# บทที่ 2
# แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อกำลังอัดคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวทางในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

## 2.1 สารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวเป็นสารประกอบที่ทำให้แรงตึงผิวของของเหลวลดลง ช่วยให้การกระจายตัวของของเหลวดีขึ้นและช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างของเหลวสองชนิดหรือระหว่างของเหลวกับของแข็ง สารลดแรงตึงผิวสามารถใช้เป็น น้ำยาซักล้าง อีมัลชั่นโฟมมิ่งเอเจนต์ หรือ ดิสเพอส์แซนต์ สารชนิดนี้จะมีทั้งส่วนที่มีและไม่มีขั้ว เมื่ออยู่ในน้ำจึงมักจัดตัวเป็นไมเซลล์ สารลดแรงตึงผิวแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ประเภท คือ สารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์ และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ซึ่งแบ่งย่อยได้อีก ดังนี้

(1) สารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์

สารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาทางเคมี นิยมแบ่งเป็น 4 ชนิดตามลักษณะส่วนที่ชอบน้ำของโมเลกุล ได้แก่ สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวก สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบสารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ และสารลดแรงตึงผิวที่มีทั้งประจุบวกและลบ เป็นต้น

(2) สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

สารลดแรงตึงผิวชีวภาพแบ่งได้เป็น 5 ชนิดตามองค์ประกอบทางเคมีและชนิดของจุลินทรีย์ที่สร้างขึ้น ได้แก่ ไกลโคลิปิด ลิพอเปปไทด์ และลิพอโปรตีน กรดไขมันฟอสโฟลิปิด และนิวทรัลลิปิด สารลดแรงตึงผิวที่เป็นพอลิเมอร์ สารลดแรงตึงผิวที่เป็นอนุภาค หรือเป็นเซลล์จุลินทรีย์ทั้งเซลล์ ตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ได้แก่ แรมโนลิปิด (Rhamnolipid) ผลิตขึ้นได้จาก Pseudomonas sp. เซอแฟกทิน (Surfactin) ผลิตจาก Bacillus subtilis อลาซาน (Alasan) ผลิตจาก Acinetobacterradioresistens และ ซาพอนิน (Saponin) เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ได้จากพืช เป็นต้น

สารลดแรงตึงผิวเป็นตัวช่วยผสมส่วนผสมอื่นๆให้เข้ากันได้ดีขึ้น และถูกใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำยาซักผ้า น้ำยาปรับผ้านุ่ม อีมัลชั่น สี กาว หมึก น้ำยาไล่หมอก น้ำจับใบสำหรับสารกำจัดศัตรูพืช, น้ำยาลดคำผิด, เครื่องสำอาง, แชมพู, น้ำนวดผม, ยาสีฟัน, น้ำยาดับเพลิง การนำสารลดแรงตึงผิวไปใช้ประโยชน์ สารลดแรงตึงผิวมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ในร่างกายมนุษย์ก็มีสารลดแรงตึงผิวประกอบอยู่ เช่น Gall Acid ซึ่งจะย่อยสารประเภทไขมันได้ สารลดแรงตึงผิวมีประโยชน์หลายๆ ด้าน โดยเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ต่างๆ

และเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตต่างๆ ได้แก่ สารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น ผงซักฟอก สบู่ ยาสีฟัน ยาสระผม ครีมนวดผม และผลิตภัณฑ์ที่มีฟอง สารลดแรงตึงผิว เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางและครีมกันแดด สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในทางการแพทย์ ผลิตยา สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่น กระบวนการย้อมผ้า การเคลือบสีไม้หรือโลหะ การผลิตพลาสติก การทำหนังสัตว์ การผลิตเนยเทียม เค้กและไอศกรีม สารลดแรงตึงผิว ถูกนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น บำบัดน้ำเสีย มลพิษทางดิน ดูดซับของเสีย สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในกระบวนการสกัดแยก เช่น การสกัดแยกแร่ การแยกน้ำมัน ออกจากน้ำ

**2.2 ทราย**

เป็นตัวอย่างหนึ่งของวัสดุจำพวก สสารแบบเม็ด (Granular matter) ตามธรรมชาติแล้ว ทรายเกิดจากหินที่ถูกย่อยเป็นเม็ดละเอียด ซึ่งหมายถึงทรายทั่วๆ ไปที่เราพบเห็นตามชายหาด แต่อีกความหมายหนึ่งในแง่วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทางธรณีวิทยาแล้ว หมายถึงชื่อขนาดของอนุภาคขนาดเม็ด "ทราย" ที่มีขนาดอนุภาคหรือเม็ดตะกอนระหว่าง 0.0625 ถึง 2 มิลลิเมตร อนุภาคหนึ่งๆ ของทรายนั้น เรียกว่า "เม็ดทราย" ขนาดของอนุภาคที่เล็กถัดลงไป เรียกว่า ทรายแป้ง (Silt) เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.0625 มิลลิเมตร จนถึง 0.004 มิลลิเมตร ส่วนขนาดของอนุภาคที่ใหญ่กว่าขนาดอนุภาคของทราย เรียกว่า กรวด (Gravel) อนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า 2 ถึง 64 มิลลิเมตร

2.2.1 ชนิดของทราย

ทรายเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยการแปรรูปหรือการกะเทาะแบ่งส่วนมาจากหินและกรวด ทรายที่ขุดได้บนพื้นดินเรียกว่า ทรายบก ที่เกิดจากลำธารแม่น้ำ เรียกว่า ทรายแม่น้ำ ที่เกิดจากทะเลเรียกว่า ทรายน้ำเค็ม ทรายที่นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตในงานก่อสร้างมี 2 ชนิดคือ ทรายบกและทรายแม่น้ำ

(1) ทรายบก เกิดจากหินทรายที่แตกแยกชำรุดออกมา เป็นเม็ดทรายละเอียดตามสภาพภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม และจะจมอยู่ในพื้นดินเป็นแห่งๆ ทรายชนิดนี้จะมีดินซากพืชและซากสัตว์ปะปนอยู่ด้วย ในการใช้งานจึงต้องนำทรายมาล้างแยกดินซากพืชและซากสัตว์ออกให้สะอาดการผลิตทรายบกแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ ผลิตโดยการเปิดหน้าดินด้วยรถตักดินจนถึงระดับน้ำใต้ดิน จนมีสภาพเป็นแอ่งน้ำขนาดใหญ่แล้วจึงนำเรือมาดูด หรือใช้รถตักทรายขึ้นมาผ่านตะแกรง เพื่อแยกกรวดออกและผลิตโดยการใช้เครื่องจักรในการผลิตทราย โดยอาศัยการเปิดหน้าดินเหมือนวิธีแรก หลังจากนั้นจะผ่านขั้นตอนและเครื่องจักรต่างๆ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(2) ทรายแม่น้ำ ทรายชนิดนี้มีอยู่ทั่วไปในที่ราบลุ่มของแม่น้ำเกิดจากกระแสน้ำได้พัดพาทรายจากที่ต่างๆ มาตกตะกอนรวมกันในแหล่งที่ราบลุ่ม เป็นทรายที่นิยมนำไปใช้ในการก่อสร้าง เพราะเป็นทรายที่สะอาด เม็ดมีเหลี่ยมมีมุมขนาดต่างๆ กันเมื่อผ่านตะแกรงร่อนแล้วนำไปใช้ในการก่อสร้าง เช่น งานโครงสร้าง งานปูนฉาบ ปูนก่อ ส่วนทรายแม่น้ำที่มีส่วนผสมของสารอินทรีย์มาก มีสีดำปนสีน้ำตาลเข้มใช้ในการก่อสร้างไม่ได้แต่นิยมนำมาใช้โรยบนหน้าดินก่อนทำสนามหญ้า และใช้ถมที่ดินเพราะมีราคาถูกเรียกว่า ทรายขี้เป็ด

2.2.2 ขนาดของทราย

ทรายในอุตสาหกรรมการก่อสร้างคือวัตถุผสมละเอียดที่มีขนาดผ่านตะแกรงร่อน 4.75 มิลลิเมตรเม็ดทรายมีลักษณะแข็งแกร่ง ทนทาน มีเหลี่ยมคม ไม่ขยายตัวมาก มีสารประกอบอื่นเจือปนอยู่น้อย โดยทรายที่ใช้ผสมปูนซีเมนต์จะเรียกว่าวัสดุผสมละเอียด มีขนาด 0.50 - 4.75 มิลลิเมตร ทรายละเอียด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50 - 1.50 มิลลิเมตร ใช้งานในปูนก่อ ปูนฉาบ ปูนถือ ทรายกลาง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 - 3.00 มิลลิเมตร ใช้ในงานคอนกรีต ปูนก่อที่ต้องรับแรงอัด ปูนฉาบผนังใต้ดิน พื้น คาน ไม่นิยมใช้ในการผสมคอนกรีตที่รับน้ำหนักมาก มีสีอ่อนกว่าทรายหยาบ และทรายหยาบ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.00- 4.75 มิลลิเมตร ใช้ในการผสมคอนกรีตทั่วไปที่ต้องการรับน้ำหนักมากงานคอนกรีตเทพื้น ฐานรากและงานที่ต้องการแรงอัดมาก

2.2.3 คุณสมบัติของทราย

ทรายที่ใช้ในการก่อสร้างมีคุณสมบัติดังนี้ ทรายแทรกเข้าไปในช่องว่างของหินในการผสมคอนกรีตทำให้เนื้อคอนกรีตแน่น ทรายช่วยลดการแตกร้าวของปูนฉาบ ทรายช่วยเพิ่มปริมาณส่วนผสมในคอนกรีต ทำให้ราคาปูนก่อ ปูนฉาบและคอนกรีตถูกลง

**2.3 หิน**

หินก่อสร้าง คือ หินอีกประเภทหนึ่งที่แตกต่างไปจากหินสวยงามทั่วๆ ไป เป็นหินที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างบ้านเรือน ถนน อาคาร หรือสะพานต่างๆ โดยหินประเภทนี้ จะถูกนำมากับผสมปูนเพื่อทำคอนกรีต คุณสมบัติหลักๆ จึงต้องทนต่อการขัดสีได้ดี มีความแกร่งสูง ทนต่อแรงกดอัดได้มาก และไม่เสื่อมสภาพง่ายๆ เมื่อเจอกับสารเคมี เพื่อสะดวกในการนำไปใช้งานต่อไป หินที่ดีและมีคุณภาพจะต้องมีความซึมน้ำต่ำ ผิวยึดเกาะกับซีเมนต์ได้ดี และมีปริมาณสารอินทรีย์ในเนื้อหินน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อนำมาใช้ทำคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หินก่อสร้างนั้นแบ่งออกได้มากมายหลายชนิด โดยแยกตามประเภทหินต่างๆ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(1) ลูกรัง คือ หินที่ดูดมาขึ้นจากบ่อหินบ่อทรายต่างๆ หินมีลักษณะหยาบๆ ดูเป็นเหลี่ยมๆ เป็นหินที่มีขนาดค่อนข้างเล็กและละเอียดส่วนมากมีสีน้ำตาลแดง ลูกรังที่ดีต้องมีเม็ดปนมาด้วย โดยขนาดเม็ดก็ตามที่กำหนดไม่เกิน 1 นิ้ว ส่วนมากใช้สำหรับงานถมที่และถมถนน

(2) หินคลุก เป็นหินปูนที่ย่อยจนมี เกรดเดชั่น ที่เรียกว่า Well grade โดยเป็นหินที่มีขนาดแตกต่างกันมาปนกัน ไม่สามารถนำไปเป็นหินก่อสร้าง หรือ นำไปบดเป็นปูนซีเมนต์ได้ เพราะไม่ได้ขนาดหรือแร่ธาตุตามที่ต้องการ โดยส่วนมากใช้สำหรับเป็น ชั้นพื้นทางในงานถนน สามารถใช้ถมถนนร่วมกับหินลูกรังได้ หรือ นำไปทำอิฐบล็อค โดยหินคลุกนั้นยังแบ่งย่อยออกเป็นอีกหลากหลายเกรดแล้วแต่ความเหมาะสมในการใช้งาน

(3) หินกรวด เป็นหินเนื้อหยาบเกิดจากตะกอนของหิน กรวด ทราย ถูกกระแสน้ำพัดพามารวมกัน สารละลายในน้ำใต้ดินทำตัวเป็นซีเมนต์ประสานให้อนุภาคใหญ่เล็กเหล่านี้ เกาะตัวกันเป็นก้อนหิน (หินที่ประกอบด้วย Grain ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 2 มิลลิเมตรอยู่มากกว่าร้อยละ 25 ของ Grain ทั้งหมด และจะต้องมีความกลมมนอีกด้วย) ส่วนมากใช้ในการประดับตกแต่งสวน อาคารบ้านเรือน มีหลายสีหลายขนาด

(4) หินก่อสร้าง (หิน 1 หิน 2 หิน 3/4 หินฝุ่น หินเกล็ด) เป็นหินตะกอนคาร์บอเนต เกิดจากการทับถมของตะกอนคาร์บอเนตในท้องทะเล ทั้งจากสารอนินทรีย์ และซากสิ่งมีชีวิต ซึ่งถับถมกันภายใต้ความกดดันและตกผลึกใหม่เป็นแร่แคลไซต์จึงทำปฏิกิริยากับกรด หินปูนใช้ทำเป็นปูนซีเมนต์และใช้ในการก่อสร้าง หิน 3/4 เป็นหินที่ใช้ในงานหล่อคอนกรีต งานเทพื้น และงานก่อสร้างทั่วไป เหมาะแก่การนำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตสำหรับงานวิจัยนี้

**2.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์**

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นสารเคมีหรือวัสดุเซรามิกส์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดการรวมตัวกันระหว่างอนุภาคเกิดเป็นโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาเคมีที่พบคือปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration) ทั้งนี้คำว่า ซีเมนต์อาจหมายถึงสารที่สามารถยึดหรือประสานของแข็งให้เกิดเป็นชิ้นเดียวกัน จำแนกกลุ่มของวัสดุที่มีสมบัติเหมือนซีเมนต์ที่สำคัญมี 3 กลุ่มคือ ปูนซีเมนต์ ปูนปลาสเตอร์ และปูนขาว โดยปูนซีเมนต์เป็นกลุ่ม ที่สำคัญมากในการนำไปใช้งานด้านการก่อสร้างที่ทำหน้าที่เป็นวัสดุเชื่อมประสานสำหรับผลิตคอนกรีต มีส่วนผสมหลักคือ หินปูนและดินเหนียว และมีส่วนผสมอื่น เช่น ซิลิก้าอลูมิน่า สินแร่เหล็ก ยิปซั่ม และสารเพิ่มพิเศษอื่น ๆ

ปูนซีเมนปอร์ตแลนด์ แบ่งเป็น 5 ชนิดด้วยกันคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(1) ชนิดธรรมดา ใช้งานก่อสร้างทั่วไป เช่น ทำผิวถนน สะพาน ท่อระบายน้ำ เป็นต้น ซีเมนต์ชนิดนี้มีข้อเสียคือ ไม่ทนต่อสารที่เป็นด่าง ในโครงสร้าง หรืออาคารที่มีสารเป็นด่างอยู่ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น จะไม่นิยมใช้ซีเมนต์ชนิดนี้

(2) ชนิดให้ความร้อน และทนด่างได้ปานกลาง ซีเมนต์ชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำจะคายความร้อนออกต่ำกว่าชนิดธรรมดา และมีความต้านทานต่อสารที่เป็นด่างได้บ้าง เหมาะสำหรับงานก่อสร้างตอม่อขนาดใหญ่ในบริเวณที่มีอากาศร้อนจัด

(3) ชนิดเกิดแรงสูงเร็ว ซีเมนต์ชนิดนี้เกิดแรงสูงเร็วในระยะแรก เหมาะสำหรับงานที่ต้องการถอดไม้แบบเร็ว และต้องการประหยัดซีเมนต์ ซีเมนต์ชนิดนี้มีเนื้อละเอียดมากกว่าชนิดอื่นๆ แต่อาจทำให้เกิดรอยร้าวบนผิวคอนกรีตได้ง่าย

(4) ชนิดคายความร้อนต่ำ ซีเมนต์ชนิดนี้มีอัตราการคายความร้อนต่ำมาก เหมาะสำหรับงานก่อสร้างใหญ่ๆ โดยเฉพาะการสร้างเขื่อน

(5) ชนิดมีความต้านทานต่อสารที่เป็นด่าง ซีเมนต์ชนิดนี้ใช้สำหรับอาคารที่ต้องสัมผัสกับสารที่เป็นด่างอย่างแรง โดยปกติซีเมนต์ชนิดนี้จะแข็งตัวช้ากว่าธรรมดา

**2.5 คอนกรีต**

คอนกรีตเป็นวัสดุผสมที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างและส่วนประกอบของคอนกรีตแสดงดังภาพประกอบ 2.1

2.5.1 หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

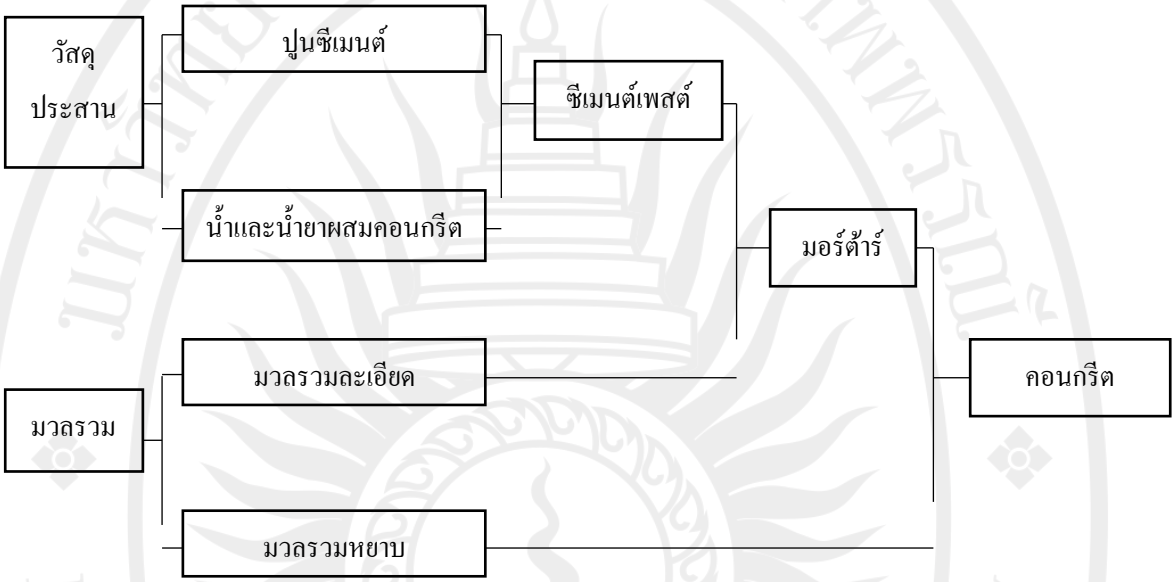
(1) ปูนซีเมนต์ จำทำหน้าที่ให้กำลังของคอนกรีต โดยทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับน้ำเกิดเป็นของเหลวหนืดจะทำหน้าที่หล่อลื่นคอนกรีตให้ สามารถเทได้และยึดประสานมวลรวมเข้าด้วยกัน เมื่อแข็งตัวจะให้กำลังกับคอนกรีต คุณสมบัติของปูนซีเมนต์จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารเคมีและความละเอียดของเม็ดปูน

(2) มวลรวม จะทำหน้าที่เป็นวัสดุเฉื่อยกระจายอยู่ทั่วเนื้อคอนกรีตช่วยให้คอนกรีตมีความทนทานและยังลดการยึดหดตัวของคอนกรีตด้วยคุณสมบัติของมวลรวมที่ควรพิจารณา เช่น ความแข็งแรง ความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมีการต้านทานแรงกระแทกและการเสียดสีมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อย

(3) น้ำ จะทำหน้าที่ผสมกับปูนซีเมนต์ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดชั่นและยังช่วยหล่อลื่นให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทลงในแบบหล่อได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(4) น้ำยาผสมคอนกรีต จะทำหน้าที่ปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานเช่น เวลาการก่อตัวความสามารถในการเทได้ และกำลังอัด




**ภาพประกอบ 2.1** ส่วนประกอบของคอนกรีต

**2.6 การบ่มคอนกรีต**

การบ่มคอนกรีตคือ วิธีการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ จะส่งผลให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยมีน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดสำหรับปฏิกิริยาไฮเดรชั่น นอกจากนี้การบ่มคอนกรีตยังจะช่วยป้องกันการแตกร้าว อันเนื่องจากการสูญเสียน้ำและการหดตัวของคอนกรีตอีกด้วย

หน้าที่สำคัญของการบ่มคอนกรีต มีด้วยกัน 2 ประการ ได้แก่ ป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีตและรักษาระดับอุณภูมิให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการบ่มคอนกรีตเพื่อให้คอนกรีตที่มีกำลังและความทนทานเพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีตโดยเป็นการดูแลเอาใจใส่ชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้างให้ถูกต้องตามแบบมากที่สุดและเป็นการทำงานที่ถูกขั้นตอน ถูกหลักวิชาการ ทำให้คุณภาพของงานที่มีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.6.1 ระยะเวลาการบ่ม โดยทั่วไประยะเวลาการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการ เช่น ชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้ อัตราส่วนผสมของคอนกรีต กำลังของคอนกรีตที่

ต้องการขนาดและรูปร่างของแท่งคอนกรีต อุณภูมิที่ใช้บ่ม ความชื้นในขณะบ่ม เป็นต้น องค์ประกอบเหล่านี้ถือได้ว่าจะมีผลต่อระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต ซึ่งอาจจะถึง 1 เดือน สำหรับคอนกรีตที่ใช้ทำเขื่อน หรือเพียง 3 วัน สำหรับคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์ผสมอยู่ในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกำลังสูงเร็ว สำหรับงานโครงสร้างทั่วๆ ไปส่วนใหญ่จะกำหนดระยะเวลาในการบ่มไว้ 3 วัน จนถึง 2 สัปดาห์ ซึ่งกำหนดเวลาดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยปกตินิยมกำหนดระยะเวลาการบ่มไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา

2.6.2 อุณหภูมิสำหรับบ่มคอนกรีต อุณหภูมิสำหรับบ่มคอนกรีตสำหรับคอนกรีตทั่วๆ ไป ควรอยู่ระหว่าง 15-39 องศาเซลเซียส สำหรับงานคอนกรีตหนาควรใช้อุณหภูมิต่ำลง เพราะปฏิกิริยาของน้ำกับปูนซีเมนต์นั้น ให้ความร้อนออกมาเป็นจำนวนมากอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามไม่ควรบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียล เพราะคอนกรีตจะแข็งตัวช้ามากเมื่อบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงมากและอากาศแห้งจะทำให้น้ำระเหยออกจากคอนกรีตอย่างรวดเร็วกำลังของคอนกรีตที่ได้จะต่ำและอาจเกิดรอยแตกร้าวได้ง่าย

2.6.3 วิธีการบ่มคอนกรีต โดยการบ่มคอนกรีตสามารถจำแนกได้หลายวิธีดังนี้

(1) การบ่มโดยการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีตเป็นการบ่มที่เพิ่มความชื้นให้กับผิวคอนกรีตโดยตรง ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

- การขังหรือหล่อน้ำ (Ponding) เป็นการทำแนวกั้นน้ำไม่ให้ไหลออกมักจะใช้กับงานทางระดับ เช่น พื้น หรือถนน

- การฉีดน้ำหรือรถน้ำ เป็นการฉีดน้ำหรือพรมน้ำด้วยหัวฉีดหรือท่อยางให้ผิวคอนกรีตเปียกอยู่เสมอวิธีนี้ใช้ได้กับงานคอนกรีต ทั้งในแนวดิ่ง แนวระดับ หรือแนวเอียงวิธีน้ำต้องสิ้นเปลืองน้ำมากและต้องอาศัยที่มีแรงดันน้ำมากพอ

- การคลุมด้วยวัสดุเปียกชื้น เป็นวิธีที่ใช้กันมาก เพราะสะดวก ประหยัด และสามารถใช้ได้กับงานทั้งแนวระดับ แนวดิ่ง และแนวเอียง วัสดุที่ใช้คลุมอาจจะใช้ ผ้าใบ กระสอบ หรือวัสดุอื่นที่อมน้ำ ถ้าใช้ฟางหรือขี้เลื่อยคลุมควรหนาไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร สำหรับการคลุมงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ต้องยึดวัสดุคลุมให้แน่นหนา ไม่เลื่อนหล่นลงมาได้ โดยเฉพาะเวลาที่ราดน้ำซึ่งจะต้องทำเป็นประจำ

(2) การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต เพื่อป้องกันมิให้ความชื้นจากคอนกรีตระเหยออกจากเนื้อคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

- การบ่มในแบบหล่อ แบบหล่อไม้ที่เปียกและแบบหล่อเหล็กสามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดีเพียงแค่ทิ้งแบบหล่อให้อยู่กับคอนกรีตที่หล่อไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้และคอยดูแลให้ผิวด้านบนคอนกรีตมีน้ำอยู่ โดยน้ำนั้นสามารถไหลซึมลงมาระหว่างแบบหล่อกับคอนกรีตได้

- การใช้กระดาษกันน้ำซึม เป็นการใช้กระดาษกันน้ำซึมปิดทับผิวคอนกรีตให้สนิทเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน วิธีน้ำมักนิยมใช้กับงานคอนกรีตแนวระดับ กระดาษกันน้ำซึมได้ควรมีคุณภาพตามข้อกำหนดของ ASTM C171 เป็นแผ่นโพลีเอธีลีน มี 2 ชั้นประกอบด้วยชั้นของกระดาษเหนียวยึดติดด้วยชั้นของกาวประเภทยางมะตอย เสริมความเหนียวด้วยใยแก้วและมีคุณสมบัติยืดหดตัวไม่มาก

- การใช้แผ่นพลาสติกคลุม การใช้แผ่นพลาสติกทำงานได้ง่ายมีน้ำหนักเบาและควรใช้แผ่นพลาสติก สีขาวเพื่อสะท้อนแสงแดด ไม่อมความร้อน สามารถใช้ได้กับงานโครงสร้างทุกชนิด แผ่นพลาสติกที่ใช้ควรมีคุณภาพตามข้อกำหนดของ ASTM C171 เป็นแผ่นโพลีเอธีลีน

- การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต เป็นการพ่นสารเคมีลงบนผิวคอนกรีตซึ่งสารเคมีที่พ่นนี้จะกลายเป็นเยื่อบางๆ คลุมผิวคอนกรีตป้องกันการระเหยออกของน้ำในคอนกรีตได้ การบ่มวิธีน้ำทั้งสะดวกและรวดเร็วแต่ค่าใช้จ่ายสูง การพ่นสารเคมีน้ำต้องกระทำในขณะที่ผิวคอนกรีตยังชื้นอยู่สารเคมีที่ใช้ควรมีคุณภาพตามข้อกำหนดของ มอก. 841 หรือ ASTM C309 เป็นสารที่เคลือบบนผิวคอนกรีต

(3) การบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงหรือการบ่มแบบเร่งกำลัง สามารถเร่งอัตราการเพิ่มกำลังได้อย่างรวดเร็ว ข้อดีของการบ่มที่อุณหภูมิสูง สามารถผลิตได้รวดเร็วขึ้น ประหยัดแบบหล่อเพราะสามารถถอดแบบได้เร็ว คอนกรีตมีกำลังสูงเร็ว ทำให้ทนต่อการเคลื่อนย้ายและใช้งานได้ดีและนิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรมคอนกรีตสำเร็จรูป

(4) การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำ อุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 40-100 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดจะอยู่ระหว่าง 65-80 องศาเซลเซียส การเลือกอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มกำลังสูงสุดที่ต้องการ อุณหภูมิสูงจะทำให้กำลังสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและกำลังประลัยสูงสุดจะมีค่าต่ำ อุณหภูมิที่ต่ำให้กำลังประลัยสูงสุดที่สูง แต่ด้วยอัตราการเพิ่มกำลังที่ต่ำ นอกจากอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้บ่มแล้ว สิ่งสำคัญก็คือเวลาที่ใช้ในการบ่มซึ่งประกอบด้วยช่วงเวลา การค่อยเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดจริง และการลดอุณหภูมิลงสู่อุณหภูมิปกติ

(5) การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันสูง หากต้องการบ่มคอนกรีตด้วยอุณหภูมิเกิน 100 องศาเซลเซียส เราต้องให้ความกดดันสูงขึ้น และต้องบ่มคอนกรีตในภาชนะที่ปิดสนิท ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Autoclave อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ในช่วง 160-210 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 6-20 atm สารประกอบ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีภายใต้สภาวะดังกล่าวมีคุณสมบัติต่างจากสารประกอบ ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

(6) การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิ นอกจากวิธีการบ่มคอนกรีตซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามสภาพอุณหภูมิที่ใช้บ่มแล้ว ยังมีวิธีการบ่มอีกชนิดหนึ่ง คือ การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิซึ่งมีความจำเป็นต่องานบางประเภท โดยเฉพาะบางประเภท โดยเฉพาะงานคอนกรีตหลา (Mass concrete) สำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ใน ที่อุณหภูมิต่ำมาก หรือสูงมาก อาจจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตสดหรือต้องบ่มด้วยการห่อหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน

**2.7 คุณสมบัติของยาง**

คุณสมบัติของยางธรรมชาติ มีความยืดหยุ่นสูงมีสมบัติดีเยี่ยมในด้านการเหนียวติดกัน มีค่าความทนทานต่อแรงดึงสูงมากโดยไม่ต้องเติมสารเสริมแรง มีความทนต่อการฉีกขาดสูงมากทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิสูง มีความต้านทานต่อการล้าสูง มีความต้านทานต่อการขัดถูสูงมีความเป็นฉนวนไฟฟ้าสูงมากยางดิบละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซิน เนื้อยางดิบไม่มีขั้วและไม่ทนต่อน้ำมันปิโตเลียมแต่ทนต่อความเหลวที่มีขั้ว เช่น อะซิโตน หรือแอลกอฮอล์ นอกจากนี้ยังทนต่อกรด และด่างอ่อนๆ แต่ไม่ทนต่อกรดและด่างเข้มข้น ไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ไม่ทนต่อโอโซน การกระเด้งกระดอนสูง อุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ 55-70 องศาเซลเซียส แต่หากเก็บไว้นานๆ จะทำให้ยางสูญเสียความยืดหยุ่นได้ลง ยางที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายประเภทแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น

(1) EPDM มีความยืดหยุ่นสูง แต่มีการทนต่อแรงดึงค่อนข้างต่ำ ต้องเติมสารเสริมแรง มีการทนต่อการฉีกขาดสูงโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง Compression test ต่ำมาก มีสมบัติเชิงพลวัตดีมาก มีความต้านทานต่อการล้างตัวสูง การทนต่อการเสื่อมสภาพอากาศ เช่น ออกซิเจน โอโซน แสงแดด ความร้อนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังทนต่อสารเคมี กรดและด่าง ได้ดีอีกด้วย EPDM เป็นยางที่ไม่มีขั้วจึงไม่ทนต่อน้ำมัน หรือตัวทำลายที่มีฮาโลเจนเป็นองค์ประกอบ มีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสูง ดังนั้นจึงมีความเป็นฉนวนสูง การหักงอที่อุณหภูมิต่ำดี อุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ 40-150 องศาเซลเซียส ยาง EPDM ส่วนมากนำไปใช้เป็นท่อยางของขอบเครื่องซักผ้า สายพานลำเลียง แผ่นยางกันน้ำ แผ่นยางมุงหลังคา ฉนวนหุ้มสายเคเบิ้ล

(2) CR มีคุณสมบัติด้านการเหนียวติดดีมาก มีการทนต่อแรงดึงและฉีกขาดค่อนข้างสูง และเนื่องจากการผสมคอรีนอยู่ในโครงสร้างทำให้มีคุณสมบัติการดับไฟได้เอง Self extinguish การทนต่อสภาพอากาศและความร้อน โอโซน และแสงแดดได้ดีทนต่อการบวมพอง ในน้ำมันได้ปานกลางถึงดี ทนต่อกรดหรือด่างเจือจางได้ดีกว่ายางธรรมชาติและยาง SBR แต่ไม่ทนต่อน้ำมันเชื้อเพลิง

ไฮโดรคาร์บอน ฟอสเฟตเอสเทอร์คีโตน อัลดีไฮด์ และตัวทำลายไฮโดรคาร์บอนที่มีวงแหวนและมีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ การซึมผ่านของก๊าซต่ำกว่ายางธรรมชาติและยาง SBR แต่สูงกว่า NBR และยาง IIR อุณภูมิการใช้งานอยู่ระหว่าง 40-100 องศาเซลเซียส เนื่องจากสมบัติการทนต่อการติดไฟ ทนต่อน้ำมัน สภาพอากาศ และโอโซน บางชนิดจึงนำมาใช้ในการผลิต ยางซีลท่อยางเสริมแรง ยางลูกกลิ้ง สายพานลำเลียงในเหมืองแร่และยางรองคอสะพาน

(3) NBR ทั่วไปของยาง NBR มีความยืดหยุ่นและความทนต่อแรงดึงและความเป็นฉนวนไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ จำเป็นต้องเติมสารเติมแต่งเพื่อเพิ่มคุณภาพดังกล่าว คุณสมบัติเด่นหลายๆ ข้อ เช่น ความต้านทานต่อการขัดถู ทนทานต่อการเสื่อมสภาพ ความทนต่อน้ำมันและสารเคมี นากจากนี้ยาง NBR ยังมีการซึมผ่านของก๊าซต่ำมาก อุณหภูมิใช้งานอยู่ในช่วงประมาณ 40-100 องศาเซลเซียส การใช้งานส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับงานที่ต้องสัมผัสน้ำมันทนต่อความร้อนและต้านทานการขัดถู ใช้ผลิตประเก็น น้ำมันยางโอริง ซีลยาง เป็นต้น

(4) SBR มีความเหนียวติดกันจำเป็นต้องใช้สารเพิ่มในการเหนียวติดในการผลิตสินค้าบางชนิด เช่นยางรถยนต์ ความยืดหยุ่นต่ำกว่ายางธรรมชาติและถ้ายาง SBR มีเปอร์เซ็นstyrene สูงจะยิ่งทำให้ความยืดหยุ่นต่ำลง ความทนทานต่อแรงดึงต่ำความทนทานต่อแรงฉีกขาด ความต้านทานต่อการขัดถู ความทนต่อการเสื่อมสภาพ เมื่อโดนความร้อน แสงแดด ออกซิเจน และโอโซน ต่ำกว่ายางธรรมชาติ หากเติมสารเสริมแรง สารเสริมประสิทธิภาพจะทำคุณสมบัติต่างดีเทียบเท่ายางธรรมชาติ ยาง SBR ทนน้ำมันปิโตเลียมและตัวทำลายไฮโดรคาร์บอนต่ำเนื่องจากไม่มีขั้วแต่จะทนต่อกรดและด่างจำพวก แอลกอฮอล์ น้ำ เหลือ และน้ำมันซิลิโคนได้เป็นอย่างดี ยางชนิดนี้มีความเป็นฉนวนสูงแต่จะมีการกระเด้งกระดอนต่ำกว่ายางธรรมชาติ อุณหภูมิที่เหมาะในการใช้งาน ตั้งแต่ 50-100 องศาเซลเซียส (tcvrubber.com : (2014). คุณสมบัติของยาง.)

**2.8 ผลิตภัณฑ์ยางพาราที่ใช้ในงานก่อสร้างและงานวิศวกรรม**

ผลิตภัณฑ์ หมายความว่า วัสดุที่ผลิตสำเร็จรูปแล้วในงานวิจัยนี้จะหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของยางพาราเพื่อนำมาใช้ก่อสร้างโดยมีที่มาให้ตรวจสอบได้ และจำแนกได้หลายอย่าง เช่น

(1) ยางรองคอสะพาน หรือแผ่นยางรองคอสะพาน (Rubber Bridge Bearing) แบ่งตามชนิดของยางที่ใช้ผลิตเป็น 2 ประเภท คือ ยางรองคอสะพานทำจากยางสังเคราะห์ Polychloroprene, (CR) or Neoprene และทำจากยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR) ซึ่งทั้ง 2 ประเภท มีทั้งแบบแผ่นยางล้วน (Plain) และแบบที่มีวัสดุเสริมแรง (Laminated) สำหรับการเลือกใช้ยางตามประเภทชนิด และแบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับการกำหนดมาตรฐานของผู้ออกแบบหรือของผู้ก่อสร้าง

(2) แผ่นยางกันน้ำซึม ทำหน้าที่เหมือนปะเก็นของงานคอนกรีต ใช้ป้องกันการขยายตัว หรือหด ตัว ของคอนกรีต เพื่อไม่ให้น้ำรั่วซึมหรือผ่านได้ ในงานก่อสร้างทั่วไป เช่น คอนกรีต คานสะพาน

อาคารชั้นใต้ดิน ดาดฟ้า เป็นต้น รวมทั้งงานก่อสร้างที่โครงสร้างต้องสัมผัสกับน้ำตาลตลอดเวลา เช่น แท้งค์น้ำ บ่อบำบัดน้ำเสีย สระว่ายน้ำ คลองส่งน้ำ เขื่อนและฝาย เป็นต้น

(3) ยางคั่นรอยต่อคอนกรีต ใช้เป็นเครื่องป้องกันการเฉี่ยวหรือการกระแทกของเรือ หรือรถเมื่อเข้าจอดเทียบท่าใช้วัตถุดิบผลิตได้ทั้งยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ ยางคั่นรอยต่อคอนกรีตมีลักษณะเป็นท่อยางขนาดเล็กมีรูกลางตลอดความยาวใช้อุดรอยต่อด้านล่างของคอนกรีตของสะพานหรือรอยต่อระหว่างคานสะพานกับตอม่อของสะพานก่อนการหยอดยางมะตอย วัตถุดิบที่ใช้ผลิตทั้งจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์แต่มักมีการกำหนดให้ใช้ยางสังเคราะห์

(4) บล็อกยางปูพื้นใช้ปูพื้นแทนอิฐบล็อกคอนกรีต บล็อกยางมีข้อได้เปรียบบล็อกคอนกรีต คือ เบากว่าผิวมีสปริงยืดหยุ่นได้เวลาลื่นล้มจึงไม่บาดเจ็บมากและไม่เป็นแผล ส่วนใหญ่มักผลิตจากยางธรรมชาติผสมกับยางรีเคลมธรรมชาติหรือสังเคราะห์ ปัจจุบันยังไม่ค่อยนิยมใช้ยางบล็อก ปูพื้นเพราะราคาค่อนข้างสูงกว่าบล็อกคอนกรีต

(5) แผ่นยางปูอ่างเก็บน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์ยางที่สามารถใช้ยางธรรมชาติปูรองสระเพื่อกักเก็บน้ำบนผิวดินที่เก็บน้ำไม่ได้ เช่น ดินปนทราย ดินลูกรัง โดยมีสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้พัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ปี 2529 และสามารถพัฒนาได้กว้างขวาง ได้แก่ ใช้เก็บกักน้ำสำหรับเกษตรกร ใช้งานในสนามกอล์ฟและรีสอร์ทใช้ในงานชลประทาน บ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่สามารถกักเก็บน้ำได้ โดยทั่วไปวัตถุดิบที่ใช้ในการปูสระกักเก็บน้ำสามารถใช้เป็นยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ หรือ พลาสติก หรือผ้าใบเคลือบยาง

(6) ฝายยางหรือเขื่อนยางส่วนใหญ่ผลิตจากยางสังเคราะห์แต่ผู้ผลิตให้ความเห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้วิธีการเคลือบชั้นนอกของตัวฝายยางด้วยยางสังเคราะห์ และภายในใช้ยางธรรมชาติ แต่ความเป็นไปได้นี้ ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ใช้อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่ค่อยเป็นที่สนใจของผู้ผลิตภายในประเทศ เพราะมีผู้ใช้จำกัด เพียงกรมชลประทานและมีราคาสูง แต่ข้อดีของฝายยางธรรมชาติ คือสามารถปรับระดับความสูงของฝายได้ตามความเหมาะสมของระดับน้ำ ซึ่งสามารถลดแรงกระแทกจากน้ำหลากและช่วยระบายน้ำป้องกันน้ำท่วมล้นตลิ่ง อีกทั้งยังไม่ก่อให้เกิดน้ำล้นหน้าฝายป้องกันตะกอนทราย ตกตะกอนหน้าฝายได้ นอกจากนี้ในฝายที่อยู่บริเวณปากแม่น้ำจะสามารถป้องกันน้ำเค็มรุกล้ำเข้ามาในพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่อยู่อาศัยอีกทั้งฝายยางยังทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำเค็มได้ดีกว่าบานประตูระบายน้ำที่ทำด้วยเหล็ก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้ศึกษาสูตรผลิตแผ่นฝายยางโดยการใช้ยางธรรมชาติผสมยางสังเคราะห์ EPEM และทดลองติดตั้งฝายยางเมื่อปี 2537

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(7) แผ่นยางปูพื้น ส่วนใหญ่ผลิตจากยางธรรมชาติ ใช้ปูพื้นหรือทางเดินบนอาคาร โรงงาน สำนักงานสนามบินใช้ได้ทั้งพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดเอียง เพื่อป้องกันการลื่น และลดเสียงที่เกิดจากการเดินหรือการกระแทก

(8) การใช้ยางพาราผสมยางมะตอยสำหรับทำผิวถนน ปัจจุบันการคมนาคมขนส่งมีความสำคัญและมีการขยายตัวมาก โดยเฉพาะถนนถือเป็นปัจจัยหลักของการคมนาคมและถนนแต่มักจะประสบปัญหาในเรื่องเกิดการชำรุดเสียหายเร็วกว่าปกติ การปรับปรุงสมบัติของยางมะตอยให้ใช้ในงานทางได้ดีขึ้นจะช่วยให้ถนนมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

**2.9 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต**

คอนกรีตเป็นวัสดุผสมที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือปูนซีเมนต์ วัสดุผสม (หิน ทราย หรือ กรวด) และน้ำ โดยอาจมีสารเคมีเติมเพิ่มเข้าไปสำหรับคุณสมบัติด้านอื่นๆ เมื่อผสมเสร็จคอนกรีตจะแข็งตัวอย่างช้าๆ น้ำและซีเมนต์จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกันในลักษณะที่เรียกว่าการไฮเดรชันโดยซีเมนต์จะเริ่มจับตัวกับวัสดุอื่นและแข็งตัว ซึ่งในสถานะนี้จะนิยมเรียกกันว่าคอนกรีต ความแข็งแรงของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆหลังจากที่ผสมและยังแข็งแรงขึ้นภายหลังจากการแข็งตัว โดยประมาณหลังจากแข็งตัวแล้ว 28 วัน ความแข็งแรงจะเริ่มคงที่ มาตรฐานที่นิยมใช้ในการออกแบบคอนกรีตเพื่อให้ได้กำลังอัดที่ต้องการมักใช้มาตรฐาน ACI เป็นสถาบันควบคุมมาตรฐานโครงสร้างและคุณภาพคอนกรีต ได้รับความนิยมในประเทศไทย เนื่องจากกระบวนการออกแบบทำได้ง่ายและกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการออกแบบจะมีค่าใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้

**2.10 การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีตขณะสด**

การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีตขณะสด ใช้เพื่อทดสอบหาค่าความข้นเหลวของคอนกรีตในสภาพเหลวโดยใช้วิธีการทดสอบหาค่าการยุบตัว เพื่อตรวจสอบความสามารถเทได้ของคอนกรีต (Workability) ค่ายุบตัวไม่ได้เป็นค่าที่วัดความสามารถเทได้ของคอนกรีตโดยตรง แต่เป็นการวัดความข้นเหลวของคอนกรีต (Consistency) หรือลักษณะการไหลตัวของคอนกรีต (Flow Characteristic) แม้วิธีนี้จะไม่เหมาะสมสำหรับทดสอบคอนกรีตที่เหลว หรือแห้งมากแต่ก็มีประโยชน์อย่างมากและสะดวกสำหรับการควบคุมความสม่ำเสมอของการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ เช่น ในกรณีที่ค่ายุบตัวของคอนกรีตมีค่ามากกว่าปกติที่ออกแบบไว้ แสดงให้เห็นว่าจะต้องมีความผิดปกติเกิดขึ้นในสัดส่วนผสมขนาดคละหรือความชื้นในมวลรวมซึ่งจะช่วยให้ผู้ผลิตคอนกรีตสามารถตรวจสอบและแก้ไขได้ ค่ายุบตัวที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างในประเทศไทยคอนกรีตสำหรับงานพื้นถนนสนามบิน ค่ายุบตัวที่เหมาะสม 5.0 ± 2.5, เซนติเมตร คอนกรีตสำหรับงานทั่วไป ค่ายุบตัวที่เหมาะสม 7.5 ± 2.5,

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เซนติเมตร คอนกรีตสำหรับงานฐานราก ค่ายุบตัวที่เหมาะสม 10.0 ± 2.5, เซนติเมตร คอนกรีตสำหรับงานคอนกรีตปั๊ม ค่ายุบตัว ที่เหมาะสม 10.0 ± 2.5, เซนติเมตร คอนกรีตสำหรับงานเสาเข็มเจาะเล็กค่ายุบตัวที่เหมาะสม 10.0 ± 2.5, เซนติเมตร คอนกรีตสำหรับงานเสาเข็มเจาะใหญ่ มากกว่า 15 เซนติเมตร, คอนกรีตสำหรับงานฐานรากแผ่ขนาดใหญ่ หรืองานที่มีเหล็กเสริมหนาแน่นมากกว่า 15 เซนติเมตร

**2.11 การทดสอบกำลังอัด**

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตทำได้โดยการกดหรืออัดแท่งทดสอบรูปทรงกระบอกตามมาตรฐานอเมริกา ซึ่งบ่มในน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด จำกระทั่งแตกแล้วทำการคำนวณค่าความต้านทานของแรงอัดประลัย คือกำลังรับแรงสูงสุดที่ คอนกรีต จะสามารถรับได้ เวลาทดสอบคือค่าสุดท้ายก่อนก้อนปูนตัวอย่างที่ใช้กดทดสอบแตก ตัวอย่างมาตรฐานที่ทำเพื่อทดสอบกำลังอัดรูปทรงกระบอก เป็นการทดสอบตามมาตรฐานตามอเมริกา ASTM C39 เป็นมาตรฐานที่ใช้งานสำหรับอุตสาหกรรมสำหรับการทดสอบแรงอัดของชิ้นงานคอนกรีตทรงกระบอก

**2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

สิทธิชัย ศิริพันธุ์. (2548). ศึกษาเกี่ยวกับการนำน้ำยางธรรมชาติสดมาใช้เพื่อพัฒนางานคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยางในคอนกรีตอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาถึงความสามารถเทได้และกำลังรับแรงของคอนกรีตผสมน้ำยางสดในสัดส่วน P/C = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนผสมคอนกรีตใช้ซีเมนต์ : ทราย : หิน เป็น 1:2:4 โดยน้ำหนัก แล้วหาค่าความสามารถเทได้ จากนั้นจึงหล่อเข้าแบบมาตรฐานรูปลูกบาศก์ และรูปคาน เพื่อหากำลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดัด ตามลำดับ โดยการบ่มชื้น 7 ตามด้วยบ่มแห้งในอากาศที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ

พีรวัฒน์ ปลาเงิน, และคณะ, ศึกษาและพัฒนาคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (พรีวัลคาไนซ์) ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ โครงสร้างจุลภาคคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ความสามารถในการเทได้ กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยกำหนดอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ ร้อยละ 0, ร้อยละ1, ร้อยละ3, ร้อยละ5, ร้อยละ10 และ ร้อยละ15 (โดยน้ำหนัก) และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตระยะเวลา 28 วัน พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ ร้อยละ1 มีคุณสมบัติการรับแรงต่างๆ ดีที่สุด ได้แก่ กำลังรับแรงอัด 244 กิโลกรัม/

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรามคำแหง

ลูกบาศก์เมตร กำลังรับแรงดึง 35 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โมดูลัสความยืดหยุ่น 46 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร การดูดซึมน้ำร้อยละ 1.0 จากผลการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตในห้องปฏิบัติการจึงแนะนำให้ใช้อัตราส่วนผสมคอนกรีตสำหรับนำไปใช้งานในการหล่อคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยใช้น้ำยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ ร้อยละ 1 (โดยน้ำหนัก) สำหรับปูนซีเมนต์ 50 กิโลกรัม ประกอบไปด้วยวัสดุต่างๆ ดังนี้ ทราย 135 กิโลกรัม หินกรวด 148 กิโลกรัม น้ำ 29.67 กิโลกรัม และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ 0.83 กิโลกรัม การศึกษาวิจัยภาคสนามได้พัฒนาคูส่งน้ำผสมน้ำยางพาราแบบสำเร็จรูปและแบบดาดในที่ติดตั้งในพื้นที่แปลงนาของเกษตรกร ความกว้างท้องคูส่งน้ำ 0.40 ม. สูง 0.30 ม. และความหนา 0.07 ม. การติดตามประเมินผลเบื้องต้นการใช้งานคูส่งน้ำในพื้นที่แปลงนา พบว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่พื้นที่แปลงนาจะไหลได้สะดวกและเร็ว สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำเนื่องจากการรั่วซึม จึงทำให้ประสิทธิภาพการชลประทานเพิ่มขึ้น

พอพันธ์ สุทธิวัฒนะ, และคณะ. ศึกษาปัญหาหลักของรั้วคอนกรีตในปัจจุบันคือการแตกร้าวของคานซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบทำหน้าที่รับแรงดัดซึ่งเกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร คานดังกล่าวสามารถเกิดการแตกร้าวได้ง่ายเนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติต้านทานแรงดัดน้อย ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการนำน้ำยางข้น ที่มีราคาตกต่ำในปัจจุบันมาเพิ่มมูลค่า ด้วยคุณสมบัติเฉพาะของน้ำยางพาราคือ มีความยืดหยุ่นสูง ซึ่งเป็นผลมาจากหน่วยไอโซพรีน ซึ่งเชื่อมกันเป็นโมเลกุลของยาง ดังนั้นเมื่อมีแรงมากระทำต่อยางจะทำให้ยางเปลี่ยนรูปร่าง แต่เมื่อหยุดใช้แรง ยางจะกลับสู่สภาพเดิม ดังนั้น จึงนำประโยชน์ข้อนี้ของยางพารามาใช้ จากการทดลอง พบว่า ที่อัตราส่วนน้ำยางข้นต่อน้ำ (P/W) เท่ากับร้อยละ 0.5 และ 1.0 ให้ค่าความสามารถในการเทอยู่ในช่วงที่ออกแบบไว้ และค่ากำลังอัดสูงสุดที่ 32.7 MPa และค่ากำลังดัดสูงสุดที่ 4.03 MPa ซึ่งค่ากำลังดัดเพิ่มขึ้นจากกรณีที่ไม่เติมน้ำยางข้นถึงร้อยละ 5 ดังนั้น ที่อัตราส่วนของน้ำยางข้นต่อน้ำ (P/W) ไม่เกินร้อยละ 1 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาผลิตรั้วคอนกรีต เนื่องจากให้ค่ากำลังดัดที่เพิ่มขึ้น และกำลังอัดมีค่าสูงขึ้น

ประชุม คำพุฒ, และคณะ. ได้ศึกษาการนำน้ำยางธรรมชาติ (ยางพารา) มาใช้เป็นสารผสมเพิ่มในการปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ ทำการทดลอง โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์:ทรายบดละเอียด เท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนักปริมาณผงอลูมิเนียมเท่ากับร้อยละ 0.3 ของส่วนผสมทั้งหมดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.50 โดยน้ำหนัก (ไม่รวมน้ำหนักของน้ำในน้ำยางพารา) ปริมาณปูนขาวเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และปริมาณยิปซัมเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ในการเตรียมน้ำยางพาราใช้สารแอมโมเนียเหลวเข้มข้นร้อยละ 15 ในสัดส่วนร้อยละ 3 ของน้ำหนักน้ำยางพารา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คอนกรีตต้องผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ใช้อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0, 0.10, 0.15 และ 0.20 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ตามลำดับ ทำการผสมและอบไอน้ำตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 นำมาทดสอบค่าความหนาแน่น ค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัด ที่อายุ 3, 7, 14, และ 28 วัน ค่าการดูดกลืนน้ำที่อายุ 7 และ 28 วัน ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ผลการวิจัยพบว่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาจะแปรผกผันกับอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ในขณะที่กำลังดัดของคอนกรีตจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ โดยที่เมื่อผสมน้ำยางพารามากขึ้น ค่ากำลังอัดจะลดลงแต่ค่ากำลังดัดจะเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นจะแปรผันกับอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ค่าการดูดกลืนน้ำจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว (ร้อยละการหดตัว) มีค่าไม่แน่นอนในแต่ละอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมากกว่าคอนกรีตมวลเบาปกติอยู่เล็กน้อยโดยปริมาณน้ำยางพาราที่เหมาะสมที่สุดงานวิจัยนี้คือ การใช้อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ 0.10 เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วน้ำยางพาราสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบปานกลางที่สามารถรับกำลังได้สูงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี

ประชุม คำพุฒ, และคณะ. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำยางธรรมชาติ (ยางพารา) มาผสมในคอนกรีตบล็อกเพื่อพัฒนาคุณสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อน โดยใช้อัตราส่วนยางพาราต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.025, 0.050 และ 0.075 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่น เท่ากับ 1:4 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.40 (ไม่คิดปริมาณน้ำในน้ำยางพารา) และใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุร้อยละ 4 ของน้ำหนักยางพารา โดยปริมาณยางพาราต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมมากที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ เท่ากับ 0.075 มีคารอยละการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน เทากับ 4.80 คากำลังอัดและ กำลังดัดที่อายุ 28 วัน เทากับ 96 กก./ตร.ซม. และ 52 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธ์การนำความร้อนนั้นมีค่าต่ำมาก เท่ากับ 0.139 วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วแสดงว่าน้ำยางพาราสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มได้ โดยช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีความสามารถในการรับกำลังดัดได้สูงขึ้น ดูดซึมน้ำต่ำลง และมีสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา

จากงานที่เกี่ยวข้องข้างต้นผู้วิจัยเลือกศึกษายางธรรมชาติจาก น้ำยางพารา ที่มีอยู่ในท้องถิ่น และศึกษาสารลดแรงตึงผิว มาประยุกต์ใช้งานในคอนกรีตผสมน้ำยางพารา เพื่อนำมาศึกษาผลต่อกำลังอัด ความสามารถเทได้และความหนาแน่นของคอนกรีต อาจเป็นทางเลือกใหม่ในงานวิศวกรรมโยธา อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่ายางพาราธรรมชาติที่มีอยู่ภายในประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี