บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งขณะสดและขณะแห้ง ทั้งในส่วนของกำลังอัดและความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีต มวลรวมประเภทต่าง ๆ ซีเมนต์ น้ำยาง ในส่วนของประวัติ วิวัฒนาการ การเก็บรักษา รวมถึงผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากยางพารา ไปจนถึงการเตรียมน้ำยางข้น การประยุกต์ใช้ยางพาราในงานวิศวกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

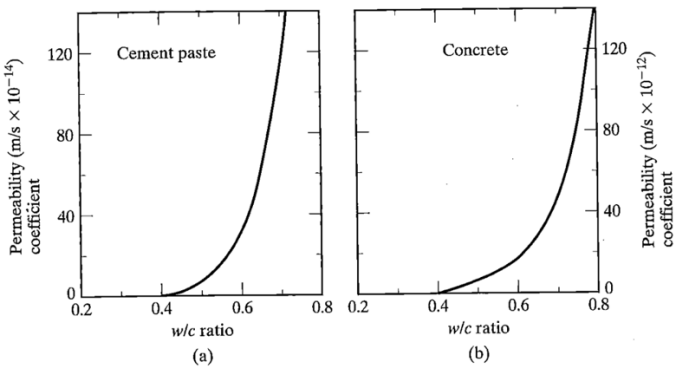
2.1 คุณสมบัติของคอนกรีต

คอนกรีตสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 สภาวะคือสภาวะที่เป็นของเหลวหรือคอนกรีตสด (Fresh State) และสภาวะที่แข็งตัวแล้ว (Hardened State) ซึ่งแต่ละสภาวะมีคุณสมบัติดังนี้ คุณสมบัติของคอนกรีตสด (Fresh State) คุณสมบัติที่สำคัญและมีผลต่อการใช้งานมากที่สุดในสภาวะนี้คือความสามารถในการทำงาน (Workability) ซึ่งหมายถึงการที่คอนกรีตสดสามารถไหลเข้าแบบหล่อได้ดี ทำให้แน่นตัวได้ง่ายโดยใช้กำลังงานน้อย และคอนกรีตที่หล่อได้ปราศจากรูโพรงต่าง ๆ ความสามารถในการทำงานขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตซึ่งอยู่ในเทอมของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์กล่าวคือถ้าใช้น้ำมากเกินพอคอนกรีตจะเหลวและเทลงในแบบหล่อง่ายก็จริงแต่กำลังความแข็งแรงของคอนกรีตจะลดลงเนื่องจากเนื้อของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วจะมีรูโพรงหรือพรุนมาก ควรใช้ปริมาณน้ำให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้เกิดความสามารถในการทำงานได้ดี สำหรับรูปร่างและขนาดคละของวัสดุผสม ถ้าใช้วัสดุผสมที่มีลักษณะเป็นก้อนกลมจะทำให้ได้ความสามารถในการทำงานดีกว่าวัสดุผสมที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมเป็นมุมวัสดุผสมที่มีความลดหลั่นของขนาดคละอยู่ในพิกัดต้องการปริมาณน้ำน้อยทำให้ได้คอนกรีตที่มีเนื้อแน่น สม่ำเสมอมีคุณภาพดีและทำงานง่าย ส่วนปริมาณซีเมนต์และชนิดของซีเมนต์ปริมาณซีเมนต์มีผลมาจากอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ ถ้าใช้ซีเมนต์ที่ละเอียดจะมีผลทำให้ได้คอนกรีตที่เทเข้าแบบได้ง่ายกว่า ปริมาณสารกระจายกักฟองอากาศถ้าใช้ในปริมาณที่พอเหมาะคอนกรีตจะมีความสามารถเทได้ง่ายแต่ถ้าใช้มากเกินไปจะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงอีกทั้งความคงทนก็ไม่ได้เพิ่มขึ้นสารผสมเพิ่มสารเคมีผสมเพิ่มชนิดประเภทลดน้ำและยืดเวลาการก่อตัว เช่น พวกไฮ เดรตไลม์ (Hydrated Lime), เบนโทไนท์ (Bentonite) และ เถ้าลอย (Fly Ash) จะช่วยให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ดีขึ้นช่วยขจัดการเยิ้มที่ผิวหน้าของคอนกรีตเวลาและอุณหภูมิถ้าทิ้งคอนกรีตที่เพิ่งผสมเสร็จใหม่ ๆ ไว้นานเกินกว่า 15 นาทีคอนกรีตจะมีความสามารถในการเทได้ต่ำลงหรืออาจแข็งตัวไปเลยหากใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์น้อยเกินไปการเทคอนกรีตในวันที่อากาศร้อนหรืออุณหภูมิสูงควรเพิ่มปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตให้มากขึ้นเล็กน้อยเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ

และรักษาความสามารถเทได้ของคอนกรีตให้คงที่ คอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว (Hardened State) ต้องมีกำลังรับแรงตามต้องการ มีเนื้อแน่น และ ทนทานต่อลมฟ้าอากาศการกัดกร่อนและตัวลายอื่น ๆ ต้องไม่เปลี่ยนแปลงปริมาตรหรือหดตัวมากเกินไปเมื่อถูกความร้อน ความเย็น หรือเปียกแห้งสลับกัน ในบางครั้งต้องการให้คอนกรีตทนทานต่อสารเคมี หรือต้องการให้มีน้ำหนักเบา มีผิวเรียบเป็นพิเศษ หรือให้ผิวมีรูพรุน กำลังต้านทานแรงอัด หรือ กำลังรับแรงอัด

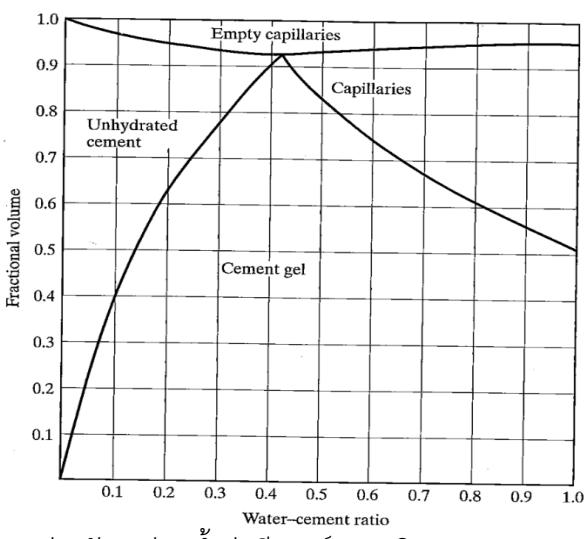
กำลังอัด (Compressive Strength) หรือกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีตเป็นตัวบอกให้ทราบคุณสมบัติอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดีเพราะค่ากำลังต้านทานหรือการรับแรงแบบอื่น ๆ เป็นสัดส่วนกำลังต้านทานแรงอัดและด้วยเหตุที่คอนกรีตมีกำลังต้านทานแรงอัดมากกว่ากำลังต้านทานแรงดึงหลายเท่าดังนั้นในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจึงออกแบบโดยพิจารณาให้คอนกรีตรับเฉพาะแรงอัดเพียงอย่างเดียวส่วนกำลังรับแรงดึงที่เกิดขึ้นให้เหล็กเสริมซึ่งหล่ออยู่ในเนื้อคอนกรีตหน้าที่ต้านทานกำลังอัดของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อวัสดุประสาน (w/c) ของคอนกรีตเป็นหลักโดยค่าอัตราส่วน w/c จะแปรผกผันกับกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต กำลังต้านทานแรงดึงหรือกำลังรับแรงดึง (Tensile strength) แม้ว่าการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจะสมมุติให้คอนกรีตรับแรงดึงไม่ได้เลย ทั้งนี้เนื่องจากความต้านทานของคอนกรีตในด้านรับแรงดึงมีค่าต่ำมากประมาณร้อยละ 10 ของกำลังอัดประลัยอีกทั้งยังมีคุณสมบัติที่เปราะด้วยแต่ค่าความต้านทานแรงดึงของคอนกรีตจะใช้ช่วยในการพิจารณาเกี่ยวกับการแตกร้าวของคอนกรีตอันเนื่องมาจากอุณหภูมิการหดตัวหรือการอัดแรงในงานคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรง (Steven Kosmatka, et al., 2008) และคณะกล่าวว่าการหาค่ารับแรงดึงของคอนกรีตสามารถได้อย่างคร่าว ๆ หากทราบค่ากำลังรับแรงอัดโดยกำลังดึงจะมีค่าประมาณ 0.4 – 0.7 เท่าของรากที่สองของกำลังรับแรงอัดกำลังต้านทานต่อแรงดัดหรือกำลังรับแรงดัด (Flexural Strength) ในงานก่อสร้างพื้นถนนหรือสนามบินกำลังต้านทานของคอนกรีตมักถูกกำหนดให้ทดสอบหาความต้านทานต่อแรงดัดจากคานตัวอย่างมาตรฐานที่จากคอนกรีตล้วนโดยกำหนดอยู่ในรูปของโมดูลัสการแตกหัก (Modulus of Rupture) ซึ่งเป็นค่าแรงดึง (หรือแรงอัด) ที่ สูงที่สุด ณ จุดที่เกิดการแตกหักคำนวณได้จากสมการที่ 2.1 ความสามารถในการซึมผ่านของคอนกรีต (Permeability of Concrete) ตัวแปรที่มีความสำคัญที่สุด ต่อความคงทนของคอนกรีต คือ อัตราส่วน w/c โดยที่หากคอนกรีตมีค่าอัตราส่วน w/c ลดลงคอนกรีตจะมี ความแน่นตัวมากขึ้นหรือทึบน้ำดังแสดงในภาพที่ 2.1

$$f = \frac{Mc}{I} \qquad 2.1$$



ภาพที่ 2.1 อิทธิพลของ w/c ที่มีต่อค่าการซึมผ่านของ (a) ซีเมนต์เพสต์และ (b) คอนกรีต
ที่มา : (Sidney Mindess, et al., 2003 : 478)

กลไกการซึมผ่านของคอนกรีตคือการซึมของสารผ่านรูพรุนหรือรอยร้าวในเนื้อซีเมนต์เพสต์ (Sidney Mindess, et al., 2003 : 477-482) โดยปกติในเนื้อซีเมนต์เพสต์จะมีรูพรุน 2 ประเภทเป็นหลักคือรูพรุนขนาดใหญ่ที่เรียกว่าช่องว่างคาปิลารี่ (Capillary Pore) และ รูพรุนขนาดเล็กที่เรียกว่าช่องว่างในเจล (Gel Pore) การซึมผ่านจะเกิดโดยการซึมผ่านรูพรุนขนาดใหญ่ในเนื้อซีเมนต์เพสต์เป็นหลักมากกว่าการซึมผ่านรูพรุนขนาดเล็กซึ่งรูพรุนขนาดใหญ่จะเกิดขึ้นมากหรือน้อยนั้นจะแปรผันตามค่าอัตราส่วน w/c ดังแสดงในแผนภาพที่ 2.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูพรุนขนาดใหญ่จะมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดที่ค่าอัตราส่วน w/c มากกว่า 0.42 นอกจากนั้นค่าอัตราส่วน w/c ที่ลดลงและทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดสูงขึ้นยังมีผลที่ตามมาคือทำให้ความสามารถในการต้านทานรอยร้าวที่อาจเกิดขึ้นภายในเนื้อคอนกรีตสูงขึ้นด้วยจึงเป็นผลดีต่อความคงทนของคอนกรีตเช่นกัน



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และปริมาตรของรูพรุน ในเนื้อซีเมนต์เพสต์
ที่มา : (Sidney Mindess, et al., 2003 : 479)

จากที่ได้กล่าวมา ความพรุนในเนื้อคอนกรีตจะเกิดขึ้นในส่วนของซีเมนต์เพสต์ ดังนั้น ความสามารถในการซึมผ่านของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์เป็นสำคัญ อย่างไรก็ดี การซึมผ่านยังอาจเกิดได้มากขึ้นหากบริเวณผิวสัมผัสระหว่างซีเมนต์เพสต์กับมวลรวมในเนื้อคอนกรีต ในการก่อสร้างส่วนใหญ่จะพิจารณาถึงการซึมผ่านของน้ำเป็นหลักซึ่งมีผลกระทบต่อความคงทนของโครงสร้าง เมื่อกล่าวถึงคุณสมบัติด้านนี้ในวงการก่อสร้างมักจะกล่าวถึงในรูปของการต้านทานการซึมผ่านของน้ำ ซึ่งสามารถหาได้โดย คำนวณจากกฎของ Darcy's law ดังสมการที่ 2.2

$$V = K_p i = K_p \frac{\Delta h}{x} \qquad 2.2$$

เมื่อ V = ความเร็วในการไหลของน้ำ

Δh = ความต่างของระดับน้ำ (Head Difference)

x = ความยาวของการไหลซึมในช่วงความต่างของระดับน้ำ

K_p = สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ

i = ไฮดรอลิคแรเดียน = $\frac{\Delta h}{x}$

ตารางที่ 2.1 อิทธิพลของอายุของซีเมนต์เพสต์ที่มีต่อสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ

Effect of Age Cement Paste on Its Permeability Coefficient w/c 0.51		
Age (day)	K_p (m/s)	Independent of w/c
Fresh Paste	10^{-5}	Capillary pores interconnected
1	10^{-8}	
3	10^{-9}	
4	10^{-10}	
7	10^{-11}	
14	10^{-12}	
28	10^{-13}	
100	10^{-16}	Capillary pores discontinuous
240 (Maximum hydration)	10^{-18}	

ที่มา : (Sidney Mindess, et al., 2003 : 480)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โดยค่า K_p มีค่าไม่คงที่แต่จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วน w/c และอายุของซีเมนต์เพสต์ และโดยทั่วไปการซึมผ่านของสารจำพวกก๊าซจะซึมผ่านเข้าไปในเนื้อคอนกรีตได้ดีกว่าน้ำ ประมาณ 10 ถึง 100 เท่า สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำของซีเมนต์เพสต์ที่เกิดโดยปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่สมบูรณ์นั้นปกติมีค่าต่ำมาก ถึงแม้ว่าจะมีความพรุนมากก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากการทำปฏิกิริยาที่สมบูรณ์จะทำให้เกิดแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate; C-S-H) ซึ่งจะเข้าไปอุดรูพรุนในเนื้อซีเมนต์เพสต์ให้รูพรุนที่มีอยู่ไม่ต่อเนื่องกัน ดังนั้นภายใต้เงื่อนไขที่มีการบ่มอย่างต่อเนื่องอายุของคอนกรีตจึงเป็นตัวแปรสำคัญต่อความสามารถในการซึมผ่านคือยิ่งคอนกรีตที่มีอายุมากจะยิ่งมีจำนวนรูพรุนที่ไม่ต่อเนื่องมากขึ้น จึงส่งผลให้คอนกรีตมีความทึบน้ำมากขึ้นได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 อีกทั้งปัจจัยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ก็ส่งผลกระทบต่อความทึบน้ำซึ่งแปรผันตรงกับระยะเวลาในการบ่มด้วยเช่นกัน ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ระยะเวลาที่ต้องการในการบ่มเพื่อให้เนื้อคอนกรีตมีรูพรุนที่ไม่ต่อเนื่องกัน

Curing Time Required to Produce a Discontinuous System of Capillaries (Assuming Continuous Moist Curing)	
w/c Ratio	Curing Time (day)
0.4	3
0.45	7
0.50	28
0.60	180 (6 months)
0.70	365 (1 year)
> 0.70	Not possible

ที่มา : (Sidney Mindess, et al., 2003 : 481)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เมื่อกล่าวถึงความสามารถในการซึมผ่าน การผสมสารจำพวกสารกักและกระจายฟองอากาศ (Air-entraining admixture) ก็มีผลต่อคุณสมบัตินี้เช่นกันกล่าวคือปริมาณฟองอากาศจะเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้คอนกรีตมีความพรุนมากขึ้นซึ่งเป็นผลเสียต่อคุณสมบัตินี้ในทางตรงกันข้ามการผสมสารจำพวกนี้มีส่วนช่วยให้คอนกรีตมีการเยิ้มและการแยกตัวน้อยลงรวมทั้งความต้องการน้ำในส่วนผสมก็น้อยลงด้วยซึ่งล้วนเป็นผลดีต่อคุณสมบัติในด้านนี้ดังนั้นหากพิจารณาผลทั้งหมดพบว่าการใส่สารจำพวกนี้มีส่วนช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในด้านนี้โดยให้คอนกกรีตมีความสามารถใน การต้านทานการ

ซึมผ่านได้ดีขึ้น การผสมสารผสมเพิ่มจำพวกแร่ธาตุ (Mineral admixture) เช่น ซิลิก้าฟูม ก็มีส่วนช่วยให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในด้านการต้านทานการซึมผ่านที่ดีขึ้นเช่นกันโดยสารผสมเพิ่มชนิดนี้เป็นวัสดุผงละเอียดได้จากกระบวนการผลิตโลหะซิลิกอนหรือเฟอร์โรซิลิกอนอัลลอย (Ferro-Silicon alloy) เป็นผงมีความละเอียดสูงมาก(ขนาดเล็กกว่าผงปูนซีเมนต์ประมาณ 70 - 100 เท่า) ประกอบด้วยออกไซด์ของธาตุซิลิกอนกว่าร้อยละ 90 ราคาแพงมากทำปฏิกิริยาเร็วมากให้ 8 คอนกรีตกำลังสูงลดการเยิ้มและการแยกตัวให้ความทึบน้ำสูงเนื่องจากมีอนุภาคที่เล็กจึงสามารถอุด ช่องว่างขนาดเล็กในเนื้อคอนกรีตได้รวมทั้งด้วยคุณสมบัติที่เป็นสารปอซโซลานจึงสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชั่น และให้ C-S-H ซึ่งเป็นสารที่ให้กำลังรวมทั้งยังเป็นตัวอุดช่องว่างระหว่างรูพรุนในเนื้อคอนกรีตดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ข้อด้อยของการใช้ซิลิก้าฟูมคือความสามารถในการทำงานไม่ดีนักดังนั้นจึงต้องใช้ร่วมกับ สารลดน้ำอย่างมาก (Superplasticizer) ในการทำคอนกรีตคุณภาพสูง (High performance concrete) สารชนิดนี้มีทั้งชนิดเป็นผงและชนิดของเหลวซึ่งได้จากการผสมร่วมกับน้ำในอัตราส่วน 50:50 อัตราการใช้ประมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ คุณสมบัติที่กล่าวมาเป็นคุณสมบัติพื้นฐาน ของคอนกรีตนอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วด้านอื่น ๆ อีก เช่น กำลังต้านทานแรงเฉือน (Shear strength) โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ความล้า (Creep) การเปลี่ยนแปลงปริมาตร การนำความร้อน หน่วยน้ำหนัก และ ความคงทน เป็นต้น

2.2 ประเภทของมวลรวม

มวลรวมหรือวัสดุผสม (Aggregates) คือวัสดุเฉื่อยอันได้แก่ หิน ทราย และ กรวด มวลรวมเป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีตเนื่องจากมีปริมาตรร้อยละ 70–80 ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด ดังนั้นคุณภาพของมวลรวมจึงมีผลอย่างมากต่อคุณสบัติของคอนกรีตและจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสนใจในเรื่องนี้อย่างมากในอดีตมวลรวมถูกคิดว่าเป็นเพียงวัสดุเฉื่อยที่ใช้เป็นตัวแทรกประสานโดยกระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์เท่านั้น ในปัจจุบันพบว่ามวลรวมยังทำหน้าที่อื่นที่สำคัญเนื่องจากมวลรวมเป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่มีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ ดังนั้นในส่วนผสมของคอนกรีตจึงควรใช้ปริมาณมวลรวมให้พอเหมาะเพื่อที่จะใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ลดลง ประการต่อมาคุณสมบัติของมวลรวมจะช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน (Durability) และ ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก (Volume stability) รวมทั้งมวลรวมยังทำหน้าที่ต้านทานน้ำหนักที่เกิดลงบน คอนกรีตด้วยกำลังและคุณสมบัติทางกายภาพอีกหลายประการของมวลรวมมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งในสภาพที่เป็นคอนกรีตเหลว และคอนกรีตแข็งตัวแล้วดังนั้นการเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสมไม่เพียงแต่เป็นการประหยัดแต่ยังคงช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้นด้วย มวลรวมที่ดีที่จะส่งให้คอนกรีตมีความทนทานสูงควรมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ดีดังนี้ คือ ต้องมีความคงทนไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบในปูนซีเมนต์ซึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีต และมวลรวมต้องไม่มีสิ่งเจือปนสารที่มีผลเสียต่อกำลังและความคงตัวของซีเมนต์เพสต์ คุณสมบัติของคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วขึ้นอยู่กับขบวนการย่อยแปรสภาพของมวลรวม

2.2.1 ประเภทของมวลรวม

มวลรวมสามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือมวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติ เกิดจากขบวนการกัดกร่อน และเสียดสีตามธรรมชาติ ส่วนกลุ่มที่สองคือมวลรวมที่มนุษย์ทำขึ้น เช่น มวลรวมเบาบางประเภทที่ได้จากการเผาดิน เป็นต้น

ถ้าแบ่งมวลรวมตามความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนัก จะแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ มวลรวมเบา มีความหนาแน่นตั้งแต่ 300 – 1,100 กก/ลบ.ม. มวลรวมปกติ มีความหนาแน่นตั้งแต่ 2,400 – 3000 กก/ ลบ.ม. และ มวลรวมหนัก มีความหนาแน่นมากกว่า 4,000 กก/ลบ.ม.

นอกจากการแบ่งมวลรวมตามข้างต้นแล้ว ยังสามารถแบ่งมวลรวมตามขนาด ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

ก. มวลรวมหยาบ (Coarse aggregate) ได้แก่หินกรวดที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มิลลิเมตร ขึ้นไป หรือค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

ข. มวลรวมละเอียด (Fine aggregate) ได้แก่ ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มิลลิเมตร หรือ สามารถผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ต้องไม่เล็กกว่า 0.07 มิลลิเมตร หรือ ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 ส่วนที่มีขนาดเล็กกว่ามวลรวมละเอียดซึ่งมีอยู่จำนวนน้อยมากในส่วนผสมคอนกรีตสามารถแบ่งได้เป็นทรายแป้ง (Silt) มีขนาดประมาณ 0.07 มิลลิเมตร และ ดินเหนียว (Clay) มีขนาดอยู่ช่วง 0.00–0.06 มิลลิเมตร

2.2.2 การเก็บรักษามวลรวม

ระหว่างการขนย้ายและกองเก็บมวลรวมไว้รอการใช้งานหรือขนย้ายต่อไปอาจเกิดผลเสีย คือ การแยกแยะของมวลรวมขนาดต่าง ๆ กัน และ การแตกหักของมวลรวมการแยกแยะเกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัวของมวลรวมในระนาบเอียงมวลรวมขนาดใหญ่ที่หนักกว่ามักไหลลงไปรวมกันใกล้เชิงระนาบเอียง ส่วนมวลรวมขนาดเล็กกว่าคงติดค้างอยู่ตอนบนของระนาบเอียงนอกจากนี้ควรระมัดระวังการเท่มวลรวมเมื่อมีลมแรง เพราะลมสามารถพัดพามวลรวมขนาดเล็กไปได้ไกลกว่าขนาดใหญ่กว่าวิธีการป้องกันที่ดีก็โดยการแยกเก็บมวล

2.3 ซีเมนต์

ซีเมนต์ตามความหมายของการใช้งานทางวิศวกรรม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ บิทูมินัส (Bituminous) และนอนบิทูมินัส (Non-bituminous) ซึ่งบิทูมินัสซีเมนต์ ได้แก่ มะตอย (Asphalt) และ น้ำมันยาง (Tar) เราใช้มะตอย หรือ น้ำมันยางเป็นตัวประสานหิน หรือกรวดในการทำผิวถนน

นอกจากนี้ ยังใช้บิทูมินัสซีเมนต์ผสมกับ หิน ทราย ราดทำผิวถนน และเรียกส่วนผสมนี้ว่า แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt concrete) และนอนบิทูมินัสซีเมนต์ ได้แก่ อะลูมินาซีเมนต์ (Alumina cement) และปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland cement) มีลักษณะเป็นผงสีเทาอ่อนต้องผสมน้ำปริมาณมากพอสมควร แล้วทิ้งไว้ให้แห้งจึงจะแข็งตัว เรามักจะนิยมเรียกซีเมนต์ชนิดนี้ว่า ไฮดรอลิกซีเมนต์ (Hydraulic cement) ทั้งนี้เพราะต้องใช้น้ำผสม และแข็งตัวในน้ำได้ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์เป็นซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างมากที่สุด ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ แบ่งเป็น 5 ชนิดด้วยกัน ได้แก่

ก. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ใช้งานก่อสร้างทั่วไป เช่น ทำผิวถนน สะพาน ท่อระบายน้ำ เป็นต้น ซีเมนต์ชนิดนี้มีข้อเสียคือ ไม่ทนต่อสารที่เป็นด่าง ในโครงสร้าง หรืออาคารที่มีสารเป็นด่างอยู่ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น จะไม่นิยมใช้ซีเมนต์ชนิดนี้

ข. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง ซีเมนต์ชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำจะคายความร้อนออกต่ำกว่าชนิดธรรมดา และมีความต้านทานต่อสารที่เป็นด่างได้บ้าง เหมาะสำหรับงานก่อสร้างตอม่อขนาดใหญ่ในบริเวณที่มีอากาศร้อนจัด

ค. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว ซีเมนต์ชนิดนี้เกิดแรงสูงเร็วในระยะแรก เหมาะสำหรับงานที่ต้องการถอดไม้แบบเร็ว และต้องการประหยัดซีเมนต์ ซีเมนต์ชนิดนี้มีเนื้อละเอียดมากกว่าชนิดอื่น ๆ แต่อาจทำให้เกิดรอยร้าวบนผิวคอนกรีตได้ง่าย

ง. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความร้อนต่ำ ซีเมนต์ชนิดนี้มีอัตราการคายความร้อนต่ำมาก เหมาะสำหรับงานก่อสร้างใหญ่ ๆ โดยเฉพาะการสร้างเขื่อน

จ. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต้านทานซัลเฟต ซีเมนต์ชนิดนี้ใช้สำหรับอาคารที่ต้องสัมผัสกับสภาวะที่มีซัลเฟตรุนแรง โดยปกติซีเมนต์ชนิดนี้จะแข็งตัวช้ากว่าธรรมดา

2.4 น้ำยางพารา

2.4.1 ประวัติการค้นพบยางพารา และวิวัฒนาการ

ชาวพื้นเมืองในอเมริกากลางและอเมริกาใต้เรียกต้นไม้ที่ให้ยางว่าคาอุท์ชุค (Caoutchouc) แปลว่าต้นไม้ร้องไห้ จนถึง ปี พศ. 2313 โจเซฟ พริสลี่ จึงพบว่า ยางสามารถลบ รอยดำของดินสอได้โดยที่กระดาษไม่เสีย จึงเรียกยางว่า ยางลบหรือตัวลบ (Rubber) ซึ่งเป็น คำเรียกยางเฉพาะในอังกฤษและฮอลแลนด์เท่านั้น ส่วนใน ประเทศยุโรปอื่น ๆ ในสมัยนั้น ล้วนเรียกยางว่า คาอุท์ชุก ทั้งสิ้น จนถึงสมัยที่โลกได้มีการปลูกยางกันมากในประเทศแถบ อเมริกาใต้นั้น จึงได้ค้นพบว่า พันธุ์ยางที่มีคุณภาพดีที่สุดคือยางพันธุ์ Hevea Brasiliensis ซึ่ง มีคุณภาพดีกว่าพันธุ์ Hevea ธรรมดามาก จึงมีการปลูกและซื้อขายยางพันธุ์ดังกล่าวกันมาก และศูนย์กลางของการซื้อขายยางก็อยู่ที่เมืองท่าชื่อ พารา (Para) บนฝั่งแม่น้ำอเมซอน ประเทศบราซิล ด้วยเหตุดังกล่าว ยางพันธุ์ Hevea Brasiliensis จึงมีชื่อเรียกอีก

อย่างหนึ่งว่า ยางพารา และเป็นชื่อที่ใช้เรียกกันแพร่หลายจนถึงทุกวันนี้ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร องค์การมหาชน, 2563)

ยางมีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่างที่มีความสำคัญต่อมนุษย์คือ มีความยืดหยุ่น (Elastic) กันน้ำได้ เป็นฉนวนกันไฟได้ เก็บและพองลมได้ดี เป็นต้น ดังนั้นมนุษย์จึงยังจะต้องพึ่งยางต่อ ไปอีกนาน แม้ในปัจจุบัน มนุษย์สามารถผลิตยางเทียมได้แล้วก็ตาม แต่คุณสมบัติบางอย่างของ ยางเทียมก็สู้ยางธรรมชาติไม่ได้ ในโลกนี้ยังมีพืชอีกมากมายหลายชนิดที่ให้น้ำยาง (Rubber Bearing Plant) ซึ่งอาจจะมีเป็นพัน ๆ ชนิดในทวีปต่าง ๆ ทั่วโลก แต่น้ำยางที่ได้จาก ต้นยางแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป บางชนิดก็ใช้ทำอะไรไม่ได้เลย แต่ยางบางชนิด เช่น ยางกัตตาเปอร์ชาที่ได้จากต้นกัตตา (Guttar tree) ใช้ทำยางสำเร็จรูป เช่น ยางรถยนต์ หรือรองเท้าไม่ได้แต่ใช้ทำสายไฟได้ หรือยางเยลูตงและยางบาลาตา ที่ได้จากต้นยางชื่อเดียวกัน ถึงแม้จะมีความเหนียวของยาง (Natural isomer of rubber) อยู่บ้างแต่ก็มีเพียงสูตรอณู (Molecular formula) เท่านั้นที่เหมือนกัน แต่โดยที่มี High resin content จึงเหมาะที่จะใช้ทำหมากฝรั่งมากกว่ายางที่ได้จากต้น Achas sapota ในอเมริกากลาง ซึ่งมีความเหนียวกว่ายางกัตตาเปอร์ชาและยางบาลาตามาก คนพื้นเมืองเรียกยางนี้ว่า ชิเคิ้ล (Chicle) ดังนั้น บริษัท ผู้ผลิตหมากฝรั่งที่ทำมาจากยางชนิดนี้จึงตั้งชื่อหมากฝรั่งนั้นว่า Chiclets

โลกเพิ่งจะมีโอกาสรู้จักและใช้ประโยชน์จากยางพาราเมื่อประมาณปลายคริสต์ศตวรรษที่ 15 นี้ ในขณะที่คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส เป็นผู้ค้นพบโลกใหม่ในการเดินทางไปอเมริกาในครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ. 2036 (ค.ศ.1493) ก็พบว่ามีชาวพื้นเมืองบางเผ่าทั้งในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ได้รู้จัก และใช้ประโยชน์จากยางพารากันบ้างแล้ว เช่น ชาวพื้นเมืองในอเมริกากลางที่ทำรองเท้าจากยางพาราโดยการใช้มีดฟันต้นยางพารา แล้วรองน้ำยางใส่ภาชนะ หลังจากนั้นจึงเอาเท้าจุ่มลงไปในน้ำยางหรือเอาเท้าวางไว้บนภาชนะแล้วเทน้ำยางราดลงบนเท้าก็จะได้รองเท้าที่เข้ากับเท้าพอดี หรือบางเผ่าในอเมริกาใต้ทำเสื้อกันฝนและผ้ากันน้ำจากยาง หรือเผ่ามายันในอเมริกาใต้ที่ทำลูกบอลด้วยยางแล้วนำมาเล่นโดยการให้กระเด้งขึ้นลงเพื่อเป็นการสักการะเทพเจ้า จึงทำให้ คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส และคณะ มีความแปลกใจเป็นอันมากและคิดกันไปว่าในลูกกลม ๆ ที่เด้งได้นั้น ต้องมีตัวอะไรอยู่ข้างในเป็นแน่ หลังจากนั้นเมื่อคริสโตเฟอร์ โคลัมบัสเดินทางกลับยุโรปก็ได้นำวัตถุประหลาดนั้นกลับไปด้วย จึงถือได้ว่าคริสโตเฟอร์ โคลัมบัส จึงเป็นชาวยุโรปคนแรกที่ได้มีโอกาสสัมผัสยางและนำยางเข้าไปเผยแพร่ในยุโรปการส่งยางเข้ามาในยุโรปในระยะแรกนั้นต้องใช้เวลานานมาก จึงทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน ดังนั้นยางที่เข้ามาในยุโรปสมัยแรก ๆ จึงเป็นยางที่ผลิตเป็นสินค้าแล้วเนื่องจากมนุษย์ยังไม่รู้จักวิธีที่จะทำให้ยางที่จับตัวกันเป็นก้อนแล้วเปลี่ยนสภาพมาเป็นน้ำยางก่อนทำเป็นรูปทรงที่ต้องการและได้อย่างไรการผลิตยางจึงต้องทำทันทีหลังจากได้น้ำยางมาก่อนที่ยางจะจับตัวกันเป็นก้อน ประเทศในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ เช่น ประเทศเม็กซิโกก็มีหลักฐานว่าได้มีการใช้ประโยชน์จากยางกันบ้างแล้ว แต่เป็นการผลิตอย่างง่าย ๆ เช่น ทำผ้ายางกันน้ำ ลูกบอล และเสื้อกันฝน เป็นต้น

2.4.2 การเก็บรักษาน้ำยาง

เนื่องด้วยน้ำยางจากธรรมชาติจะเกิดการเสียสภาพการเป็นของเหลว และ จับตัวแข็งและมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ (เม็ดพริก) ภายในระยะเวลาไม่กี่ชั่วโมงหลังจากถูกกรีดออกจากต้นยางการจับตัวดังกล่าวจะช้าหรือเร็วเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม คุณสมบัติความคงตัวของน้ำยางแต่ละพันธุ์ เป็นต้น เมื่อเกิดการเสียสภาพ น้ำยางจะแยกออกเป็นสองส่วน คือส่วนของน้ำยางกับส่วนของเซรุ่มและภายหลังจากน้ำยางจับตัวแล้ว จะมีกลิ่นบูดเหม็นของน้ำยางเกิดขึ้น ฉะนั้น เพื่อป้องกันมิให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนและเพื่อไม่ให้มีกลิ่นบูดเหม็นเกิดขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องรักษาสภาพน้ำยางให้น้ำยางเหลวเหมือนเมื่อแรกเก็บ สารเคมีสำหรับการรักษาน้ำยางสด ได้แก่ เตตระเมทธิลไตรยูแรมไดซัลไฟต์ (TMTD) แอมโมเนีย (Ammonia) และซิงค์ออกไซด์ (ZnO)

2.4.3 ผลิตภัณฑ์จากยางพารา

อุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปที่นำเอายางพาราสดมาแปรรูปให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและสะดวกในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางพารา ได้แก่ ยางแผ่นดิบ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง STR ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครพ (Crepe Rubber) และ น้ำยางข้น ซึ่งแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทแอมโมเนียสูง (HA-TZ) ประเภทแอมโมเนียปานกลาง (MA-TZ) และประเภทแอมโมเนียต่ำ (LA-TZ) ซึ่งในประเทศไทยไม่นิยมใช้ประเภท MA-TZ จึงมีปริมาณการผลิตน้อย

2.4.4 คุณสมบัติทางกลของยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์

ยางที่ใช้ในในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ใหญ่ ๆ ได้แก่ ยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์ ซึ่งยางธรรมชาติเป็นยางที่มีคุณภาพดีแต่มีราคาสูงและควบคุมคุณภาพให้คงที่ได้ยาก จึงมีการคิดค้นยางสังเคราะห์ขึ้นมาใช้งาน ซึ่งรายละเอียดของยางทั้งสองชนิด ดังนี้

2.4.4.1 ยางธรรมชาติ (Natural rubber, NR)

ยางธรรมชาติ คือ ยางที่ได้มาจากต้นยาง มีต้นกำเนิดจากลุ่มแม่น้ำอเมซอน น้ำยางที่ได้จะมีลักษณะสีขาวข้นและมีเนื้อยางแห้ง ในประเทศไทยมียางจำนวนมากจึงเก็บยางด้วยวิธีเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพเก็บไว้ได้นาน เพื่อรอการนำไปแปรรูปเป็นถุงมือยางหรือถุงยางอนามัย โดยยางธรรมชาติ มีคุณสมบัติ ทนต่อแรงดึง มีความยืดยุ่นสูง และเป็นฉนวนไฟฟ้าอย่างดี

2.4.4.2 ยางสังเคราะห์ (Synthetic rubber, SR)

ยางสังเคราะห์ มีลักษณะทางเคมี คล้ายคลึงกับยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ มีข้อดีด้านคุณสมบัติเพิ่มเติมมากกว่ายางธรรมเช่น เช่น การยืดตัว การกระเด้งตัว ความทนต่อน้ำมัน การซึมผ่านของก๊าซ ความทนต่อด่าง ความทนต่อกรด ความทนต่อแสง UV

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของยางคงรูประหว่างยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ประเภทต่าง ๆ

คุณสมบัติ	ชนิดของยาง							
	NR	IR	SBR	BR	NBR	CR	IIR	EPDM
ความทนต่อแรงดึง (ไม่มีสารเสริมแรง)	1	2	5	6	5	3	4	5
ความทนต่อแรงดึง (มีสารเสริมแรง)	1	2	2	4	2	2	3	3
การยืดตัวสูงสุด	1	1	2	3	2	2	2	3
ความต้านทานต่อการขัดถู (มีสารเสริมแรง)	4	4	3	1	2	3	4	3
ความทนต่อการฉีกขาด	2	2	3	5	3	2	3	3
การกระเด้งตัว	2	2	3	1	3	3	6	3
ความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิต่ำ	2	2	3	2	3	3	2	2
ความทนต่อความร้อน	5	5	4	4	3	3	3	2
ความทนต่อการเกิดออกซิเดชัน	4	4	3	2	3	3	2	1
ความทนต่อแสง UV	4	4	3	3	3	2	2	1
ความทนต่อโอโซนและสภาพอากาศ	4	4	4	3	3	2	2	1
ความทนต่อน้ำมัน	6	6	5	6	1	2	6	4
ความทนต่อน้ำมันเชื้อเพลิง	6	6	6	6	2	3	6	5
ความทนต่อกรด	3	3	3	3	4	2	2	1
ความทนต่อด่าง	3	3	3	3	4	2	2	1
ความทนต่อการติดไฟ	6	6	6	6	6	2	6	6
ความเป็นฉนวนไฟฟ้า	1	1	2	2	5	4	2	2
การซึมผ่านของก๊าซ	5	5	4	4	2	3	1	4

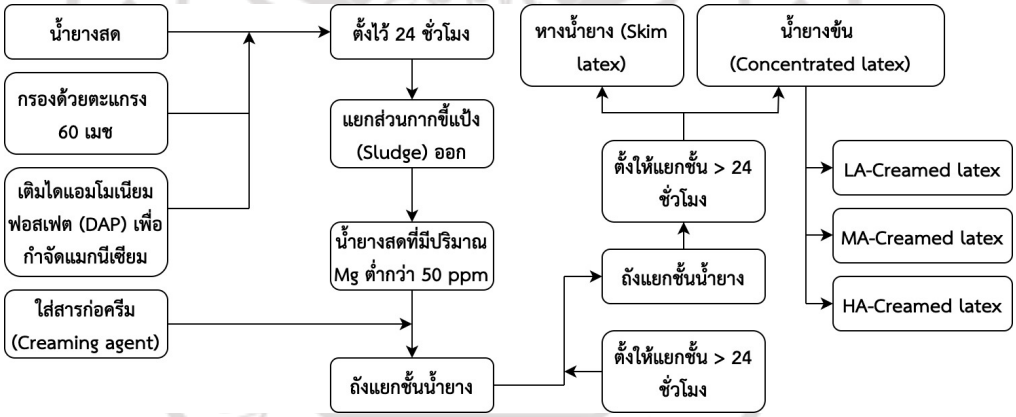
หมายเหตุ : 1 = ดีมากที่สุด 6 = ด้อยที่สุด

ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์มีข้อเด่นที่ต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้ยางแต่ละชนิดจะอยู่ที่การพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม ซึ่งตารางที่ 2.3 ได้แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ประเภทต่าง ๆ

สิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.5 การเตรียมน้ำยางข้น

การเตรียมน้ำยางข้น มีขั้นตอนตามแผนผังกระบวนการผลิตในภาพที่ 2.3 โดยนำน้ำยางสดที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนียมากรองเอาสิ่งปนเปื้อนออกด้วยตะแกรง จากนั้นเติมไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (Di-Ammonium phosphate, DAP) เพื่อลดปริมาณแมกนีเซียมอิออน ทดสอบสมบัติเบื้องต้นของน้ำยางสดก่อนใส่สารก่อครีม โดยน้ำยางต้องมีส่วนผสมคุณสมบัติตามที่กำหนด ได้แก่ ปริมาณของ TSC และ DRC เท่ากับร้อยละ 36.91, 35.46 ตามลำดับ โดยมีร้อยละของ VFA = 0.0127 และมีความเข้มเข้นของ Mg2+ เท่ากับ 48 ส่วนในหนึ่งล้านส่วน (ppm) นำน้ำยางสดจากถังเก็บส่งผ่านท่อเข้าสู่ถังกวนสารเคมี กวนน้ำยางสดกับสารก่อครีมจากนั้นปั๊มน้ำยางเข้าสู่ถังแยกน้ำยาง ปล่อยให้น้ำยางเกิดการแยกชั้นเป็นระยะเวลา 2 วัน มีลักษณะการแยกถ่ายชั้นของเซรั่มออกทางปลายท่อข้างล่างและเก็บรวบรวมน้ำยางข้นใส่ถังเก็บ



ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้น

ในประเทศไทยมีการแบ่งน้ำยางข้นที่นิยมใช้ในอุสาหกรรมออกเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพ ได้แก่

ก. น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (High Ammonia, HA) เป็นน้ำยางข้นที่ใช้แอมโมเนียรักษาสภาพในปริมาณร้อยละ 0.7

ข. น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียปานกลาง (Medium Ammonia, MA) ไม่นิยมใช้ เป็นน้ำยางข้นที่ใช้แอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.3-0.6 ร่วมกับการใช้สาร SPS

ค. น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (Low Ammonia, LA) เป็นน้ำยางข้นที่ใช้แอมโมเนียรักษาสภาพในปริมาณร้อยละ 0.2 และสารเคมีในปริมาณที่แตกต่างไปตามชนิดของสารนั้น

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แต่ที่นิยมใช้จริงในประเทศไทยมีเพียงชนิดแอมโมเนียสูงและแอมโมเนียต่ำ ซึ่งคุณสมบัติของน้ำยางข้นดังกล่าวแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานน้ำยางข้น ISO 2004-1988

ชนิด	แอมโมเนียสูง (HA)	แอมโมเนียต่ำ (LA)
ของแข็งทั้งหมด* (min)	61.5 (61.0)	61.5 (61.0)
เนื้อยางแห้ง (min)	60.0	60.0
Non-Rubber (max)	2.0 (1.7)	2.0 (1.7)
แอมโมเนีย	0.6 (min)	0.29 (max)
MST (sec)	650	650
Coagulum (max)	0.1 (0.03)	0.1 (0.03)
Sludge (max)	0.1	0.1
VFA*	<0.2 (0.06)	<0.2 (0.06)
KOH Number*	<1.0 (0.7)	<1.0 (0.7)
กลิ่น หลังใส่กรดบอริค	ไม่บูดเน่า	ไม่บูดเน่า
สี	ไม่เป็นน้ำเงิน หรือเทา	ไม่เป็นน้ำเงิน หรือเทา

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขในวงเล็บเป็นค่าที่ระบุในมาตรฐาน มอก. 980-2552 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552 : 3)

2. * หมายถึง ค่าอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย

ที่มา : (RubberDigest, 2563)

2.6 ยางพาราในงานวิศวกรรม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เป็นที่ทราบกันดีและยอมรับกันทั่วไปว่า ยางพารา หรือ ยางธรรมชาติเป็นยางที่มีความแข็งแรง ความทนทาน ยากที่จะหายางชนิดใดในโลกมาเปรียบเทียบได้ ถึงแม้ว่ายางธรรมชาติจะขาดคุณสมบัติบาง ประการในการทนต่อสภาพการใช้งาน เมื่อเทียบกับยางสังเคราะห์ อาทิเช่น การทนต่อโอโซนในอากาศ แต่ยางธรรมชาติก็ยังคงได้รับการคัดเลือกไปใช้ ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางหลากหลายชนิด ทั้งที่ผลิตจากยางธรรมชาติล้วนหรือยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์

สำหรับงานอุตสาหกรรมการก่อสร้าง มีการใช้ผลิตภัณฑ์ยางในปริมาณมากพอสมควร ถึงแม้ว่าจะไม่มากเท่ากับการใช้ยางในอุตสาหกรรมยางล้อรถยนต์ แต่อุตสาหกรรมการก่อสร้างเป็น

อุตสาหกรรมที่มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องในบรรดาอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งมีการก่อสร้างในโครงสร้างพื้นฐานเป็นจำนวนมากดังนั้นผลิตภัณฑ์ยางในอุตสาหกรรมประเภทนี้จึงเป็นที่น่าสนใจที่ควรให้ความสำคัญ เช่น ยางรองคอสะพาน แผ่นยางกันน้ำซึม ยางกันกระแทก แผ่นยางเชื่อมรอยต่อสะพาน ปะเก็นยาง ยางปูพื้น แผ่นยางปูอ่างเก็บน้ำ ท่อยาง ฝายยาง ยางรองรางรถไฟ ยางรองอาคารเพื่อกันการสั่นสะเทือน ยางขวางถนนเพื่อลดความเร็วรถ เป็นต้น

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินงานวิจัย ได้ศึกษางานนิพนธ์ วรรณกรรม และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทั้งงานคอนกรีต และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ซีเมนต์เพสต์ และมอร์ต้าร์ รวมไปถึงงานที่เกี่ยวข้องกับยางพารา เพื่อให้เข้าใจคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุวิจัยหลักที่เกี่ยวข้องแต่ละชนิด และความเป็นไปได้ในการดำเนินงานวิจัย ได้แก่

ประชุม คำพุฒ และคณะ (2550 : 73-81) ได้ศึกษาการใช้น้ำยางพารามาปรับปรุงสมบัติด้านกำลังอัดและการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบา และคอนกรีตบล็อก เพื่อพัฒนางานวัสดุก่อสร้าง ซึ่งจากงานวิจัยพบว่า ผู้วิจัยได้ปรับปรุงกำลังอัดของคอนกรีตจนสามารถรับกำลังอัดเพิ่มได้อีก การรับแรงดัดได้ดี การผสมยางพาราลงไปทำให้เพิ่มคุณสมบัติทางกลทางกายภาพ และการนำพาความร้อนดีขึ้น ลดน้ำหนักวัสดุให้เบาลง อัตราการดูดซึมน้ำลดลง

ปัณณวัฒน์ ปรียานนท์ และ สมโพธิ์ อยู่ไว (2557 : 1-7) ได้ศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตกับเศษยางผงและยางพาราโดยออกแบบส่วนผสมในอัตราส่วนของส่วนผสมเพิ่มโดยน้ำหนักคือร้อยละ 3, 5 และ 7 สำหรับน้ำยางข้นและร้อยละ 5, 7 และ 9 สำหรับเศษผงยางรถยนต์ที่ใช้ ซึ่งจากการทดสอบแบบน้ำหนักกดครั้งเดียวและแบบกระทำซ้ำ ผู้วิจัยได้ผลการศึกษาว่าค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างที่เป็นแอสฟัลต์ ผสมเศษยางรถยนต์ร้อยละ 7 มีค่ามากที่สุด เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น และการทดสอบแบบกระทำซ้ำ ๆ พบว่าตัวอย่างที่แอสฟัลต์ผสมยางพาราร้อยละ 5 มีค่าสูงสุดของโมดูลัสยืดหยุ่นสมมูลย์ (E) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับส่วนผสมอื่น การใส่สารผสมเพิ่มสองชนิดดังกล่าวข้างต้นจะสามารถพัฒนาคุณสมบัติทางวิศวกรรมและลดการเสียรูปเทียบกับแอสฟัลต์คอนกรีตได้เป็นอย่างดี ราคาค่าก่อสร้างของถนนแอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสมเศษยางรถยนต์มีราคาถูกที่สุดและถนนแอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสมยางพารามีสามารถในการรับน้ำหนักดีที่สุด

อรุณี สายนิลคำ (2558 : 86-110) ได้ศึกษาลักษณะสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปรับปรุงด้วยยางพาราธรรมชาติ และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 ซึ่งจากงานวิจัย ผู้วิจัยได้ผลการศึกษาว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ NRMA จึงมีความแข็งแรงสามารถต้านทานแรงดึงได้มากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ AC 60/70 มี

ความยืดหยุ่นตัวที่ดีสามารถคืนตัวกลับสู่สภาพเดิมได้ดีกว่า AC 60/70 มีความสามารถในการทนความล้าและต้านทานการยุบ ตัวแบบถาวรในลักษณะการเกิดร่องล้อได้มากกว่า AC 60/70

อนันตศักดิ์ แสวงการ และ สุชานาฏ ใจปลอด (2560 : 28-43) ศึกษาท่อคอนกรีตเสริมเหล็กผสมน้ำยางข้น พบว่าน้ำยางข้นสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการพัฒนาท่อคอนกรีตเสริมเหล็กได้ โดยที่การเพิ่มน้ำยางร้อยละ 0.5 และ 1.0 ของน้ำหนักน้ำให้ค่ากำลังอัดไม่น้อยกว่า 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานที่กำหนดส่วนของการดูดซึมน้ำของคอนกรีตลดลงตามปริมาณของน้ำยางข้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการความทึบน้ำ เช่น งานระบายน้ำ เป็นต้น และ การใส่น้ำยางข้นในส่วนผสม ทำให้คอนกรีตจับตัวกันเป็นก้อน มีการไหลของคอนกรีตน้อยลง ทั้งนี้การใส่น้ำยางข้นที่ร้อยละ 0.5 และ 1.0 มีค่าการไหลเท่ากับ 8.9 และ 8.2 ตามลำดับ ซึ่งยังอยู่ในช่วงค่าการยุบตัวที่ออกแบบ

ภูวเดช สมาธิมงคล (2560 : 44-51) ศึกษาผลกระทบของน้ำยางข้นต่อคุณสมบัติของมอร์ต้าร์สำหรับงานก่อฉาบ พบว่าจากการทดสอบหาความข้นเหลวปกติเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางข้นในส่วนผสมซีเมนต์เพจจะต้องมีการเพิ่มน้ำขึ้นเรื่อย ๆ ตามปริมาณน้ำยางข้นที่เพิ่มขึ้น การทดสอบระยะการก่อตัวเมื่อเพิ่มน้ำยางข้นในส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์ พบว่าน้ำยางข้นส่งผลให้ซีเมนต์เพสต์มีระยะในการก่อตัวนานขึ้นตามปริมาณการผสมน้ำยางข้น

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี