

บทที่ 4

ผลและการวิจารณ์

ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการทดสอบกำลังอัด ความสามารถเทได้ และความหนาแน่นของคอนกรีต โดยวิเคราะห์ผลการทดสอบคอนกรีตแต่ละสัดส่วนของการทดสอบคอนกรีตทั้งส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยาพาราและส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยาพาราผสมสารลดแรงตึงผิว เมื่อนำตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมน้ำยาพาราและตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมน้ำยาพาราและสารลดแรงตึงผิว บ่มในน้ำในสัดส่วนที่กำหนดไว้ ที่ 7, 14 และ 28 วัน สำหรับรายละเอียดบทนี้จะกล่าวถึง การพัฒนากำลังอัด อิทธิพลของน้ำยาพาราชั้นผสมสารลดแรงตึงผิว ต่อกำลังอัดของคอนกรีต ความสามารถเทได้ และความหนาแน่นของคอนกรีต หาค่าการยุบตัวค่าเฉลี่ย ของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยาพาราผสมสารลดแรงตึงผิว

4.1 ค่ายุบตัวของคอนกรีตสด

การทดสอบค่าการยุบตัวเพื่อหาความสามารถไหลได้ หรือความสามารถเทได้ของคอนกรีตสดได้ค่า ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C143 มาตรฐานการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต (ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020)

ตาราง 4.1 ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยาพารา

ส่วนผสม	ค่าการยุบตัว (เซนติเมตร)
Control	9
L-0.5	10
L-1.0	10
L-1.5	11
L-2.0	12

การทดสอบค่าการยุบตัวเพื่อหาความสามารถไหลได้ หรือความสามารถเทคอนกรีตสดลงบนแบบได้ค่ายุบตัวดังแสดงในตารางที่ 4.2

ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราเมื่อปริมาณน้ำยางพาราเพิ่มขึ้นค่าการยุบตัวจะค่อยๆ เปลี่ยนไปตามระดับการเพิ่มของปริมาณน้ำยางพารา ไม่เกิน 12 เซนติเมตร ตามที่ออกแบบไว้และส่วนผสมคอนกรีตจะทำให้เนื้อยางพาราแตกเป็นก้อนไม่สามารถเข้ากับคอนกรีตเป็นเนื้อเดียวกันได้ ดังภาพประกอบ 4.1 แต่ในส่วน of ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางพาราเพิ่มขึ้นตามสัดส่วน ค่าการยุบตัวในสัดส่วนที่ผสมสารลดแรงตึงผิวจะเพิ่มขึ้นมากกว่าสัดส่วนที่ไม่ใส่สารลดแรงตึงผิว เนื่องจากสารลดแรงตึงผิวจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ทำให้เข้ากับน้ำยางได้ดี และมีค่าการยุบตัวที่เพิ่มขึ้นจากการออกแบบไว้มาก ดังภาพประกอบ 4.2

ตาราง 4.2 ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

ส่วนผสม	ค่าการยุบตัว (เซนติเมตร)
Control	9
L-0.5s	9
L-1.0s	10
L-1.5s	12
L-2.0s	14



ภาพประกอบ 4.1 ส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพารา



ภาพประกอบที่ 4.2 ส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

4.2 การพัฒนากำลังอัด

จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตแสดงผลให้ทราบถึงผลของคอนกรีตที่ใส่น้ำยางพาราลงไปในส่วนผสมพบว่ากำลังอัดเพิ่มขึ้น ในการใส่น้ำยางพาราที่ร้อยละ 1.0 และจะลดลงหลังจากเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 1.0 ซึ่งหมายความว่า ในการใส่น้ำยางพาราจะมีผลต่อความสามารถในการรับกำลังอัด ในงานวิจัยนี้ ส่วนผสมชุด Control มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 324.7 ksc เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ ACI 318 การออกแบบโดยวิธีกำลังประลัยได้กำหนดตามกรอบของ ACI 318-71 กำหนดให้ทดสอบก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เพื่อยืนยันว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ ส่วนผสมชุด Control อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด สำหรับคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 มีกำลังที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 324.7, 336.5, 312.9, 315.9 และ 265.8 ksc ดังแสดงในตารางที่ 4.3

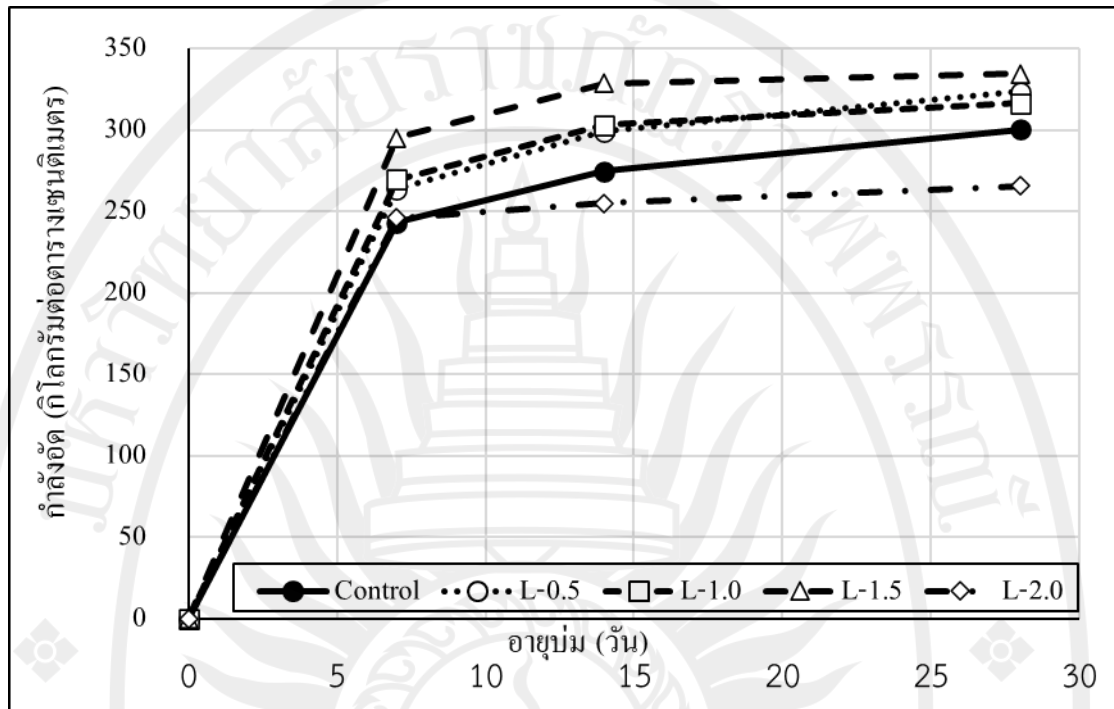
ตาราง 4.3 กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อายุทดสอบต่างๆ (ksc)

กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ตัวอย่างทดสอบ	7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	243.3	274.7	324.7
L-0.5	274.7	299.2	336.5
L-1.0	269.8	303.1	312.9
L-1.5	295.3	328.6	315.9
L-2.0	246.2	210.9	265.8

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา L0.5, L1.0 และ L1.5 มีค่ากำลังอัดสูงกว่าชุด Control ตั้งแต่อายุการบ่ม 7 และ 14 วัน โดยส่วนผสมที่ L0.5 ที่อายุ 28 วัน จะมีกำลังอัดสูงสุดในชุดการทดสอบนี้ เท่ากับ 336.5 ksc

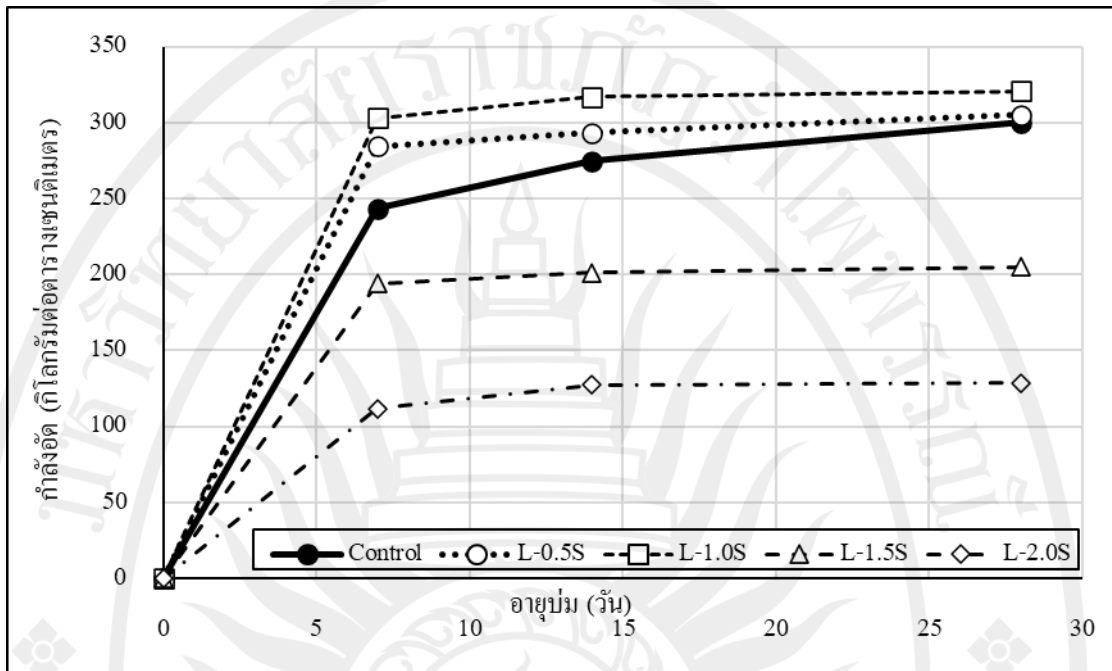
จากที่ทำการทดสอบกำลังของคอนกรีตแสดงผลให้เห็นในตารางที่ 4.4 และภาพประกอบที่ 4.4 แสดงให้ทราบถึงผลของคอนกรีตที่ใส่น้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิวลงไปในส่วนผสมพบว่า กำลังอัดลดลงในการใส่น้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิวที่ร้อยละ 1.0 และจะลดลงหลังจากเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 1.0 ซึ่งหมายความว่าในการใส่น้ำยางพาราจะมีผลต่อความสามารถในการรับกำลังอัดในงานวิจัยนี้ ส่วนผสมชุด Control มีความสามารถรับกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 324.7 ksc เมื่อเปรียบเทียบกับงานมาตรฐานของ ACI 318การออกแบบโดยวิธีกำลังประลัยได้กำหนดตามกรอบของ ACI 318-71 และ มอก 409-2525 กำหนดให้ทดสอบก่อนตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เพื่อยืนยันว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ ส่วนผสมชุด Control อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด สำหรับคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราชั้น ร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 มีกำลังที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 324.7, 305.0, 309.0, 205.0 และ 128.5 ksc พบว่ากำลังอัดคอนกรีตลดลงที่ชุด L-1.5s เมื่อใส่น้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิว



ภาพประกอบ 4.3 การพัฒนาก้างอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ตาราง 4.4 ก้างอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิวที่อายุทดสอบต่างๆ (ksc)

ก้างอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว (ksc)			
ตัวอย่างทดสอบ	7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	243.3	274.7	324.7
L-0.5s	289.4	293.3	305.1
L-1.0s	303.1	320.8	321.0
L-1.5s	194.2	201.1	205.0
L-2.0s	111.8	127.5	128.5



ภาพประกอบ 4.4 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว พบว่ากำลังอัดที่ L-0.5s และ L-1.0s มีค่ากำลังอัดสูงกว่าชุด Control ที่อายุการบ่ม 28 วัน โดยส่วนผสมที่ L-1.0s ที่อายุ 28 วัน ที่ผสมสารลดแรงตึงผิว มีกำลังอัดสูงสุดในชุดการทดสอบนี้ เท่ากับ 321.0 ksc

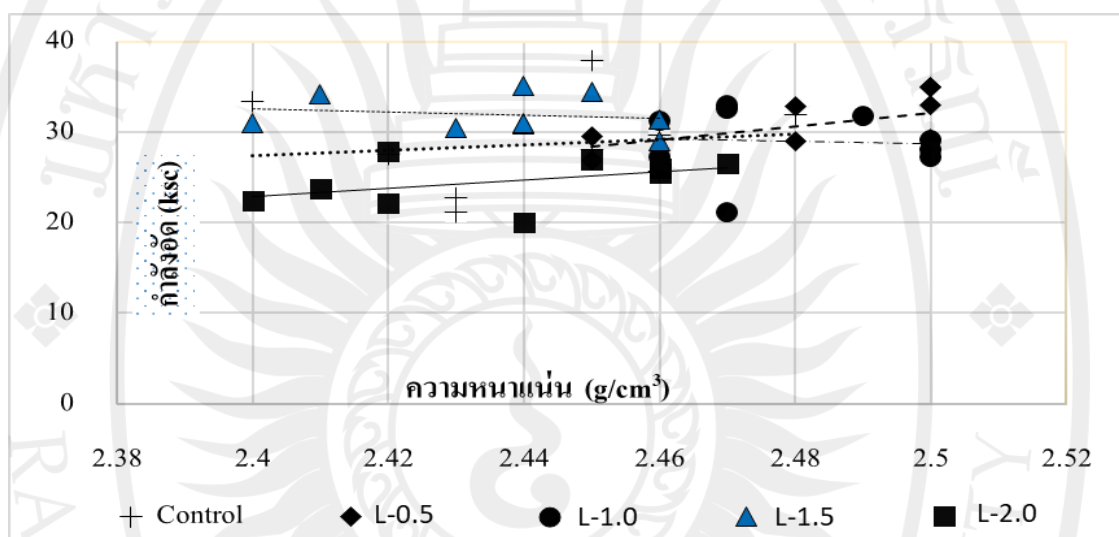
4.3 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

จากที่ทำการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตแสดงผลให้เห็นในตารางที่ 4.5 การหาค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราจากน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน พบว่าความหนาแน่น ชุด Control, L-0.5, L-1.0, L-1.5, และ L-2.0 ได้ค่าเท่ากับ 2.47, 2.50, 2.48, 2.44 และ 2.45 ตามลำดับ

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน
---------	-------	--------	--------

Control	2.44	2.43	2.47
L-0.5	2.48	2.48	2.50
L-1.0	2.48	2.48	2.48
L-1.5	2.44	2.43	2.44
L-2.0	2.44	2.42	2.45



ภาพประกอบ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

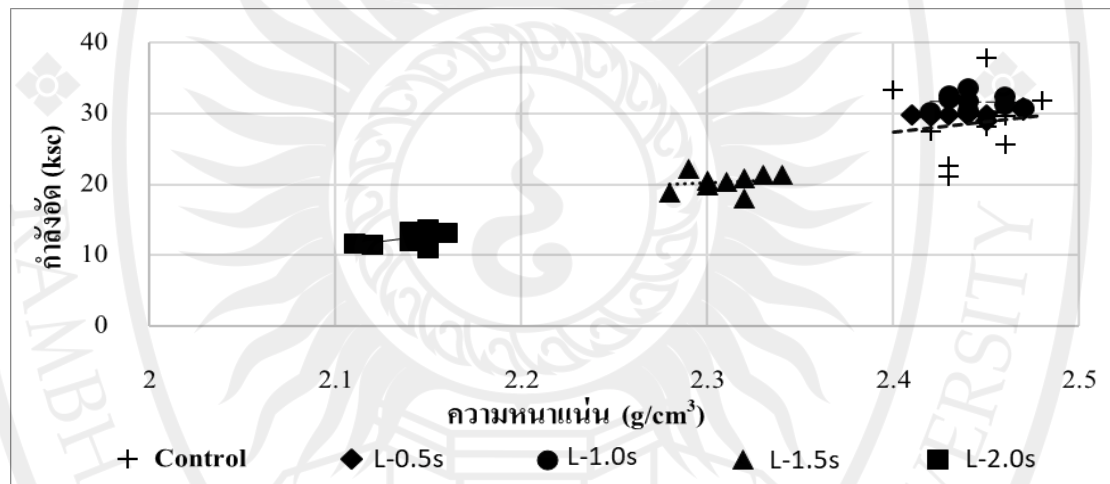
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ในภาพประกอบ 4.5 พบว่าความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารามีการแปรผันโดยตรงกับกำลังอัดอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากคอนกรีตมีความหนาแน่นสูงจึงมีกำลังอัดสูงตามไปด้วยในทุกส่วนผสม โดยการสังเกตจากกราฟที่มีความชันคงที่และเป็นเส้นตรง

4.4 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสมสารลดแรงตึงผิว

จากที่ทำการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตแสดงผลให้เห็นในตารางที่ 4.6 การหาค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสมสารลดแรงตึงผิวจากน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน พบว่า ความหนาแน่นชุด Control , L-0.5s, L-1.0s, L-1.5s และ L-2.0s ได้ค่าเท่ากับ 2.46, 2.44, 2.44, 2.32 และ 2.15

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	2.44	2.43	2.46
L-0.5s	2.44	2.43	2.44
L-1.0s	2.44	2.44	2.44
L-1.5s	2.32	2.29	2.32
L-2.0s	2.13	2.15	2.15



ภาพประกอบ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว เมื่อผสมสารลดแรงตึงผิวถึงแม้ว่าจะช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานได้สูงขึ้น แต่ก็ทำให้เกิดโครงสร้างภายในเนื้อคอนกรีตตามปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่เติมลงไปเป็นโพรงอากาศ

การศึกษาการนำน้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิวมาผสมในงานคอนกรีตเพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยางในคอนกรีตอย่างเหมาะสมโดยพิจารณาถึงความสามารถเทได้และกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยาง ผลการวิจัยพบว่า น้ำยางผสมกับคอนกรีตยิ่งใส่ยางเพิ่มขึ้นจะได้กำลังอัดดีขึ้นจนถึงใส่ยางที่ร้อยละ 1.0 และถ้าใส่ยางเพิ่มขึ้นเกินร้อยละ 1.0 มากขึ้นตามลำดับที่ ร้อยละ 1.5, 2.0 กำลังอัดคอนกรีตจะลดลงหลังจากที่ใส่น้ำยางมากกว่าร้อยละ 1.0 จะลดลงเรื่อยๆ ตามลำดับ และ

คอนกรีตผสมน้ำยาพาราผสมสารลดแรงตึงผิว ผลการวิจัยพบว่าน้ำยาผสมกับคอนกรีตได้ดี และเข้ากันมากได้ค่ากำลังอัดดีขึ้นจนถึงใส่ยางที่ร้อยละ 1.0 และถ้าใส่ยางเพิ่มขึ้นเกินร้อยละ 1.0 มากขึ้นตามลำดับที่ร้อยละ 1.5, 2.0 กำลังอัดคอนกรีตจะลดลงหลังจากที่ใส่น้ำยามากกว่าร้อยละ 1.0 จะลดลงเรื่อยๆ ตามลำดับ

4.5 ผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อคุณสมบัติของคอนกรีตผสมน้ำยาพารา

สารลดแรงตึงผิวต่อกำลังและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยาพารา โดยเลือกออกแบบส่วนผสมคอนกรีตควบคุมกำลังอัด 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าการยุบตัวระหว่าง 7.5 – 12.5 เซนติเมตร ตัวอย่างทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ชุด โดยชุดแรก น้ำในส่วนผสมคอนกรีตควบคุมบางส่วนถูกแทนที่ด้วยน้ำยาพาราในอัตราส่วนร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของน้ำ ส่วนชุดที่สอง นำส่วนผสมของชุดแรกมาแทนที่น้ำยาพาราบางส่วนด้วยสารลดแรงตึงผิวอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของน้ำยาพารา หาค่าการยุบตัวขณะสดของคอนกรีตทุกส่วนผสม และทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.7 และพบว่าการเติมสารลดแรงตึงผิวส่งผลให้คอนกรีตผสมน้ำยาพารามีกำลังอัดลดลงอย่างมากโดยเฉพาะในส่วนผสมที่มีน้ำยางชั้นร้อยละ 1.5 และ 2.0 เมื่อเทียบกับคอนกรีตปกติ ดังตารางที่ 4.8 ความหนาแน่นของคอนกรีตแต่ละตัวอย่างคำนวณจากน้ำหนักและปริมาตรรายก้อน จากการทดสอบพบว่า การเติมสารลดแรงตึงผิวช่วยให้คอนกรีตสดมีค่ายุบตัวสูงขึ้น และพบว่าความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยาพาราทั้งที่มีและไม่มีสารลดแรงตึงผิวแปรผันโดยตรงกับกำลังอัดอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากคอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงจะมีกำลังอัดสูงตามไปด้วยในทุกส่วนผสมโดยการสังเกตจากตารางที่มีค่าคงที่ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่ายุบตัวคอนกรีตผสมน้ำยาพาราและคอนกรีตผสมน้ำยาพาราและสารลดแรงตึงผิว

ค่ายุบตัวคอนกรีตผสมน้ำยาพารา		ค่ายุบตัวคอนกรีตผสมน้ำยาพาราและผสมสารลดแรงตึงผิว	
ส่วนผสม	ค่ายุบตัว	ส่วนผสม	ค่ายุบตัว
Control	9	Control	9
L-0.5	10	L-0.5s	9
L-1.0	10	L-1.0s	10
L-1.5	11	L-1.5s	12

L-2.0

12

L-2.0s

14

ตารางที่ 4.8 กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา และกำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา				กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว			
ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน	ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน
control	243.3	274.7	324.7	control	243.3	274.7	324.7
L-0.5	274.7	299.2	336.5	L-0.5s	289.4	293.3	305.1
L-1.0	269.8	303.1	312.9	L-1.0s	303.1	320.8	309.0
L-1.5	295.3	328.6	315.9	L-1.5s	194.2	201.1	205.0
L-2.0	246.2	210.9	265.8	L-2.0s	111.8	127.5	128.5

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา				ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว			
ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน	ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน
control	2.44	2.43	2.47	control	2.44	2.43	2.46
L-0.5	2.48	2.48	2.50	L-0.5s	2.44	2.43	2.44
L-1.0	2.48	2.48	2.48	L-1.0s	2.44	2.44	2.44
L-1.5	2.44	2.43	2.44	L-1.5s	2.32	2.29	2.32
L-2.0	2.44	2.42	2.45	L-2.0s	2.13	2.15	2.15