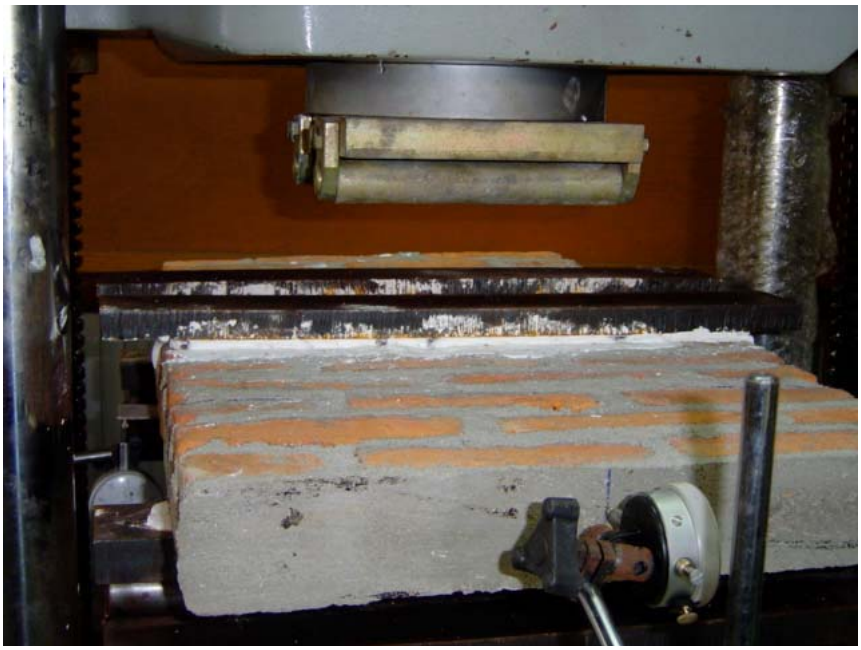
(ข) การรองรับที่ปลาย และการติดตั้งแผ่นเหล็กเพื่อการถ่ายแรงกระทำ



(ค) การวัดการเลื่อนไถลที่ปลายตัวอย่าง

รูปที่ 3.4 การติดตั้งตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบกำลังรับแรงดัด (ต่อ)

3.6 การทดสอบการซึมน้ำ

3.6.1 การทดสอบการดูดซึมน้ำของก้อนปูนทราย

ทำการทดสอบโดยการนำปูนทรายที่หล่อเป็นรูปลูกบาศก์มาตรฐาน (แบบเดียวกับที่ใช้ทดสอบการรับแรงอัด) มาบ่มตามสภาพการบ่มน้ำและอากาศเป็นเวลา 7 วัน กล่าวคือนำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 4 วันก่อนที่จะนำออกมาวางไว้ในสภาพห้องทดสอบเป็นเวลาอีก 3 วัน จากนั้นนำก้อนตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักบันทึกค่า แล้วนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม. เพื่อนำมาหาค่าน้ำหนักหลังการแช่น้ำ เพื่อหาร้อยละของน้ำที่ถูกดูดซึมเข้าไปโดยก้อนปูนทรายตัวอย่างเทียบกับน้ำหนักก่อนแช่น้ำ

3.6.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำของแผงกำแพงก่อ

ขั้นตอนในการทดสอบของกำแพงก่อจะแตกต่างออกไปจากกรณีของก้อนปูนทรายตัวอย่างกล่าวคือ จะใช้อิฐมอญและปูนทรายเพื่อการก่อบ่อน้ำจำลองขนาดเล็กที่มีขนาดของช่องเปิดปริมาตรภายในเป็น 30×30×30 ซม. โดยเป็นการก่ออิฐครึ่งแผ่นโดยรอบ ในขณะที่ที่พื้นของบ่อจะเป็นปูนทรายล้วนหนา 3 ซม. จากนั้นปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นใส่น้ำลงไปจนเต็มแล้วเก็บตัวอย่างไว้ในที่ๆปราศจากการรบกวนเป็นเวลา 7 14 และ 28 วัน จากนั้นจะทำการวัดปริมาตรน้ำที่หายไปเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซึมน้ำต่อไป

อย่างไรก็ตาม การทดสอบการดูดซึมน้ำนี้ได้ทำการทดสอบการดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่างปูนทรายมาตรฐาน ก้อนตัวอย่างที่ผสมน้ำยางพาราคงรูปโดยการแทนที่น้ำร้อยละ 1 และก้อนตัวอย่างผสมกาวยางพาราโดยการแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 5 เท่านั้น

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบ

จากแนวทางในการเตรียมตัวอย่างและการทดสอบทั้งตัวอย่างปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราแบบต่างๆ รวมทั้งการทดสอบกำแพงก่อที่ทำจากปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางที่ได้กล่าวถึงแล้วในบทที่ 3 ในบทนี้จะได้กล่าวถึงผลการทดลองที่ได้ โดยแยกพิจารณาออกเป็นสองส่วนหลักๆด้วยกัน ได้แก่ ผลการทดลองของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ และผลของการทดสอบกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายดังกล่าวในการก่อหรือฉาบ

4.2 ตัวอย่างปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ

4.2.1 ผลการทดสอบด้านกำลังและการดูดซึมน้ำ

จากการทดสอบกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด และกำลังรับแรงดึงของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราข้นที่ทำให้คงรูป (Prevulcanized, PV) และกาวยาวพารา (Rubber Cement, RC) ในปริมาณต่างๆกัน เปรียบเทียบผลกับปูนทรายมาตรฐาน (Standard mortar, STD) ที่นิยมใช้กันทั่วไป อันมีส่วนผสมของปูน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมเพื่อการก่อ ได้สรุปไว้ดังตารางที่ 4.1

และเพื่อให้เห็นความแตกต่างของผลการทดสอบที่ชัดเจนยิ่งขึ้น กำลังการรับแรงของก้อนตัวอย่างปูนทรายมาตรฐาน ก้อนปูนทรายผสมน้ำยางข้นทำให้คงรูป และก้อนปูนทรายผสมกาวยางพารา ได้แสดงไว้ในรูปที่4.1

4.2.2 ลักษณะของส่วนผสมปูนทราย การวิบัติของก้อนตัวอย่างและลักษณะการดูดซึมน้ำ

ข้อสังเกตที่ได้ในขณะทำการผสมปูนทรายมาตรฐานที่ได้คือจะมีความเหลวปานกลางและมีน้ำเยิ้มในส่วนผสมเล็กน้อย ในขณะที่ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้นคงรูปจะมีลักษณะเหลวมาก อีกทั้งปริมาณน้ำเยิ้มในส่วนผสมจะมีมากกว่า และหลังจากที่แกะออกจากแบบหล่อแล้วจะใช้เวลานานจึงจะแห้งสนิท แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผสมกาวยางพาราเข้าไปในส่วนผสมปูนทรายจะทำให้มีความเหลวน้อยลงและมีลักษณะร่วนไม่ค่อยเป็นเนื้อเดียวกัน อีกทั้งปริมาณน้ำเยิ้มในส่วนผสมมีน้อยและเกิดการแห้งตัวเร็ว

เมื่อนำตัวอย่างที่ผ่านการบ่มทั้งในอากาศ และส่วนที่บ่มในน้ำและอากาศมาทำการทดสอบด้านกำลังแล้วพบว่าลักษณะการแตกหักนั้นไม่ต่างจากปูนทรายมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

และจากการทดสอบการดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่างปูนทรายมาตรฐาน รวมทั้งก้อนตัวอย่างปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้นที่ทำให้คงรูป (ร้อยละ 1) และกาวยางพารา (ร้อยละ5) อันเป็นส่วนผสมที่จากการพิจารณาด้านกำลังแล้วจะเห็นได้ว่าให้สัดส่วนของกำลังมากที่สุด โดยพิจารณาที่อายุของก้อนตัวอย่าง 7 วันดังแสดงในตารางที่ 4.2 นั้น พบว่าความสามารถในการดูดซึมไม่แตกต่างกันสำหรับก้อนตัวอย่างปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราอยู่ด้วย

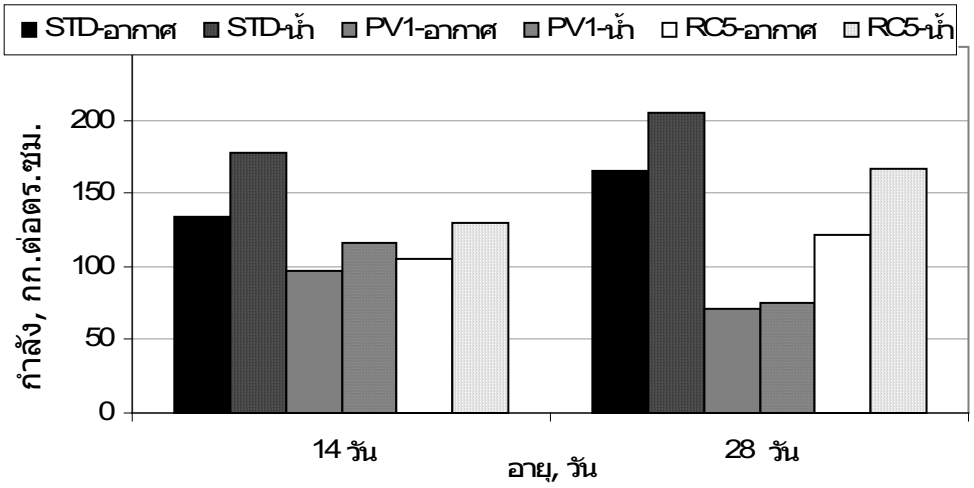
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบด้านกำลังของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบและสัดส่วนต่างๆ (กก.ต่อตร.ซม.)

ตัวอย่าง[1]			STD	PV 1	RC 5	RC 8	RC 10
กำลังรับแรงอัด	14 วัน	บ่มน้ำและอากาศ	133/135[2]	117.96 /116/ 115.48	125.50 /132.70/ 130.84	100.03 /97.54/ 98.20	108.54 /107.73/ 113.40
			134[3]	**116.48**	**129.68**	**98.59**	**108.89**
		บ่มอากาศ	175/181	99 /91.08 /99	106.37 /99/ 110.44	85.10 /79.34/ 76.07	93.26 /98.34/ 110.32
			178	**96.36**	**105.27**	**80.17**	**100.64**
	28 วัน	บ่มน้ำและอากาศ		83.83 /70.45/ 70.45	159.90 /176.96/ 164.11	159.90 /157.91/ 164.11	74.91 /74.91/ 74.91
			165	**74.91**	**166.99**	**160.64**	**74.91**
		บ่มอากาศ		68.46 /71.685/ 71.685	105.36 /121.12/ 136.88	110.62 /105/ 113.06	65.78 /64.15/ 80.91
			205	**70.61**	**121.12**	**109.56**	**70.28**
กำลังรับแรงดัด	14 วัน	บ่มน้ำและอากาศ	29/27	35.11 /37.35/ 32.87	40.51 /32.28/ 37.40	24.37 /24.37/ 24.37	30.79 /29.78/ 28.77
			28	**35.11**	**37.73**	**24.73**	**29.78**
		บ่มอากาศ	25/25	27.07 /27.07/ 27.07	36.36 /35.47/ 33.50	28.77 /30.79/ 29.78	28.24 /30.55/ 30.55
			25	**27.07**	**35.11**	**29.87**	**29.78**
	28 วัน	บ่มน้ำและอากาศ		34.42 /35.445/ 35.445	51 /50.67/ 55.47	40.36 /42.17/ 38.55	29.37 /27.07/ 24.77
			37	**35.11**	**52.38**	**40.36**	**27.07**
		บ่มอากาศ		37.35 /35.11/ 32.87	40.36 /40.36/ 40.36	30.48 /33.35/ 33.37	25.64 /28.62/ 26.95
			32	**35.11**	**40.36**	**32.4**	**27.07**
กำลังรับแรงดึง	14 วัน	บ่มน้ำและอากาศ	19/13	15.03 /15.58/ 16.13	18.68 /17.35/ 17.49	14.57 /21.81/ 18.67	15.58 /15.58/ 15.58
			16	**15.58**	**17.84**	**18.35**	**15.58**
		บ่มอากาศ	9,13	9.81 /11.31/ 11.31	11.06 /11.06/ 11.06	13.24 /11.42/ 11.52	11.81 /11.81/ 11.81
			11	**10.81**	**11.06**	**12.06**	**11.81**
	28 วัน	บ่มน้ำและอากาศ		16.19/ 15.38/ 15.17	23.5 /23.5/ 23.5	18.63 /19.23/ 27.72	15.58 /16.13/ 15.03
			18	**15.58**	**23.5**	**21.86**	**15.58**
		บ่มอากาศ		16.13 /13/ 13.86	18.22 /17.56 / 16.24	10.67 / 13.145/ 13.145	14.36 /15.03 / 16.60
			13	**14.33**	**17.34**	**12.32**	**15.33**

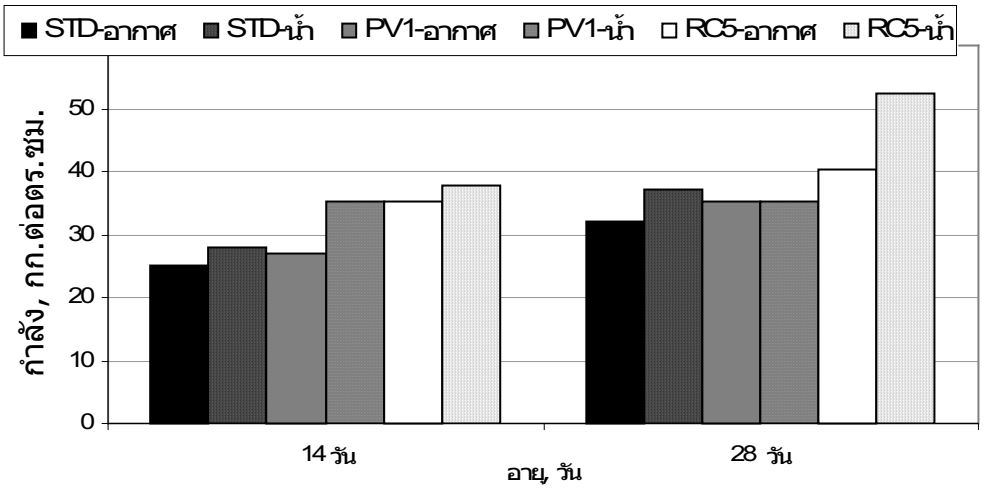
หมายเหตุ *(1) STD=ปูนทรายมาตรฐาน (ผสมน้ำยาก่อ), PV1=ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราข้นที่ทำให้คงรูป (แทนที่น้ำร้อยละ 1 ในส่วนผสม), RC5, RC8, RC10=ปูนทรายที่มีส่วนผสมของกาวยางพารา (แทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 5, 8 และ 10 ในส่วนผสม)*

(2) ผลตัวอย่างแต่ละก้อน

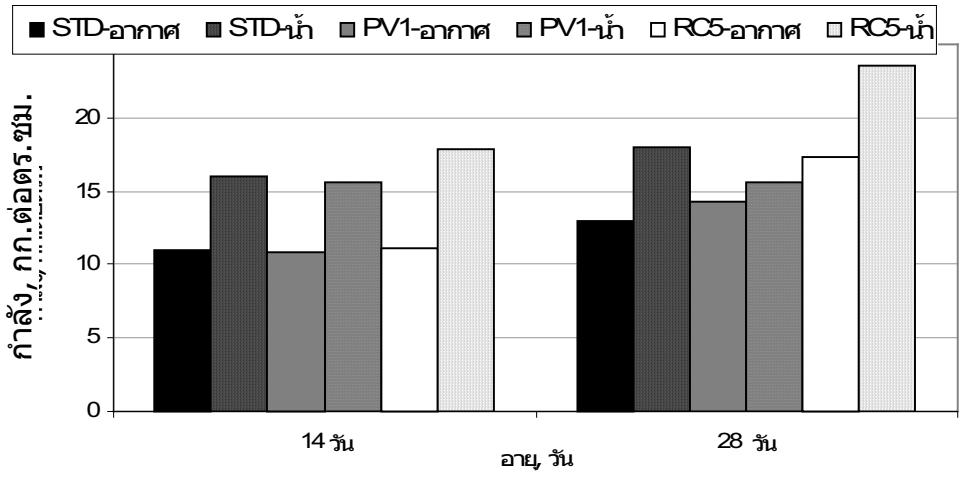
(3) ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบ



() กำลังรับแรงอัด



() กำลังรับแรงดัด



() กำลังรับแรงดึง

รูปที่ 4.1 กำลังรับแรงของก้อนปูนทรายตัวอย่าง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบและสัดส่วนต่างๆ (อายุ 7 วัน)

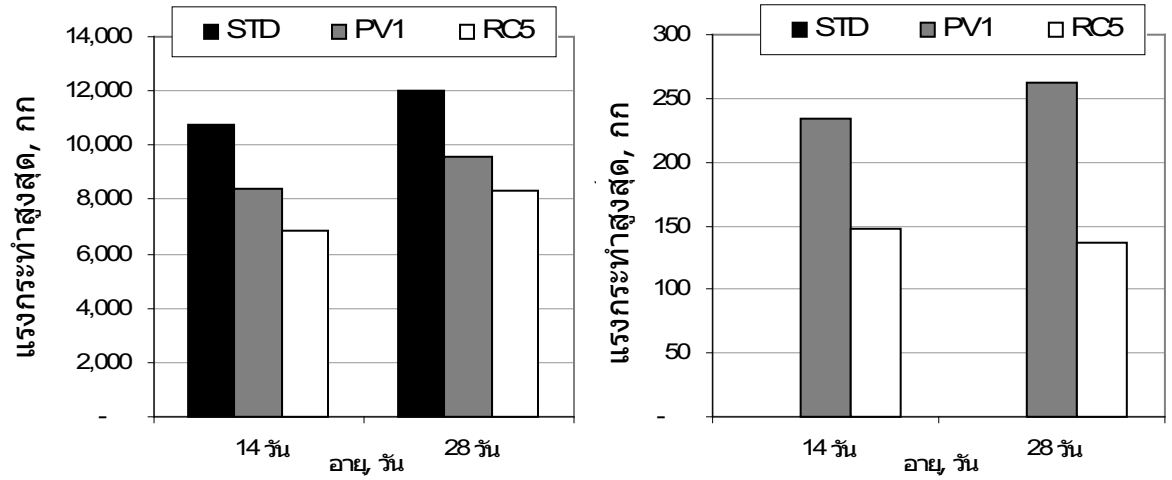
ตัวอย่าง	การดูดซึม %	การดูดซึมสัมพัทธ์(1)
STD	8.14	1.00
PV1	8.08	0.99
RC5	8.21	1.01

หมายเหตุ *(1) เทียบกับปูนทรายมาตรฐาน*

4.3 ตัวอย่างกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ

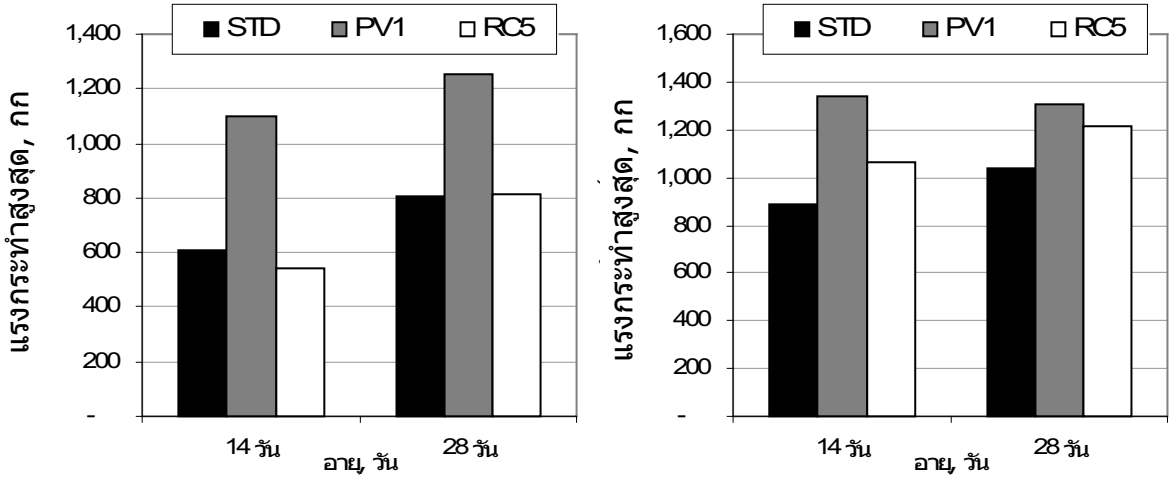
4.3.1 ผลการทดสอบด้านกำลัง

ในทำนองเดียวกันกับการทดสอบก้อนตัวอย่างปูนทราย ผลการทดสอบด้านกำลังของแท่งกำแพงตัวอย่างอันได้แก่กำลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดัดของกำแพง (ทั้งของกำแพงที่ทำการฉาบ และไม่ได้รับการฉาบ) รวมทั้งค่าการยุบตัวที่เกิดขึ้นขณะแผงกำแพงอยู่ภายใต้แรงกระทำสูงสุด ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2



(ก) กำลังรับแรงอัด

(ข) กำลังรับแรงดัด (ไม่ฉาบ)



(ค) กำลังรับแรงดัด (ฉาบ 1 ด้าน)

(ง) กำลังรับแรงดัด (ฉาบ 2 ด้าน)

รูปที่ 4.2 กำลังรับแรงของกำแพงตัวอย่าง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบด้านกำลังของกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ

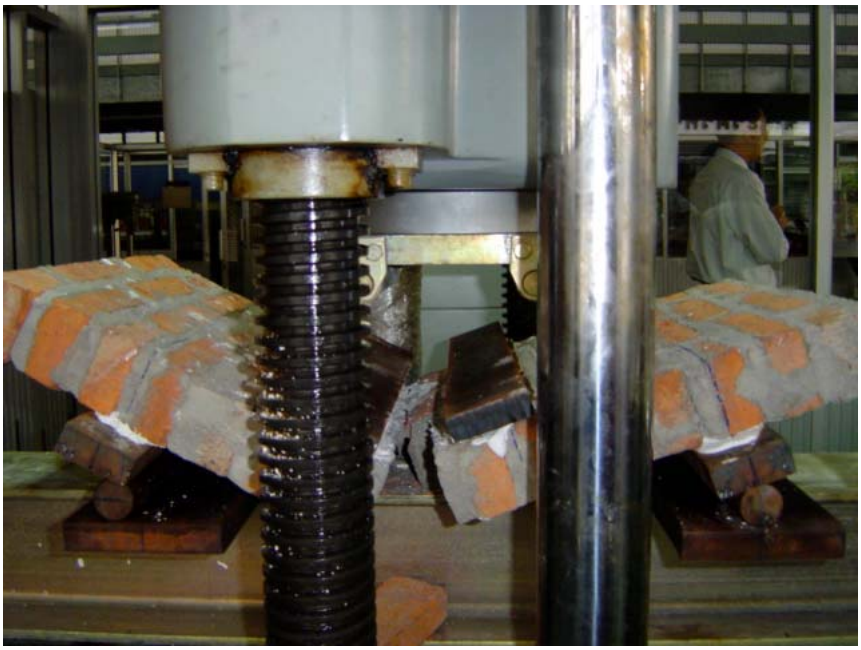
กำลัง	อายุ	ผลการทดสอบ	STD			PV 1			RC 5		
			ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	เฉลี่ย	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	เฉลี่ย	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	เฉลี่ย
กำลังรับแรงอัด	14 วัน	P_{max} (กก.)	10,915	10,618	10,767	7,970	8,787	8,379	6,336	7,426	6,881
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	2.10	2.31	2.21	3.45	2.72	3.09	2.01	2.58	2.30
	28 วัน	P_{max} (กก.)	12,000	12,000	12,000	9,630	9,504	9,567	8,279	8,391	8,335
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	1.65	1.15	1.40	4.45	2.60	3.53	2.35	4.19	3.27
กำลังรับแรงดัด (ไม่ฉาบ)	14 วัน	P_{max} (กก.)	-(1)	-	-	222	247	235	148	148	148
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	-	-	-	0.61	0.63	0.62	0.26	0.11	0.19
	28 วัน	P_{max} (กก.)	-	-	-	267	258	263	173	99	136
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	-	-	-	0.65	0.39	0.52	0.24	0.18	0.21
กำลังรับแรงดัด (ฉาบหนึ่งด้าน)	14 วัน	P_{max} (กก.)	643	569	606	1,116	1,089	1,103	520	569	545
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	0.50	0.54	0.52	0.65	0.58	0.62	0.22	0.37	0.30
	28 วัน	P_{max} (กก.)	816	792	804	1,269	1,237	1,253	805	825	815
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	0.31	0.31	0.31	0.78	0.71	0.75	0.50	0.46	0.48
กำลังรับแรงดัด (ฉาบสองด้าน)	14 วัน	P_{max} (กก.)	841	940	891	1,367	1,320	1,344	1,113	1,014	1,064
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	0.54	0.55	0.55	0.65	0.62	0.64	1.66	0.62	1.14
	28 วัน	P_{max} (กก.)	1,039	1,039	1,039	1,310	-	1,310	1,237	1,188	1,213
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	0.47	0.38	0.43	0.78	-	0.78	0.73	0.71	0.72

หมายเหตุ *(1) ตัวอย่างวิบัติแบบทันทีทันใด ไม่สามารถบันทึกผลการทดลองได้*

4.3.2 ลักษณะการวิบัติของแพงตัวอย่างและลักษณะการดูดซึมน้ำ

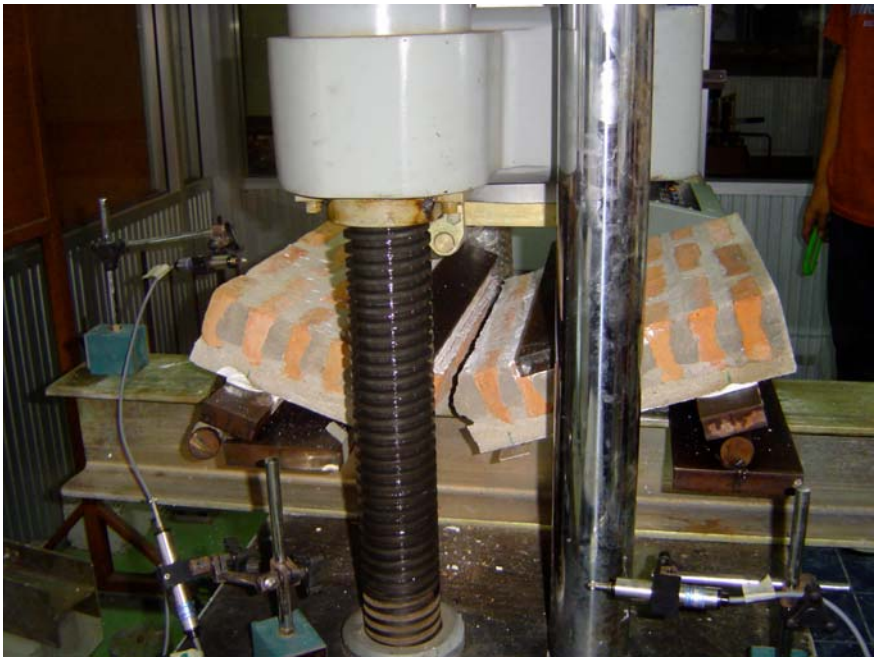
ในกรณีก้อนตัวอย่างถูกแรงอัดกระทำ จากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าจะเริ่มเกิดรอยแตกร้าว ณ บริเวณกึ่งกลางความสูงของก้อนตัวอย่าง และรอยแตกจะกระจายไปเรื่อยๆ จนในที่สุดจะเกิดแนวของรอยแตกร้าวในแนวทแยงแบบแรงเฉือน และเกิดการแตกร้าวผ่านหน้าตัดของอิฐมอญ เหมือนกันหมดทั้งสามแบบ ไม่ว่ากำแพงนั้นจะใช้ปูนทรายรูปแบบใดในการก่อ (รูปที่ 4.3 (ก))

(ก) การทดสอบกำลังรับแรงอัด



(ข) การทดสอบกำลังรับแรงดัด (ไม่ฉาบ)

รูปที่ 4.3 การวิบัติของกำแพงที่ผ่านการทดสอบแล้ว (ปูนทรายมาตรฐาน)



(ค) การทดสอบกำลังรับแรงดัด (ฉาบ 1 ด้าน)

(ง) การทดสอบกำลังรับแรงดัด(ไม่ฉาบ2 ด้าน)

รูปที่ 4.3 การวิบัติของกำแพงที่ผ่านการทดสอบแล้ว (ปูนทรายมาตรฐาน) (ต่อ)

สำหรับการทดสอบแรงดัดกับแผงกำแพงนั้น พบว่าสำหรับตัวอย่างที่ไม่มีการฉาบ การวิบัติจะเกิดทันทีทันใดตามแนวผิวสัมผัสระหว่างอิฐกับปูนก่อทำให้ไม่สามารถวัดค่าแรงกระทำสูงสุดได้ ในขณะที่ตัวอย่างที่มีการฉาบเพียงด้านเดียว พบว่ามีรอยแตกร้าวในแนวเส้นตรงตลอดหน้าตัด โดยเกิดที่บริเวณผิวรอยต่อระหว่างปูนก่อกับอิฐ และมีบางส่วนที่เกิดการแตกร้าวผ่านก้อนอิฐโดยตรง ซึ่งผลไม่ต่างกันมากนักสำหรับการใช้ปูนทรายที่ต่างชนิดกัน (รูปที่ 4.3 (ข) และ (ค))

อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีการฉาบผิวตัวอย่างทั้งสองด้านพบว่าหากใช้ปูนก่อมาตรฐานรอยแตกจะเกิดตามแนวผิวสัมผัสระหว่างก้อนอิฐและปูนก่อ ในขณะที่หากเป็นปูนก่อที่มีส่วนผสมของน้ำยางคงรูปหรือกาวยางพาราแล้วจะทำให้รอยร้าวที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มในการแตกผ่านแนวอิฐมากกว่าที่จะเป็นแนวผิวสัมผัส ดังรูปที่ 4.3 (ง)

ในส่วนของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของกำแพงตัวอย่างได้แสดงไว้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของกำแพงตัวอย่างที่ใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆในการก่อและฉาบ

ตัวอย่าง	วันที่ตรวจสอบ		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
STD			
น้ำยุบตัว (ซม.)	2.3	3.4	4.1
ปริมาตรน้ำที่หายไป(ซม^3)	5746	8179	9626
ร้อยละของน้ำที่หายไปเทียบกับที่ 28 วัน	*0.60*	*0.85*	*1.00*
PV 1			
น้ำยุบตัว (ซม.)	3.1	4.2	4.7
ปริมาตรน้ำที่หายไป(ซม^3)	7535	9826	10806
ร้อยละของน้ำที่หายไปเทียบกับที่ 28 วัน	*0.70*	*0.91*	*1.00*
RC 5			
น้ำยุบตัว (ซม.)	2.1	3.2	3.9
ปริมาตรน้ำที่หายไป(ซม^3)	5282	7751	9220
ร้อยละของน้ำที่หายไปเทียบกับที่ 28 วัน	*0.57*	*0.84*	*1.00*

บทที่ 5
วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์ผล

จากผลการทดลองทั้งหมดที่ได้รวบรวมและนำเสนอในบทที่ 4 นั้น ในบทนี้จะได้นำผลดังกล่าวมาวิเคราะห์เปรียบเทียบในแง่มุมต่างๆ เพื่อที่จะหาข้อสรุปของคุณสมบัติของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางในรูปแบบต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไปว่ามีข้อดี หรือข้อด้อยอย่างไรเมื่อเทียบกับปูนทรายที่ใช้ทั่วไปในงานก่อสร้างส่วนใหญ่ ซึ่งได้บทนี้จะแยกวิเคราะห์เป็นส่วนหลัก 2 ส่วนเช่นเดียวกันกับในบทที่ 4 คือผลในส่วนของปูนทราย และผลของกำแพงก่อ และในตอนท้ายของบทจะได้กล่าวถึงแง่มุมอื่นๆที่น่าสนใจเกี่ยวกับปูนทราย หรือกำแพงก่อที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆด้วย

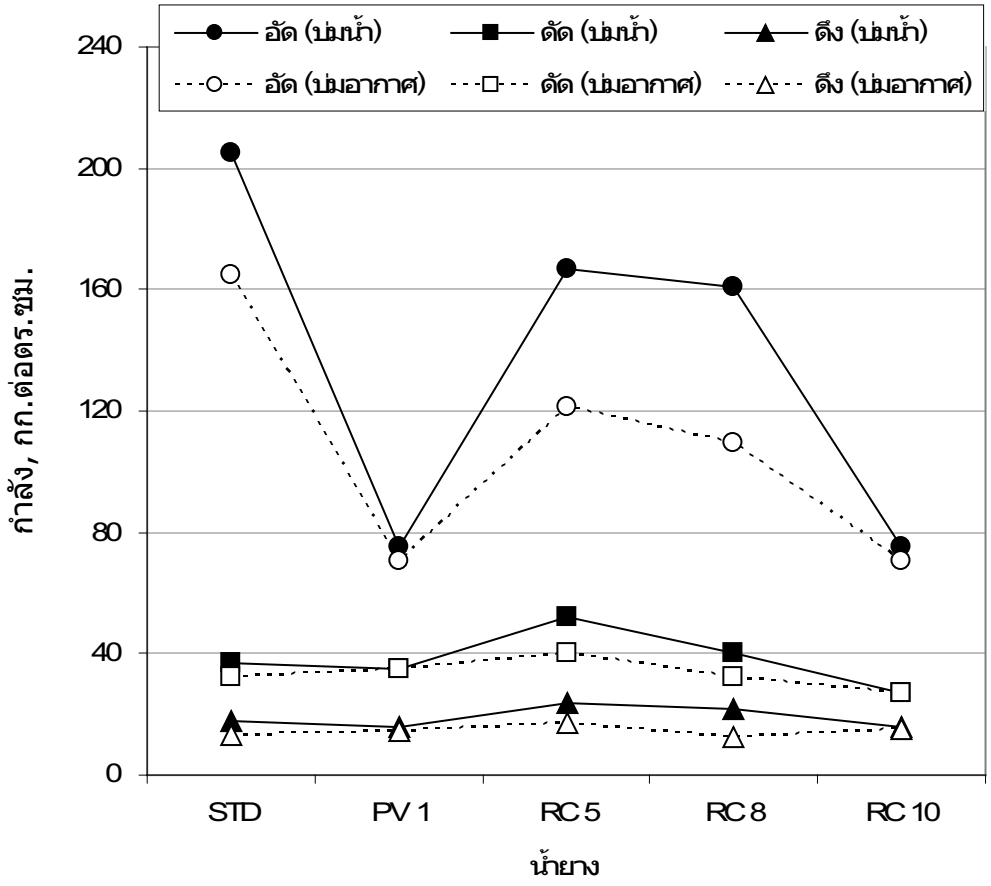
5.2 ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบกับปูนทรายที่ใช้โดยทั่วไป

5.2.1 กำลังการรับแรง

เมื่อพิจารณากำลังการรับแรงในด้านต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไปของปูนทรายที่ในส่วนผสมมีน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆดังแสดงในรูปที่ 4.1 ในบทที่ 4 จะพบว่าในแง่ของกำลังรับแรงอัดนั้นปูนทรายมาตรฐานจะมีความสามารถในการรับแรงได้สูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเป็นคุณสมบัติเด่นในการเชื่อมประสานของตัวซีเมนต์เองอยู่แล้ว แต่เมื่อพิจารณาถึงกำลังรับแรงดัด และแรงดึงจะพบว่า ปูนทรายที่มีส่วนผสมของไม่ว่าจะเป็นน้ำยางคงรูปหรือกาวยางพาราจะมีค่ากำลังการรับแรงที่ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการบ่มในน้ำเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และหากเปรียบเทียบระหว่างการผสมน้ำยางคงรูปและการผสมกาวยางพาราแล้ว พบว่าการผสมกาวยางพารามีแนวโน้มที่จะทำให้กำลังของปูนก่อพัฒนาไปได้มากกว่า

หรือหากจะพิจารณาจากรูปที่ 5.1 ซึ่งแสดงค่ากำลังรับแรงด้านต่างๆของปูนทราย ณ อายุของการทดสอบ28 วัน ก็จะทำให้เห็นแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของกำลังรับแรงอัด แรงดัด และแรงดึงเมื่อส่วนผสมในปูนทรายนั้นต่างกัน อีกทั้งจะเห็นได้ชัดว่าการบ่มมีผลอย่างยิ่งต่อกำลังที่เปลี่ยนไป กล่าวคือไม่ว่าจะใช้ส่วนผสมของน้ำยางพารารูปแบบต่างๆในปริมาณเท่าไรก็ตาม จะพบว่ากำลังของก้อนตัวอย่างไม่ว่าจะในด้านใดก็ตามจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการบ่มด้วยน้ำเนื่องจากมีการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นระหว่างน้ำและซีเมนต์ที่สมบูรณ์มากขึ้น มากกว่าก้อนตัวอย่างที่ผ่านการบ่มในอากาศเพียงอย่างเดียว

นอกจากนั้นรูปดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่า ปริมาณที่เหมาะสมที่สุดของกาวยางพาราที่จะใช้เป็นส่วนผสมหนึ่งในปูนทรายนั้นพบว่าน่าจะเป็นที่ร้อยละ 5 ดังนั้นในขั้นตอนของการก่อกำแพงทางคณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปริมาณของกาวยางพาราดังกล่าวเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของปูนทรายต่อไป



รูปที่ 5.1 ผลการทดสอบกำลังของก้อนตัวอย่างปูนทรายที่อายุตัวอย่าง 28 วัน

5.2.2 ลักษณะการแตกหักและการดูดซึมน้ำ

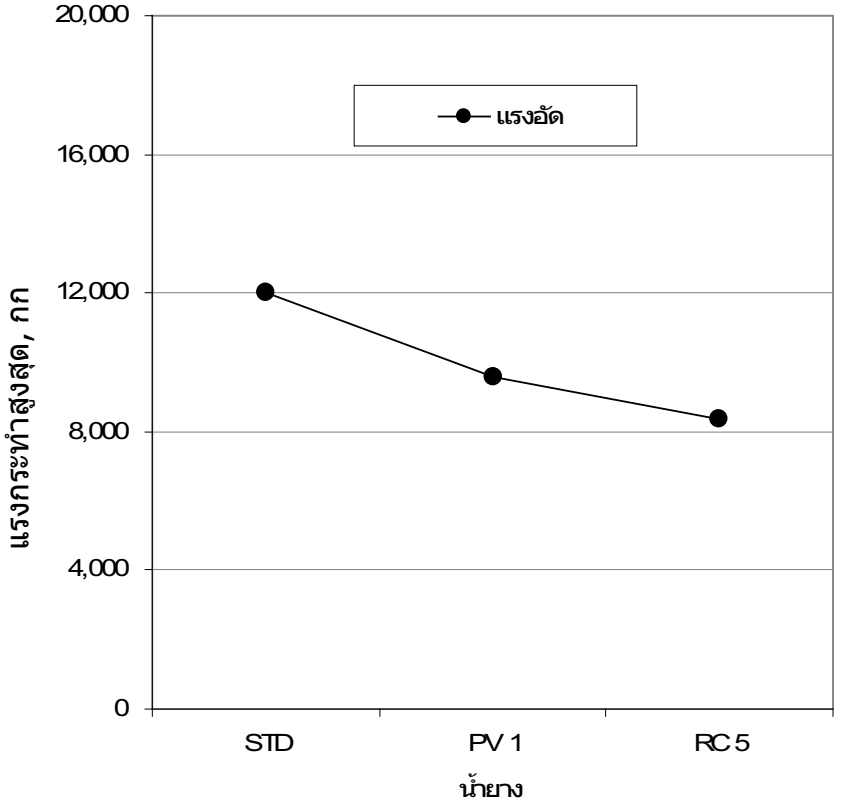
จากการสังเกตด้วยตาเปล่าขณะทำการทดสอบ และจากภาพที่ได้ทำการบันทึกหลังการทดสอบที่ตัวอย่างเกิดการแตกหักแล้วดังได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 4.2.2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน รวมไปถึงปริมาณการดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่างก็ไม่เกิดความแตกต่างที่มีนัยสำคัญเท่าใดนัก

5.3 กำแพงที่ก่อด้วยปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบกับกำแพงก่อมาตรฐาน

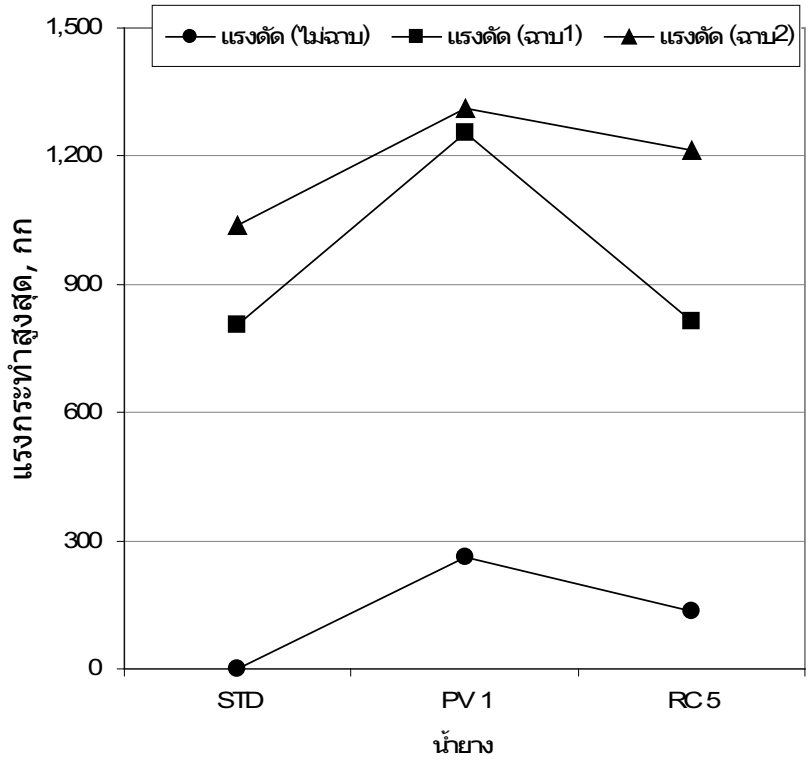
5.3.1 กำลังการรับแรง

หากพิจารณากำลังการรับแรงในด้านต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไปของกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายที่ในส่วนผสมมีการนำน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆรวมเข้าไปเมื่ออายุ 28 วันดังแสดงในรูปที่ 5.2 จะพบว่าในแง่ของการรับแรงอัดแล้ว การใช้ปูนทรายมาตรฐานจะทำให้กำแพงรับแรงกระทำได้สูงสุด แต่หากพิจารณาความสามารถในการรับแรงดัดแล้วไม่ว่าจะฉาบหรือไม่ก็ตามกำลังรับการรับแรงดัดมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเมื่อมีการใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของยางพาราในรูปแบบต่างๆอยู่ด้วย และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้น้ำยางคงรูปนั้น มีแนวโน้มที่จะที่จะทำให้การพัฒนากำลังไปได้ดีที่สุด

จะเห็นว่าผลที่ได้จากการทดสอบกำแพงก่อนั้นมีความแตกต่างจากแนวโน้มที่ได้รับจากการทดสอบปูนทรายเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้สาเหตุหนึ่งที่เป็นไปได้คือคุณสมบัติทางกายภาพของปูนทรายที่ได้ที่จะนำมาใช้เพื่อการก่อนั้นแตกต่างกันจึงส่งผลให้คุณสมบัติของการรับแรงของกำแพงจึงแตกต่างกัน ดังจะได้อธิบายละเอียดในหัวข้อ 5.4 ต่อไป



() กำลังรับแรงอัด



() กำลังรับแรงดัด

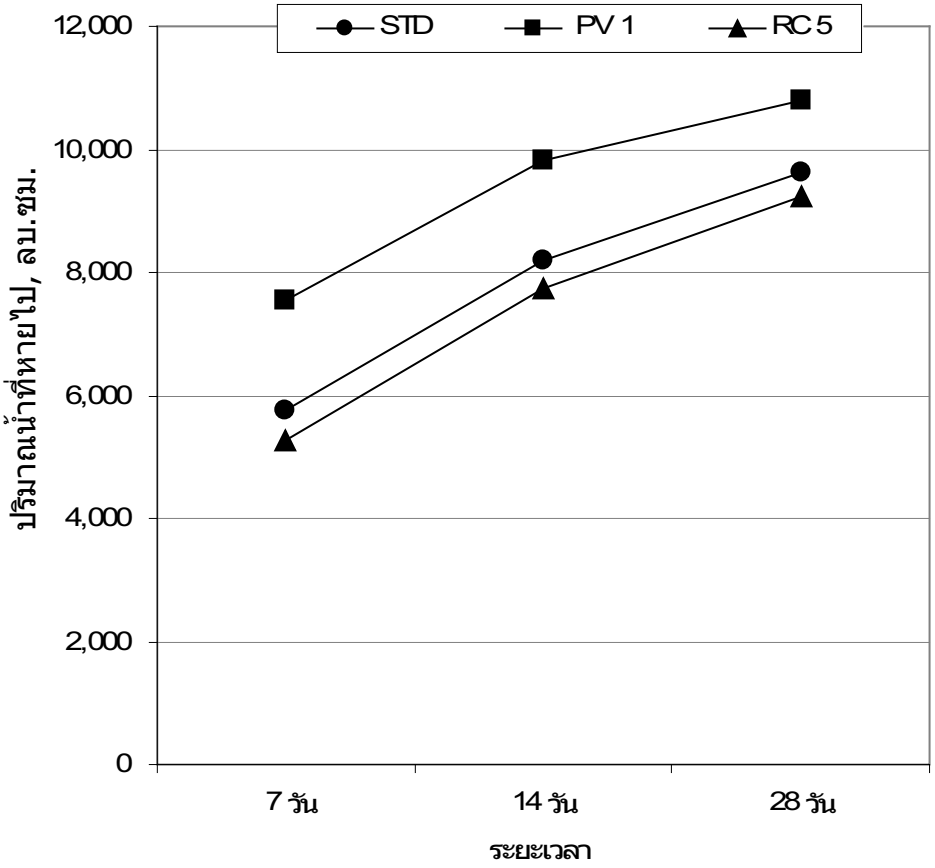
รูปที่ 5.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงสูงสุดของตัวอย่างกำแพงก่อที่อายุ 28 วัน

5.3.2 ลักษณะการแตกหักและการดูดซึมน้ำ

จากลักษณะของการแตกหักและการกระจายตัวของรอยแตกที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ 4.3.2 นั้นจะพบว่าความแตกต่างในการวิบัติอย่างมีนัยสำคัญ ดังสังเกตได้ในกรณีที่มีการใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของยางพาราในรูปแบบต่างๆกับกำแพงก่อที่มีการฉาบสองด้าน ด้วยคุณสมบัติความยืดหยุ่นและการยึดเกาะที่ดีของยางพารานี้เองจะมีผลให้อิฐจับตัวกันได้ดีกับปูนทรายที่ใช้มากขึ้น ดังนั้นการแตกหักเมื่อทำการทดสอบด้วยแรงดัดจึงมิได้เกิดขึ้นจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอิฐและปูนทรายที่มีค่าต่ำดังเช่นกรณีของปูนทรายมาตรฐานอีกต่อไป แต่จะพบว่ารอยแตกจะผ่านเข้าไปยังเนื้ออิฐทั้งนี้เนื่องจากแรกยึดเหนี่ยวระหว่างปูนทรายและอิฐก่อที่ดีขึ้นนั่นเอง

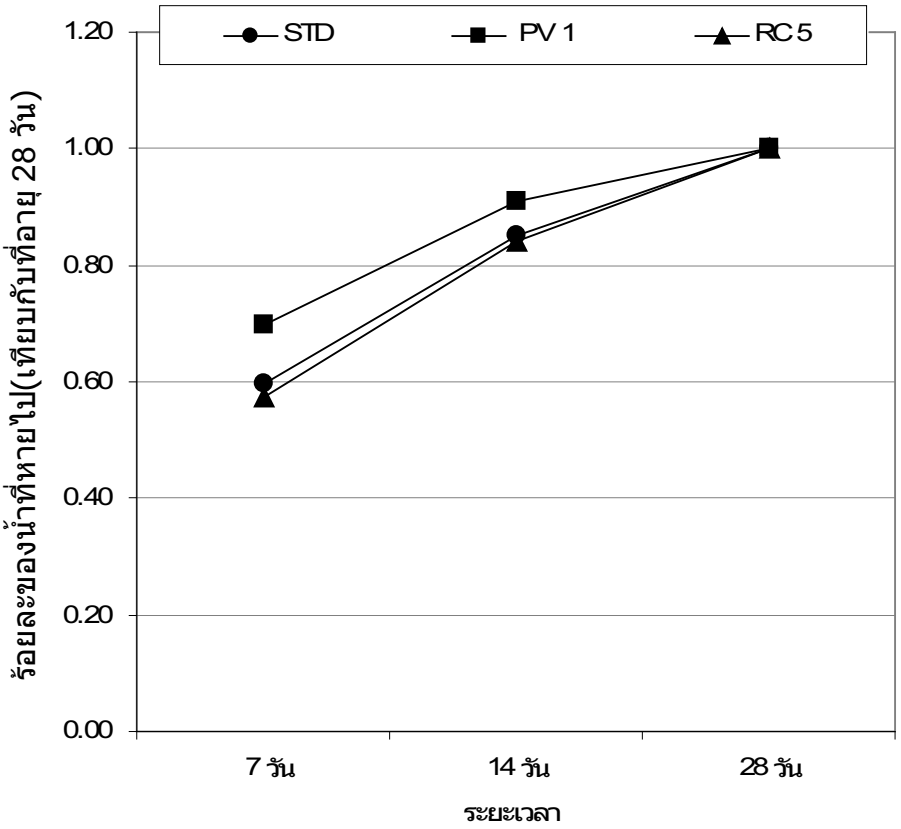
ในแง่ของความสามารถในการดูดซึมน้ำของกำแพงตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 5.3 (ก) แม้ว่าผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของปูนทรายทั้ง 3 ประเภท ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 5.2.2 จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด แต่กรณีของกำแพงที่ก่อและฉาบด้วยปูนทรายที่ผสมน้ำยางคงรูปจะมีปริมาณการดูดซึมน้ำสูงที่สุด ในขณะปูนก่อที่ผสมกาวยางพาราจะมีปริมาณการดูดซึมที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่ากาวยางพารามีส่วนช่วยในการทำหน้าที่ประสานและอุดโพรงเล็กๆระหว่างทรายและซีเมนต์เพสท์ทำให้กำแพงที่ผ่านการฉาบแล้วดังการทดสอบมีการดูดซึมน้ำที่ลดลง

นอกจากนั้นจะพบว่าอัตราการดูดซึมจะน้อยลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยที่ปูนก่อผสมน้ำยางคงรูปจะมีอัตราการดูดซึมในช่วงแรกเทียบกับที่ 28 วันสูงกว่าปูนก่อประเภทอื่นๆ ดังรูปที่ 5.3 (ข)



(ก) ปริมาณน้ำที่หายไปที่ระยะเวลาต่างๆ

รูปที่ 5.3 การดูดซึมน้ำของกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายในการก่อต่างกัน



(ข) ร้อยละของน้ำที่หายไปเทียบกับที่ 28 วัน

รูปที่ 5.3 การดูดซึมน้ำของกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายในการก่อต่างกัน (ต่อ)

5.4 ความยากง่ายของการทำงานและคุณสมบัติด้านราคา

หากพิจารณาถึงความยากง่ายในการทำงานทั้งในแง่ของการก่อและการฉาบแล้วพบว่าสำหรับปูนก่อมาตรฐานทั่วไปก่อนที่จะทำการก่ออิฐที่ใช้ควรแช่น้ำด้วยเวลาที่เหมาะสมเพื่อที่จะทำให้ปูนทรายสามารถเกาะกับอิฐได้ดีในเวลาที่ทำการก่อหรือฉาบ และการทำงานจะง่ายหรือยากนั้นขึ้นอยู่กับส่วนผสม ซึ่งส่วนผสมที่ใช้กันโดยทั่วไปที่มีส่วนผสมกับน้ำยาผสมจะช่วยให้ทำงานได้สะดวกขึ้นในระดับหนึ่ง

อย่างไรก็ตามในการใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางคงรูปซึ่งจะมีความเหลวมากกว่าปูนทรายปกติทั่วไปนั้น อิฐที่ใช้จะต้องไม่แช่น้ำนานเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการเยิ้มเป็นอุปสรรคต่อการทำงาน แต่จะมีข้อดีที่อิฐกับปูนทรายสามารถจับตัวกันได้ดีอีกทั้งสามารถทำงานฉาบได้ง่าย

สำหรับปูนทรายที่มีส่วนผสมของกาวยางพารานั้น แม้ว่าในการทดสอบคุณสมบัติของปูนทรายอย่างเดียวนั้นจะให้ผลเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือมีกำลังอัดที่ไม่ลดลงมากนักเทียบกับปูนทรายมาตรฐาน ในขณะที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้นโดยจะเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงดัดและแรงดึง แต่ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งคือด้วยความเป็นกาวของตัวกาวยางพาราเองทำให้ในการผสมกับปูนทรายจะมีส่วนทำให้ปูนทรายแห้งเร็วขึ้น และทำให้ผสมได้ทั่วถึงยาก และเมื่อนำไปใช้เพื่อการก่อกำแพง จะมีแนวโน้มในการแข็งตัวเร็วทำให้ทำงานไม่ทัน และเมื่อนำไปก่อจะทำให้จับตัวกับอิฐได้ไม่ดีนักอีกทั้งทำงานฉาบได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นก่อนการลงมือฉาบจึงต้องมีการนำอิฐไปแช่น้ำให้นานกว่ากรณีของปูนทรายในรูปแบบอื่นๆ รวมทั้งก่อนฉาบควรจะต้องทำการพรมน้ำบนกำแพงที่ก่อแล้วให้เปียกชุ่มด้วย

ในแง่ของความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆผสมลงในส่วนผสมปูนทรายในการศึกษานี้ เมื่อคำนวณราคาของปูนก่อหรือปูนฉาบที่ได้ในปริมาณ 1 ลบ.ม. (บนพื้นฐานของราคาต่อหน่วยมาตรฐานของวัสดุที่เท่ากัน) เปรียบเทียบระหว่างปูนทรายมาตรฐานที่ใช้น้ำยาก่อ กับปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางคงรูป และกาวซีเมนต์นั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 ทำให้เห็นว่าราคาของปูนทรายที่มีส่วนผสมของกาวยางพาราจะมีราคาสูงที่สุด ในขณะที่ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางคงรูปจะมีราคาใกล้เคียงกับปูนก่อมาตรฐานที่ผสมน้ำยาก่อ จึงน่าที่จะมีความเป็นไปได้มากที่สุดในการนำไปพัฒนาต่อเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมยิ่งขึ้น อีกทั้งยังควรศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานจริงได้เกิดประโยชน์ต่อไป

ตารางที่ 5.1 ราคาของปูนทรายสำหรับงานก่อและฉาบกำแพงรูปแบบต่างๆ (บาท ต่อ ลบ.ม.)

ประเภทของปูนทราย		STD	PV1	RC5
ปูนก่อ	ปริมาณ, ถุง	9.6	9.6	9.1
	ราคา, บาท	1056.0	1056.0	1003.2
ทราย	ปริมาณ, ลบ.ม.	0.6	0.6	0.6
	ราคา, บาท	180.0	180.0	180.0
น้ำ	ปริมาณ, กก.	480.0	475.2	480.0
	ราคา, บาท	7.2	7.1	7.2
น้ำยาก่อ	ปริมาณ, ลิตร	1.2		
	ราคา, บาท	90.0		
น้ำยางคงรูป	ปริมาณ, ลิตร		4.8	
	ราคา, บาท		360.0	
กาวยางพารา	ปริมาณ, ขวด			48.0
	ราคา, บาท			3264.0
ราคารวม, บาท		1,333.20	1,603.13	4,454.40

<u>หมายเหตุ</u> *(1) ราคาต่อหน่วยของวัสดุ: ซีเมนต์ 110 บาทต่อถุง, ทราย 300 บาทต่อลบ.ม., น้ำ 0.015 บาทต่อลิตร, น้ำยาผสมปูนก่อ 75 บาทต่อลิตร, น้ำยางคงรูป 75 บาทต่อลิตร และกาวยางพารา 68 บาทต่อขวด (ขวดละ 0.5 ลิตร)*

บทที่ 6
สรุปผลการนำน้ำยางพารามาเป็นส่วนผสมปูนทรายที่ใช้ในงานก่อและฉาบกำแพง

จากผลการทดลองและบทวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 4 และ 5 พบว่าปูนทรายที่ใช้ในงานก่อและฉาบกำแพงที่มีส่วนผสมของยางพารา จะส่งผลกับคุณสมบัติของปูนทรายที่ได้ไม่ว่าจะเป็นในแง่ของการทำงาน ด้านกำลังการรับแรงต่างๆ หรือแม้กระทั่งความสามารถในการดูดซึมน้ำ ไม่ว่ายางพาราในส่วนผสมจะอยู่ในรูปของน้ำยางคงรูป (Prevulcanized latex) หรือในรูปของกาวยางพารา (Rubber Cement) โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 ผลของการผสมน้ำยางพาราคงรูป

จากผลการทดลองพบว่า การผสมน้ำยางพาราคงรูปโดยการแทนที่น้ำ เข้าไปผสมกับน้ำก่อนที่จะใส่เข้าไปในส่วนผสมของปูนทราย หากใส่ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ส่วนผสมจับตัวเป็นก้อนไม่สามารถนำไปใช้งานได้ แต่หากใส่ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้ปูนทรายที่ได้มีความยืดหยุ่นมากขึ้นอันเป็นผลให้มีกำลังรับแรงดัด และแรงดึงสูงขึ้น อีกทั้งสามารถนำไปใช้งานได้ง่ายเพราะมีความเหลวแต่ต้องระวังการเยิ้มของน้ำในส่วนผสม แต่อย่างไรก็ตามกำลังในการรับแรงอัดจะลดลง อีกทั้งจะทำให้เกิดการดูดซึมน้ำของกำแพงที่เกิดจากการก่อและฉาบจากปูนทรายชนิดนี้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปูนทรายมาตรฐาน

6.2 ผลของการผสมกาวยางพารา

ในกรณีที่ใส่กาวยางพาราเข้าไปในส่วนผสมของปูนทรายนั้น จะใส่เข้าไปแทนที่ซีเมนต์เพื่อทำหน้าที่ในการเชื่อมประสานซึ่งผลที่ได้จะทำให้ปูนทรายที่ได้มีการยึดเกาะที่ดีแต่จะทำให้ส่วนผสมค่อนข้างแห้ง ผสมให้เข้ากันยาก และมีเวลาในการทำงานน้อยเพราะส่วนผสมจะแห้งเร็ว แต่หากพิจารณาในแง่กำลังนั้น กำลังรับแรงอัดลดลงไม่มากนักเทียบกับกรณีปูนทรายมาตรฐาน แต่กำลังรับแรงอัดจะลดลงเป็นอย่างมากหากใช้ในการก่อกำแพง เช่นเดียวกันกับพฤติกรรมการรับแรงดัดและดึงของปูนทราย ที่ดูเหมือนจะดีขึ้นแต่หากนำไปใช้ในการก่อกำแพงจะทำให้กำลังไม่แตกต่างจากปูนทรายมาตรฐานนัก ทั้งนี้สาเหตุน่าจะมาจากการแห้งเร็วและทำงานได้ยากของปูนทรายประเภทนี้นั่นเอง

อย่างไรก็ตาม ข้อดีประการหนึ่งของการใช้กาวยางพาราผสมในปูนทรายเพื่อใช้ในการก่อกำแพงอิฐมอญก็คือจะทำให้มีการดูดซึมน้ำของกำแพงที่ลดลง อันอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยบรรเทาปัญหาการรั่วซึมของน้ำในอาคารได้ต่อไปในอนาคต

6.3 ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง

การใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของยางพาราในงานก่อฉาบจริงนั้นมีความเป็นไปได้สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากได้รับการศึกษาเข้าใจอย่างถ่องแท้มากขึ้นในคุณสมบัติด้านอื่นๆ (หัวข้อ 6.4) อีกทั้งหากสามารถพัฒนาจนได้ลักษณะทางกายภาพของส่วนผสมที่เอื้ออำนวยต่อการทำงานจริงได้ง่ายยิ่งขึ้น

6.4 ข้อเสนอแนะ

จากข้อจำกัดด้านเวลาในการศึกษาพบว่ายังมีอีกหลายแง่มุมที่น่าสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมมากขึ้น ตัวอย่างเช่น

() ความคงทนของปูนทรายที่ได้ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของการใช้งานระยะยาว

() คุณสมบัติด้านอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการป้องกันความร้อน เสียง ซึ่งถือเป็นเป็นคุณสมบัติที่น่าสนใจและสำคัญของกำแพงก่อโดยทั่วๆไป

() ความสามารถในการตกแต่ง เช่นความสามารถในการยึดติดกับเนื้อสีที่อาจมีการนำมาทาทับพื้นผิว

() ในกรณีที่นำไปใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์เหล็ก ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบที่อาจมีต่อการเกิดสนิมในเหล็กได้

เอกสารอ้างอิง

[1] จีรพงษ์ จินุกูล และคณะ, *การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมกาวยางพารา*, ปริญญานิพนธ์, สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา ภาควิชาก่อสร้างและงานไม้ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544

[2] วีรพงษ์ อนุวัตมงคลชัย, *การศึกษาความสามารถในการรับแรงดึงของซีเมนต์เพสต์และมอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา*, โครงงานวิศวกรรมชลประทาน (207499) ที่ 10/2544, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 2545

[3] Smith-Andres, *Materials of Construction*, Mc Graw Hill, 1987

[4] G.D.Taylor, *Materials in construction: Principles, Practice and Performance*, Longman, 2002

[5] ข้อมูลวิชาการ สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (Rubber Research Institute) http://www.rubberthai.com, วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ.2546

[6] วิภา เศวตกนิษฐ และคณะ , *การผลิตกาวยางจากน้ำยางเพื่อใช้งานทั่วไป*, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร 2541

[7] American Standard Testing and Materials (ASTM): Specification C62-75, C67-73, C144-75, C270-80, C190-77