การประเมินคุณภาพคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ผลิตขึ้นในโรงงานท้องถิ่นเขตกรุงเทพและปริมณฑล

Quality Evaluation of Concrete Blocks Produced in Local Factories in Bangkok and Vicinity

รับบทความ	02/05/2567
แก้ไขบทความ	03/04/2568
ยอมรับบทความ	22/04/2568

ขวัญข้าว เทพหัสดิน ณ อยุธยา
ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ศิลปะและการออกแบบ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Kwankao Devahastin Na Ayudhya
Architectural Technology, School of Architecture art and design
King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang
pichsed@gmail.com

บทคัดย่อ

มูลค่าการก่อสร้างในส่วนต้นทุนวัสดุก่อสร้างมีสัดส่วนสูงถึง 60% แสดงถึงความสำคัญของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการก่อสร้างต่อเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากวัสดุหลัก เช่น หิน ซีเมนต์ และทรายแล้ว วัสดุที่ใช้ในการก่อเป็นอีกหนึ่งวัสดุสำคัญ คอนกรีตบล็อกเป็นตัวเลือกวัสดุหนึ่งที่นิยมใช้ในการก่อสร้างด้วยราคาต่อตารางเมตรที่ถูกที่สุดในงานก่อผนังใช้เวลาในการก่อต่อตารางเมตรน้อยส่งผลให้ประหยัดค่าแรงช่าง คอนกรีตบล็อกจึงเป็นตัวเลือกวัสดุที่ได้รับความนิยม ทว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ผลิตโดยโรงงานท้องถิ่นหลายแห่งในกรุงเทพและปริมณฑลยังไม่ได้รับการทดสอบและรับรองมาตรฐาน

การศึกษานี้มุ่งเน้นการตรวจสอบมาตรฐานการผลิต และปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยการลงพื้นที่เก็บข้อมูลโรงงานในเขตกรุงเทพและปริมณฑลรวมทั้งหมด 2 โรงงาน ซึ่งเป็นโรงงานท้องถิ่นที่ผลิตบล็อกคอนกรีตที่ไม่ได้รับการทดสอบและรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) พร้อมทั้งลงพื้นที่เก็บข้อมูลในสายการผลิตก่อนนำตัวอย่างมาทดสอบที่หน่วยทดสอบวัสดุ โดยใช้คอนกรีตบล็อกโรงงานละ 20 ก้อน เข้าทดสอบทั้งหมด 60 ก้อน ที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แล้วนำผลทดสอบมาวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติเฉลี่ยตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 58-2533 หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ผลโดยเฉลี่ยคอนกรีตบล็อกมีค่าเฉลี่ยของการทดสอบด้านขนาด และความต้านทานแรงอัดของชิ้นงาน ต่ำกว่ามาตรฐานที่ มอก.กำหนด โดยผลการทดสอบผ่านเพียงด้านการดูดกลืนความชื้น ด้านขนาดมีผลต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานในทุกมิติ ทั้งความหนา ความสูง และความยาวของชิ้นงาน และด้านความต้านทานแรงอัดพบว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำว่ามาตรฐาน มอก. 58-2533 โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพคอนกรีตบล็อกมากที่สุด คือการควบคุมอัตราส่วนผสมให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยผลการทดสอบนี้ทำให้ทราบถึงจุดอ่อนของโรงงานท้องถิ่นและเป็นแนวทางในการพัฒนาพร้อมทั้งแก้ปัญหาให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อคสามารถยกระดับมาตรฐานต่อไป

***คำสำคัญ**: การประเมินคุณภาพ มาตรฐาน มอก. 58-2533 คอนกรีตบล็อก โรงงานท้องถิ่น ปริมณฑล*

Abstract

The construction industry in Thailand has shown a consistent upward trend in growth statistics. In 2022, the total growth rate reached 5%, highlighting the significant role of construction materials in the country's economy. In addition to primary materials such as stone, cement, and sand, masonry materials are essential in construction, offering a range of options suited for specific applications. Among these, concrete blocks are widely used due to their cost-effectiveness, quick installation process, and reduced labor expenses. As a result, concrete blocks have become a popular material choice. However, non-load-bearing concrete blocks produced by many local factories have not been tested and certified.

This study aims to investigate production standards and the key factors influencing the quality of non-load-bearing concrete blocks by conducting field research to collect data from 2 local factories in Bangkok and its vicinity. These factories produce concrete blocks that have not been qualified for the Thai Industrial Standards (TIS). Data collection involved on-site observations of the production line, followed by laboratory testing. A total of 60 concrete block samples, 20 from each factory, were tested at the Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. The test results were analyzed to assess compliance with the TIS 58-2533 standard, which specifies the requirements for non-load-bearing concrete blocks.

The findings indicated that, on average, the concrete blocks failed to meet the standard requirements for both dimensional accuracy and compressive strength. However, they did comply with the standard for moisture absorption. The dimensional measurements, specifically thickness, height, and length, were consistently below the standard thresholds. Similarly, the average compressive strength values did not meet the specifications outlined in TIS 58-2533. The primary factor affecting the quality of the concrete blocks was identified as inadequate control over the mix proportioning process.

This study provides insights into the deficiencies in local manufacturing practices and serves as a guideline for improving production processes to elevate the concrete blocks to meet the specified standards.

Keywords: *evaluation, TIS 58-2533, concrete block, local factory, vicinity*

บทนำ

วัสดุก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่ส่งผลต่ออุตสาหกรรมการก่อสร้างเป็นอย่างมากเพราะมูลค่าการก่อสร้างมีต้นทุนจากวัสดุก่อสร้างถึง 60% (พุทธชาด ลุนคำ, 2566) สำหรับงานผนังทั่วไปนิยมใช้อิฐมาเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้าง ซึ่งปัจจุบันมีวัสดุให้เลือกหลากหลายประเภท ตามวัตถุประสงค์ และงบประมาณในการก่อสร้าง ทั้งอิฐมอญ คอนกรีตบล็อก บล็อกมวลเบา และบล็อกประสาน ซึ่งวัสดุในการก่อแต่ละชนิดมีกระบวนการในการผลิต การขึ้นรูป คุณสมบัติ และการใช้งานที่แตกต่างกัน คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุในการก่อผนังที่มีราคาต่อตารางเมตรถูกที่สุด (กองดัชนีเศรษฐกิจการค้า, 2567) อีกทั้งยังมีระยะเวลาในการก่อน้อยกว่าอิฐมอญหรืออิฐก่อสร้างสามัญ ทั้งประหยัดค่าจ้างช่างก่อผนัง และเป็นวัสดุที่ไม่ต้องการช่างเฉพาะทาง ด้วยเหตุผลข้างต้นทำให้คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อผนังที่สำคัญกับงานก่อสร้างในปัจจุบัน ธุรกิจผลิตคอนกรีต-บล็อกยังสามารถทำได้ในท้องถิ่น โดยเริ่มที่ธุรกิจขนาดเล็กด้วยอุปกรณ์การผลิตที่ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ มีราคาถูก และขั้นตอนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน

โรงงานผลิตบล็อกคอนกรีตขนาดเล็กในเขตกรุงเทพและปริมณฑลผลิตบล็อกคอนกรีตบล็อกโดยไม่ได้ยื่นขอรับรองมาตรฐานอุตสาหกรรม การศึกษานี้มุ่งเน้นการตรวจสอบมาตรฐานการผลิตเดิมว่าคุณภาพต่ำกว่า หรือเท่ากับมาตรฐานอุตสาหกรรมหรือไม่ เพื่อสามารถเห็นแนวทางในการปรับปรุงการผลิตนำมาซึ่งการยกมาตรฐานโรงงานท้องถิ่นให้มีมาตรฐานเทียบเท่าโรงงานขนาดใหญ่ที่มีมาตรฐานรองรับ ลักษณะของการใช้คอนกรีตบล็อกในงานก่อด้วยลักษณะเดียวกับการก่ออิฐมอญแต่สามารถก่อได้รวดเร็วกว่าเนื่องจากมีขนาดที่เป็นมาตรฐานกว่าส่งผลถึงการคำนวนวัสดุที่ง่ายกว่า โดยทั้งหมดข้างต้นเมื่อรวมกับค่าแรงช่างในการก่อสร้างแล้วจะมีราคาต่ำกว่าการก่ออิฐมอญ

คอนกรีตบล็อกมีมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดอยู่ 2 ประเภท คือคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก และคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (hollow load-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มอก. 57-2533) อีกประเภทคือคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (hollow non-load-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวคอนกรีตบล็อกเอง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533) โดยคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือประเภทควบคุมความชื้น และไม่ควบคุมความชื้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษากรรมวิธีการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
2. ศึกษามาตรฐานอุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก. 58-2533)
3. วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

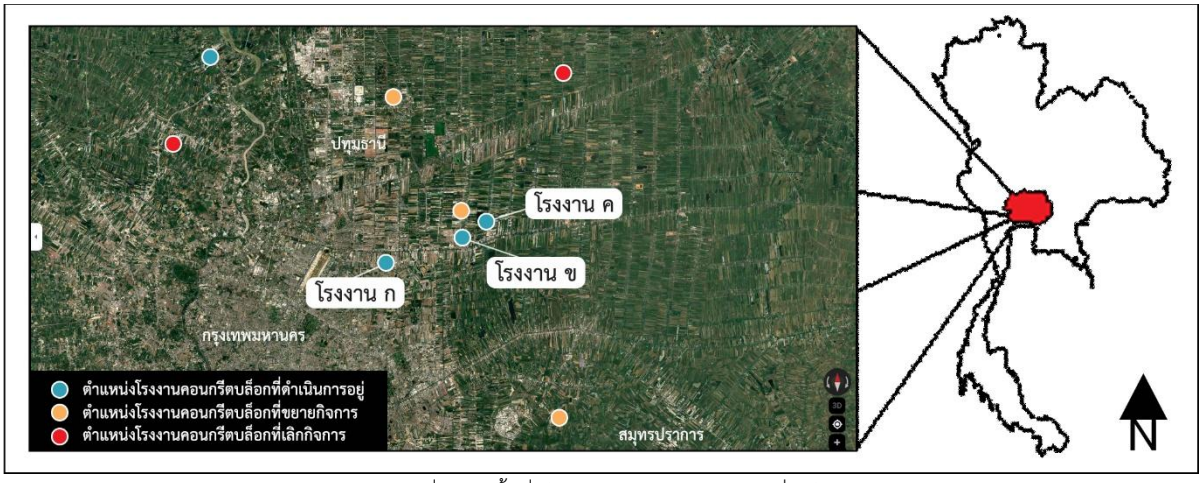
ขอบเขตของการศึกษา

- ขอบเขตด้านพื้นที่ ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างคอนกรีตบล็อกจากโรงงานในเขตกรุงเทพและปริมณฑล โรงงานละ 20 ตัวอย่าง

- ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษาความเป็นมาและข้อมูลจำเพาะของคอนกรีตบล็อก ทั้งคุณสมบัติจำเพาะ ข้อดีในการใช้งานและข้อควรระวังในการใช้งานมีจุดต้องระวังด้านใดเป็นพิเศษ เพื่อนำมาประกอบการเสนอแนะและพัฒนาต่อไป ศึกษากระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกในโรงงานขนาดเล็กรวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ประกอบในการผลิต ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวัสดุประกอบคอนกรีตบล็อกถึงคุณสมบัติและเกณฑ์มาตรฐานในการหยิบมาใช้งานผลิต ทั้งนี้ ยังศึกษามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง มอก. 58-2533 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก) มอก. 566-2562 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลรวมคอนกรีต) มอก. 15-2562 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์) และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์มวลรวมคอนกรีต มอก. 566-2562 พร้อมด้วยเทคนิคการก่อของช่าง ว่ามีเทคนิคอย่างไร คุณสมบัติของบล็อคคอนกรีตที่ไม่ผ่านเกณฑ์มีผลกับการใช้งานด้านไหนอย่างไร วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติหินและทรายละเอียดที่ใช้ในงานคอนกรีต

การลงพื้นที่เก็บข้อมูล

การลงพื้นที่เก็บข้อมูล มีรายชื่อโรงงานที่ผ่านเกณฑ์ในการศึกษาทั้งหมด 9 โรงงาน โดยเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ โรงงานขนาดเล็กถึงกลาง ที่มีเครื่องจักรขนาด 5-20 แรงม้า มีจำนวนแรงงานมากกว่า 5 คน แต่ไม่เกิน 20 คน ตามพรบ. โรงงาน พ.ศ. 2535 โดยโรงงานอยู่ในกรุงเทพฯ 3 โรงงาน ในเขตปทุมธานี 5 โรงงาน และเขตสมุทรปราการ 1 โรงงาน



ภาพ 1 แผนที่การลงพื้นที่เก็บข้อมูล แสดงการเดินทางเพื่อเก็บข้อมูล

ที่มา: ดัดแปลงจาก Google Map โดย ผู้วิจัย, 2566

จากการลงพื้นที่ พบว่า มีจำนวน 2 โรงงานที่เลิกกิจการ อีกจำนวน 3 โรงงานขยายการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูป และอีก 4 โรงงานยังดำเนินการผลิตบล็อกคอนกรีตอยู่ ทั้งนี้ มีจำนวน 2 โรงงานที่ยินยอมให้เข้าดำเนินการเก็บข้อมูลและบันทึกภาพ โดยผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ในการสัมภาษณ์ตามแบบสอบถามมีเนื้อหาคำถามในเชิงปริมาณ ได้แก่ ชนิดของวัสดุ จำนวนเครื่องจักร และระยะเวลาในการบ่มชิ้นงานคอนกรีต

ทั้งนี้ มีจำนวน 2 โรงงาน (โรงงาน ก. และ โรงงาน ข.) ยินดีสนับสนุนให้เข้าศึกษาข้อมูลในพื้นที่สายการผลิต ข้อมูลด้านวัสดุและส่วนผสม พร้อมทั้งบันทึกภาพได้ โดยเป็นโรงงานในเขตกรุงเทพฝั่งตะวันออก จำนวน 1 โรงงาน และเขตปทุมธานีชั้นนอก จำนวน 1 โรงงาน

จำนวน 1 โรงงาน (โรงงาน ค.) ยินดีให้เก็บข้อมูลเบื้องต้นจากแบบสอบถาม และทดสอบคอนกรีตบล็อกของโรงงาน จากการจัดซื้อตามท้องตลาด โดยไม่เปิดเผยข้อมูลสายการผลิต และไม่สามารถบันทึกภาพได้ และอีกจำนวน 1 โรงงาน (โรงงาน ง.) ยินดีให้เก็บข้อมูลเบื้องต้นจากแบบสอบถามเท่านั้น

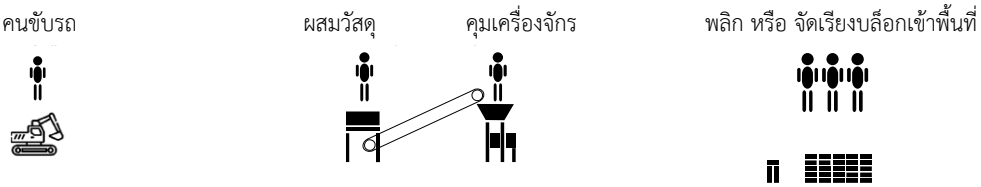
ตาราง 1 การลงพื้นที่โรงงานกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำแบบสอบถามครั้งที่ 1

โรงงาน ก.			โรงงาน ข.		
อายุจัดตั้งโรงงาน	< 5 ปี		อายุจัดตั้งโรงงาน	< 5 ปี	
จำนวนสายพานการผลิต	> 5 สาย		จำนวนสายพานการผลิต	> 5 สาย	
อายุการใช้งาน	> 5 ปี		อายุการใช้งาน	> 5 ปี	
มีบล็อกอื่นหรือไม่	มี		มีบล็อกอื่นหรือไม่	มี	
จำนวนการผลิต	< 10,000 ก้อน/วัน		จำนวนการผลิต	< 10,000 ก้อน/วัน	
จำนวนคนงาน	> 20 คน		จำนวนคนงาน	> 20 คน	
วัสดุส่วนผสมจากนอกเขตกรุงเทพ		ภาพ 2 โรงงาน ก.	วัสดุส่วนผสมจากนอกเขตกรุงเทพ		ภาพ 3 โรงงาน ข.

โรงงาน ค.		ภาพ 4 โรงงาน ค.	โรงงาน ง.		ภาพ 5 โรงงาน ง.
อายุจัดตั้งโรงงาน	< 5 ปี		อายุจัดตั้งโรงงาน	< 5 ปี	
จำนวนสายพานการผลิต	< 5 สาย		จำนวนสายพานการผลิต	> 5 สาย	
อายุการใช้งาน	> 5 ปี		อายุการใช้งาน	> 5 ปี	
มีบล็อกอื่นหรือไม่	มี		มีบล็อกอื่นหรือไม่	มี	
จำนวนการผลิต	< 10,000 ก้อน/วัน		จำนวนการผลิต	< 10,000 ก้อน/วัน	
จำนวนคนงาน	> 20 คน		จำนวนคนงาน	> 20 คน	
วัสดุส่วนผสมจากนอกเขตกรุงเทพ			วัสดุส่วนผสมจากนอกเขตกรุงเทพ		

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

หลังการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม พบว่า ทุกโรงงานใช้วัสดุในการผลิตเหมือนกัน คือซีเมนต์จากสระบุรี และหินคลุกจากปทุมธานี โดยทั้ง 4 โรงงานใช้รถของโรงงานในการเข้ารับหรือขนวัสดุในการผสมแต่ละรอบการผลิต โดยมีอัตราส่วนผสมของวัสดุแตกต่างกันไปในแต่ละโรงงาน นอกเหนือจากส่วนผสมตามสูตรปกติ ทุกโรงงานยังมีสูตรผสมพิเศษตามคำสั่งผลิตของลูกค้าด้วย ระยะเวลาในการบ่มชิ้นงานก่อนจำหน่ายและขนย้ายคือ 2–3 วัน ตามความต้องการของตลาด และพื้นที่ในการบ่ม จึงจำเป็นต้องขนย้ายบล็อกที่ผ่านการบ่มแล้วออกเพื่อเตรียมรับบล็อกที่ผลิตใหม่มาบ่มแทนที่



ภาพ 6 คนงานขับรถตัก 1 คน เพื่อการบรรจุวัตุดิบลงลูกโม่

ภาพ 7 คนงานคุมส่วนผสม 1 คน คนงานควบคุมเครื่องอัดบล็อก 1 คน

ภาพ 8 คนงานพลิกบล็อก 3 คน หลังจากออกจากเครื่องอัด

ภาพ 6–8 แสดงจำนวนคนงานในสายการผลิตบล็อกคอนกรีตในโรงงาน ก. และ ข.

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

ส่วนผสมและการผลิตคอนกรีตบล็อก

หลังลงพื้นที่เก็บข้อมูลเบื้องต้นมีจำนวนโรงงานที่ยินยอมให้เข้าศึกษากรรมวิธีการผลิต จำนวน 2 โรงงาน แยกออกดังนี้

โรงงาน ก. เป็นโรงงานในเขตกรุงเทพฝั่งตะวันออกและปทุมธานี มีไลน์การผลิตด้วยเครื่องจักร 5 แรงม้า จำนวน 1–4 สายพานการผลิต มีคนงานประจำสายพานละ 8 คน ทีมงานช่างประจำสายพานแต่ละสายพานเป็นทีมงานรับเหมาดูแลการผลิตในแต่ละงานตามมอบหมาย ทั้งนี้ อัตราส่วนในการผสมเป็นไปตามใบงานที่ควบคุมโดยเจ้าของโรงงานที่ผลิตตามคำสั่งซื้อในแต่ละรอบส่งผลให้อัตราส่วนการผสมมีความแตกต่างกันในบางรอบการผลิตที่แปรผันตามคำสั่งซื้อ วัสดุที่นำมาใช้เป็นการสั่งซื้อจากภายนอก คือซีเมนต์จากจังหวัดสระบุรี หินคลุกที่โรงงานในเขตปทุมธานี

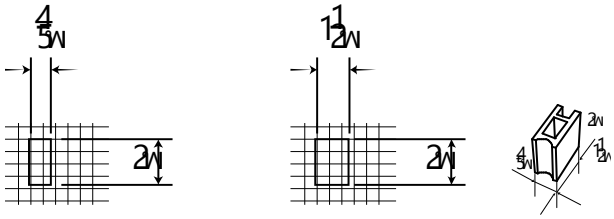
โรงงาน ข. เป็นโรงงานในเขตปทุมธานีฝั่งตะวันออก มีไลน์การผลิต 1–5 สายพานการผลิต มีคนงานประจำสายพานละ 6 คน ทีมงานช่างประจำสายพานเป็นทีมงานของโรงงานเอง ผลิตตามคำสั่งซื้อตรงจากทางโรงงาน อัตราส่วนผสมเป็นไปตามสูตรที่โรงงานกำหนด และอัตราส่วนสั่งผลิตของลูกค้า ส่งผลให้อัตราส่วนในการผสมมีความแตกต่างกันไปในบางรอบการผลิตที่แปรผันตามคำสั่งซื้อ วัสดุที่นำมาใช้เป็นการสั่งซื้อจากภายนอก คือซีเมนต์จากจังหวัดสระบุรี หินคลุกที่โรงงานในเขตปทุมธานี

การทดสอบคุณภาพคอนกรีตบล็อก

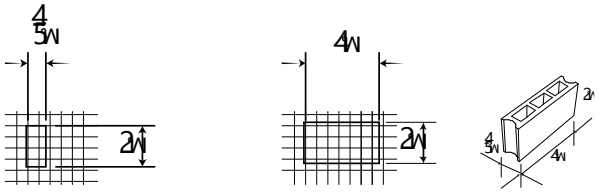
การทดสอบคุณภาพคอนกรีตบล็อก ใช้มาตรฐาน มอก. 58-2533 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก) ในกลุ่มคอนกรีตรับน้ำหนักชนิดไม่ควบคุมความชื้น โดยมีเกณฑ์การพิจารณาทั้งหมด 3 หัวข้อ ดังนี้

- **ขนาดและค่าความคลาดเคลื่อน** การทดสอบนี้เลือกกลุ่มทดสอบในขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร (หนา x สูง x ยาว) โดยขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักให้มีขนาดดังแสดงในภาพ 10 และมีค่าคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±2 มิลลิเมตร

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก



ภาพ 9 มิติพิกัด 4/5 x 2 x 1½
ขนาดที่ทำ 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร



ภาพ 10 มิติพิกัด 4/5 x 2 x 4
ขนาด 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร

ภาพ 9–10 แสดงขนาดบล็อกคอนกรีตอ้างอิงมาตรฐาน มอก. 58-2533 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก)
ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

- ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก เมื่อนำส่งถึงบริเวณที่ก่อสร้าง ทั้งค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัดและค่าต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อนต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก) โดยค่าเฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน กำหนดให้ค่าความต้านทานแรงอัดต่ำสุดที่ 2.5 เมกะปาสกาล และค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัดคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อนไม่น้อยกว่า 2.0 เมกะปาสกาล (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)
- ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อนำส่งถึงบริเวณที่ก่อสร้างให้มีค่าความชื้นเป็นไปตาม ตาราง 2

ตาราง 2 เกณฑ์ค่าความชื้นคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก)

การหดตัวทางยาว	ความชื้นสูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย ร้อยละ		
ร้อยละ	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35

ที่มา: ผู้วิจัย

การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน

การศึกษานี้หมายถึง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร (ความหนา x ความสูง x ความยาว) ที่ทำหรือส่งมอบซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน โดยการชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบทำที่โรงงานผลิต และใช้เวลาอย่างน้อย 10 วันในการทดสอบ การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสินให้เป็นไปตามข้อกำหนดการชักตัวอย่างต่อไปนี้ หรือใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่าทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

- **การชักตัวอย่าง** อ้างอิงจากมาตรฐาน มอก. 109-2517 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต)

- **เกณฑ์การตัดสิน** หากการทดสอบครั้งแรกไม่ผ่านให้ตัดตัวอย่างบางส่วนออกแล้วทำการชักตัวอย่างเพิ่มเติมจากส่วนที่เหลือเพื่อทำการทดสอบใหม่ หากตัวอย่างใหม่จากชุดที่สองทดสอบไม่ผ่านให้ถือว่า คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทั้งรุ่น ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดนี้

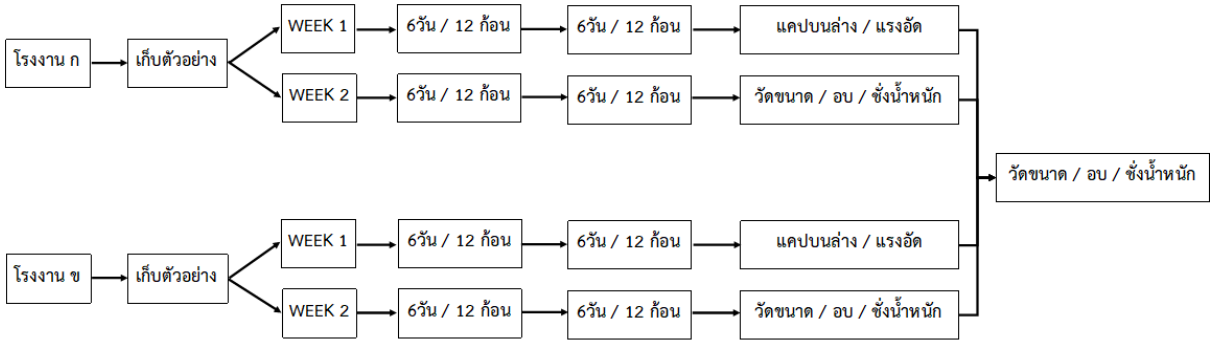
ตาราง 3 ตัวเลขการชักตัวอย่างตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต)

โรงงาน / วันที่	โรงงาน ก.	โรงงาน ข.	โรงงาน ค.
สัปห์ดาที่ 1	12 ก้อน	12 ก้อน	12 ก้อน
สัปห์ดาที่ 2	12 ก้อน	12 ก้อน	12 ก้อน

ที่มา: ผู้วิจัย

หมายเหตุ เกณฑ์การชักตัวอย่าง มอก. 109-2517 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต) ให้ชักตัวอย่าง 10 ชิ้นทุก 10,000 ชิ้น หรือน้อยกว่า

ขั้นตอนการทดสอบคุณภาพคอนกรีตบล็อก



ภาพ 11 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและนำไปทดสอบ

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

การเก็บตัวอย่างอ้างอิงจากมาตรฐาน มอก. 109-2517 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต) ให้ชักตัวอย่างวัสดุก้อนคอนกรีตสำหรับการทดสอบต้านทาน แรงอัด ความชื้น และการดูดกลืนน้ำ ต้องชักตัวอย่าง 10 ก้อนต่อการผลิต 10,000 ก้อน จำนวนตัวอย่างอาจลดลงครึ่งหนึ่งได้ หากต้องการทดสอบการต้านทานแรงอัดเพียงอย่างเดียว และในการทดสอบต้องทำเครื่องหมายเพื่ออ้างถึงได้เมื่อต้องการ โดยเครื่องหมายต้องโตไม่เกินร้อยละ 5 ของพื้นที่ผิวหน้าของก้อนตัวอย่าง

การทดสอบกำลังต้านแรงอัด

เครื่องมือทดสอบต้องมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีรับรองเครื่องกดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม โดยการทดสอบครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยทดสอบวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเป็นเครื่องทดสอบสมบัติทางกล (universal testing machine) ใช้ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกมาทำการทดสอบการต้านทานแรงอัดเพื่อหาค่ามาสรุปผลเทียบกับมาตรฐาน มอก. 58-2533 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก) วิเคราะห์และสรุปผลตามลำดับ

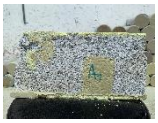
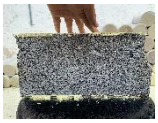
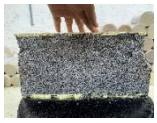
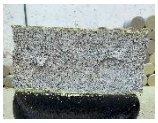
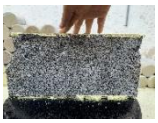
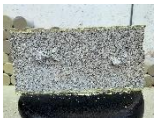
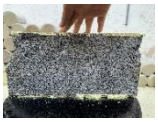
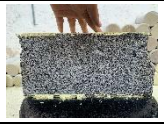
วิธีการทดสอบนำตัวอย่างคอนกรีตบล็อกมาทำการหล่อกำมะถันด้วยแบบหล่อด้านบนและด้านล่าง เพื่อปรับระนาบให้เรียบก่อนทำการเข้าเครื่องอัดทดสอบ ภายหลังทำการหล่อแบบเรียบร้อยตามจำนวนที่ต้องการทดสอบเรียบร้อยแล้วทำเครื่องหมายแสดงแต่ละโรงงาน และลำดับการทดสอบชิ้นงานนำเข้าเครื่องทดสอบเพื่อหาค่าการต้านทานแรงอัดตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เมื่อทดสอบจนถึงจุดวิบัติของชิ้นงาน เครื่องทดสอบจะแสดงผล จากนั้นทำการจดบันทึก และถ่ายภาพชิ้นงาน เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการแตกของชิ้นงาน



ภาพ 12 การทดสอบการต้านทานแรงอัด

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

ตาราง 4 แสดงความเสียหายของคอนกรีตบล็อกหลังเข้าเครื่องทดสอบ

โรงงาน / ลำดับ	โรงงาน ก.	โรงงาน ข.	โรงงาน ค.
1			
2			
3			
4			
5			
6			

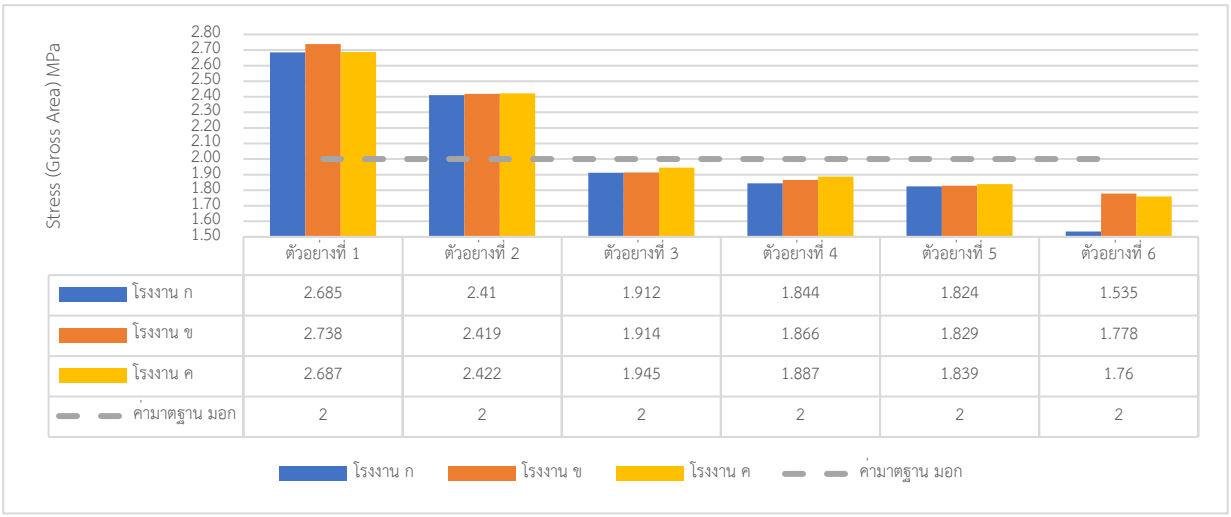
ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

ตาราง 5 สรุปค่าต้านทานแรงอัดเทียบกับมาตรฐาน มอก. 58-2533

ตัวอย่าง		Compression (โรงงาน ก.)			Compression (โรงงาน ข.)			Compression (โรงงาน ค.)		
ชนิด	ลำดับ	Load P (N)	Stress (MPa)		Load P (N)	Stress (MPa)		Load P (N)	Stress (MPa)	
			NET	GROSS		NET	GROSS		NET	GROSS
CB	1	44560	3.307	1.535	44560	2.978	1.778	44560	3.307	1.760
CB	2	68918	5.280	2.685	68918	4.764	2.738	68918	5.280	2.687
CB	3	46480	3.531	1.800	46480	3.392	1.829	46480	3.531	1.839
CB	4	47368	3.513	1.844	47368	3.453	1.866	47368	3.513	1.882
CB	5	49092	4.778	1.912	49092	3.593	1.914	49092	4.778	1.945
CB	6	61866	4.620	2.410	61866	4.371	2.419	61866	4.620	2.422
ค่าเฉลี่ย		53047	4.172	2.031	53047	3.759	2.091	53047	4.172	2.089
SD		9926	0.823	0.429	9926	0.671	0.394	9926	0.823	0.375

ที่มา: ผู้วิจัย

จากตารางด้านบน พบว่า ค่าความต้านทานแรงอัดของชิ้นงาน โดยมากมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานตามมาตรฐานzผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก. 58-2533) ที่ 2.0 เมกะปาสกาล และค่าเฉลี่ยค่าต้านทานแรงอัด 5 ชิ้นงาน ที่ 2.5 เมกะปาสกาล แสดงผลดังภาพ 13



ภาพ 13 กราฟเปรียบเทียบการต้านทานแรงอัด

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

การทดสอบการดูดกลืนความชื้น

การทดสอบการอิ่มตัวน้ำ

นำกลุ่มตัวอย่างมาแช่น้ำให้ระดับน้ำสูงกว่าตัวคอนกรีตบล็อกเป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นนำกลุ่มตัวอย่างขึ้นชั่งด้วยตาชั่งแบบแขวนในน้ำทีละชิ้นงาน โดยให้ระดับน้ำสูงกว่าตัวคอนกรีตบล็อก ชั่งน้ำหนัก ถ่ายรูป และจดบันทึก หลังจากนั้นนำคอนกรีตบล็อกขึ้นมาจากบ่อ วางพักไว้ประมาณ 1 นาที แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ถ่ายภาพ และจดบันทึก



ภาพ 14 การแช่บล็อกในน้ำ การชั่งน้ำหนักในน้ำ และชั่งน้ำหนักหลังผึ่งหมาด ตามลำดับ

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

การทำให้แห้งหลังการอิ่มตัวของน้ำนำกลุ่มตัวอย่างอบแห้งในตู้อบระบายอากาศที่มีอุณภูมิ 110–115 องศาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง และทำการชั่งน้ำหนักทุก 2 ชั่วโมง จนกว่าน้ำหนักชิ้นงานคอนกรีตบล็อกจะแสดงค่าน้ำหนักสูญเสียเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 0.2 ของการชั่งน้ำหนักตัวอย่างในการชั่งครั้งก่อน



ภาพ 15 แสดงการอบแห้ง

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

ตาราง 6 สรุปค่าการดูดกลืนน้ำ

ตัวอย่าง		โรงงาน ก.			โรงงาน ข.			โรงงาน ค.		
ชนิด	ลำดับ	Density (kg/m³)	Absorption (kg/m³)	Water Content %)	Density (kg/m³)	Absorption (kg/m³)	Water Content (%)	Density (kg/m³)	Absorption (kg/m³)	Water Content (%)
CB	1	1624.279	162.076	44.862	1821.075	204.385	60.554	2047.049	208.931	87.595
CB	2	1579.927	152.227	22.044	1867.153	245.985	64.095	2126.082	196.539	61.216
CB	3	1475.989	273.029	12.168	1906.045	326.146	64.935	2036.887	229.834	71.429
CB	4	1443.857	332.232	63.419	1953.198	236.349	45.875	2030.327	198.503	56.944
CB	5	1719.703	578.730	77.849	1978.782	258.939	58.422	2679.712	251.287	53.689
CB	6	1800.338	544.839	37.189	1869.065	299.332	65.180	2002.371	281.707	73.773
ค่าเฉลี่ย		1607.349	340.522	42.922	1899.220	261.856	59.844	2153.738	227.800	67.441
SD		137.762	184.613	24.732	58.881	44.162	7.350	260.995	33.625	12.651

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

จากตารางด้านบน ค่าปริมาณความชื้นของกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ78 ของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เป็นไปตามมาตรฐานของมอก. แสดงผลดังภาพ 16 โดยในการจัดทำชิ้นงานคอนกรีตบล็อก การควบคุมอัตราส่วนผสมในแต่ละขั้นตอนด้วยเครื่องมือพื้นฐาน ประกอบกับประสบการณ์ของช่างเป็นหลัก อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในอัตราส่วนผสมของชิ้นงาน และส่งผลต่อคุณภาพของคอนกรีตบล็อกได้



ภาพ 16 กราฟเปรียบเทียบค่าความชื้นคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักแบบควบคุมความชื้น

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

เป็นขนาดที่ออกแบบตามระบบประสานทางพิกัดในการก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมูลฐาน พ ให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐานเท่ากับ 10 มิลลิเมตร



ภาพ 17 ขั้นตอนการวัดขนาด เครื่องมือในการวัด และจดบันทึกตามลำดับ

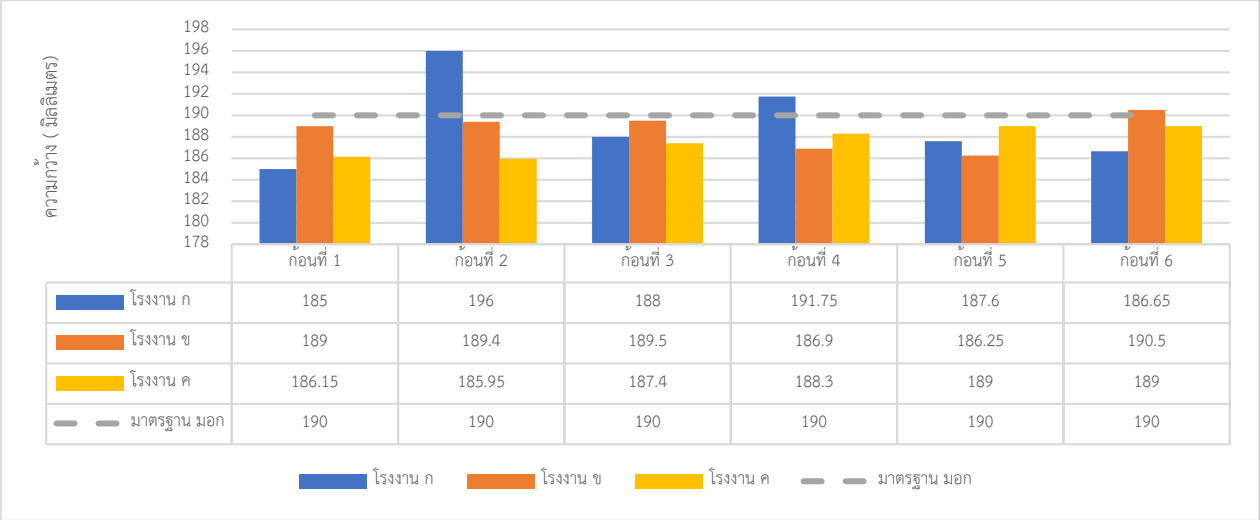
ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

ตาราง 7 ขนาดคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักของโรงงาน ก. ข. และ ค. ตามลำดับ

ตัวอย่าง		โรงงาน ก.			โรงงาน ข.			โรงงาน ค.		
ชนิด	ลำดับ	Width, W	Length, L	Thickness, H	Width, W	Length, L	Thickness, H	Width, W	Length, L	Thickness, H
CB	1	185.000	385.000	75.420	189.000	386.100	64.900	186.150	385.400	65.700
CB	2	196.000	393.750	65.200	189.400	386.000	65.200	185.950	386.040	66.450
CB	3	188.000	392.250	65.840	189.500	386.300	65.800	187.400	385.640	65.550
CB	4	191.750	391.850	65.550	186.900	386.350	65.700	188.300	385.960	65.200
CB	5	187.600	392.000	65.500	186.250	391.350	65.550	189.000	386.020	65.400
CB	6	186.650	391.150	65.640	190.500	386.200	66.230	189.000	385.660	66.230
ค่าเฉลี่ย		189.167	391.000	67.192	188.592	387.050	65.563	187.633	385.787	65.755
SD		4.022	3.062	4.036	1.651	2.110	0.467	1.361	0.259	0.487

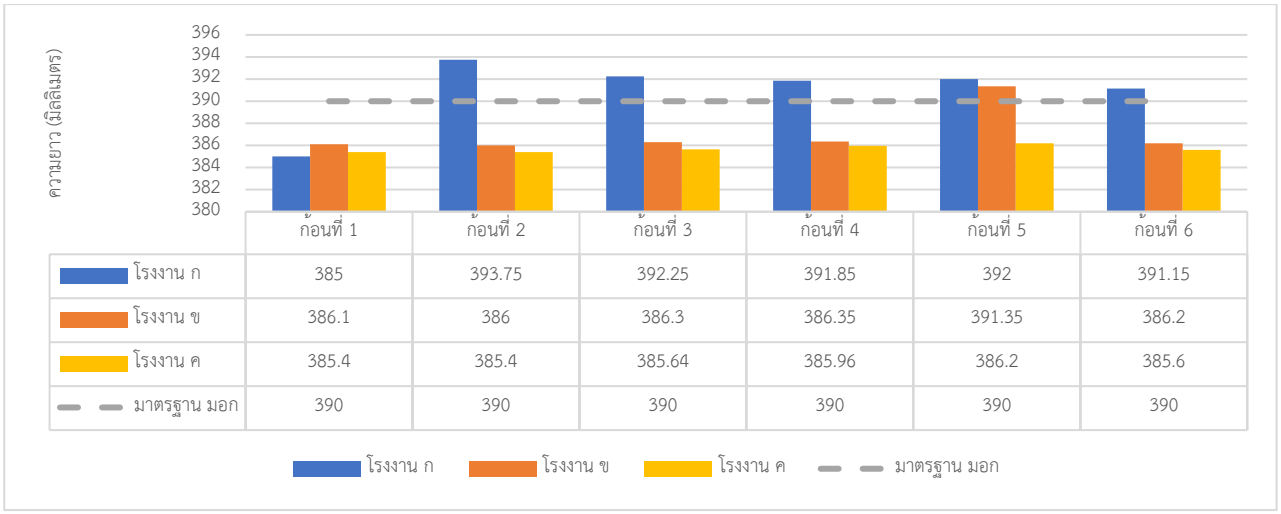
ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

จากตารางด้านบน ขนาดของชิ้นงานคอนกรีตบล็อกทั้งสามมิติ ความหนา ความสูง และความยาว โดยส่วนมากมีผลต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ มอก. แสดงผลดังภาพ 18–20 ขนาดของคอนกรีตบล็อกกลุ่มตัวอย่างมีผลโดยตรงจากขนาดแบบหล่อ โดยแบบหล่อถูกจัดทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาจเกิดความคลาดเคลื่อนของขนาด



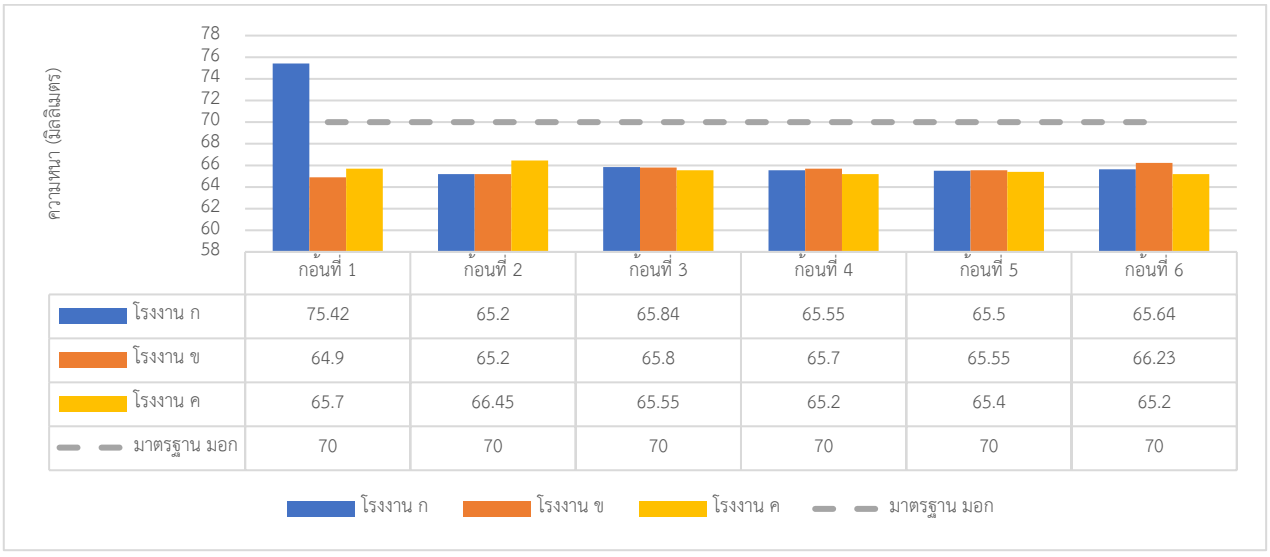
ภาพ 18 เปรียบเทียบขนาดคอนกรีตบล็อกด้านกว้าง เทียบกับมาตรฐาน มอก.

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566



ภาพ 19 เปรียบเทียบขนาดคอนกรีตบล็อกด้านยาว เทียบกับมาตรฐาน มอก.

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566



ภาพ 20 เปรียบเทียบความหนาผนังคอนกรีตบล็อก เทียบกับมาตรฐาน มอก.

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

บทสรุป

จากการประเมินคุณภาพคอนกรีตบล็อก พบว่า คอนกรีตบล็อกจากกลุ่มโรงงานตัวอย่าง มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533 ในทุกหัวข้อการทดสอบมีปัจจัยมาจากอัตราส่วนผสมไม่คงที่เป็นหลัก โดยผลการพิจารณาตามเกณฑ์ 3 ด้านและปัจจัยที่ส่งผลเป็นดังนี้

- ขนาดของคอนกรีตบล็อก โดยส่วนมากมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ปัจจัยที่ส่งผลมาจากการลดต้นทุนของวัสดุจัดทำแบบหล่อด้วยแผ่นเหล็กที่บางกว่าการจัดทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก. 58-2533
- ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยส่วนมากมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ทั้งค่าเฉลี่ยต่อพื้นที่รวมแต่ละชิ้นงานต่ำสุด และค่าเฉลี่ยค่าต้านทานแรงอัดรวม ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพมาจากความคลาดเคลื่อนในอัตราส่วนผสมของชิ้นงาน เนื่องจากควบคุมอัตราส่วนผสมในแต่ละขั้นตอนด้วยเครื่องมือพื้นฐานประกอบกับประสบการณ์ของช่างเป็นหลัก
- ปริมาณความชื้น โดยส่วนมากเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก) โดยปัจจัยที่ส่งผลมาจากการควบคุมอัตราส่วนผสมของชิ้นงาน

ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบคุณภาพคอนกรีตบล็อกที่ผลิตในโรงงานเขตกรุงเทพและปริมณฑล ควรมีการปรับปรุงในขั้นการผลิตเพื่อผ่านมาตรฐาน มอก. 58-2533 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก) ดังนี้

- ขนาดของคอนกรีตบล็อก สามารถปรับปรุงด้วยการปรับแบบหล่อคอนกรีตบล็อกให้เป็นขนาดมาตรฐาน และลดต้นทุนด้วยการจัดหาวัสดุทดแทนที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นมาเป็นส่วนผสมพิเศษ โดยคงอัตราส่วนผสมเพื่อคงคุณภาพของคอนกรีตบล็อก
- ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนความชื้น สามารถปรับปรุงด้วยการนำเครื่องมือในการชั่งตวงวัดส่วนผสมที่ได้มาตรฐานมาใช้ร่วมในขั้นตอนการผสม อุปกรณ์ในการชั่งน้ำหนักทรายและปูน ร่วมกับเซนเซอร์การปล่อยน้ำลงถังผสมเพื่อให้เป็นมาตรฐานเท่ากันในทุกรอบการผลิต

บรรณานุกรม

กระทรวงพานิชย์. สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. กองดัชนีเศรษฐกิจการค้า. (2567, ตุลาคม). *ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง.* ข่าวสารกระทรวงพานิชย์. http://www.indexpr.moc.go.th/price_present/csi/data/index_47.asp?list_month=10&list_year=2567

กองบริหารจัดการระบบสถิติ. (2561). *คู่มือวิธีการและเครื่องมือการประเมินคุณภาพสถิติ.* สำนักงานสถิติแห่งชาติ.

กัญญารัตน์ กาญจนวิสุทธิ์. (2567, 18 มกราคม). *ภาคก่อสร้าง.. เผชิญความท้าทาย ต้นทุนสูงความเสี่ยงสภาพคล่องทางการเงิน.* แนวหน้า. https://www.tca.or.th/construction-news-detail.php?id=340

ชัชวาล เศรษฐบุตร. (2529). *คอนกรีตเทคโนโลยี* (พิมพ์ครั้งที่ 7). บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง.

เทิดศักดิ์ สายสุทธ์. (2556). คอนกรีตบล็อกกลวงประยุกต์. *การประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน* (หน้า 3013–3021). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ธนโชติ รอดเสวก, ก่อโชค จันทวรางกูร, และทวีศักดิ ปิติคุณพงศ์สุข. (2563). การศึกษาคุณสมบัติของหินคลุกทีผสมด้วยมวลรวมเปลือกหอยแครงเพื่อใช้เป็นวัสดุงานทาง. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58 : สาขาวิทยาศาสตร์, สาขาวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม* (หน้า 344–351). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2552). *ปูนซีเมนต์ ปอซโซลานและคอนกรีต* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สมาคมคอนกรีตไทย.

พุทธชาด ลุนคำ. (2566). *แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2566–2568 : ธุรกิจวัสดุก่อสร้าง.* https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/construction-construction-materials/construction-materials/io/construction-materials-2023–2025

วสันต์ ศรีเมือง. (2550). *การพัฒนาเครื่องจักรสำหรับผลิตคอนกรีตบล็อกในโรงงานอุตสาหกรรม* [เอกสารนำเสนอในที่ประชุม]. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 5 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

วินิต ช่อวิเชียร. (2544). *คอนกรีตเทคโนโลยี* (พิมพ์ครั้งที่ 9). ป. สัมพันธ์พาณิชย์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2517). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต.* มอก. 109-2517.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2533a). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก.* มอก. 57-2533.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2533b). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก.* มอก. 58-2533.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2562). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์.* มอก. 15-2562.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2563a). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์.* มอก. 58-2563.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2563b). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลรวมคอนกรีต.* มอก. 566-2562.

อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์. (2543). *ปฏิบัติการทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี* (พิมพ์ครั้งที่ 4). บริษัท สกายบุ๊กส์.

ASTM International. (2007). *ASTM C192/C192M standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory.* https://standards.globalspec.com/std/3829629/astm-c192-c192m-07

ASTM International. (2017). ASTM C29-17a standard test method for bulk density “unit weight” and voids in aggregate. In *Annual book of ASTM standards* (Vol. 09.49). The society.

ASTM International. (2024, August 7). *ASTM C127-24 standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate.* https://store.astm.org/c0127-24.html