วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 33 ฉบับที่ 1 ม.ค.–มี.ค. 2566
The Journal of KMUTNB., Vol. 33, No. 1, Jan.–Mar. 2023

บทความวิจัย

การศึกษาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในอาคารต้านทานแผ่นดินไหว กรณีศึกษา : อาคารเรียน 4 ชั้น ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

สุนันท์ มนต์แก้ว*
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ชูเกียรติ ชูสกุล
สาขาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 2665 3777 ต่อ 8169 อีเมล: sunun.m@rmutp.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.05.004
รับเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2563 แก้ไขเมื่อ 28 ธันวาคม 2564 ตอบรับเมื่อ 15 มีนาคม 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 10 พฤษภาคม 2565
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในอาคารต้านทานแผ่นดินไหว เลือกอาคารเรียน 4 ชั้น ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นกรณีศึกษา หาปริมาณคอนกรีตและเหล็กเสริม เพื่อวิเคราะห์หาสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคาร 5 ประเภท คือ ฐานราก เสา คาน พื้น และบันได จากนั้นนำค่าความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนที่ได้ไปทดสอบกับอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับการประมาณราคาอย่างละเอียดพบว่า ปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมดมากกว่าการประมาณราคาอย่างละเอียด 3.09 % ค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าสัดส่วนความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการหาปริมาณ และตรวจสอบความถูกต้องในเบื้องต้นของปริมาณงานเหล็กเสริมคอนกรีตของอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกันได้ในเวลาที่รวดเร็ว

คำสำคัญ: สัดส่วน แผ่นดินไหว เหล็กเสริม

การอ้างอิงบทความ: สุนันท์ มนต์แก้ว และ ชูเกียรติ ชูสกุล, "การศึกษาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในอาคารต้านทานแผ่นดินไหว กรณีศึกษา : อาคารเรียน 4 ชั้น ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 1, หน้า 92–101, ม.ค.–มี.ค. 2566.

Research Article

A Study the Ratio of Concrete Volume per Reinforcement Quantity in Earthquake Resistant – An OBEC 4 – Story Reinforced Concrete School Building

Sunun Monkaew*
Division of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamanagala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand
Chookiat Choosakul
Division of Civil Engineering, College of Industrial Technology and Management, Rajamanagala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 2665 3777 Ext. 8169, E–mail: sunun.m@rmutp.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.05.004
Received 6 November 2020; Revised 28 December 2020; Accepted 15 March 2021; Published online: 10 May 2022
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research study objective to study the ratio of concrete volume per reinforcement quantity in earthquake resistant buildings. By choosing an OBEC 4 - storey reinforcement concrete school building, as a case study. According to the quantity of concrete and steel reinforcement, the ratios of reinforcement to the concrete of 5 types of buildings elements: foundations, columns, beams, floors and stairs, which were analyzed therefore the proportional relation obtained was examined with similar models of buildings and same design variables. Total reinforcement quantity was 3.09% higher than that of the detailed estimate. The value obtained is an acceptable criterion, therefore, the correlation ratio was obtained from this research. It can be used to quantify and validate the workload of concrete reinforcement of similar buildings and the rapid time to have the same design variables.

Keywords: Ratio, Earthquake, Reinforcement

Please cite this article as: S. Monkaew and C. Choosakul, "A study the ratio of concrete volume per reinforcement quantity in earthquake resistant – An OBEC 4 – story reinforced concrete school building," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 1, pp. 92–101, Jan.–Mar. 2023 (in Thai).

1. บทนำ

เหตุการณ์แผ่นดินไหวในปัจจุบันนับวันจะเป็นภัยธรรมชาติที่ใกล้ตัวมนุษยชาติมากยิ่งขึ้น โดยระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาเกือบทุกภูมิภาคของโลกต่างประสบเหตุการณ์แผ่นดินไหวบ่อยครั้งและยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นตามลำดับ ประเทศไทยเองก็เป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีพื้นที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวอยู่หลายพื้นที่ [1] และเกิดแผ่นดินไหวขึ้นหลายครั้ง ข้อมูลจากสำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ได้บันทึกสถิติการเกิดแผ่นดินไหวที่กระทบต่อประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 1905–2556 พบว่า ประเทศไทยเกิดแผ่นดินไหวมาแล้วประมาณ 148 ครั้ง ส่วนใหญ่เกิดทางภาคเหนือ ระดับความรุนแรงประมาณ 5.0 ริกเตอร์ ล่าสุดเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2557 เกิดแผ่นดินไหว 6.3 ริกเตอร์ โดยมีจุดศูนย์กลางรอยเลื่อนอยู่ที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และสร้างแรงสั่นสะเทือนครอบคลุมไปตั้งแต่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน น่าน พะเยา หนองคาย เลย และกรุงเทพมหานคร [2] ส่งผลให้อาคาร บ้านเรือน สิ่งปลูกสร้างเสียหายเป็นจำนวนมาก ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 สภาพอาคารเรียนเสียหายเนื่องจากแผ่นดินไหว [2]

กระทรวงมหาดไทยออกกฎกระทรวง พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว โดยกำหนดให้ บริเวณพื้นที่ที่ความเสี่ยงจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณเฝ้าระวัง ประกอบด้วย จังหวัดกระบี่ ชุมพร พังงา ภูเก็ต ระนอง สงขลา และสุราษฎร์ธานี 2) บริเวณที่ 1 ประกอบด้วย จังหวัดกรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ และสมุทรสาคร และ 3) บริเวณที่ 2 ประกอบด้วย จังหวัดกาญจนบุรี เชียงราย เชียงใหม่ ตาก น่าน พะเยา แพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และลำพูน โครงการก่อสร้างที่จะก่อสร้างในพื้นที่บริเวณดังกล่าวจะต้องออกแบบให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้ หลังจากออกแบบก่อสร้างแล้วเสร็จจะเข้าสู่กระบวนการประมาณราคาแบบละเอียด ปกติจะทำโดยผู้รับเหมาก่อสร้างเพื่อใช้ในการเสนอราคาและใช้ในการควบคุมค่าใช้จ่ายในระยะเวลาก่อสร้าง หรืออาจทำโดยฝ่ายเจ้าของงานเพื่อใช้ประมาณราคากลางหรือใช้ควบคุมการเบิกงวดเงินจากผู้รับเหมา การประมาณราคาแบบละเอียดต้องใช้ผู้ที่เชี่ยวชาญ มีประสบการณ์ในการประมาณราคางานก่อสร้าง และต้องใช้ระยะเวลานานในการหาปริมาณวัสดุ [3]–[6] โดยเฉพาะโครงการก่อสร้างของรัฐทุกโครงการจะต้องกำหนดราคากลางงานก่อสร้าง ซึ่งการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างเป็นขั้นตอนการดำเนินการหลังจากที่แบบก่อสร้างแล้วเสร็จและพร้อมสำหรับการจัดจ้างก่อสร้าง โดยกำหนดให้หัวหน้าหน่วยงานของรัฐตั้งคณะกรรมการกำหนดราคากลางให้มีหน้าที่รับผิดชอบคำนวณราคากลางงานก่อสร้างครั้งนั้นให้ถูกต้องภายใต้หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นฐานสำหรับเปรียบเทียบราคาที่ผู้ยื่นข้อเสนอไว้ในกระบวนการจัดหาผู้รับจ้างก่อสร้างตามพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560

การหาปริมาณวัสดุเพื่อประมาณราคาค่าก่อสร้างเป็นขั้นตอนที่ใช้ระยะเวลานานและยุ่งยากซับซ้อนมากที่สุดโดยเฉพาะการหาปริมาณงานเหล็กเสริมคอนกรีต ความถูกต้องของปริมาณวัสดุก่อสร้างจึงมีความสำคัญในการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ดังนั้นหากมีเครื่องมืออย่างง่ายที่สามารถหาปริมาณวัสดุหรือตรวจสอบปริมาณวัสดุงานก่อสร้างที่ใช้ระยะเวลาในการประมาณราคางานก่อสร้างไม่มาก ใช้งานได้สะดวก ใช้เวลาในการตรวจสอบไม่มาก ร่นระยะเวลาในการตรวจสอบได้เร็วขึ้นและผู้ที่ดำเนินการประมาณราคางาน

ก่อสร้างไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในงานก่อสร้างมากนัก เช่น เจ้าของโครงการซึ่งเป็นนักบัญชี หรือนักเศรษฐศาสตร์ จะสามารถช่วยแบ่งเบาภาระในการตรวจสอบได้ง่ายขึ้น [7] ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในอาคารต้านทานแผ่นดินไหว โดยเลือกกรณีศึกษา : อาคารเรียน 4 ชั้น ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นกรณีศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบปริมาณวัสดุในงานก่อสร้างได้อย่างสะดวก รวดเร็วและถูกต้อง

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตและต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารต้านทานแผ่นดินไหว

2.1.1 Mubarak, และคณะ [8] ศึกษาราคามาตรฐานต่อหน่วยระหว่างเหล็กเสริมต่อคอนกรีต ในประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งตามมาตรฐานกำหนดให้ปริมาณเหล็กเสริม 200 กิโลกรัมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นผู้วิจัยได้ประมาณการต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารต้านทานแผ่นดินไหวที่ได้รับผลกระทบที่มีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน 2 บริเวณ พบว่าปริมาณเหล็กเสริมเฉลี่ย 209.83 และ 215.17 กิโลกรัมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่งผลให้ต้นทุนค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น

2.1.2 โชติไกร และคณะ [9] ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวัสดุต่อหน่วยของอาคารพักอาศัย 5–8 ชั้น และ 3–5 ชั้น พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณคอนกรีต เหล็กเสริม และไม้แบบต่อหน่วยของพื้นที่อาคาร มีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.215 ลูกบาศก์เมตร 27.30 กิโลกรัม และ 2.53 ตารางเมตร ตามลำดับ

2.1.3 Jami และ Dumpa [10] ศึกษาค่าใช้จ่ายของอาคารต้านทานแผ่นดินไหวในประเทศอินเดีย จำนวน 5 โครงการ พบว่า อาคารต้านทานแผ่นดินไหวมีปริมาณเหล็กเสริมเพิ่มขึ้น 16% และค่าใช้จ่ายงานด้านโครงสร้างเพิ่มขึ้น 4.06% เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารนอกเขตแผ่นดินไหว

2.1.4 Recep และคณะ [11] ศึกษาต้นทุนของอาคารต้านทานแผ่นดินไหวในประเทศตุรกี เป็นอาคารสำนักงาน จำนวน 3 โครงการ พบว่า ต้นทุนค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้นระหว่าง 14–22% ขึ้นอยู่กับประเภทของชั้นดินและบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว

2.1.5 Smrati และ Mohd [12] ศึกษาต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ในประเทศอินเดีย ระหว่างความสูง 2–10 ชั้น และบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรงแตกต่างกัน 5 ระดับ พบว่าปริมาณคอนกรีตเพิ่มขึ้น 0.24–0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร และปริมาณเหล็กเสริมเพิ่มขึ้น 20.42–27.18 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของอาคารและบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว

2.1.6 Ramli และคณะ [13] ศึกษาต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ในประเทศมาเลเซีย ที่ก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกันพบว่า ปริมาณเหล็กเสริมคาน เพิ่มขึ้น 7–32.40% และปริมาณเหล็กเสริมเสาเพิ่มขึ้น 28–420.30% เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่ได้ออกแบบให้ต้านทานแผ่นดินไหว

2.2 กฎหมายและมาตรฐานในการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว

2.2.1 กระทรวงมหาดไทยออกกฎกระทรวง พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว โดยกำหนดให้ บริเวณพื้นที่ที่ความเสี่ยงจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณเฝ้าระวัง ประกอบด้วย จังหวัดกระบี่ ชุมพร พังงา ภูเก็ต ระนอง สงขลา และสุราษฎร์ธานี 2) บริเวณที่ 1 ประกอบด้วย จังหวัดกรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ และสมุทรสาคร และ 3) บริเวณที่ 2 ประกอบด้วย จังหวัดกาญจนบุรี เชียงราย เชียงใหม่ ตาก น่าน พะเยา แพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และลำพูน จะต้องออกแบบให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้ โดยผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงการจัดรูปแบบเรขาคณิตให้มีเสถียรภาพในการต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว การกำหนดรายละเอียดปลีกย่อย

ชิ้นส่วนโครงสร้าง รวมทั้งบริเวณรอยต่อระหว่างปลายชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ และการจัดโครงสร้างทั้งระบบอย่างน้อยให้มีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด ตามมาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวของกรมโยธาธิการและผังเมือง [14]

2.2.2 กรมโยธาธิการและผังเมือง ได้กำหนดมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ.1301/1302-61 มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวนี้เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจากกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 เพื่อให้การออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารควบคุมตามกฎกระทรวง มีความมั่นคงแข็งแรงและปลอดภัย มาตรฐานนี้กำหนดหลักเกณฑ์ และวิธีการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว โดยที่ค่าแรงแผ่นดินไหวเพื่อใช้ในการออกแบบอาคาร เช่น ค่าแรงสถิตเทียบเท่า ได้ถูกกำหนดขึ้นด้วยสมมติฐานว่าอาคารได้รับการออกแบบให้มีความเหนียว สามารถโยกไหวตัวเกินพิกัดยืดหยุ่นของโครงสร้าง และสามารถสลายพลังงานของการสั่นไหวในระดับที่เหมาะสม โดยที่ยังไม่เกิดการพังถล่ม ดังนั้นผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดในการออกแบบรายละเอียดขององค์อาคารและโครงสร้างโดยรวม เพื่อให้อาคารมีพฤติกรรมเป็นไปตามที่สมมุติไว้ [15]

2.3 การวัดปริมาณงานก่อสร้าง

งานวิจัยในครั้งนี้ใช้แนวทางในการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารตามแนวทางของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [16] ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 การวัดปริมาณงานคอนกรีตพื้น ความกว้าง และความยาวคิดจากศูนย์กลางของจุดรองรับถึงศูนย์กลางของจุดรองรับหรือริมสุดของแผ่นพื้น (กรณีเป็นพื้นช่วงสุดท้าย) และปริมาตรคอนกรีตหาจาก พื้นที่คูณกับความหนาของพื้น มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร [16]

2.3.2 การวัดปริมาณงานคอนกรีตเสาและกำแพง ความสูงให้วัดจากส่วนบนสุดของฐานรากไปจนถึงท้องพื้นชั้นหนึ่ง และจากด้านบนของพื้นชั้นหนึ่งไปจนถึงท้องพื้นชั้นถัดไป และปริมาตรคอนกรีตหาจากพื้นที่คูณกับความสูง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร [16]

2.3.3 การวัดปริมาณงานคอนกรีตคาน ความยาวคานจะต้องคิดจากหน้าเสาต้นหนึ่งไปยังหน้าเสาอีกต้นหนึ่งของช่วงคานนั้น สำหรับความลึกของคานจะต้องคิดจากท้องพื้นลงไปจนถึงท้องคาน และปริมาตรคอนกรีตหาจากพื้นที่คานคูณกับความยาวของคาน มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร [16]

2.3.4 การวัดปริมาณงานคอนกรีตบันได หาได้จากพื้นที่บันไดแนวเอียงคูณกับความหนาของบันได บวกพื้นที่ชานพักบันไดคูณความหนาชานพักบันได บวกพื้นที่ลูกตั้งบันไดคูณความกว้างบันได มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร [16]

2.3.5 การวัดปริมาณงานไม้แบบ วัดปริมาณงานในหน่วยของพื้นที่เป็นตารางเมตร ตามพื้นที่ของผิวคอนกรีตหล่อในที่ระยะที่ใช้ในการวัดปริมาณงานให้ใช้ระยะเดียวกับงานหล่อคอนกรีตในที่ โดยที่ไม่หักช่องเปิดที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่เกิน 1.00 ตารางเมตร ในแต่ละช่องเปิด [16] งานวิจัยในครั้งนี้ประมาณการต้นทุนค่าไม้แบบ 50% ค่าแรงงานติดตั้งไม้แบบ 100% [17]

2.3.6 การวัดปริมาณเหล็กเสริม ให้คิดตามแบบที่ได้แสดงไว้ โดยวัดปริมาณเป็นน้ำหนัก โดยแยกรายละเอียดตามประเภทของโครงสร้าง ดังนี้ 1) ฐานราก เหล็กเสริมทางยาวคิดเท่ากับความยาวฐานรากบวกระยะงอ 2 ด้าน เท่ากับความหนาฐานราก เหล็กเสริมทางขวางคิดเท่ากับความกว้างฐานรากบวกระยะงอ 2 ด้าน เท่ากับความหนาฐานราก 2) เสาตอม่อ คิดความยาวจากท้องฐานรากถึงระดับหลังพื้นชั้นหนึ่ง เสาชั้นใดๆ คิดความยาวจากระดับหลังพื้นชั้นใดๆ ถึงระดับหลังพื้นชั้นถัดไป 3) คาน คิดความยาวจากศูนย์กลางของจุดรองรับถึงจุดศูนย์กลางของจุดรองรับหรือริมสุดของคาน กรณีเป็นคานช่วงสุดท้าย 4) พื้น คิดความยาวจากศูนย์กลางของจุดรองรับถึงจุดศูนย์กลางของจุดรองรับ หรือริมสุดของพื้นกรณีเป็นพื้นช่วงสุดท้าย 5) กำแพงเหล็กนอนทั้งด้านในและด้านนอก คิดความยาวตามเส้นรอบรูปของกำแพง เหล็กตั้งทั้งด้านในและด้านนอก คิดเหมือน

เหล็กเสริมเสา 6) บันได เหล็กเสริมเหล็กตามขวางคิดความยาวเท่ากับความกว้างบันได เหล็กเสริมหลักตามยาววัดตามความเอียงบันไดจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลางเหล็กดัดตามรูปลูกขั้นบันได ให้วัดความยาวตามผิวลูกขั้นบันได เหล็กเสริมมุม คิดความยาวเท่ากับความกว้างบันได เหล็กเสริมพื้นชานพักบันไดให้คิดเหมือนเหล็กเสริมพื้น และ 7) ความยาวเหล็กปลอกหรือเหล็กรัดรอบให้คิดตามรูปตัดที่แสดงในแบบโดยวัดระยะจากผิวคอนกรีตถึงผิวคอนกรีต จำนวนเหล็กปลอกให้หาเฉลี่ยจากระยะที่แสดงในแบบ หลังจากหาปริมาณเหล็กเสริมได้แล้วให้เผื่อระยะงอ ระยะขอ ระยะทาบ ระยะคอม้า การเผื่อเศษเสียหาย เป็นเปอร์เซ็นต์ตามขนาดเหล็ก ดังนี้ 1) เหล็กขนาด 6 มม. เผื่อ 5% 2) เหล็กขนาด 9 มม. เผื่อ 7% 3) เหล็กขนาด 12 มม. เผื่อ 9% 4) เหล็กขนาด 15–16 มม. เผื่อ 11% 5) เหล็กขนาด 19–20 มม. เผื่อ 13% และ 6) เหล็กขนาด 25 มม. ขึ้นไป เผื่อ 15% [16]

2.4 ขั้นตอนการศึกษา

2.4.1 เนื่องจากข้อจำกัดในหาแบบก่อสร้างอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ผู้วิจัยจึงเลือกแบบก่อสร้างอาคารเรียนของกลุ่มออกแบบและก่อสร้าง สำนักอำนวยการ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งมีการเผยแพร่ไว้บนเว็บไซต์ เลือกอาคารเรียน 4 ชั้น แบบ 324 ล./55-ข ใช้สำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณ ตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 เป็นอาคารต้นแบบในการวิเคราะห์หาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อเหล็กเสริม จากนั้นวัดปริมาณคอนกรีตและเหล็กเสริมโดยแยกตามประเภทองค์อาคาร 5 ประเภท คือ ฐานราก เสา คาน พื้น และบันได นำค่าที่ได้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อเหล็กเสริม โดยแยกตามประเภทองค์อาคาร 5 ประเภท

2.4.2 การทดสอบแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ทดลองหาปริมาณคอนกรีตและเหล็กเสริม โดยใช้วิธีการประมาณราคาแบบละเอียดของอาคารตัวอย่าง จำนวน 1 อาคาร โดยเลือกอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน เป็นอาคารเรียน 4 ชั้น แบบ 318 ล./55-ข พื้นที่ประมาณ 2,756 ตารางเมตร ออกแบบโดยกลุ่มออกแบบและก่อสร้าง สำนักอำนวยการ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ใช้สำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณ ตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 โดยแยกตามประเภทองค์อาคาร 5 ประเภท คือ ฐานราก เสา คาน พื้น และบันได

2.4.3 เปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตและเหล็กเสริมที่ได้จากการประมาณราคาแบบละเอียดกับอาคารตัวอย่าง ตามข้อ 2.4.2 และเปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมกับเอกสารใบประมาณราคาอาคารเรียนแบบ 324 ล./55-ข และแบบ 318 ล./55-ข ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

3. ผลการทดลอง

3.1 การหาปริมาณวัสดุ

ผู้วิจัยได้หาปริมาณวัสดุตามแนวทางในการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ตามหัวข้อที่ 2.3 โดยหาปริมาณวัสดุในหมวดงานโครงสร้าง 2 รายการ คือ เหล็กเสริม และคอนกรีต ของอาคารต้านทานแผ่นดินไหว แบบ 324 ล./55-ข โดยแยกปริมาณวัสดุเหล็กเสริมและคอนกรีตตามประเภทองค์อาคาร 5 ประเภท คือ ฐานราก เสา คาน พื้น และบันได พบว่า ปริมาณเหล็กเสริมฐานรากเท่ากับ 7,068.78 กิโลกรัม ปริมาณเหล็กเสริมเสาเท่ากับ 51,314.70 กิโลกรัม ปริมาณเหล็กเสริมคานเท่ากับ 68,619.06 กิโลกรัม ปริมาณเหล็กเสริมพื้นเท่ากับ 13,179.67 กิโลกรัม และปริมาณเหล็กเสริมบันไดเท่ากับ 948.71 กิโลกรัม โดยปริมาณของเหล็กเสริมคานมีค่าสูงสุด และปริมาณของเหล็กเสริมบันไดมีค่าต่ำสุด หาปริมาณคอนกรีตแยกตามประเภทองค์อาคารพบว่า ปริมาณคอนกรีตฐานรากเท่ากับ 100.29 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณคอนกรีตเสาเท่ากับ 180.93 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณคอนกรีตคานเท่ากับ 410.88 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณคอนกรีตพื้นเท่ากับ 141.86 ลูกบาศก์เมตร และปริมาณคอนกรีตบันไดเท่ากับ 9.12 ลูกบาศก์เมตร และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วน พบว่า สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคาร

ประเภทเสา มีค่าสูงสุดเนื่องจากการเพิ่มปริมาณเหล็กเสริมให้มากขึ้นกว่าอาคารโดยทั่วไป เพื่อให้อาคารมีความเหนียวสามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ และสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคารประเภทบันไดมีค่าต่ำสุด รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตแยกตามองค์อาคารของอาคารเรียนแบบ 324 ล/55-ข

องค์อาคาร	ปริมาณเหล็กเสริม (กก.)	ปริมาณคอนกรีต (ลบ.ม.)	สัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต (กก./ลบ.ม.)
ฐานราก	7,068.78	100.29	**70.48**
เสา	51,314.70	180.93	**283.62**
คาน	68,619.06	410.88	**167.01**
พื้น	13,179.67	141.86	**92.91**
บันได	948.71	9.12	**104.03**
	141,130.92	**843.08**	

จากเอกสารใบประมาณราคาอาคารเรียนแบบ 324 ล./55-ข ของกลุ่มออกแบบและก่อสร้าง สำนักอำนวยการ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน [18] พบว่าปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมดเท่ากับ 144,100 กิโลกรัม มากกว่าปริมาณเหล็กเสริมที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ร้อยละ 2.06 และปริมาณคอนกรีตทั้งหมดเท่ากับ 878 ลูกบาศก์เมตร มากกว่าปริมาณคอนกรีตที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ร้อยละ 3.98 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [19] ดังนั้นจึงเลือกอาคารเรียนแบบ 324 ล./55-ข เป็นอาคารต้นแบบในการหาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อเหล็กเสริม

3.2 การทดสอบค่าสัดส่วนความสัมพันธ์ของเหล็กเสริมต่อคอนกรีต

โดยทดลองวัดปริมาณวัสดุเหล็กเสริมและคอนกรีตแยกตามประเภทองค์อาคาร ใช้วิธีการประมาณราคาแบบละเอียด เลือกอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน เป็นอาคารเรียน 4 ชั้น แบบ 318 ล./55-ข พบว่าสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคารประเภทเสามีค่าสูงสุดเนื่องจากการเพิ่มปริมาณเหล็กเสริมให้มากขึ้นกว่าอาคารโดยทั่วไป เพื่อให้อาคารมีความเหนียวสามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ และสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคารประเภทบันไดมีค่าต่ำสุด รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีตแยกตามองค์อาคารของอาคารแบบ 318 ล./55-ข.

องค์อาคาร	ปริมาณเหล็กเสริม (กก.)	ปริมาณคอนกรีต (ลบ.ม.)	สัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต (กก./ลบ.ม.)
ฐานราก	5,835.70	79.81	**73.12**
เสา	39,131.59	151.54	**258.27**
คาน	54,895.22	328.70	**167.01**
พื้น	13,179.67	141.86	**92.91**
บันได	948.71	9.12	**104.03**
	113,990.89	**711.03**	

จากนั้นทดลองนำค่าสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตที่ได้จากการศึกษา จากตารางที่ 1 โดยนำค่าปริมาณคอนกรีตที่ได้จากตารางที่ 2 คูณกับค่าสัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีตของตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณคอนกรีตขององค์อาคารประเภทฐานราก 79.81 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาณเหล็กเสริมเท่ากับ 5,625.01 กิโลกรัม ค่าที่ได้น้อยกว่าค่าที่ประมาณราคาแบบละเอียดร้อยละ 3.61 ปริมาณคอนกรีตขององค์อาคารประเภทเสา 151.54 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาณเหล็กเสริมเท่ากับ 42,977.77 กิโลกรัม ค่าที่ได้มากกว่าค่าที่ประมาณราคาแบบละเอียดร้อยละ 8.95 ปริมาณคอนกรีตขององค์อาคารประเภทคาน 328.70 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาณเหล็กเสริมเท่ากับ 54,896.19 กิโลกรัม ค่าที่ได้เท่ากับค่าที่ประมาณราคาแบบละเอียดปริมาณคอนกรีตขององค์อาคารประเภทพื้น 141.86 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาณเหล็กเสริมเท่ากับ 13,180.21 กิโลกรัม ค่าที่ได้เท่ากับค่าที่ประมาณราคาแบบละเอียดปริมาณคอนกรีตขององค์อาคารประเภทบันได 9.12 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาณเหล็กเสริมเท่ากับ 948.71 กิโลกรัม ค่าที่ได้เท่ากับค่าที่ประมาณราคาแบบละเอียด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมของอาคารเรียนแบบ 318 ล./55-ข. โดยใช้อาคารเรียนแบบ 324 ล./55-ข เป็นฐาน

องค์อาคาร	ประมาณราคาแบบละเอียด (กก.)	โดยใช้ค่าสัดส่วน (กก.)	ผลต่าง (%)
ฐานราก	5,835.70	5,625.01	– 3.61
เสา	39,131.59	42,977.77	+ 8.95
คาน	54,895.22	54,896.19	+ 0.00
พื้น	13,179.67	13,180.21	+ 0.00
บันได	948.71	948.71	+ 0.00
	113,990.89	**117,627.89**	**+ 3.09**

ทดลองนำค่าสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตของอาคารเรียนแบบ 318 ล./55-ข. ดังตารางที่ 2 มาเป็นต้นแบบในการปริมาณเหล็กเสริมของอาคารเรียนแบบ 324 ล./55-ข พบว่า ปริมาณเหล็กเสริมขององค์อาคารประเภทฐานราก เท่ากับ 7,333.20 กิโลกรัม ค่าที่ได้มากกว่าค่าที่ประมาณราคาแบบละเอียดร้อยละ 3.61 ปริมาณเหล็กเสริมขององค์อาคารประเภทเสาเท่ากับ 46,728.79 กิโลกรัม ค่าที่ได้น้อยกว่าค่าที่ประมาณราคาแบบละเอียดร้อยละ 8.94 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมของอาคารเรียนแบบ 324 ล./55-ข. โดยใช้อาคารเรียนแบบ 318 ล./55-ข. เป็นฐาน

องค์อาคาร	ประมาณราคาแบบละเอียด (กก.)	โดยใช้ค่าสัดส่วน (กก.)	ผลต่าง (%)
ฐานราก	7,068.78	7,333.20	+ 3.61
เสา	51,314.70	46,728.79	– 8.94
คาน	68,619.06	68,621.07	+ 0.00
พื้น	13,179.67	13,180.21	+ 0.00
บันได	948.71	948.71	+ 0.00
	141,130.92	**136,812.02**	**– 3.06**

เปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมของอาคารเรียนแบบ 324 ล./55–ข. โดยใช้ค่าสัดส่วนที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้กับเอกสารใบประมาณราคาอาคารเรียนแบบ 318 ล./55-ข ของกลุ่มออกแบบและก่อสร้าง สำนักอำนวยการ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า ปริมาณเหล็กเสริมโดยใช้วิธีค่าสัดส่วนความสัมพันธ์น้อยกว่าร้อยละ 3.90 และเปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมของอาคารเรียนแบบ 318 ล./55-ข [18] พบว่า ปริมาณเหล็กเสริมโดยใช้วิธีค่าสัดส่วนความสัมพันธ์น้อยกว่าร้อยละ 5.06 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริม

อาคารเรียน	สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กก.)	โดยใช้ค่าสัดส่วน (กก.)	ผลต่าง (%)
324 ล./55-ข.	144,100.00	136,812.02	–3.90
318 ล./55-ข.	122,400	117,627.89	–5.06

4. สรุป

จากการประมาณราคาแบบละเอียดในงานคอนกรีตและเหล็กเสริมของอาคารเรียน 4 ชั้น แบบ 324 ล./55-ข. ออกแบบโดยกลุ่มออกแบบและก่อสร้าง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ใช้สำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณ ตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 เป็นอาคารต้นแบบในการวิเคราะห์หาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อเหล็กเสริมขององค์อาคาร 5 ประเภท คือ ฐานราก เสา คาน พื้น และบันได นำค่าความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ไปทดสอบกับอาคารเรียนต้านทานแผ่นดินไหว 4 ชั้น แบบ 318 ล./55-ข ที่มีรูปแบบอาคารคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน โดยผู้วิจัยได้คำนวณหาปริมาณคอนกรีตขององค์อาคารประเภทต่างๆ แล้วนำค่าที่ได้คูณกับค่าสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตที่ได้จากการศึกษาพบว่า ปริมาณเหล็กเสริมฐานรากน้อยกว่าค่าที่ได้จากประมาณราคาแบบละเอียด 3.61% ปริมาณเหล็กเสริมเสามากกว่าค่าที่ได้จากการประมาณราคาแบบละเอียด 8.95% ปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมดมากกว่าประมาณราคาแบบละเอียด 3.09% ค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [19] ดังนั้นค่าสัดส่วนความสัมพันธ์

ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการหาปริมาณงาน และตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณงานเหล็กเสริมคอนกรีตของอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน โดยนักประมาณราคา หรือผู้ตรวจสอบราคาก่อสร้างเพียงแต่คำนวณหาปริมาณงานคอนกรีตขององค์อาคารแต่ละประเภท แล้วนำค่าที่ได้มาคูณด้วยค่าสัดส่วนความสัมพันธ์ของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคารแต่ละประเภทก็จะได้ปริมาณเหล็กเสริมในเวลาที่รวดเร็ว ลดระยะเวลาในการทำงานลงได้มาก

ข้อเสนอแนะ การนำค่าสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ ควรคำนึงถึงตัวแปรต่างๆ ดังนี้ คือ ต้องเป็นอาคารเรียนรับน้ำหนักจรได้ไม่น้อยกว่า 300 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และบริเวณสถานที่ก่อสร้างที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณ ตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนงบประมาณ

เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Public Work and Town & Country Planning. (2020, October). Handbook for Construction of Small Buildings in Earthquake Areas. Thailand. [Online] (in Thai). Available: https://engfanatic.tumcivil.com/engfanatic/article/1289

[2] Mgronline. (2020, July). Big Lesson Earthquake in Chiang Rai Thailand. [Online] (in Thai). Available: https://m.mgronline.com/daily/detail/9570000 051792

[3] T. Thipparate. N. Chaisongkroh, and N. Kulprapa, “Construction cost estimation of residential buildings by implementation of ANFIS,” in *Proceeding of the 22th National Convention on Civil Engineering*, Nakhon Ratchasima, Thailand, 2017, pp. 818–823 (in Thai).

[4] W. Nimmanpachrin and D. Wantanakorn, “Cost estimation of 2 storey residential buildings using Monte Carlo simulation technique,” in *Proceeding of the 1st Ratchathani University National Conference*, Ubon Ratchathani, Thailand, 2016, pp. 331–342 (in Thai).

[5] A. Tuptimtong, S. Katavettavasak, and K. Jaipunya, “The study of unit cost of electrical and communication systems,” in *Proceeding of the 22th National Convention on Civil Engineering*, Nakhon Ratchasima, Thailand, 2017, pp.716–721 (in Thai).

[6] T. Rujirayanyong, “Estimate cost for apartment building using regression analysis,” *Rangsit University Journal of Engineering and Technology*, vol. 15, no. 2, pp. 33–39, 2012 (in Thai).

[7] C. Kitkanchanat, “A Study of major component’s ratio in housing construction for approved BOQ,” M.S. thesis, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 2001, (in Thai).

[8] A. Mubarak, T. Tripoli, and N. Nurisra, “The unit price implication of reinforcement usage in beam reinforced concrete construction,” *Aceh International Journal of Science and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 24–31, 2018.

[9] C. Chaivijarn, P. Jarusbumrungroj, T. Woracharoensin, A. Sirisonthi, and K. Wongsopit, “The comparision study of unit quantities estimation for 5-8 and 3-5 storeys residential building,” *Kasem Bundit Engineering Journal*, vol. 7, no. 2, pp. 94–106, 2017 (in Thai).

[10] S. Jami and V. Dumpa,“Earthquake resistance

design-impact on cost of reinforced concrete building," *Journal of Research Sciences and Advanced Engineering*, vol. 2 no. 15, pp.75–86, 2016.

[11] K. Recep, G. Murat, and O. Omer, "Cost effect of earthquake region and soil type for office building in Turkey," *Building and Environment*, vol. 42, no. 10, pp. 3616–3620, 2007.

[12] M. Smrati and K. Mohd, "Cost Modeling of RC building Designed in Different Seismic Effects," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 5, no. 4, pp. 4532–4537, 2018.

[13] M. Ramli, A. Adnan, A. Kadir, and M. Alel, "Cost comparison for non-seismic (EC2) and seismic (EC8) design in different ductility class," *International Journal of Civil Engineering and Geo-Environmental*, vol. 1, no. 1, pp. 38–42, 2017.

[14] Department of Public Work and Town & Country Planning. (2020, October). Ministerial regulations 2007: Determine the load, resistance, durability and the ground supporting the building in earthquake resistance. Thailand. [Online]. Available: https://www.dpt.go.th/wan/lawdpt/data/02/124_86_301150_36.pdf

[15] Department of Public Work and Town & Country Planning. (2020, October). Earthquake resistant building design standards DPT 1301/1302-61. Thailand. [Online]. Available: https: //www.gooshared .com/d/NzY3OS00

[16] The Engineering Institute of Thailand under H. M. the King's Patronage, *Guidelines for Measuring the Quantity of Building Construction*, 2005, pp. 16–26 (in Thai).

[17] The Comptroller General's Department, *The Rule of Cost Estimation in Building Construction*, 2012 pp. 2, (in Thai).

[18] Office of Basic Education Commission. (2020, December). Estimation and Construction Drawing. Thailand. [Online]. Available: https://drive.google.com/drive/folders/1Pz1lPqfudlwb6sjg-jn6a0ah6Pzbvw3m.

[19] V. Chovichian, *Construction Cost Estimation*, Chulalongkorn University, 1983, pp. 1 (in Thai).