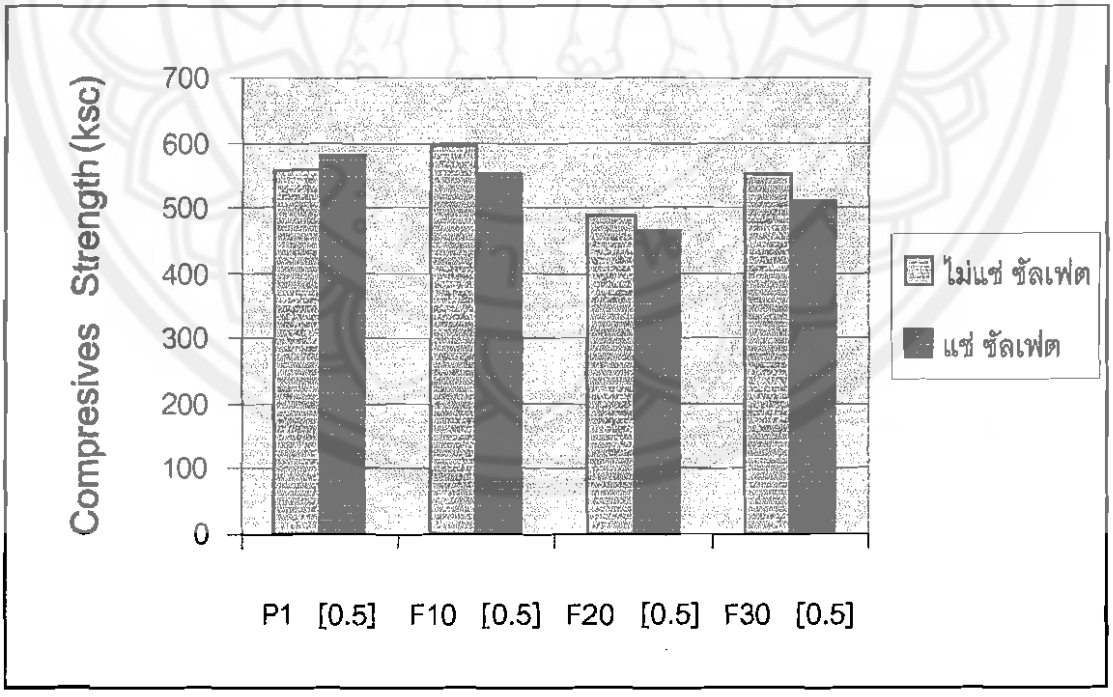
จากตารางที่ 3.7 แสดงผลของการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยในอัตราส่วนต่าง ๆ หลังจากบ่มจนมีอายุ 28 วันจึงนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 14 วัน สำหรับสัญลักษณ์ที่ชี้มดังนี้คือ P1 (0.4) หมายถึง แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ไม่ได้มีการผสมผสมเถ้าลอย และมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ร้อยละ 40 F10 (0.4) หมายถึง แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าลอยเป็นปริมาณร้อยละ 10 และมีอัตราส่วนของน้ำและวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 40 F20 (0.4) หมายถึง แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าลอยเป็นปริมาณร้อยละ 20 และมีอัตราส่วนของน้ำและวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 40 F30 (0.4) หมายถึง แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าลอยเป็นปริมาณร้อยละ 30 และมีอัตราส่วนของน้ำและวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 40 F10 (0.5) หมายถึง แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าลอยเป็นปริมาณร้อยละ 10 และมีอัตราส่วนของน้ำและวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 50 F20 (0.5) หมายถึง แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าลอยเป็นปริมาณร้อยละ 20 และมีอัตราส่วนของน้ำและวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 50 F30 (0.5) หมายถึง แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าลอยเป็นปริมาณร้อยละ 30 และมีอัตราส่วนของน้ำและวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 50

ต้ารางที่ 3.7 แสดงค่ากำลังอัดของคอนกรีดชนิดต่างๆ ที่ไม่แช่ซัลเฟต และแช่ซัลเฟต ที่อายุ 14 วัน

Type	แช่ ซัลเฟต	กำลังอัด (kN)		กำลังอัด (ksc)	
	(วัน)	ไม่แช่ ซัลเฟต	แช่ ซัลเฟต	ไม่แช่ ซัลเฟต	แช่ ซัลเฟต
P1 [0.4]	14	1534	1509	694.98	683.66
F10 [0.4]	14	1589	1555	719.90	704.50
F20 [0.4]	14	1311	1334	593.95	604.37
F30 [0.4]	14	1517	1514	687.28	685.92
P1 [0.5]	14	1231	1283	557.71	581.27
F10 [0.5]	14	1314	1223	595.31	554.08
F20 [0.5]	14	1075	1025	487.03	464.38
F30 [0.5]	14	1221	1126	553.18	510.14



รูปที่ 3.4 การเปรียบเทียบค่ากำลังอัดระหว่างคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ร้อยละ 40 และแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 0 , 10 , 20 , และ 30 โดยน้ำหนักที่แช่และไม่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต ที่อายุ 14 วัน



รูปที่ 3.5 การเปรียบเทียบค่ากำลังอัดระหว่างคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ร้อยละ 50 และแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 0 , 10 , 20 , และ 30 โดยน้ำหนักที่แช่และไม่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต ที่อายุ 14 วัน

จากผลการทดสอบพบว่า ทุกส่วนผสมค่ากำลังอัดมีค่าลดลงหลังจากที่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต เป็นเวลา 14 วัน ยกเว้นส่วนผสมที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 10 ที่มีค่าเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะความคลาดเคลื่อนในการทดลองได้

ซึ่งจากผลที่ได้พบว่า คอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปร์อตแลนด์ประเภทที่1 ด้วยเถ้าลอย ภายหลังจากที่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 14 วัน มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนโดยแท่งคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยมากกว่าก็จะต้านทานการกัดกร่อนได้ดีกว่า นอกจากนี้ผลการทดสอบคอนกรีตที่มี อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน เท่ากับ ร้อยละ 50 มีการต้านทานซัลเฟตน้อยกว่า คอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน เท่ากับ ร้อยละ 40