บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

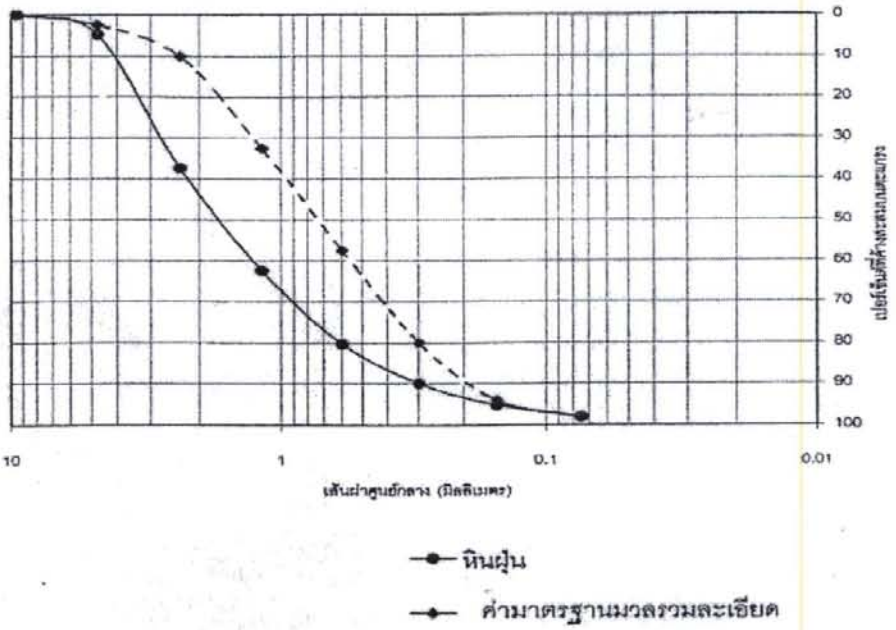
ผลทดสอบจากการใช้หินฝุ่นแทนทรายในงานมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอย ทั้งทางกายภาพและทางกล สามารถสรุปเป็นผลการทดสอบ โดยแบ่งตามด้านต่างๆ ได้ ดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบคุณสมบัติทางด้านต่างๆ ของหินฝุ่น

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหินฝุ่นตามมาตรฐานของมวลรวมละเอียดได้ผลการทดสอบดังนี้

4.1.1 ผลการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวมละเอียดด้วยตะแกรงร่อน

จาก Sieve Analysis ได้กราฟเปรียบเทียบขนาดคละระหว่างค่ามาตรฐานของมวลรวมละเอียดและหินฝุ่น ดังรูปที่ 4.1



หินฝุ่น มีค่า C_u = 22 และ ค่า C_c = 3.68

รูปที่ 4.1 กราฟการเปรียบเทียบขนาดคละมาตรฐานของมวลรวมละเอียด และขนาดคละของหินฝุ่น

จากกราฟเปรียบเทียบขนาดคละระหว่างค่ามาตรฐานของมวลรวมละเอียดและหินฝุ่น พบว่าที่จุดเริ่มต้นเส้นขนาดคละมาตรฐาน และเส้นค่าเฉลี่ยขนาดคละของ หินฝุ่นมีค่าเท่ากัน และห่างกันมากขึ้นจนจุดสุดท้ายมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าที่จุดเริ่มต้นขนาดคละมาตรฐานและขนาดคละของหินฝุ่นมีส่วนที่ค้างตะแกรงเท่ากัน และเริ่มห่างกันขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากหินฝุ่นมีขนาดใหญ่กว่าขนาดคละมาตรฐาน ทำ

ให้มีส่วนที่ค้างตะแกรงมากกว่า ส่วนในจุดสุดท้ายมีเปอร์เซ็นต์ค้างใกล้เคียงกัน เพราะทั้งทรายและหินฝุ่น มีประมาณฝุ่นใกล้เคียงกัน

4.1.2 ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึม

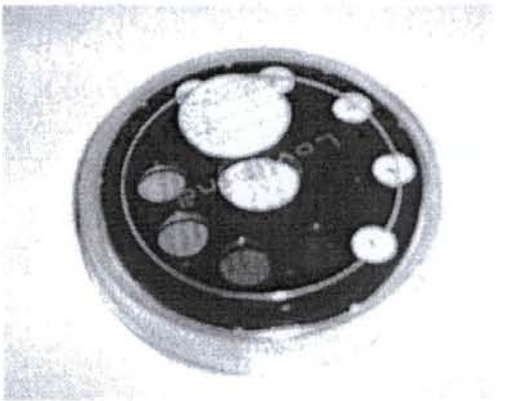
ผลจากการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของหินฝุ่นได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมของหินฝุ่น

รายการ	ค่าเฉลี่ยการทดสอบ
ปริมาตรของขวดตวง, มิลลิลิตร	500
น้ำหนักของขวดตวง, กรัม	160.13
น้ำหนักของมวลรวมอิ่มตัวผิวแห้ง (W), กรัม	500
น้ำหนักน้ำ 500 ml + มวลรวม + ขวดตวง (c), กรัม	969.22
น้ำหนักน้ำ 500 ml + ขวดตวง (b), กรัม	657.67
น้ำหนักของมวลรวมอิ่มตัวผิวแห้งด้วยเตาอบ (a), กรัม	497.58
ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดในสภาวะแห้งด้วยเตาอบ	2.64
ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง	2.65
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ	2.67
ร้อยละการดูดซึม, เปอร์เซ็นต์	0.47

4.1.3 ผลการทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์

สำหรับผลการทดสอบการหาปริมาณสารอินทรีย์ด้วยแถบสี (รูปที่ 4.2) เทียบกับของเหลวในขวดเพื่อหาปริมาณสารอินทรีย์ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 แถบสีมาตรฐานแบบ Gardner Colour Standard

รูปที่ 4.3 สีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% หลังการทดสอบ

จากการทดสอบเปรียบเทียบสีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% ส่วนที่อยู่เหนือตัวอย่างหินฝุ่นกับแถบสีมาตรฐานปรากฏว่าให้สีน้อยกว่าสีมาตรฐาน ถือว่าหินฝุ่นนี้สามารถนำไปใช้ได้

4.1.4 ผลการทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก

หน่วยน้ำหนักของหินฝุ่นที่นำมาทดสอบ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดสอบหาค่าหน่วยน้ำหนักของหินฝุ่น

รายการ	ค่าเฉลี่ยการทดสอบ
น้ำหนักกระบอกตวง, กก.	3.908
น้ำหนักกระบอกตวง + น้ำ, กก.	6.844
อุณหภูมิของน้ำ, °C	28.000
น้ำหนักของน้ำ, กก.	2.936
ปริมาตรของกระบอกตวง, ลิตร	2.923
น้ำหนักของกระบอกตวง+หินฝุ่น, กก.	8.867
น้ำหนักของหินฝุ่น, กก.	4.959
หน่วยน้ำหนักของหินฝุ่น, กก./ม.^{3}	1,695

4.1.5 ผลการทดสอบการพองตัว

จากการทดสอบการพองตัวของหินฝุ่นนั้น สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทดสอบการพองตัวของหินฝุ่น

ปริมาณความชื้น (%)		น.น.หินฝุ่นชื้น	น.น.น้ำ,	ปริมาตรหินฝุ่นชื้น, มม.	เปอร์เซ็นต์การพอง
% กำหนด	ค่าจริง	+ ภาชนะ, กรัม	กรัม		
1	0.870	665.1	3.9	350	16.667
2	1.584	668.3	7.1	370	23.333
3	2.342	671.7	10.5	380	26.667
4	*3.101*	*675.1*	*13.9*	*400*	*33.333*
5	3.703	677.8	16.6	380	26.667
6	4.082	679.5	18.3	370	23.333
7	4.774	682.6	21.4	350	16.667

จากตารางที่ 4.3 พบว่าที่ปริมาณความชื้นเท่ากับ 3.101 ของน้ำหนักหินฝุ่นแห้ง ทำให้เกิดการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 33.333 %

4.1.6 ผลการทดสอบหาปริมาณดินและฝุ่นโดยการตกตะกอน

สำหรับการหาปริมาณดินและฝุ่นในหินฝุ่นโดยการตกตะกอน เพื่อทราบถึงปริมาณของสิ่งเจือปน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การทดสอบหาปริมาณดินและฝุ่นผงโดยวิธีตกตะกอน

รายการ		การทดสอบ		
		1	2	3
ความสูงของหินฝุ่น+ ดินและฝุ่นผง,	C.C.	43.0	42.7	43.4
ความสูงของหินฝุ่น,	C.C.	41.0	41.0	41.5
ความสูงของดินและฝุ่นผง,	C.C.	2.0	1.7	1.9
เปอร์เซ็นต์ดินและฝุ่นผงในหินฝุ่น,	%	4.65	3.98	4.38
เฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ดินและฝุ่นผงในหินฝุ่น,	%		4.34	

4.1.7 สรุปคุณสมบัติทางกายภาพของหินฝุ่น

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหินฝุ่นจากโรงโม่หิน นำมาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพของมวลรวมละเอียด ได้ผลสรุปดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างมวลรวมละเอียดกับหินฝุ่น

คุณสมบัติ	มวลรวมละเอียด(ทราย)	หินฝุ่น
โมดูลัสความละเอียด	2.30 - 3.20	3.682
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ	2.50 - 2.80	2.71
สารอินทรีย์	เบอร์ 5-11	เบอร์ 5
การดูดซึม, %	0.70	0.47
ค่าหน่วยน้ำหนัก, กก./ม.^{3}	1,520 - 1,840	1,695
ความชื้น, %	4 - 8	3 - 4
การพองตัว, %	น้อยกว่า 40	33.333
ปริมาณดินและฝุ่นผง, %	น้อยกว่า 5	4.34
เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย, %	น้อยกว่า 18	5.134

จากคุณสมบัติที่ได้ทั้งค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏ ค่าการดูดซึม ค่าหน่วยน้ำหนัก ปริมาณสารอินทรีย์ ค่าการพองตัว ปริมาณดินและฝุ่นผง และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการกัดกร่อนโดยซัลเฟต นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับทรายแม่น้ำแล้วพบว่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นหินฝุ่นสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตได้ แต่เมื่อดูจากค่าโมดูลัสความละเอียดแล้วพบว่าหินฝุ่นมีขนาดเม็ดโตกว่าทราย จึงควรมีการปรับปรุงส่วนผสมโดยใช้ทรายหรือมวลรวมละเอียดอื่นที่มีขนาดเม็ดเล็กกว่า ผสมลงไปแทนที่บางส่วน และต้องทำการออกแบบส่วนผสมโดยปรับแก้ในเรื่องความชื้นของมวลรวม และควบคุมปริมาณความชื้นขณะทำการผสมคอนกรีตให้อยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐาน

4.2 การทดสอบกำลังอัด

ผลการทดสอบกำลังอัดหรือความต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยที่ถูกแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 กำลังอัดของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยที่ถูกแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น

ตัวอย่างที่	สัญลักษณ์	กำลังอัด (กก./ตร.ซม.)				
		7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	90 วัน
A	C100-F0-S100-Q0	271.02	293.53	327.61	339.41	372.57
B	C100-F0-S90-Q10	298.09	323.85	342.42	357.02	426.03
C	C100-F0-S80-Q20	369.85	387.76	409.09	434.06	464.88
*D**	*C100-F0-S70-Q30*	*387.78*	*418.02*	*444.62*	*469.84*	481.66

ตารางที่ 4.6 กำลังอัดของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยที่ถูกแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น (ต่อ)

ตัวอย่างที่	สัญลักษณ์	กำลังอัด (กก./ตร.ซม.)				
		7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	90 วัน
E	C90-F10-S100-Q0	312.36	388.93	373.96	385.27	419.75
*F***	*C90-F10-S90-Q10*	*336.03*	*363.62*	*384.33*	*403.34*	*467.03*
G	C90-F10-S80-Q20	353.48	378.61	401.62	424.99	455.91
H	C90-F10-S70-Q30	364.19	393.60	419.81	433.91	446.76
I	C80-F20-S100-Q0	284.95	312.35	346.61	368.10	393.06
J	C80-F20-S90-Q10	311.70	342.41	369.08	387.22	457.91
K	C80-F20-S80-Q20	327.55	357.13	389.02	406.83	447.45
L	C80-F20-S70-Q30	341.51	377.87	408.42	425.55	439.39
M	C70-F30-S100-Q0	253.59	277.30	306.72	319.02	361.29
N	C70-F30-S90-Q10	266.24	297.17	326.76	340.20	410.90
0	C70-F30-S80-Q20	280.05	305.92	345.19	364.46	401.14
P	C70-F30-S70-Q30	304.71	333.05	365.96	373.63	381.74
Q	C60-F40-S100-Q0	203.48	230.55	263.32	293.95	341.72
R	C60-F40-S90-Q10	227.34	259.28	291.22	320.41	395.85
S	C60-F40-S80-Q20	243.82	279.65	335.76	340.81	387.79
T	C60-F40-S70-Q30	2262.02	295.12	335.76	352.95	365.00
U	C50-F50-S100-Q0	183.50	215.07	243.87	278.49	331.38
V	C50-F50-S90-Q10	203.18	240.06	277.21	307.19	380.70
W	C50-F50-S80-Q20	220.38	261.71	299.46	324.72	369.77
X	C50-F50-S70-Q30	229.36	277.98	322.72	329.91	353.92
Y	CV100-S100	291.89	319.33	365.27	398.31	438.32

หมายเหตุ : C = ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ,CV =ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5

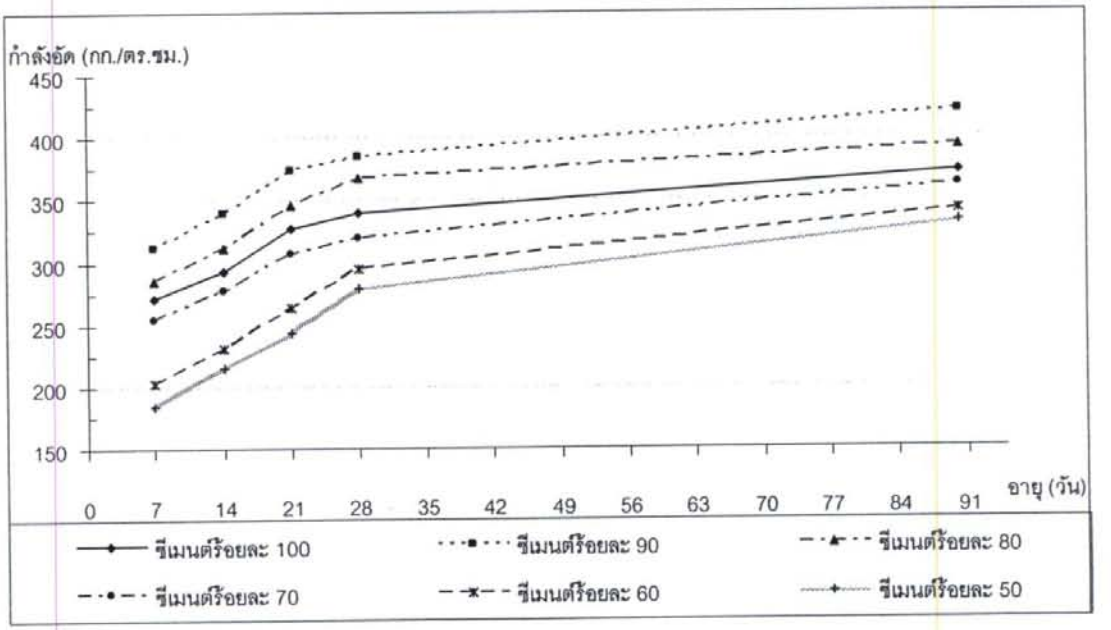
S = ทราย , Q = หินฝุ่น

จากผลในตารางที่ 4.6 นั้น สามารถสรุปแยกเป็นกราฟ เพื่ออธิบายถึงพฤติกรรมของหินฝุ่น เมื่อผสมรวมอยู่ในมอร์ต้าร์เถ้าลอยได้ ดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนผสมที่มีมวลรวมละเอียดผสมคงที่

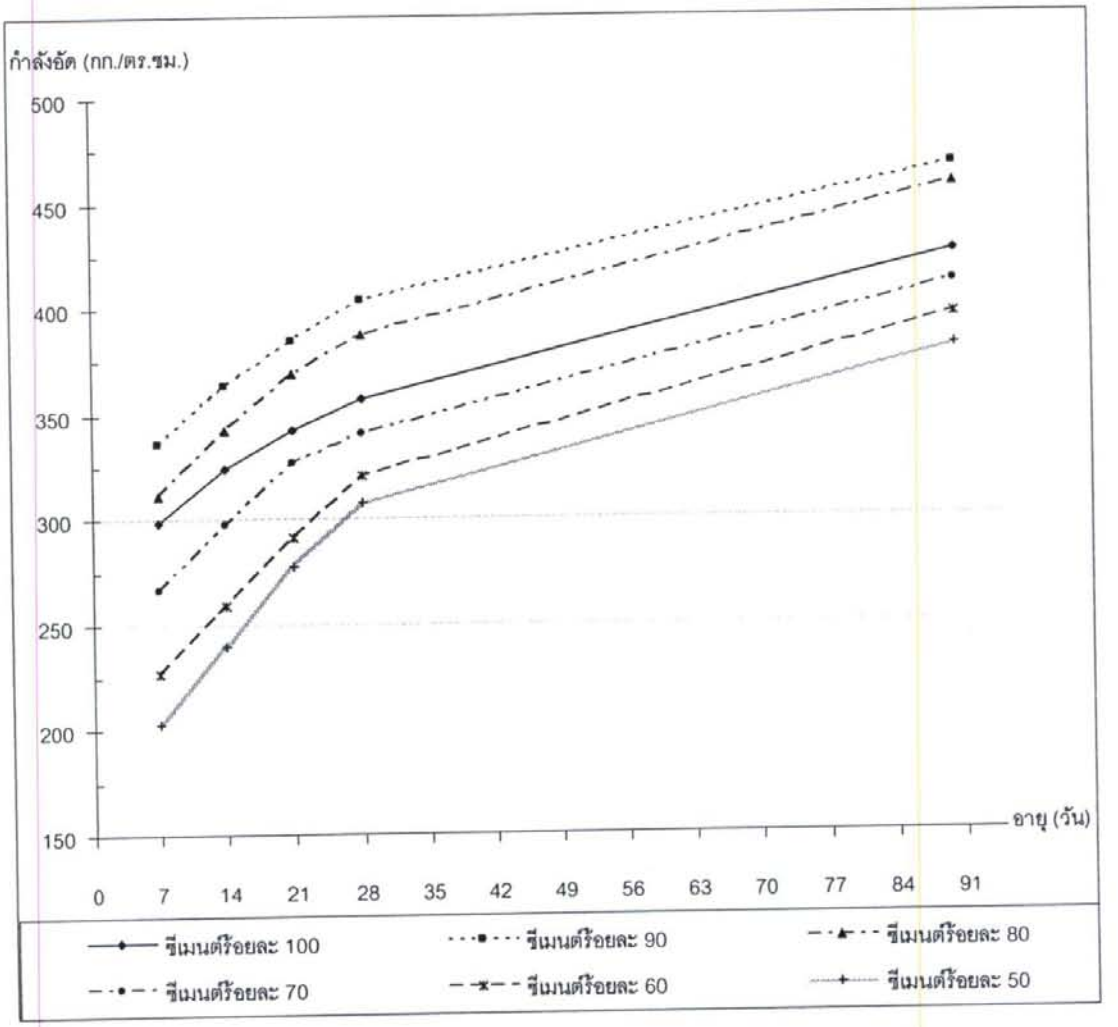
จากการทดสอบหาค่ากำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีอัตราส่วนผสมต่าง ๆ โดยมีค่า W/C จากการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การไหล 110 ± 5 และได้ค่า W/C ≈ 0.53 ได้ผลการทดสอบดังนี้

กำหนดให้ C = ซีเมนต์ ; F = เถ้าลอย ; S = ทราย ; Q = หินฝุ่น



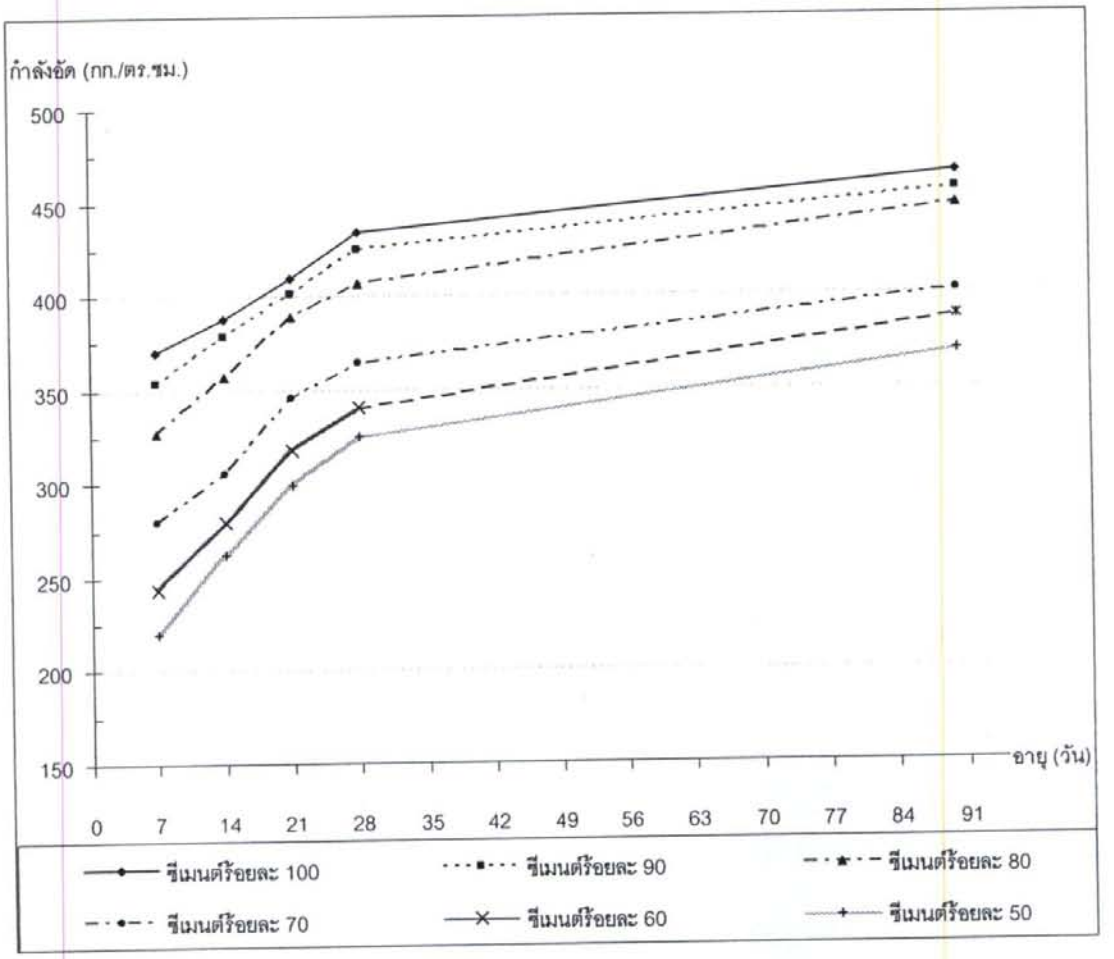
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายคงที่ ร้อยละ 100

จากรูปที่ 4.4 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายคงที่ ร้อยละ 100 จะพบได้ว่าส่วนผสมที่มี ซีเมนต์ร้อยละ 90 : เถ้าลอยร้อยละ 10 : ทรายร้อยละ 100 : หินฝุ่นร้อยละ 0 เป็นอัตราส่วนที่มีกำลังอัดดีที่สุด รองลงมา คือ ซีเมนต์ร้อยละ 80, 100, 70, 60 และ 50 ตามลำดับ สาเหตุมาจาก เมื่อผสมวัสดุปอซโซลานอย่างเถ้าลอยลงไปในอัตราส่วนที่เหมาะสม จะช่วยในการเพิ่มกำลังได้ในระยะยาว แต่หากผสมเถ้าลอยมากเกินไป จะทำให้มีน้ำไปทำปฏิกิริยากับซีเมนต์มาก จึงทำให้กำลังน้อยกว่าการใช้ซีเมนต์ร้อยละ 100



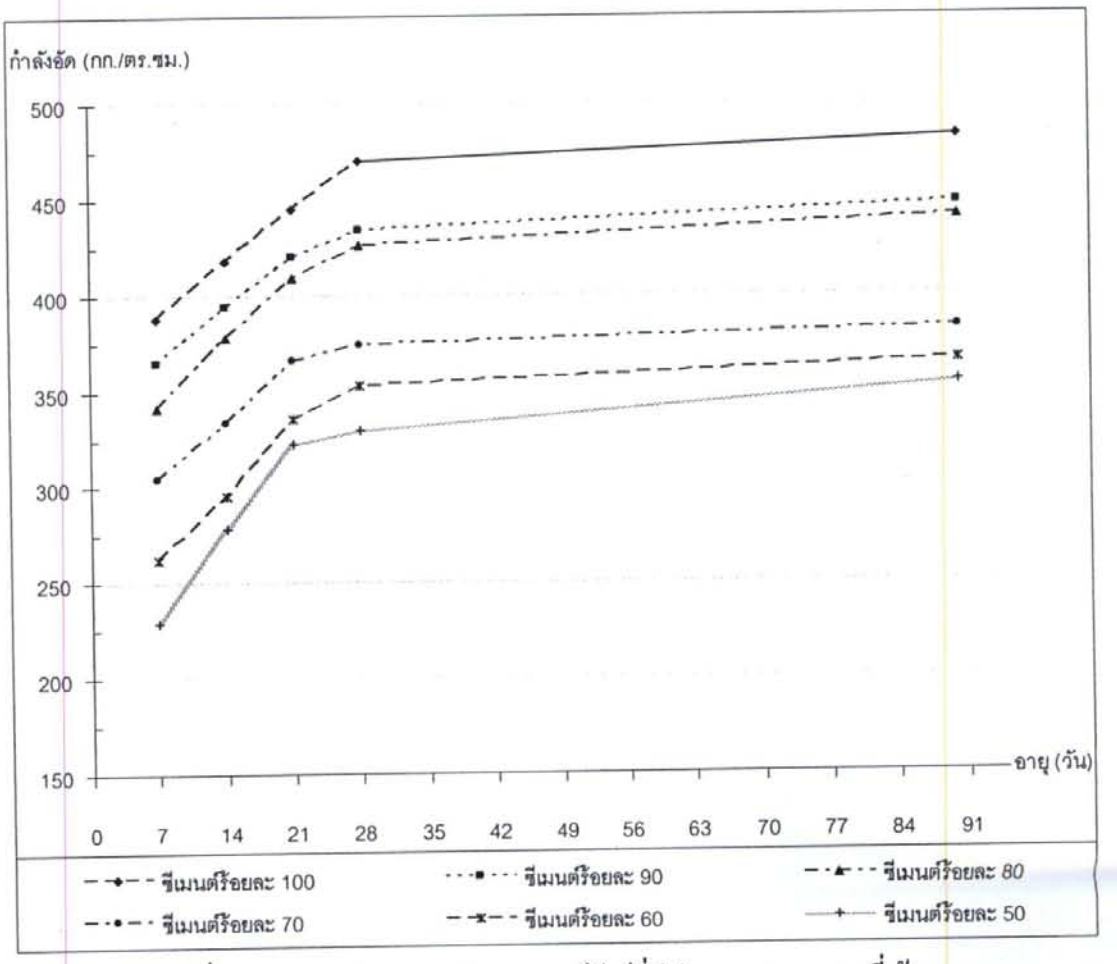
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายคงที่ ร้อยละ 90

จากรูปที่ 4.5 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายคงที่ ร้อยละ 90 จะพบว่า ส่วนผสมที่มี ซีเมนต์ร้อยละ 90 : เถ้าลอยร้อยละ 10 : ทรายร้อยละ 90 : หินฝุ่นร้อยละ 10 เป็นอัตราส่วนที่มีกำลังอัดดีที่สุด รองลงมา คือ ซีเมนต์ร้อยละ 80, 100, 70, 60 และ 50 ตามลำดับ ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับอัตราส่วนผสมที่มีมวลรวมละเอียดผสมคงที่



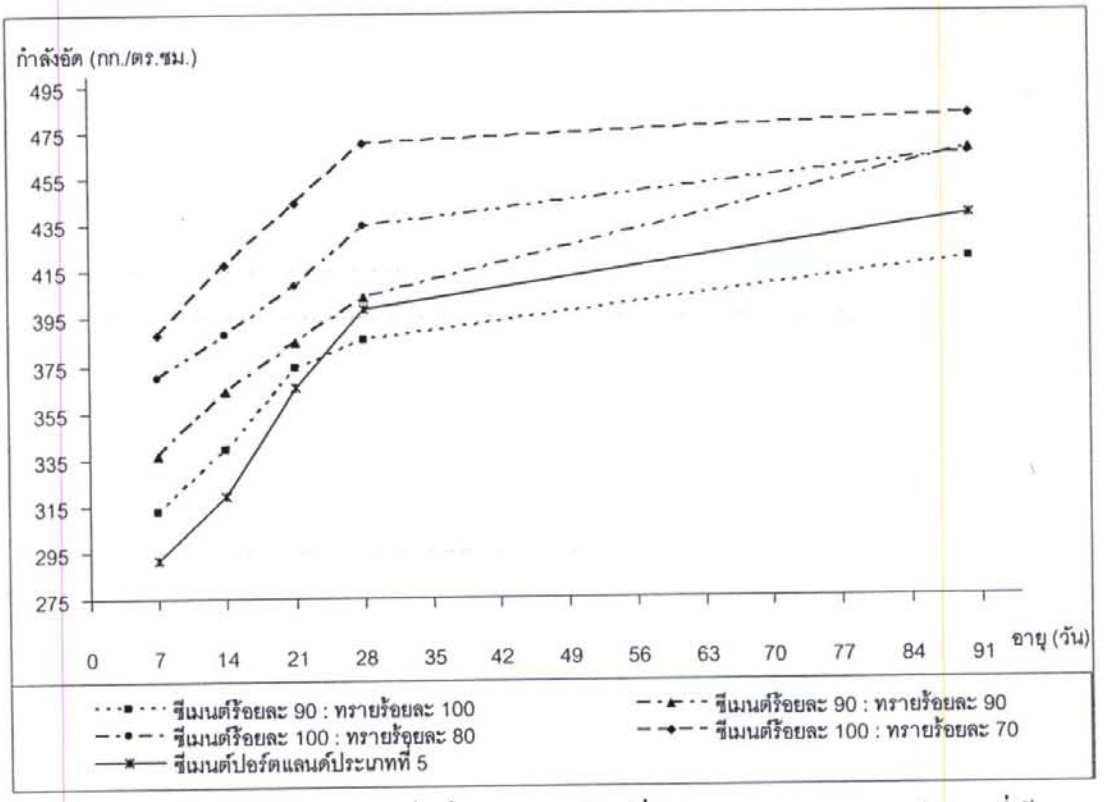
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายคงที่ ร้อยละ 80

จากรูปที่ 4.6 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายคงที่ ร้อยละ 80 จะพบได้ว่า ส่วนผสมที่มี ซีเมนต์ร้อยละ 100 : เถ้าลอยร้อยละ 0 : ทรายร้อยละ 80 : หินฝุ่นร้อยละ 20 เป็นอัตราส่วนที่มีกำลังอัดดีที่สุด รองลงมา คือ ซีเมนต์ร้อยละ 90, 80, 70, 60 และ 50 ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก การเพิ่มปริมาณหินฝุ่นให้มากขึ้น จะทำให้การยึดเกาะของมวลรวมดีขึ้นและแน่นขึ้น รวมทั้งหินฝุ่นจะไปช่วยการดูดซับน้ำ เพื่อไม่ให้มีปริมาณน้ำที่มาทำปฏิกิริยากับซีเมนต์มากเกินไป ด้วยเหตุนี้กำลังในระยะแรกจึงเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก แต่ในระยะหลังมอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานจะมีการเพิ่มกำลังอัดที่ดีกว่า



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายคงที่ ร้อยละ 70

จากรูปที่ 4.7 เป็นการเปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายคงที่ ร้อยละ 70 จะพบได้ว่าส่วนผสมที่มี ซีเมนต์ร้อยละ 100 : เถ้าลอยร้อยละ 0 : ทรายร้อยละ 70 : หินฝุ่นร้อยละ 30 เป็นอัตราส่วนที่มีกำลังอัดดีที่สุด รองลงมา คือ ซีเมนต์ร้อยละ 90, 80, 70, 60 และ 50 ตามลำดับ ซึ่งเป็นในลักษณะเดียวกับมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายคงที่ ร้อยละ 80

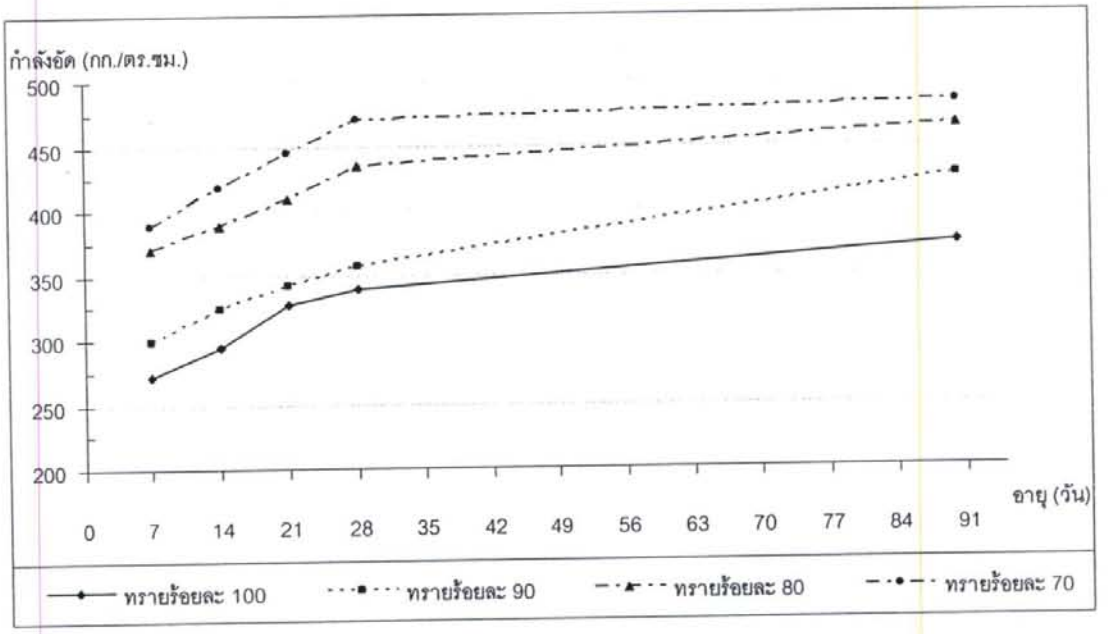


รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบกำลังอัดสูงสุดที่ดีที่สุดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมมวลรวมละเอียดคงที่ ร้อยละ 100, 90, 80 และ 70 : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วน ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 : ทรายในอัตราส่วน 1:2.75 โดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4.8 เปรียบเทียบกำลังอัดสูงสุดที่ดีที่สุดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมมวลรวมละเอียดคงที่ร้อยละ100, 90, 80 และ 70 กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วน ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 : ทรายในอัตราส่วน 1:2.75 โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อนำอัตราส่วนที่ดีที่สุดของแต่ละรูปมาวิเคราะห์ผลที่ได้พบว่า มอร์ต้าร์ซีเมนต์ร้อยละ 100 : ทรายร้อยละ 70 มีกำลังที่ดีที่สุด เป็นผลมาจาก ซีเมนต์ร้อยละ 100 : ทรายร้อยละ 70 มีหินฝุ่นมากจะช่วยเพิ่มกำลังในตอนแรกได้ดี แต่ในช่วงปลายที่อายุ 90 วัน พบว่ากำลังของ ซีเมนต์ร้อยละ 100 : ทรายร้อยละ 70 มีการเพิ่มกำลังช่วงปลายน้อยกว่าช่วงแรก แต่โดยรวมก็ยังมีกำลังอัดที่สูงกว่าอัตราส่วนอื่นๆ

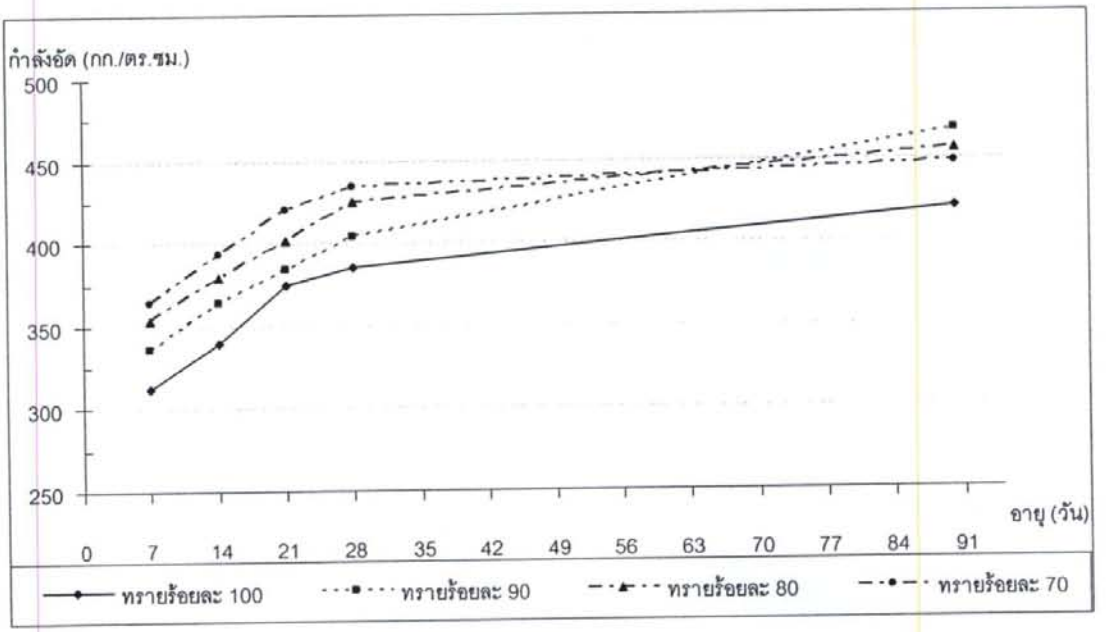
ส่วนสาเหตุที่อัตราส่วน ซีเมนต์ร้อยละ 90 : ทรายร้อยละ 90 และ ซีเมนต์ร้อยละ 90 : ทรายร้อยละ 100 มีกำลังช่วงต้นน้อย และมีกำลังช่วงปลายมาก สาเหตุมาจากเมื่อผสมเถ้าลอยลงไปทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานจะทำให้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH) ลดลง และในเถ้าลอยก็มี C_3A น้อย จึงทำให้เกิดการขยายตัวน้อย และเมื่อมีหินฝุ่นผสมอยู่บ้าง จึงทำให้มีการคละของมวลรวมดีขึ้น ทำให้มอร์ต้าร์แน่นขึ้นในช่วงหลังๆ

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนผสมที่มีวัสดุปอซโซลานผสมคงที่



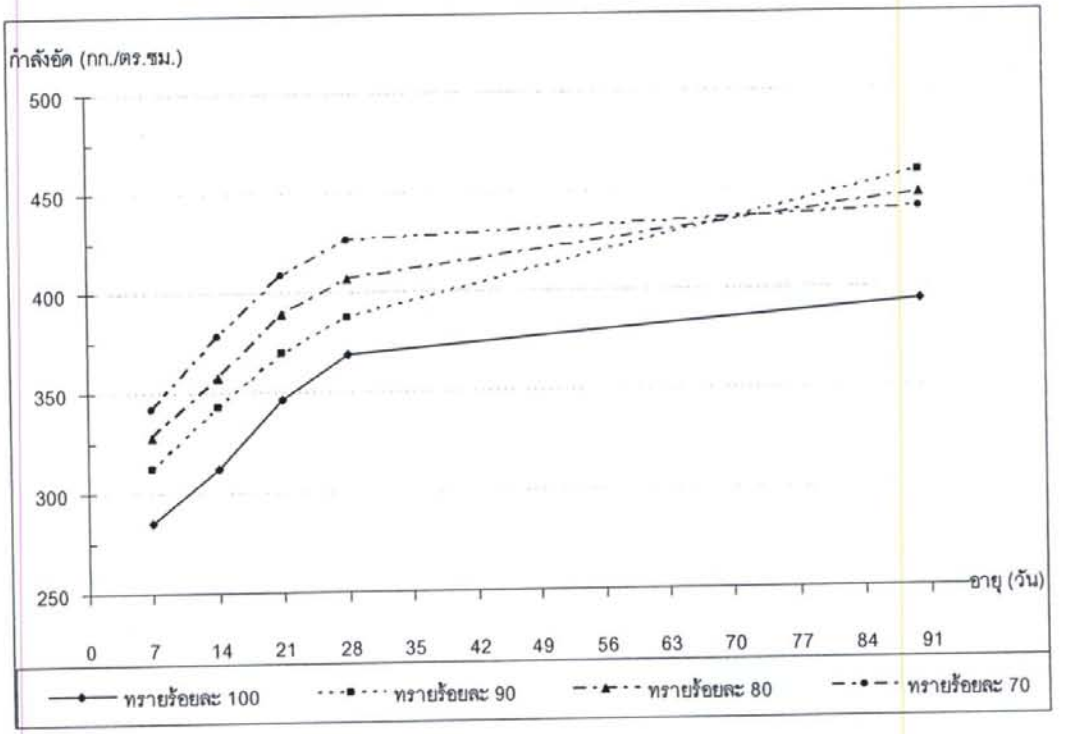
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 100

จากรูปที่ 4.9 เป็นการเปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 100 พบว่า ส่วนผสมที่มี ซีเมนต์ร้อยละ 100 : เถ้าลอยร้อยละ 0 : ทรายร้อยละ 70 : หินฝุ่นร้อยละ 30 เป็นอัตราส่วนที่มีกำลังอัดดีที่สุด รองลงมา คือ ทรายร้อยละ 80, 90 และ 100 ตามลำดับ เป็นสาเหตุมาจากเมื่อเพิ่มปริมาณหินฝุ่นลงมากขึ้น จะทำให้การยึดเกาะของมวลรวมดีขึ้น จากความเหลี่ยมคมในตัวของมันเอง ประกอบกับหินฝุ่นจะดูดซับน้ำให้มีปริมาณที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของซีเมนต์แต่ในช่วงหลังจะเกิดการพัฒนากำลังน้อยลง ซึ่งต่างกับอัตราส่วน ทรายร้อยละ 90 ซึ่งมีมวลรวมคละกันดี จึงมีช่องว่างน้อย อันจะส่งผลถึงความหนาแน่น ทำให้กำลังช่วงปลายมากขึ้นด้วย



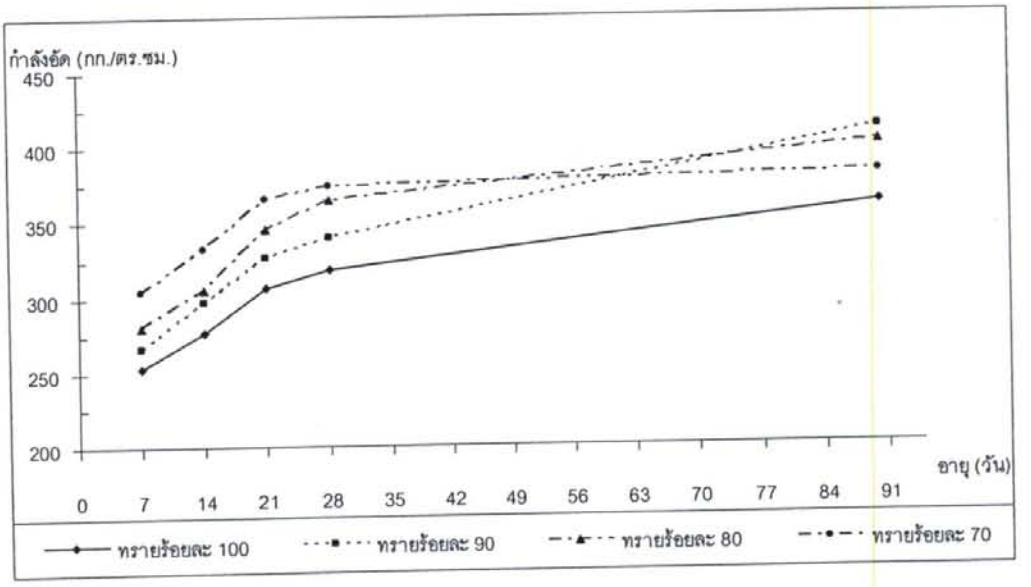
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 90

จากรูปที่ 4.10 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 90 พบว่าเมื่อวิเคราะห์ที่อายุ 28 วัน พบว่าส่วนผสมที่มีหินฝุ่นร้อยละ 30 จะเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด รองลงมา คือ หินฝุ่นร้อยละ 20, 10 และ 0 ตามลำดับ สาเหตุมาจาก เมื่อเพิ่มปริมาณหินนฝุ่นลงมากขึ้นจะทำให้การยึดเกาะของมวลรวมดีขึ้น รวมทั้งช่วยดูดซับน้ำไม่ให้ทำปฏิกิริยากับซีเมนต์มากเกินไป ด้วยเหตุนี้หินฝุ่นมากจะช่วยในการเพิ่มกำลังในระยะแรก สังเกตที่อายุ 90 วัน พบได้ว่าส่วนผสมที่มี ซีเมนต์ร้อยละ 90 : เถ้าลอยร้อยละ 10 : ทรายร้อยละ 90 : หินฝุ่นร้อยละ 10 เป็นอัตราส่วนที่มีกำลังอัดดีที่สุด รองลงมา คือ ทรายร้อยละ 80, 70 และ 100 ตามลำดับ แต่ถ้าผสมเถ้าลอยมากเกินไปจะทำให้ไตรคัลเซียมซิลิเกต (C_3S) และไดคัลเซียมซิลิเกต (C_2S) ลดลง เนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิดเป็นตัวให้กำลังของมอร์ต้าร์ จึงทำให้กำลังอัดลดลง



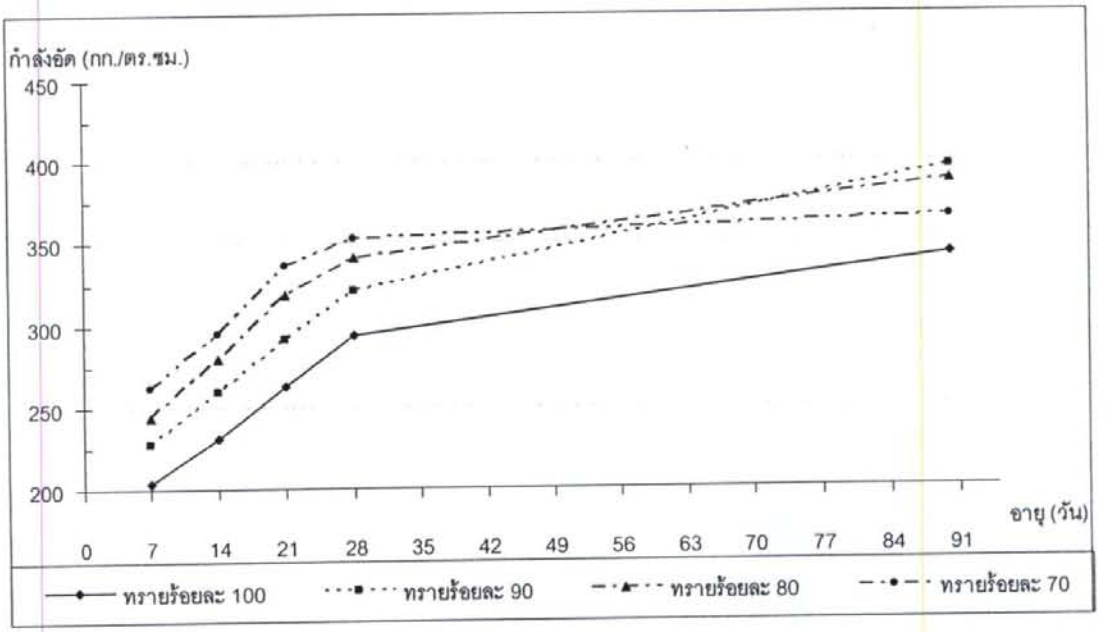
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 80

จากรูปที่ 4.11 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 90 พบว่า ส่วนผสมที่มี ซีเมนต์ร้อยละ 80 : เถ้าลอยร้อยละ 20 : ทรายร้อยละ 90 : หินฝุ่นร้อยละ 10 เป็นอัตราส่วนที่มีกำลังอัดดีที่สุด และทรายร้อยละ 80, 70 และ 100 ลดลงตามลำดับ เหตุผลเดียวกับมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 90



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 70

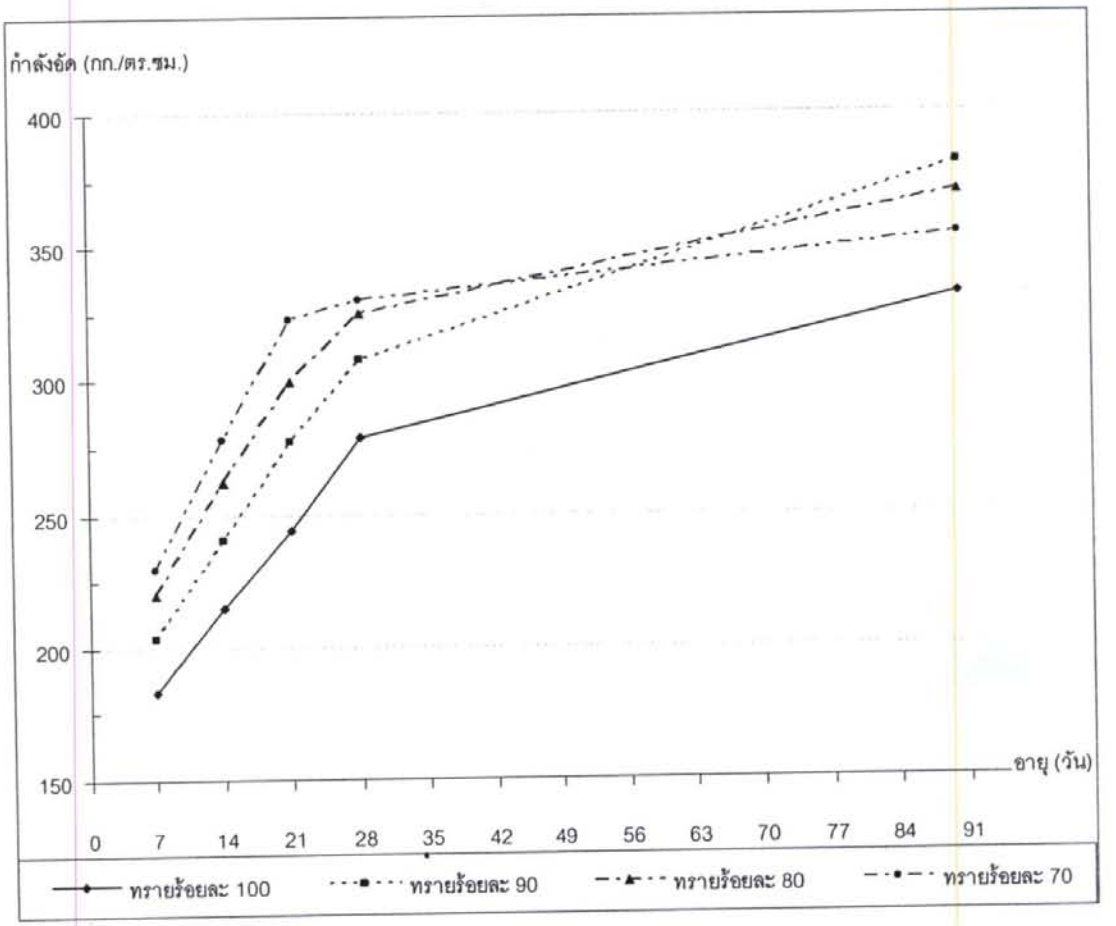
จากรูปที่ 4.12 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 90 จะพบได้ว่าส่วนผสมที่มี ซีเมนต์ร้อยละ 70 : เถ้าลอยร้อยละ 30 : ทรายร้อยละ 90 : หินฝุ่นร้อยละ 10 เป็นอัตราส่วนที่มีกำลังอัดดีที่สุด และทรายร้อยละ 80, 70 และ 100 ลดลงตามลำดับ เหตุผลเดียวกับมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 90



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 60

จากรูปที่ 4.13 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 90 จะพบได้ว่าส่วนผสมที่มี ซีเมนต์ร้อยละ 60 : เถ้าลอยร้อยละ 40 : ทรายร้อยละ 90 : หินฝุ่นร้อยละ 10 เป็นอัตราส่วนที่มีกำลังอัดดีที่สุด และทรายร้อยละ 80, 70 และ 100 ลดลงตามลำดับ ตามลำดับ เหตุผลเดียวกับมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 90

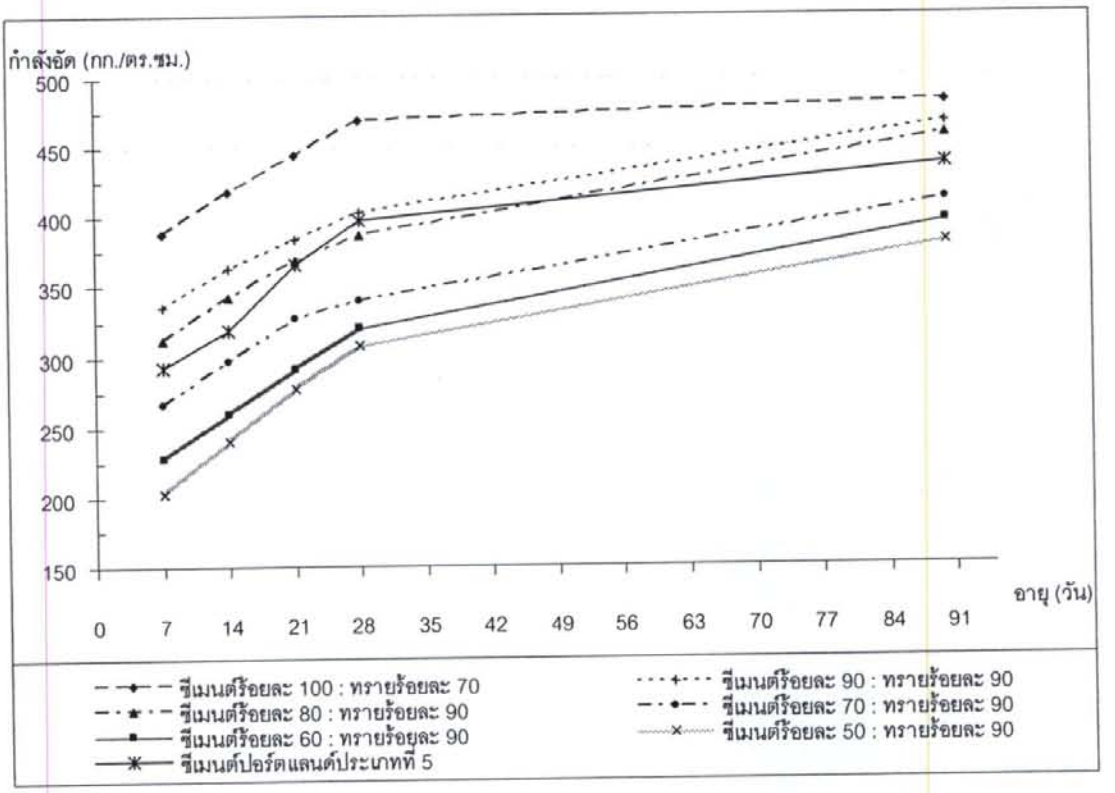
097543



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 50

จากรูปที่ 4.14 เปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 90 จะพบได้ว่าส่วนผสมที่มี ซีเมนต์ร้อยละ 50 : เถ้าลอยร้อยละ 50 : ทรายร้อยละ 90 : หินฝุ่นร้อยละ 10 เป็นอัตราส่วนที่มีกำลังอัดดีที่สุด และทรายร้อยละ 80, 70 และ 100 ลดลงตามลำดับ ตามลำดับ เหตุผลเดียวกับมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 90

สำนักวิทยบริการและ[illegible]โนโลยีสารสนเทศ



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบกำลังอัดสูงสุดที่ดีที่สุดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายในอัตราส่วน ต่าง ๆ : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 คงที่ ร้อยละ 100, 90, 80, 70, 60 และ 50 เปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 : ทรายในอัตราส่วน 1:2.75 โดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4.15 เป็นการเปรียบเทียบกำลังอัดสูงสุดที่ดีที่สุดของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมทรายในอัตราส่วนต่าง ๆ : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 คงที่ ร้อยละ 100 ร้อยละ 90 ร้อยละ 80 ร้อยละ 70 ร้อยละ 60 และร้อยละ 50 เปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 : ทรายในอัตราส่วน 1:2.75 โดยน้ำหนัก พบได้ว่า ซีเมนต์ร้อยละ 100 : ทรายร้อยละ 70 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด เมื่อพิจารณาเพิ่มเติมพบว่ากำลังจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และในช่วงปลายกำลังอัดจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ สาเหตุมาจากเนื่องจากมีหินฝุ่นมาก แต่ในช่วงปลาย เกิดการขยายตัวของมอร์ต้าร์และเกิดเป็นช่องว่าง และทำให้ความหนาแน่นน้อยลงจึงทำให้มีกำลังเพิ่มขึ้นน้อย เมื่อพิจารณาเพิ่มพบได้ว่า ซีเมนต์ร้อยละ 90 : ทรายร้อยละ 90, ซีเมนต์ร้อยละ 80 : ทรายร้อยละ 90, ซีเมนต์ร้อยละ 70 : ทรายร้อยละ 90, ซีเมนต์ร้อยละ 60 : ทรายร้อยละ 90 และ ซีเมนต์ร้อยละ 50 : ทรายร้อยละ 90 มีกำลังอัดเพิ่มขึ้นในช่วงปลายมาก สาเหตุมาจากขนาดคละของทรายร้อยละ 90 กับหินฝุ่นร้อยละ 10 เป็นขนาดส่วนคละที่ดี จึงทำให้ซีเมนต์เพสต์ข้างในขยายตัวน้อย จึงทำให้มีกำลังอัดเพิ่มขึ้น

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทั้งหมดก็พบได้ว่ามีตัวอย่างของมอร์ต้าร์อีกหลายตัวอย่างมีกำลังอัดสูงกว่ากำลังอัดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 ได้แก่

- (C100-F0-S80-Q20)
- (C100-F0-S70-Q30)
- (C90-F10-S90-Q10)
- (C90-F10-S80-Q20)
- (C90-F10-S70-Q30)
- (C80-F20-S90-Q10)
- (C80-F20-S80-Q20)
- (C80-F20-S70-Q30)

จากตัวอย่างเหล่านี้ ทำให้สามารถวิเคราะห์ต่อได้ว่า เมื่อมีการผสมเถ้าลอยร้อยละ10-20 และหินฝุ่นร้อยละ10-30 จะทำให้มอร์ต้าร์มีกำลังอัดได้ดีในอายุทดสอบที่ 90 วัน