



Journal of Thailand Concrete Association วารสารวิชาการสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE CONCRETE BY USING OF RECYCLED AGGREGATE IN CONCRETE

การพัฒนาคอนกรีตอย่างยั่งยืนด้วยมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่

กิริติ นิติโชติ¹ วันชัย ยอดสุดใจ²

¹นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ARTICLE INFO:

Received December 10, 2017

Received Revised Form:

December 13, 2017

Accepted: December 18, 2017

ABSTRACT:

Sustainable Development is the integrated concept of environmental responsibility with enhancing the natural resource utilization for economic growth and increasing wellness of society. Term of Sustainable Construction Technique includes sustainable design implementation, minimizing of virgin resource and promoting recycle or reuse of construction materials, asset efficiency optimization and so on. Concrete production is an energy intensive manufacturing process creating high level of air pollution especially in the expanding trend of world's population and urbanization. As a part of the industrial society which is moving to sustainable habit, concrete industry is also establishing the sustainability application on its operation activities by improving durability property, adding waste from other industry, for example fly ash or GGBS, in concrete for a better quality and the use of recycled concrete as coarse and fine aggregate in concrete. The practice should be traded-off between performances and sustainability indicators. This report provides properties of concrete using Recycled Concrete Aggregate from various studies. Then, availability of using those materials in Thai construction aspect has also been mentioned.

KEYWORDS: Sustainable Development, Sustainable Construction, Recycled Concrete Aggregate

**Corresponding Author,*

Email address: kiratini@scg.com

บทคัดย่อ:

การพัฒนาอย่างยั่งยืน คือแนวคิดในการพัฒนาที่ควรรวมเอาจิตสำนึกในความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมที่ยังสามารถสร้างคุณค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์และส่งเสริมความกินดีอยู่ดีของสังคมหรือชุมชนได้ไปพร้อมๆ กัน ในส่วนของการพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างตามแนวทางพัฒนาอย่างยั่งยืนมาประยุกต์ใช้นั้น ควรจะมีการเริ่มตั้งแต่การออกแบบที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ความพยายามที่จะลดวัสดุใหม่ที่ต้องนำออกมาจากธรรมชาติ (Virgin Resource) โดยการใช้วัสดุที่ผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ หรือการใช้วัสดุก่อสร้างให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด กระบวนการผลิตคอนกรีตมีการปลดปล่อยมลภาวะทางอากาศเทียบต่อหน่วยน้ำหนักของวัสดุที่ได้เป็นสัดส่วนที่สูงมาก ยิ่งในยุคที่มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรที่สูงขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน ปริมาณความต้องการคอนกรีตในการพัฒนายิ่งสูงขึ้นตาม ในอุตสาหกรรมการผลิตคอนกรีตเองก็ต้องมีการปรับตัวเพื่อให้การพัฒนาเป็นไปอย่างยั่งยืนตามแนวทางของสังคมโดยรวม จึงมีแนวคิดในการนำวัสดุมาทดแทนวัสดุดั้งเดิมจากธรรมชาติมากขึ้น ตั้งแต่การใช้เถ้าลอย (Fly Ash) หรือเถ้าตะกรันก้นเตา (Ground Granular Bottom Slag) ซึ่งเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมอื่นมาผสมในคอนกรีต วิธีพิจารณาความเหมาะสมในการนำวัสดุทดแทนเหล่านี้มาใช้งานเพื่อให้คอนกรีตที่ใช้งานอยู่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นนั้น ต้องอยู่บนพื้นฐานคุณสมบัติในเชิงของวัสดุงานโครงสร้างที่เหมาะสมควบคู่กันไปด้วย ในบทความนี้ได้รวบรวมข้อมูลคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่ รวมไปถึงมีการวิเคราะห์แนวทางที่จะทำให้วัสดุดังกล่าวถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้น

คำสำคัญ: การพัฒนาอย่างยั่งยืน, มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่, วัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1. บทนำ

การพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นแนวคิดในการผนวกความรับผิดชอบต่อสถานะสิ่งแวดล้อมที่กำลังเสื่อมสภาพลง เข้ากับการพัฒนาวิธีใช้งานทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งในด้านเศรษฐกิจ และสังคม โดยมีมาตรในการวัดผลเป็น “ไตรกำไรสุทธิ” (Triple Bottom Line) ที่พิจารณาถึงผลกระทบต่อการพัฒนาใน 3 ด้านคือ ด้านเศรษฐกิจผ่านทางผลกำไรตอบแทนของโครงการหรือประสิทธิภาพของการลงทุน ด้านสังคม ผ่านทางคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของผู้ใช้งาน และด้านสิ่งแวดล้อมผ่านทางการวัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาโครงการ ซึ่งแนวทางในการพัฒนาอย่างยั่งยืนนี้ได้นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจต่อการพัฒนาโครงการก่อสร้างที่เคยมีมายาวนานไปอย่างสิ้นเชิงผลกระทบนี้แสดงออกผ่านการออกแบบการเลือกใช้วัสดุ ที่ตั้ง และประโยชน์ใช้สอยของอาคาร นำมาซึ่งแนวคิดของอาคารเขียว รวมถึงการจัดทำเกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวข้องขึ้นมาเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและวัดผลโครงการ

ให้มีความยั่งยืน ซึ่งมีเป้าหมายคือ (1) การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ หรือเลือกใช้ทรัพยากรที่สามารถนำมาใช้งานใหม่ได้เพื่อส่งเสริมสถานะการพัฒนายั่งยืน (2) ส่งเสริมสุขภาวะของผู้เกี่ยวข้องกับโครงการตั้งแต่ผู้ปฏิบัติงานก่อสร้าง ไปจนถึงผู้ใช้งานอาคาร และชุมชนรอบข้าง (3) ทำให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อผู้พัฒนาโครงการและผู้ลงทุน

ในฐานะที่คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างหลักสำหรับงานก่อสร้างที่ในปัจจุบันปริมาณการใช้งานคอนกรีตทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องอันเนื่องมาจากผลของการขยายตัวของประชากรโลกและสังคมเมือง ซึ่งผลกระทบนี้ทำให้สิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ตามธรรมชาติถูกนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตคอนกรีตเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยส่งผลต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยมาจากการผลิต รวมไปถึงมลพิษจากการกำจัดเศษคอนกรีตที่เหลือทิ้งด้วยวิธีรูปที่ 1 แต่ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมคอนกรีตเองก็ได้เริ่มมีการตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาอย่างยั่งยืน ผ่านทาง

การศึกษาวิธีการที่จะทำให้คอนกรีตมีความคงทนมากขึ้น การนำวัสดุที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอื่นมาผสมคอนกรีตเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่คงเดิมหรือเพิ่มขึ้น การผสมมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle Aggregate) จากอุตสาหกรรมคอนกรีต เป็นต้น ดังที่ผ่านมามีการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมวัสดุดังกล่าว แล้วพบว่าส่งผลต่อกำลังรับแรงอัด (f'_c) ลดลงเมื่อใช้มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่มากกว่าร้อยละ 30 และในคอนกรีตที่ออกแบบให้กำลังรับแรงอัดมากกว่า 50 เมกะปาสกาล (MPa) อีกทั้งคุณสมบัติด้านความคงทน ดังเช่นเมื่อกล่าวถึงความลึกในการทำปฏิกิริยาคาร์บอนเนชัน (Carbonation Depth) ที่มีการศึกษาพบว่า ไม่ค่อยมีผลการเปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อใช้มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่ แต่สมบัติบางประการอย่างการหดตัว (Shrinkage) การคืบ (Creep) และความลึกในการซึมผ่านของคลอไรด์ (Chloride Penetration Depth) จะมีผลมากขึ้นหากมีการเพิ่มสัดส่วนการใช้งานมวลรวมจากการนำกลับมาใช้

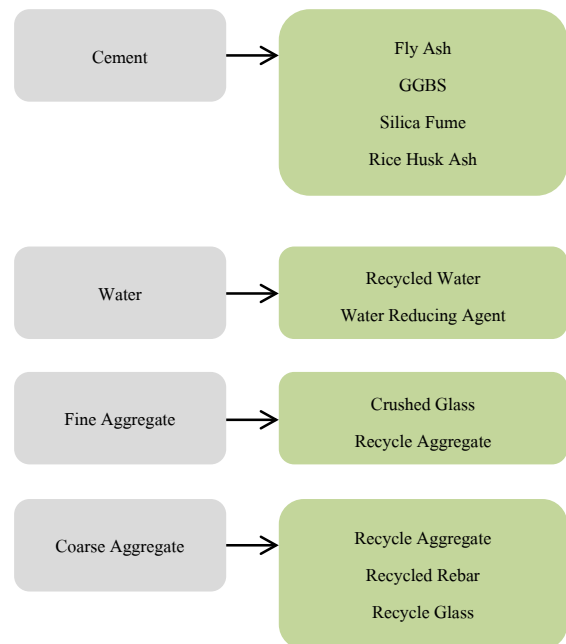


รูปที่ 1 เศษคอนกรีตจากการรื้อถอนโครงสร้างเดิม

2. อุตสาหกรรมคอนกรีตกับความยั่งยืน

สำหรับแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมคอนกรีตเองนั้น จะกล่าวได้ว่ามีความท้าทายและโอกาสอยู่ในเวลาเดียวกัน ถึงแม้ว่าอุตสาหกรรมนี้จะเป็นอุตสาหกรรมหนักที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมน้อยมาก เนื่องจากในตลอดกระบวนการผลิตมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมาก ทั้งในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ การผลิตมวลรวมผสมคอนกรีต ซึ่งทำให้อุตสาหกรรมนี้บริโภคทรัพยากรสูงสุด รวมไปถึงการขนส่ง สิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือ ปริมาณการอุปโภคบริโภคคอนกรีตมีการเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลมาจากความต้องการในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างเช่น ประเทศจีน อินเดีย หรือประเทศในภูมิภาคอาเซียน และแอฟริกา [1]

แต่ในทางกลับกัน สืบเนื่องจากการที่เราอุปโภคบริโภคคอนกรีตเป็นจำนวนมากนั้น หากมีวิธีการใดวิธีการหนึ่งที่จะลดการใช้คอนกรีตลงได้เพียงเล็กน้อย ก็จะมีผลให้เราสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จำนวนมหาศาลเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นเช่นกัน แนวทางในการลดปริมาณการใช้งานคอนกรีตและวัสดุที่นำมาใช้ผสมคอนกรีตในปัจจุบัน ดังรูปที่ 2 ก็ได้แก่ การผสมวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุประสาน (Cementitious Materials) เช่น วัสดุปอซโซลาน (Pozzolanic Material) หรือวัสดุที่มีส่วนผสมของซิลิกา (Silica) ซึ่งมีคุณสมบัติในการพัฒนา กำลังได้คล้ายกับซีเมนต์ ทดแทนการใช้ซีเมนต์ที่ผลิตจากกระบวนการเผาปูน หรือการนำเศษคอนกรีตที่ได้จากการรื้อโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมทิ้ง มาผสมทดแทนมวลรวมที่ได้จากธรรมชาติ เนื่องจากเมื่อเมืองมีการขยายตัวและพัฒนาขึ้น ความต้องการที่อยู่อาศัยในเขตเมืองจึงมีความหนาแน่นขึ้น ทำให้อาคารเก่าหลายๆ แห่งต้องรื้อทิ้ง เพื่อสร้างที่อยู่อาศัยที่สามารถรองรับประชากรได้มากขึ้น แต่เดิมเศษคอนกรีตดังกล่าวจะถูกนำไปถมที่รกร้างเพื่อกำจัดออกไปจากพื้นที่โครงการ แต่ก็จะมีผลเสียหากในอนาคตจะมีการกลับมาพัฒนาพื้นที่รกร้างเหล่านั้นในการกำจัดเศษคอนกรีตที่เคยถูกนำมาทิ้งนี้อีกครั้ง การประยุกต์ใช้เศษคอนกรีตจากการรื้ออาคารเดิมนั้นจึงเป็นการได้ประโยชน์จากการใช้ทรัพยากรถึง 2 ต่อด้วยกัน

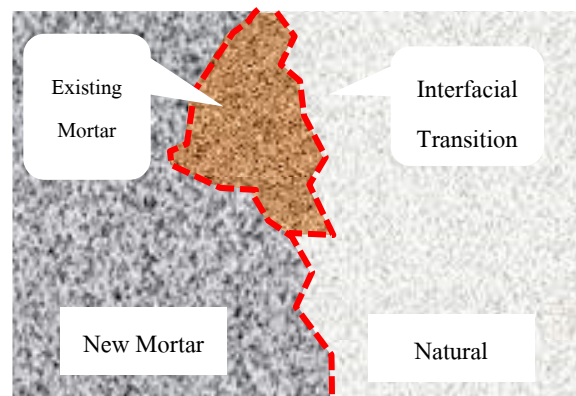


รูปที่ 2 การลดปริมาณวัตถุดิบดั้งเดิมในคอนกรีตด้วยวัสดุผสมที่มีความยั่งยืน [2]

3. สมบัติของคอนกรีตผสมมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่

มีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตที่มาจากการใช้มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่นี้ พบว่าจากการที่ผิวของมวลรวมที่ได้จากการนำกลับมาใช้ใหม่ยังมีส่วนของมอร์ตาร์ (Mortar) เก่าเกาะอยู่กับมวลรวมเดิม (จากรูปที่ 3) ซึ่งบริเวณผิวสัมผัสเหล่านี้จะดูดซึมน้ำ (Absorption) มากกว่าปกติ แต่ในการศึกษาก็ยังพบว่าอัตราการลดลงของกำลังรับแรงอัดนี้จะมีผลน้อยมากเมื่อมีการควบคุมปริมาณมวลรวมที่ได้จากการนำกลับมาใช้ใหม่ให้อยู่ไม่เกินร้อยละ 30 [4-7] จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่ลดลงเรื่อยๆตามปริมาณการทดแทนด้วยมวลรวมจากธรรมชาติ การใช้มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่จะส่งผลอย่างมากต่อปริมาณการดูดซึมน้ำของมวลรวม ทำให้คุณสมบัติด้านการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีต (Permeability Resistance) ต่ำลง

รวมถึงทำให้การหดตัวของคอนกรีต (Shrinkage) สูงขึ้นด้วย ในทางกลับกันหากมีการจำกัดปริมาณการใช้มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่นี้ให้อยู่ไม่เกินร้อยละ 20 ถึง 30 จะทำให้คุณสมบัติ



ต่างๆ ของคอนกรีตแทบจะไม่มีแตกต่างกับคอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากธรรมชาติ ทั้งในด้านกำลังและความสามารถในการทำงานได้ของคอนกรีตสด (Fresh Concrete Workability)

ภาพที่ 3 มอร์ตาร์เก่าที่ติดมากับมวลรวมเดิมส่งผลกระทบต่อสมบัติของคอนกรีตที่มาจากการใช้มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่ [3]

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดระหว่างคอนกรีตที่ผสมมวลรวมจากธรรมชาติและมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่ [8]

ร้อยละของการทดแทนมวลรวมธรรมชาติด้วยมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่	ค่ากำลังอัดคอนกรีตผสมมวลรวมจากธรรมชาติ (MPa)	ค่ากำลังอัดคอนกรีตผสมมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่ (MPa)
20	25	25
	35	34
	45	43
40	25	24
	35	32
	45	41
60	25	18
	35	30
	45	38
100	25	12
	35	28
	45	35

4. มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการใช้คอนกรีตผสมมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่

ในมาตรฐาน ACI 555 R-01 [9] ได้บรรยายไว้ถึงวิธีการรีไซเคิลโครงสร้างคอนกรีตเดิม การนำคอนกรีตที่ผ่านการใช้งานแล้วมาทำการย่อยให้ได้ขนาดที่เหมาะสม รวมไปถึงคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติในระยะยาวของคอนกรีตที่ผสมด้วยมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่เหล่านี้ เนื่องด้วยการที่ประเทศที่พัฒนาแล้วมีสิ่งปลูกสร้างที่ใช้งานมาเป็นเวลานาน จึงต้องมีมาตรฐานรองรับในการกำจัดเศษวัสดุเมื่อถึงระยะเวลาสิ้นสุดการใช้งาน โครงสร้างนั้นๆ ทำให้ในกลุ่มประเทศดังกล่าว เช่น สหรัฐอเมริกา

ญี่ปุ่น สหราชอาณาจักร ฯลฯ มีมาตรฐานที่กล่าวถึงคอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่อย่างแพร่หลาย

ทั้งนี้ ในหลายประเทศยังไม่มีมาตรฐานการทำงานคอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่นี้อย่างแพร่หลาย รวมถึงประเทศไทยที่ในปัจจุบันกำลังมีการร่างมาตรฐานมวลรวมในงานคอนกรีตที่ระบุแนวทางในการนำมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่ [10] ตามตารางที่ 2 โดยในเบื้องต้นมีการกำหนดให้สามารถนำมวลรวมหายาจากการนำกลับมาใช้ใหม่ในชั้นคุณภาพที่ 1 สามารถใช้ได้กับงานคอนกรีตทุกประเภท ส่วนในชั้นคุณภาพอื่นๆ ก็สามารถนำมาใช้ได้แต่ต้องมีการจำกัดสถานะในการใช้งานและกำลังอัดสูงสุด

ตารางที่ 2 กำลังรับแรงอัดที่ยอมให้และแนวทางการนำมวลรวมหายาที่ได้จากการนำกลับมาใช้ใหม่ไปใช้งานคอนกรีต [10]

ชนิดมวลรวมหายาจากการนำกลับมาใช้ใหม่	กำลังอัดที่ยอมให้สูงสุด (Mpa)	แนวทางในการใช้งานคอนกรีต
ชั้นคุณภาพที่ 1	ไม่กำหนด	งานคอนกรีตทั่วไป งานคอนกรีตเสริมเหล็ก งานคอนกรีตอัดแรง และงานถนนคอนกรีต
ชั้นคุณภาพที่ 2	50	งานคอนกรีตทั่วไป แต่ไม่แนะนำให้ใช้กับคอนกรีตที่ต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่มีคลอไรด์และ/ซัลเฟตสูง สำหรับงานคอนกรีตที่ใช้ทำโครงสร้างหลัก ควรพิจารณาถึงโมดูลัสความยืดหยุ่น การหดตัวแบบแห้งและการคืบของคอนกรีต
ชั้นคุณภาพที่ 3	15	งานปรับระดับคอนกรีตและคอนกรีตไม่เสริมเหล็กที่ไม่ต้องการกำลังอัดสูง

โดย:

1. ชั้นคุณภาพที่ 1 คือ

1.1. มวลรวมหายาซึ่งประกอบด้วยมวลรวมที่ได้จากการนำกลับมาใช้ใหม่ทั้งหมด โดยในการผลิตจะต้องมีกระบวนการในการแยกเอาเฉพาะส่วนที่เป็นหินธรรมชาติออกมาจากซีเมนต์าร์เดิมที่เคลือบอยู่ ทั้งนี้เพื่อลดความเสี่ยงจากส่วนที่เป็นรอยต่อผิวสัมผัสระหว่างมวลรวมเดิม มอร์ตาร์เดิม และมอร์ตาร์ใหม่ซึ่งเป็นจุดที่อ่อนแอในการรับกำลัง รวมไปถึงลดความพรุนในเนื้อคอนกรีตเนื่องจากการดูดซึมน้ำของมอร์ตาร์เดิมที่จะทำให้เกิดความทนทานของคอนกรีตลดลง [11]

1.2. มวลรวมหายาซึ่งประกอบด้วยมวลรวมจากแหล่งธรรมชาติ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 โดยมวล และมวลรวมหายาที่นำกลับมาใช้ใหม่ชั้นคุณภาพ 2 ไม่เกินร้อยละ 20 โดยมวล

2. ชั้นคุณภาพที่ 2 คือ มวลรวมหายาส่วนใหญ่หรือทั้งหมดที่ได้มาจากคอนกรีตใช้แล้วโดยนำคอนกรีตเดิมมาผ่านการบด แล้วนำเศษคอนกรีตที่ได้จากการบดไปผ่านกระบวนการคัดแยกขนาดและปรับขนาดเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยไม่ต้องการแยกส่วนของเนื้อมอร์ตาร์เดิมออกจากหิน ข้อสังเกตคือ จะไม่มีการระบุถึงสภาพ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตเดิม ส่วนคละหรือคุณสมบัติอื่นๆ ซึ่งในการนำมาใช้งานอาจจะต้องเทียบเคียงกับ

มาตรฐานอ้างอิงอื่นๆ ที่มีอยู่ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

3. ชั้นคุณภาพที่ 3 คือ มวลรวมหยาบส่วนใหญ่หรือทั้งหมดที่ได้มาจากวัสดุเก่า หรือผสมระหว่างวัสดุเก่าและคอนกรีตที่ใช้แล้วซึ่งวัสดุเก่าในที่นี้หมายถึงการนำเอาอิฐเก่า หรือคอนกรีตบล็อกที่ผ่านการใช้งานแล้วมาแยกเอาส่วนที่เป็นผิวปูนฉาบเดิมออก แล้วจึงนำส่วนเฉพาะอิฐไปย่อย คัดแยกขนาด แล้วจึงนำมาผสมเป็นมวลรวมใหม่ ข้อสังเกตเพิ่มเติมคือในปัจจุบันมีวัสดุเก่าประเภทอื่นๆ เช่น อิฐมวลเบามาใช้งานมากขึ้น โดยที่วัสดุดังกล่าวมีรูปทรงสูง ทำให้การนำมาใช้เป็นมวลในการผสมคอนกรีตใหม่อาจจะมีข้อจำกัด

5. แนวทางการส่งเสริมการใช้คอนกรีตผสมมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ในอดีตภาพลักษณ์เกี่ยวกับการนำของเสีย หรือวัสดุที่ผ่านการใช้งานแล้วนำกลับมาใช้ในโครงการใหม่ มักจะเกิดคำถามในแง่ของคุณภาพ แต่เนื่องด้วยความขาดแคลนวัสดุก่อสร้างใหม่ รวมถึงแนวคิดในการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ทำให้วัสดุที่นำกลับมาใช้งานใหม่อาจจะเป็นที่ยอมรับมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีมาตรฐานอ้างอิงที่สามารถยอมรับได้อย่างแพร่หลายมาประกอบ [12]

อย่างไรก็ตาม ในการส่งเสริมเพื่อให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิตมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่ในประเทศไทยยังทำได้ไม่มากนัก เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ทั้งในแง่แนวคิดในการบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้างที่ยังทำได้ไม่ดีเพียงพอ ต้นทุนของหินจากธรรมชาติที่โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 3 ต่อปีตลอดช่วง 10 ปีที่ผ่านมา [13] กรมการค้าภายใน ซึ่งยังถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับอัตราการดอกเบี้ย หากมีผู้คิดที่จะลงทุนสร้างโรงงานย่อยและคัดแยกมวลรวม ซึ่งอุปสรรคเหล่านี้ต้องการความร่วมมือจากทุกฝ่ายทั้งจากภาครัฐในการส่งเสริมการลงทุนในธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ภาคอุตสาหกรรมที่ต้องพัฒนาระบบการทำงานให้มีความยั่งยืน รวมไปถึงสถาบันการศึกษาที่ต้องร่วมในการพัฒนาแนวทาง ให้ความรู้ต่อภาคอุตสาหกรรมและปลูกฝังแนวคิดดังกล่าวให้แก่บุคลากรของประเทศต่อไป

6. สรุป

ดังที่มีการศึกษามาแล้วเกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตผสมมวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อสนับสนุนความต้องการในการใช้งานคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น โดยในปัจจุบันในต่างประเทศมีการนำไปใช้ทั้งในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ซึ่งเป็นสิ่งที่พิสูจน์ได้ว่ามวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่สามารถทดแทนมวลรวมจากแหล่งธรรมชาติได้เป็นอย่างดีทั้งในด้านกำลังอัดและความคงทน หากมีการควบคุมปริมาณในการใช้งานซึ่งพฤติกรรมของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากการนำกลับมาใช้ใหม่อาจจะมีค่าแตกต่างอยู่บ้างแต่ถ้าเรามีความเข้าใจถึงข้อจำกัดที่มีและใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่มีงานวิจัยมาแล้วนี้ ก็จะทำให้เป็นการส่งเสริมการใช้งานคอนกรีตอย่างยั่งยืนได้อีกทางหนึ่งด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Achavanuntakul. *The Truth about Green Business*. Bangkok, Open Worlds Publishing House Press, 2013. (in Thai)
- [2] M. W. Henry, "Formation and Evaluation of Sustainable Concrete Based on Social Perspectives in the Japanese Concrete Industry," Ph.D.Dissertation, Dept. Civil Eng., Univ. of Tokyo, Tokyo, Japan, 2010.
- [3] D. Sadek, and M. M. El-Attar, "Development of High-Performance Green Concrete Using Demolition and Industrial Wastes for Sustainable Construction," *Journal of American Science*, vol. 8, no. 4, pp. 120-131, Mar. 2012.
- [4] M. C. Limbachiya, T. Leelawat, and R.K. Dhir, "Use of Recycled Concrete Aggregate in High-Strength Concrete," *Materials and Structures*, vol.33, pp. 574-580, Jun. 2000.
- [5] J. Xiao, L. Li, V.W.Y. Tam, and H. Li, "The State of the Art Regarding the Long-Term Properties of Recycled Aggregate Concrete," *J. of Structural Concrete*, vol. 15, no. 1, pp. 3-12, May. 2010.

- [6] P.K. Mehta, "Reducing the Environmental Impact of Concrete," *Concrete International Journal*, vol. 23, no. 10, pp. 61-66, Mar. 2001.
- [7] A.Rao, K.N. Jha, and S. Misra, "Use of Aggregate from Recycled Construction and Demolition Waste in Concrete," *Journal of Resources Conservation and Recycling*, vol. 50, pp. 71-81, Nov. 2007.
- [8] C. Thomas, J. Setien, J. A. Polanco, P. Alaejos, and M. J. Sanchez, "Durability of Recycled Aggregate Concrete," *Journal of Construction and Building Materials*, vol. 40, pp. 1054-1065, Mar. 2013.
- [9] *Removal and Reuse of Hardened Concrete*, ACI 555R-01, 2001.
- [10] (Draft) *Thai Industrial Standard: Concrete Aggregate*, TIS 566, 2017. (in Thai)
- [11] N. Otsuki, S. Miyasato, W. Yodsudjai, "Influence of Recycled Concrete on Interfacial Transition Zone, Strength, Chloride Penetration and Carbonation of Concrete," *Journal of Material in Civil Engineering*. vol. 15, no. 5, pp. 443-451, Aug. 2004.
- [12] T. Leelawat, "Study of Limitations for the Use of Recycled Aggregate in New Concrete," Thai Research Fund, Bangkok, MGR 4681047, May. 2009. (in Thai)
- [13] Department of Internal Trade. (2017). Construction Materials List Price [Online]. Available FTP: http://www.indexpr.moc.go.th/PRICE_PRESENT/tablecsi_region.asp?DDYear=2561&DDProvince=10&B1=%B5%A1%C5%A7. (in Thai)