

**ขีดจำกัดการเผื่อปริมาณเหล็กเสริมโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก
โดยเทคนิคแบบจำลองสารสนเทศอาคาร**

**THE LIMITATION OF REINFORCEMENT QUALITY RESERVATION FOR
REINFORCED CONCRETE STRUCTURE USING BUILDING
INFORMATION MODELING: BIM**

วรรณะ ประภาภรณ์¹, ภูมิไฉ บุญรัตน์², ปฐิรพ ตะพานทอง³ และ เกียรติภูมิ แก้วมุงคุณ⁴

¹อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000,
wantana.pa@rmuti.ac.th

^{2,3,4}นักศึกษา, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000,
²poomvital@gmail.com, ³patiropyanyih@gmail.com, ⁴l0am0lamer@gmail.com

Wantana Prapaporn¹, Poomjai Boonrat², Patirop Tapanthong³
and Kiadtiphum Kawmungkun⁴

¹Lecturer, Civil Engineering Program Faculty of Engineering, Rajamangala University of
Technology Isan Khonkaen Campus, 150 Srichan Rd., Khonkaen District, Khonkaen
40000, Thailand, wantana.pa@rmuti.ac.th

^{2,3,4}Undergraduate student, Civil Engineering Program Faculty of Engineering, Rajamangala
University of Technology Isan Khonkaen Campus, 150 Srichan Rd., Khonkaen District,
Khonkaen 40000, Thailand,
²poomvital@gmail.com, ³patiropyanyih@gmail.com, ⁴l0am0lamer@gmail.com

บทคัดย่อ

แนวทางปฏิบัติของงานก่อสร้างในประเทศไทยกลุ่มงานราชการมีแนวทางปฏิบัติตามหลักเกณฑ์
การเผื่อปริมาณตามกรมบัญชีกลาง เมื่อพิจารณาถึงการทำงานระดับปฏิบัติการจึงจะพบข้อกำหนด
ในรายละเอียดทางปฏิบัติตามหน่วยงานกำหนด อาทิเช่น กรมทางหลวง หรือ กรมชลประทาน เป็น
ต้น ที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกำหนดงบประมาณหรือการประมาณราคาเป็นศาสตร์ด้าน
การบริหารจัดการที่สำคัญในด้านการกำหนดกลไกการควบคุมต้นทุน ซึ่งจะบ่งชี้ถึงวิธีการ และ

คุณภาพการทำงาน ทั้งนี้ต้นทุนวัสดุก่อสร้างส่วนโครงสร้าง คิดเป็นมูลค่ากว่าร้อยละ 60 ของมูลค่าต้นทุนวัสดุอาคาร และกว่าร้อยละ 20 คือปริมาณงานเหล็กเสริม งานวิจัยนี้ จึงดำเนินภายใต้วัตถุประสงค์ 1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคอนกรีต ต่อ เหล็กเสริมโครงสร้างคอนกรีตแยกตามชนิดของเหล็กเสริม และ 2) ร้อยละการเผื่อปริมาณแยกตามชนิดเหล็กเสริม ผลการศึกษาพบว่า ร้อยละการเผื่อปริมาณเหล็กเสริมมีการเผื่อส่วนของ 1) เหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 6 มม. (RB6) ถึงร้อยละ 26.05 2) เหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 9 มม (RB9) ถึงร้อยละ 7.61 3) เหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 12 มม. (DB12) ถึงร้อยละ 4.54 และ 4) เหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 16 มม. (DB16) ถึงร้อยละ 3.11

คำสำคัญ: เหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้าง, แบบจำลองสารสนเทศอาคาร, การถอดปริมาณ, แบบจำลองโดยการวิเคราะห์ความถดถอย

ABSTRACT

Regarding the constructional guideline in Thailand, the government sector basically has its own way for material quantity reservation following the Comptroller General's Department; whereas, it is necessary to look at the operational level to see more detailed guidelines and regulations specifically defined by an organization such as Department of Highway or Royal Irrigation Department. These are differently defined especially for the budget or cost estimation that is the key to establish the cost control mechanism that indicates working performance and quality. Indeed, total cost for cost management of structural construction material is as high as 60% and cost more than 20% is the quantity of reinforcement work. Consequently, this study aimed to investigate: 1) the relationship between concrete quantity and the reinforcement for concrete structure classified by types of the reinforcement; and 2) the quantity reservation percentage classified by types of the reinforcement. The study outcome revealed that the reinforcement reservation percentage was notably high and different by types of the reinforcement: 1) 6mm-Diameter Round Bars Steel (RB6) was 26.05%; 2) 9mm-Diameter Round Bars Steel (RB9) was 7.61%; 3) 12mm-Diameter Deformed Bars Steel (DB12) was 4.54%; and 4) 16mm-Diameter Deformed Bars Steel (DB16) was 3.11%.

KEYWORDS: Steel reinforcement, Building Information Modeling, Quantities take off, Linear Regression model

1. บทนำ

โครงการก่อสร้างภาครัฐเป็นการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานคิดเป็นสัดส่วนกว่าร้อยละ 80 ของมูลค่าก่อสร้างภาครัฐทั้งหมด [1] และการบริหารจัดการประเทศไทยได้กำหนดรูปแบบการบริหารจัดการการเบิกจ่ายงบประมาณแผ่นดิน ให้ปฏิบัติตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 210 ง ระเบียบกระทรวงการคลัง ว่าด้วยระเบียบการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 [2] ซึ่งได้มอบหมายให้ กรมบัญชีกลาง มีพันธกิจในการกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ แนวทางปฏิบัติด้านกฎหมายการคลัง การบัญชี การจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ ฯลฯ ในทางปฏิบัติการนั้น หน่วยงานในกำกับที่ดำเนินการกิจพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานจึงมีพันธกิจแตกต่างกันไปตามยุทธศาสตร์ และ เป้าประสงค์ ของหน่วยงานนั้นๆ ซึ่งได้รับการจัดสรรงบประมาณการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐดังอย่างต่อเนื่อง [3] กิจกรรมงานก่อสร้างดังกล่าว จำเป็นที่จะต้องปฏิบัติตามความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิศวกรรมโยธาเป็นพื้นฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนงานคอนกรีตเสริมเหล็ก และ งานเหล็กบูรพพรรณ ซึ่งแบ่งได้ 3 ลักษณะ ได้แก่ งานทาง งานสะพานและท่อเหลี่ยม และงานอาคาร

ในส่วนของงานอาคารนั้นมีแนวทางปฏิบัติตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 อันนำมาซึ่ง การประกาศใช้กฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2524) ถึง ฉบับที่ 45 (พ.ศ. 2539) รวมทั้งสิ้น 45 ฉบับ ทั้งนี้ ด้วยรายละเอียดความรับผิดชอบของแต่ละกระทรวง ทบวง กรม ที่มีความแตกต่างกันจึงได้นำมาซึ่งข้อกำหนดและมาตรฐานงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่แตกต่างตามบริบทของหน่วยงานนั้นๆ อาทิเช่น กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม ได้มีแนวปฏิบัติตาม มท 103-2550: มาตรฐานงานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต, กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2555 ได้มีแนวปฏิบัติตาม มยผ. 1332-55 (ปรับปรุงครั้งที่ 1) มาตรฐานงานคอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทนและอายุการใช้งาน [4] และ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2552 ได้มีแนวปฏิบัติตาม มยผ. 1103-52 มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต [5] เป็นต้น นอกจากนี้ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ยังได้กำหนดแนวทางการการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคาร ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม รหัสมาตรฐาน 1011-48 [6] เพื่อสนับสนุนให้แนวทางปฏิบัติทางด้านวิศวกรรมเป็นไปในแนวทางเดียวกัน ทั้งนี้วิธีปฏิบัติของหน่วยงานจะไม่ขัดต่อการเบิกจ่ายตามระเบียบของกรมบัญชีกลางและแนวปฏิบัติองค์กร โดยมีแนวทางปฏิบัติของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยเป็นการสนับสนุนการทำงานทางวิชาชีพ

การประมาณราคาเป็นการคำนวณต้นทุนที่ใช้ในการก่อสร้าง เพื่อนำไปวิเคราะห์กระแสเงินสดในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ [7] เพื่อการบริหารจัดการควบคุมต้นทุนของโครงการ (Cost Management) [8] ในส่วนของการกำหนดงบประมาณ และ การจัดทำรายละเอียดค่าก่อสร้าง ในส่วนของการกำหนดราคาต่อหน่วยปริมาณ เป็นขั้นตอนของโครงการที่อยู่ในช่วงการศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Stage) ความสามารถในการจัดทำงบประมาณในการก่อสร้างและต้นทุนการ

ก่อสร้างจะทำให้ทราบถึงต้นทุนโครงการก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วย 1) ค่างานต้นทุน (Direct Cost) 2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง (Indirect Cost) แนวทางปฏิบัติของงานในประเทศไทยในกลุ่มงานราชการมีแนวทางปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การเผื่อปริมาณตามกรมบัญชีกลาง อีกทั้งหากรายการงานก่อสร้างมีได้กำหนดค่าแรงสำหรับรายการงานก่อสร้างนั้นไว้ให้ผู้มีหน้าที่คำนวณราคากลางคำนวณจากยอดค่าวัสดุร้อยละ 30-37 มาเป็นค่าแรง เห็นได้ว่าหลักเกณฑ์การเผื่อปริมาณดังกล่าวที่มีความทวิคูณจากการเผื่อปริมาณของวัสดุเดิม [9] นอกจากนั้นการเสนอราคายังครอบคลุมส่วนของการคิด Factor F ที่มีค่าตัวเลขซึ่งกำหนดขึ้นตามมติคณะกรรมการควบคุมราคากลาง (ปรับปรุงล่าสุดเมื่อวันที่ 30 มิถุนายน 2546) สำหรับใช้เป็นตัวคูณราคาต่อหน่วยของต้นทุน (Unit Cost) ซึ่งประกอบด้วยหมวด ค่าอำนาจการ ดอกเบี้ย กำไร และภาษี ในส่วนงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้กำหนดหมวดหมู่ไว้ ประกอบด้วย 1) การเผื่องานชุดดินฐานรากและถมดิน 2) งานวัสดุรองพื้นหรือปรับระดับและงานถมบริเวณ 3) งานแบบหล่อคอนกรีต 4) งานเผื่อของเหล็กเสริม 5) ลวดผูกเหล็ก และ 6) ปริมาณตะปู [10]

ในส่วนการเผื่อปริมาณ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดหลักเกณฑ์การเผื่อปริมาณ ได้แก่ 1. ประเภทของอาคาร 2. ประเภทของวัสดุ 3. ข้อกำหนดทางกฎหมายที่เกี่ยวข้อง สำหรับปัจจัยภายในอันเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์นั้นมีหลายระดับที่ส่งผลต่อการบัญชีแสดงปริมาณ ได้แก่ 1. ประสบการณ์ผู้ถอดปริมาณ 2. ความรู้และความชำนาญของผู้ถอดปริมาณ เป็นต้น เห็นได้ว่า ประเภทและความละเอียดถูกต้องในการประมาณราคามีสมรรถนะขององค์กร (Competency) แตกต่างกันไปตามบริบทลักษณะงาน มาตรฐาน และความสามารถขององค์กรนั้นๆ เมื่อพิจารณาในรายละเอียดนั้นพบว่า หลักเกณฑ์การเผื่องานเหล็กเสริมเป็นแนวปฏิบัติเพื่อชดเชย กรณี “ต้องมีการทาบต่อ งอปลาย ดัดค่อม และเสียเศษใช้งานไม่ได้” มีความไม่สอดคล้องกับแนวทางการปฏิบัติจริง ซึ่งต้องปฏิบัติโดยลดเนื่องจากส่วนระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) การคิดปริมาณเพื่อทาบต่อตามแนวทางการออกแบบและมาตรฐานเหล็กเสริมโครงสร้าง อีกทั้งความสามารถในการปฏิบัติงาน ณ ช่วงเวลาดังกล่าว อาจจะเกิดความผิดพลาดในขณะที่ปฏิบัติงานอันส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุ อุปกรณ์ ที่เป็นเหตุของต้นทุนที่เพิ่มขึ้น แนวทางการเผื่อปริมาณดังกล่าวจึงเป็นกลไกการป้องกันผู้ปฏิบัติงานให้สามารถดำเนินงานจะสามารถบรรลุเป้าประสงค์ได้ ทั้งนี้ ความคลาดเคลื่อนจากที่กล่าวมาคือส่วนต่างของต้นทุนรวมในการจัดการต้นทุนวัสดุก่อสร้างส่วนโครงสร้าง ซึ่งคิดเป็นมูลค่ากว่าร้อยละ 60 [11] และกว่าร้อยละ 20 คือปริมาณงานเหล็กเสริม เมื่อพิจารณาร่วมกับแนวทางปฏิบัติตามข้อกำหนดทั่วไป (General Condition) รวมถึงความสามารถในการก่อสร้าง (Constructability) และ สมรรถนะขององค์กร (Competency) ส่งผลต่อความสามารถในการกำหนดบัญชีแสดงปริมาณวัสดุก่อสร้าง (Bill Of Quantities: BOQ) อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นความเข้าใจในขีดจำกัดของการถอดปริมาณเหล็กเสริมเพื่อทราบปริมาณที่แท้จริง จึงเป็นแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพด้านการบริหารจัดการที่สำคัญ

แบบจำลองสารสนเทศ หรือ Building Informatics Modeling: BIM นั้น ได้พบการเผยแพร่ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1986 โดย Ruffle S. แสดงถึงจุดเริ่มต้นการพัฒนาแนวคิดและเครื่องมือสำหรับแบบจำลองอาคาร (Building Model) และต่อมาในปี ค.ศ. 2002 Autodesk ได้เผยแพร่สิทธิของ Building Informatics Modeling แสดงถึงการให้ความสำคัญในเทคโนโลยีดังกล่าว ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีการพัฒนาไปอย่างมาก เทคนิคแบบจำลองสารสนเทศในปัจจุบันได้ขยาย แดกแขนง และ ถูกประยุกต์ใช้ในหลายอุตสาหกรรม รวมถึงอุตสาหกรรมก่อสร้าง ในหลากหลายโปรแกรมประยุกต์ เช่น Sketch up และ Autodesk Revit เป็นต้น จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าแบบจำลองสารสนเทศจากคอมพิวเตอร์ดังกล่าวสามารถทำงานได้เร็วกว่าทำด้วยมือถึง 4 เท่า แต่ราคาก่อสร้างรวมมีผลต่างเพียง 2.5 % [12] งานวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษาขีดจำกัดการเผื่อปริมาณเหล็กเสริมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองโดยเทคนิคแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Informatics Modeling: BIM) ร่วมกับโปรแกรม Sketch up Pro 3D และ ฟังก์ชัน profile builder ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาโดยการสร้างฐานข้อมูลแบบจำลอง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อให้ได้ทราบถึง 1. ความสัมพันธ์ปริมาณคอนกรีต ต่อ เหล็กเสริมโครงสร้างคอนกรีต แยกตามชนิดของเหล็กเสริม และ 2. ร้อยละการเผื่อปริมาณแยกตามชนิดเหล็กเสริม ผลการศึกษาดังกล่าวจะเป็นแนวทางอันสามารถพัฒนากระบวนการบริหารจัดการภาครัฐและเอกชนสำหรับการกำหนดหลักเกณฑ์การเผื่อปริมาณในการจัดการต้นทุนวัสดุก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวัดปริมาณงานก่อสร้าง

จากการศึกษาพบว่า การแบ่งกลุ่มงานในงานด้านวิศวกรรมโยธานั้นสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแบ่งตามชนิดวัสดุ (Master Format) และ 2) การแบ่งตามระบบอาคาร (Unifomat) [13, 14] แสดงในความสัมพันธ์การแบ่งหมวดวัสดุตามชนิดวัสดุและระบบอาคารใน Relationship of UNIFORMAT to Master FormatTM สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ได้กำหนดขอบเขตงานวิจัยและตัวชี้วัดปริมาณวัสดุเป็น 2 กลุ่มได้แก่ 1) หมวดงานโครงสร้าง และ 2) หมวดงานสถาปัตยกรรม โดยดำเนินการถอดปริมาณวัสดุตามแนวทางวัดปริมาณงานก่อสร้างส่วน งานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม [7] ตามหลักเกณฑ์การถอดปริมาณของกรมบัญชีกลางและ แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม (วสท.) [6]

2.2 แบบจำลองโดยการวิเคราะห์ความถดถอย

การวิเคราะห์ความถดถอยนั้นดำเนินการตามหลักการของการวิเคราะห์ความถดถอยแบบพหุคูณของตัวแปรตาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยค่าความสัมพันธ์ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีความผันแปรของตัวแปรตอบสนองที่สามารถอธิบายได้มีอยู่ในตัวแบบเชิงเส้นนี้ร้อยละเท่าใด (R^2) [15] เพื่อใช้วัดความสัมพันธ์ ระหว่างค่าพยากรณ์ y และ y_1 ถึงความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นหรือไม่ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ มีค่าระหว่าง 0-1 แสดงในสมการที่ 2 โดยสหสัมพันธ์ส่วนย่อย เป็นสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวแปรกับตัวแปรตามเป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นอิทธิพลของตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่มีต่อตัวแปรตาม แสดงในรูปแบบสมการที่ 1

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (1)$$

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ส่วนย่อยกระทำเหมือนการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการถดถอยอย่างง่าย โดยการสมมุติให้ตัวแปรอิสระอื่นๆเป็นค่าคงที่ เช่น การหาสหสัมพันธ์ส่วนย่อยระหว่าง y กับ x_1 โดยให้ x_2 มีค่าคงที่

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n \quad (2)$$

2.3 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ Mean Absolute Percent Error (MAPE)

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ คือ การวัดความผิดพลาดในการคาดการณ์และผลการทดสอบจริง โดยพิจารณาจากค่าสัมบูรณ์ของความต่างระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าจากแบบทดสอบจริงและเทียบกับสัดส่วนความคลาดเคลื่อนจากค่าจากแบบทดสอบจริง ดังปรากฏในสมการที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์นั้นจะทำงานได้ดีที่สุดเมื่อไม่มีข้อมูลที่คลาดเคลื่อนกับข้อมูลที่เป็นข้อมูลอ้างอิง ซึ่งจะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์นั้นมีความใกล้เคียงซึ่งแสดงถึงความแม่นยำระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าจากแบบทดสอบจริง

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{|F_k - A_k|}{A_k} \quad (3)$$

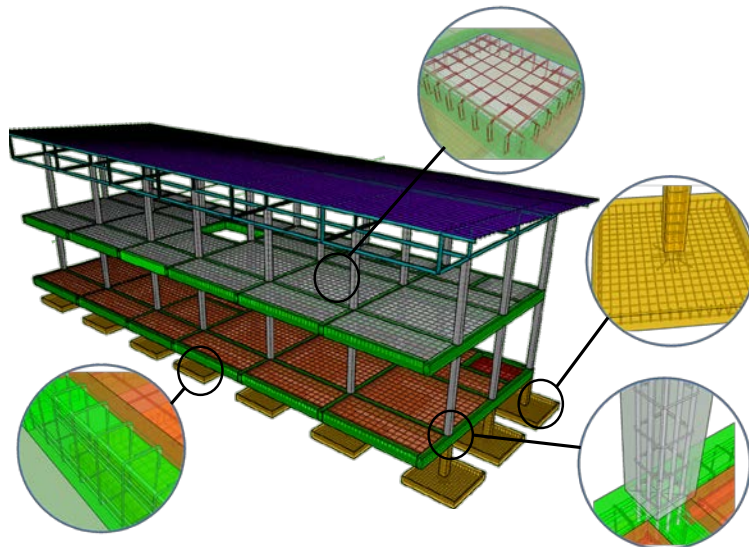
2.4 รายละเอียดแบบแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

หนึ่งในเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่ได้ถูกพัฒนาเพื่อสนับสนุนการทำงานในอุตสาหกรรมก่อสร้าง คือ เทคนิคแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information modeling : BIM technique) เทคนิคดังกล่าวมีผลต่อการประสิทธิผลของงานประมาณปริมาณวัสดุ อันมีแนวโน้มที่อาจจะพบปัญหาที่จาก 1. การจัดการข้อมูลในรูปแบบกระดาษ 2. การถอดแบบก่อสร้าง 3. การคำนวณปริมาณงาน 4. ระยะเวลาในการทำงาน และ 5. ความถูกต้องในการประมาณราคา [12, 16] ในต่างประเทศได้มีการนำระบบคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ในกระบวนการจัดทำแบบขยายองค์ประกอบอาคารในส่วนต่างๆ จัดทำขึ้นส่วนสำเร็จรูปและใส่รายละเอียดขึ้นส่วน เช่น เหล็กเสริม จุดยึด จุดยก เพื่อนำมาอ้างอิงการตรวจสอบหาในขั้นตอนหาปริมาณเหล็กเสริมในส่วนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กมาหลายสิบปี [17] นอกจากนั้นเทคนิคดังกล่าวสนับสนุนประสิทธิภาพในการทำงาน เพิ่มผลผลิต เพิ่มความสามารถในการกำหนดตารางเวลา สนับสนุนการออกแบบ การลงมือปฏิบัติ และการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ [18] โดยแสดงให้อยู่ในมุมมอง (View) ลักษณะต่างๆ เช่น มุมมองรูป 2 มิติ ได้แก่ รูปตัด ผังพื้น หรือ รูป 3 มิติ ได้แก่ ไอโซเมตริก รูปหมุน [19]

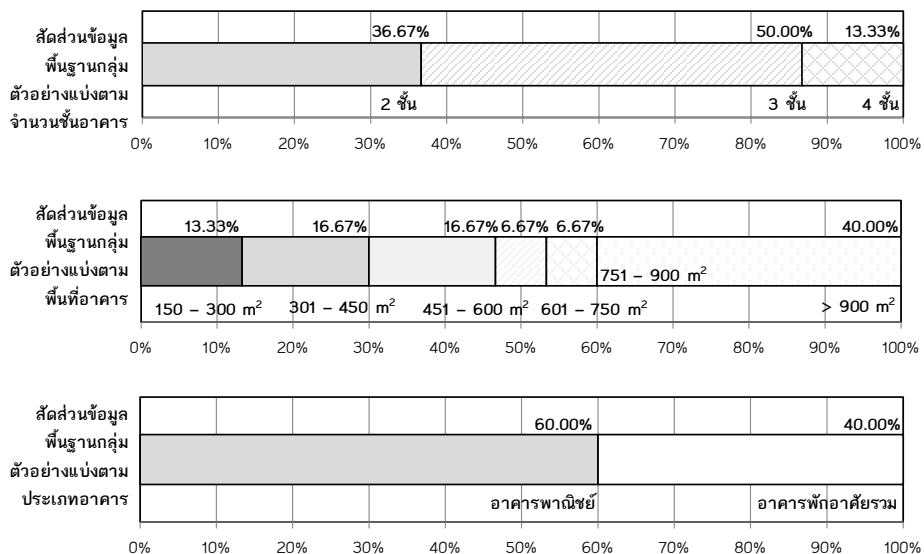
3. การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลการถอดปริมาณวัสดุโดยตามกรอบแนวทางปฏิบัติของกรมบัญชีกลาง ด้วยมนุษย์เป็นผู้ดำเนินการถอดปริมาณ เป็นข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองที่ 1 และ ดำเนินการถอดปริมาณโดยไม่คิดเผื่อ เป็นข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองที่ 2 และ ดำเนินการสร้างแบบจำลองสารสนเทศด้วยโปรแกรม Sketch up และ ถอดปริมาณด้วย Profile builder เป็นข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองที่ 3 ดำเนินการโดยใช้หลักเกณฑ์การเผื่อปริมาณตาม วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ตามแนวทางปฏิบัติ 2 ฉบับ ได้แก่ 1. แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม: หมวดย่อย 030300 เหล็กเสริมคอนกรีต ข้อ 4.2.1-4.2.4 และ บทที่ 3400 รายละเอียดการเสริมเหล็ก หน้า 23-32 และ 2. มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลัง กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2555 2 ฉบับ คือ มยผ. 1332-55 (ปรับปรุงครั้งที่ 1): มาตรฐานงานคอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทนและอายุการใช้งาน หน้า 13-16 และ มยผ.1103-52: มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต หน้า 54-60 แสดงในตารางที่ 1 การเปรียบเทียบแนวทางปฏิบัติสำหรับการดำเนินงานเหล็กเสริมโครงสร้าง ระหว่าง กรมบัญชีกลาง และ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และ กรมโยธาธิการและผังเมือง และ รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร จากการดำเนินการข้างต้น จำนวน 30 ตัวอย่าง ประกอบด้วย อาคารพาณิชย์ จำนวน 20 ตัวอย่าง และ อาคารพักอาศัยรวมจำนวน 10 ตัวอย่าง แสดงข้อมูลพื้นฐานใน

รูปที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานกลุ่มตัวอย่าง เป็นกรณีศึกษา และนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยอาศัยหลักการแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Linear Regression) ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย



รูปที่ 1 ตัวอย่างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยโปรแกรม Sketch up Pro 3D และฟังก์ชัน profile builder กรณีอาคารพาณิชย์ 2 ชั้น



รูปที่ 2 สัดส่วนข้อมูลพื้นฐานกลุ่มตัวอย่างแบ่งตามจำนวนชั้นอาคาร, พื้นที่อาคาร และประเภทอาคาร

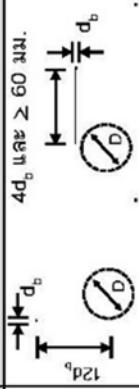
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบแนวทางปฏิบัติสำหรับการดำเนินงานเหล็กเสริมโครงสร้าง ระหว่าง กรมบัญชีกลาง และ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และ กรมโยธาธิการและผังเมือง

ลำดับ	หลักเกณฑ์ราคากลาง งานก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2559 กรมบัญชีกลาง [10]	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) [6]	กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2555 กระทรวงมหาดไทย	กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2552 กระทรวงมหาดไทย
		แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงาน สถาปัตยกรรม	มาตรฐานสำหรับ อาคารคอนกรีตเสริม เหล็กด้วยวิธีกำลัง	มยผ. 1103-52 [5]
1	เกณฑ์การเผื่อและการ คำนวณเผื่อปริมาณวัสดุ มวลรวมต่อหน่วย	หมวดย่อย 030300 เหล็กเสริม คอนกรีต ข้อ 4.2.1-4.2.4	บทที่ 3400 รายละเอียดการเสริม เหล็ก หน้า 23-32	มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต หน้า 54-60
2	การเผื่อปริมาณเหล็ก เสริม	4.2.1 ความยาวเหล็ก ปลอก	3401 ของ มาตรฐาน หน้า 23 3402 เส้นผ่าน ศูนย์กลางที่เล็กที่สุด ของวงวัดโค้ง หน้า 24	5.3 การจัดเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต 5.3.1 การจัดเหล็กเสริมทุกชนิดให้ไว้จัด โค้งยื่น โดยวิธีเผื่อให้ร้อน เว้นแต่จะมีการ ระบุในแบบหรือรายการประกอบแบบ ทั้งนี้ การจัดจะต้องไม่ทำให้เหล็กเส้นขรุขระ เสียหาย
	เหล็กเสริม % เผื่อ RB 6 5 % RB 9 7 % DB12 9 % DB 16 11 % DB 19 13 % DB 28 15 % DB 32 15 %	มีจุดประสงค์ต้องการ คำนวณปริมาณงาน และ ยังคงมีความใกล้เคียง ปริมาณงานที่มีจริงในการ คิดเหล็กปลอกคานหรือเสา โดยวิธีนี้คิดจากระยะตาม ผิวคอนกรีตที่ปรากฏใน แบบเสาหรือคาน	ลักษณะงานก่อสร้าง ระยะ หุ้ม ต่ำสุด	5.3.2 การจัดเหล็กคอกมีความลาดเอียง ของเหล็กคอกมา นอกจะระบุไว้ในแบบ ละเอียดต้องจัดเอียงเป็นมุม 45 องศา ทั้งหมด
	หมายเหตุ : การเผื่อ ของเหล็กเสริม หน้า 137 และ ส่วนงานเหล็กเสริม คอนกรีต หน้า 91-92	4.2.2 จำนวน จำนวน	(ก) คอนกรีตหล่อในที่ 1. คอนกรีตที่หล่อติดกับ ดินโดยใช้ดินเป็นแบบ และผิวคอนกรีตสัมผัส กับดินตลอดเวลาที่ใช้ งาน	5.3.3 รายละเอียดการจัดและการต่อเหล็ก เสริมคอนกรีต ขององค์อาคารต่างๆ หาก ไม่ได้มีการระบุในแบบ หรือรายการ ประกอบแบบเฉพาะแล้ว ให้เป็นไปตามรูป

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบแนวทางปฏิบัติสำหรับการดำเนินงานเหล็กเสริมโครงสร้าง ระหว่าง กรมบัญชีกลาง และ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และ กรมโยธาธิการและผังเมือง (ตอ)

ลำดับ	หลักเกณฑ์ราคากลาง งานก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2559 กรมบัญชีกลาง [10]	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) [6]		กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2555 กระทรวงมหาดไทย มยผ. 1332 – 55 (ปรับปรุงครั้งที่ 1) [4]	กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2552 กระทรวงมหาดไทย มยผ. 1103-52 [5]
		แนวทางกาจัดปริมาณงานก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงาน สถาปัตยกรรม	มาตรฐานสำหรับ อาคารคอนกรีตเสริม เหล็กด้วยวิธีกำลัง		
	เหล็ก ปลอก	ยาวเหล็กเสริมหลัก (Main reinforcement) (ถ้าแบบไม่ได้เฉพาะ) โดยบิดเศษขึ้น (Round up) ให้เป็นจำนวนเต็ม	3407 คอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม หน้า 26 3408 รายละเอียดพิเศษสำหรับเหล็กเสริมในเสา หน้า 28	2.คอนกรีตที่สัมผัสกับดินหรือถูกแดดถูกฝน ● สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป ● สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 20-36 มม. ● สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 16 มม. และเล็กกว่า 3.คอนกรีตที่ไม่สัมผัสกับดินหรือไม่ถูกแดดถูกฝนในแนวนอน ผง และดง ● สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป	รายละเอียดการต่อเหล็กเสริมคอนกรีตดังนี้ 5.3.4 การขอลายเหล็กเสริมคอนกรีต 5.3.4.1 ขอลเหล็กเสริมตามแนวยาวให้ปฏิบัติดังนี้ (1) ขอลเป็นมุมฉากหรือ 90 องศาให้กับเหล็กข้ออ้อยทุกขนาด และ เหล็กเส้นกลมตั้งแต่ 15 มม. ขึ้นไป การขอลให้ปลายยื่นจะต้องออกไปอีกไม่น้อยกว่า 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง ของเหล็กนั้น (2) ขอลเป็นครึ่งวงกลมหรือ 180 องศาให้กับเหล็กเส้นกลม ที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม. การขอลให้ปลายยื่น จะต้องออกไปอีก ไม่น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น แต่ทั้งนี้ ระยะดังกล่าวจะต้องไม่น้อยกว่า 60 มม.
	เหล็กเสริม	ในกรณีพื้นที่หน้าอยู่ด่างระดับให้ตัดระยะจากด้านใดด้านหนึ่งของเสาเป็นหลักไป	3409 จุดต่อ หน้า 29	60	
	คอนกรีต	ตลอดความสูงของเสานั้น	3410 เหล็กเสริมตามขวางสำหรับองค์อาคารรับแรงอัด หน้า 29	50	
	ฐานราก	การคิดปริมาณเหล็กเสริมตามโดยทั่วไปคิดจาก	ตามขวางสำหรับองค์อาคารรับแรงอัด หน้า 29	40	
	ดอมือ	ศูนย์กลางจุดรองรับ	3411 เหล็กเสริม		
	4.2.4.3	ศูนย์กลางจุดรองรับ (ระยะ L ₁) ยกเว้นกรณีที่เป็นคาน	ตามขวางสำหรับองค์อาคารรับแรงอัด หน้า 31	40	
	เสาชั้นใด ๆ	ริมสุดให้ใช้ระยะริมสุดของคาน (ระยะ L ₂) แต่ในกรณี			
	4.2.4.4	ที่เหล็กเสริมหลักยาวไม่ตลอดช่วงคาน (เช่นเหล็ก	3412 เหล็กเสริมด้านการยึดหด หน้า 31		

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบแนวทางปฏิบัติสำหรับการดำเนินการด้านเหล็กเสริมโครงสร้าง ระหว่าง กรมบัญชีกลาง และ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และ กรมโยธาธิการและผังเมือง (ตอ)

ลำดับ	หลักเกณฑ์ราคากลาง งานก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2559 กรมบัญชีกลาง [10]	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) [6]		กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2552 กระทรวงมหาดไทย มยผ. 1103-52 [5]
		แนวทางกาจัดปริมาณงานก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงาน สถาปัตยกรรม	มาตรฐานสำหรับ อาคารคอนกรีตเสริม เหล็กด้วยวิธีกำลัง	
	4.2.4.5 พื้น	เสริมพิเศษ b_{n1} , b_{n2} หรือ b_{n3}) ให้ได้ความยาวตามที่แสดงในแบบ หรือที่ระบุไว้ในรายการประกอบแบบก่อสร้าง (Specification) เช่น ความยาว L_3 ดังแสดงในรูปด้านบน เป็นต้น โดยไม่ต้องคิดระยะของข้อหรือองฉาก		 ของ 90 องศา ของ 180 องศา รูปที่ 6 ขอสำหรับเหล็กเสริมทางยาว 5.4.3.2 ขอเหล็กผูกตั้ง (Stirrup) และเหล็กปลอกเดี่ยว (Tie) ให้ปฏิบัติดังนี้ (1) เหล็กเสริมที่มีขนาดตั้งแต่ 25 มม. ลงมา ให้ขอ 135 องศา หรือขอแบบวงเปิด โดยส่วนปลายยื่น จะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 6 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น (รูปที่ 7 (ก) และ (ค)) (2) เหล็กเสริมที่มีขนาดไม่มากกว่า 16 มม. หากไม่ใช้ของตาม (1) สามารถใช้ขอเป็นมุมฉากหรือ 90 องศาได้ โดยส่วนปลายยื่น จะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น (รูปที่ 7 (ข))
			- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 - 36 มม. - เหล็กเสริมหลัก ผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 16 มม. และเล็กกว่าในเสาและคาน - เหล็กเสริมหลักเหล็กผูกตั้งในคาน - เหล็กเสริมหลัก เหล็กปลอกเดี่ยวหรือเหล็กปลอกเกลียวในเสาเป็นต้น	

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบแนวทางปฏิบัติสำหรับการดำเนินงานเหล็กเสริมโครงสร้าง ระหว่าง กรมบัญชีกลาง และ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และ กรมโยธาธิการและผังเมือง (ต่อ)

ลำดับ	หลักเกณฑ์ราคากลาง งานก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2559 กรมบัญชีกลาง [10]	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) [6]	กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2555 กระทรวงมหาดไทย	กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2552 กระทรวงมหาดไทย			
		แนวทางกาารวัดปริมาณงานก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงาน สถาปัตยกรรม	มาตรฐานสำหรับ อาคารคอนกรีตเสริม เหล็กด้วยวิธีกำลัง	มยผ. 1103-52 [5]			
		ตลอดช่วงพื้น (เช่นเหล็ก เสริมพิเศษ บน ดังรูป) ใช้ หลักการคิดเช่นเดียวกับ เหล็กเสริมหลักคาน เป็น ต้น		(3) เหล็กเสริมที่มีขนาด ตั้งแต่ 19 ถึง 25 มม. หากไม่ใช้ของตาม (1) สามารถใช้ของ เป็นอนุภาคหรือ ของง 90 องศาได้ โดย ส่วนปลายยื่นจะต้องต่อ ออกไปอีกไม่น้อย กว่า 12 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางของ เหล็กนั้น (รูปที่ 7 (ข)) เป็นต้น			
				<table><tr><td>ของง 135 องศา (ก)</td><td>ของง 90 องศา (ข)</td><td>ของงแบบวางเปิด (ค)</td></tr></table> รูปที่ 7 ของงสำหรับเหล็กถูกดัดและปลอกเดี่ยว	ของง 135 องศา (ก)	ของง 90 องศา (ข)	ของงแบบวางเปิด (ค)
ของง 135 องศา (ก)	ของง 90 องศา (ข)	ของงแบบวางเปิด (ค)					

4. ผลการศึกษาและการอภิปราย

ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร ระหว่าง 1. คอนกรีตโครงสร้าง (X_1) และ 2. เหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้าง (Y_1) อันเป็นวัสดุหลักในงานก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก และทำการทดสอบด้วยการวิเคราะห์โดยเทคนิคแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อนพบว่า ปรากฏค่า Sig F น้อยกว่า 0.05 แสดงถึงการยอมรับค่าตัวแปรอิสระ (Dependent Variable) ทั้งสองมีผลต่อการทำนายอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบความสัมพันธ์แบบสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร พบว่ามีระดับความเชื่อมั่นมีค่า Sig F น้อยกว่า 0.05 เช่นเดียวกัน งานวิจัยนี้จึงพิจารณาตัวแปรทั้งสองเป็นหลักเกณฑ์ในการศึกษาความสัมพันธ์ปริมาณวัสดุก่อสร้างสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยการดำเนินงานวิจัยนี้ได้แบ่งตัวแปรควบคุมได้แก่ ปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้าง (กิโลกรัม) ออกเป็น 4 ชนิดด้วยกัน ประกอบด้วย 1. เหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. (RB6) 2. เหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. (RB9) 3. เหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. (DB12) และ 4. เหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. (DB16) สำหรับส่วนของเหล็กเสริมขนาดอื่นๆ อาทิ เช่น เหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มม. (DB20) และ 25 มม. (DB25) ไม่อยู่ในขอบเขตของงานวิจัยนี้ เนื่องด้วยจำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์ไม่เพียงพอต่อการอธิบายผลของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นได้

จากผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อนพบว่า กลุ่มตัวอย่าง มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ระหว่าง 0.69-0.76, 0.41-0.48, 0.59-0.62 และ 0.59-0.67 สำหรับเหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. และ 9 มม. และ เหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. และ 16 มม. ตามลำดับแสดงถึงความสามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงของปริมาณงานก่อสร้างจากแบบจำลองได้กว่าร้อยละ 60-90 แสดงในตารางที่ 2

ในส่วนของการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณ (Coefficient) ของแบบจำลองพบว่า ปริมาณที่ได้จากแบบจำลองโดยอาศัยเทคนิคแบบจำลองสารสนเทศ และ แนวปฏิบัติของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และ กรมโยธาธิการและผังเมือง (แบบจำลองที่ 3) ได้ปริมาณน้อยกว่าปริมาณที่ได้จากแบบจำลองโดยการถอดปริมาณโดยมนุษย์ แบบไม่คิดการเผื่อปริมาณ (แบบจำลองที่ 2) และ ปริมาณที่ได้จากแบบจำลองโดยการถอดปริมาณโดยมนุษย์ตามแนวปฏิบัติของกรมบัญชีกลาง (แบบจำลองที่ 1) สำหรับ 1. เหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. (RB6) 2. เหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. (RB9) 3. เหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. (DB12) และ 4. เหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. (DB16) เท่ากับ ร้อยละ 26.05, 7.61, 4.54 และ 3.11 ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เท่ากับ 0.19, 0.15, 0.07 และ 0.15 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 2 และ 3

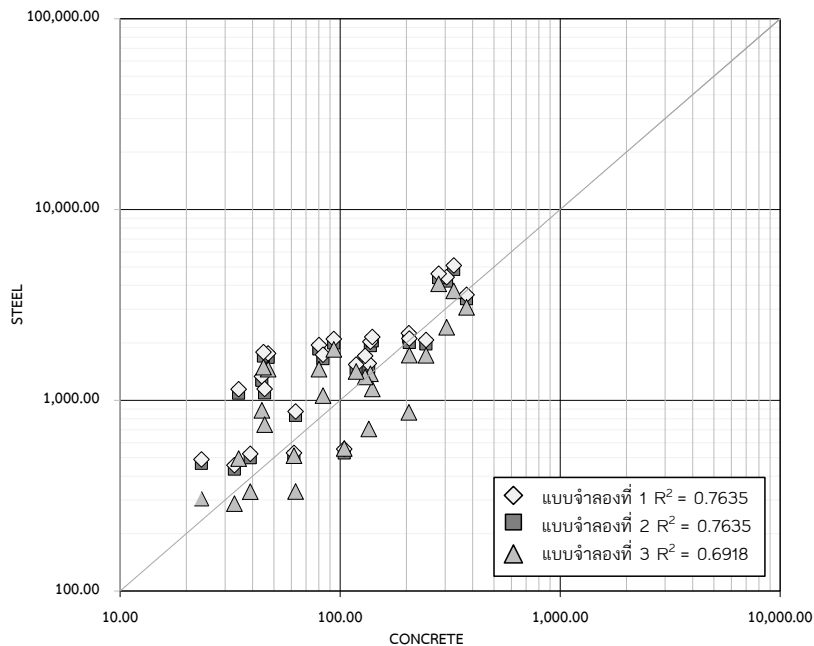
ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองโดยค่าการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์แสดงในรูปที่ 3 ถึง 6 โดยการแบ่งข้อมูลเพื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง จากการเปรียบเทียบการถอดปริมาณวัสดุจริงและวิธีแบบจำลอง ถดถอยเชิงซ้อน สำหรับกลุ่ม Train set พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ อยู่ในช่วงร้อยละ 40-70 เมื่อพิจารณาจากกลุ่มตัวอย่าง Test set พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ อยู่ในช่วงร้อยละ 15-25 แสดงในรูปที่ 7 ถึง 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบแบบจำลองด้วยวิธีแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน

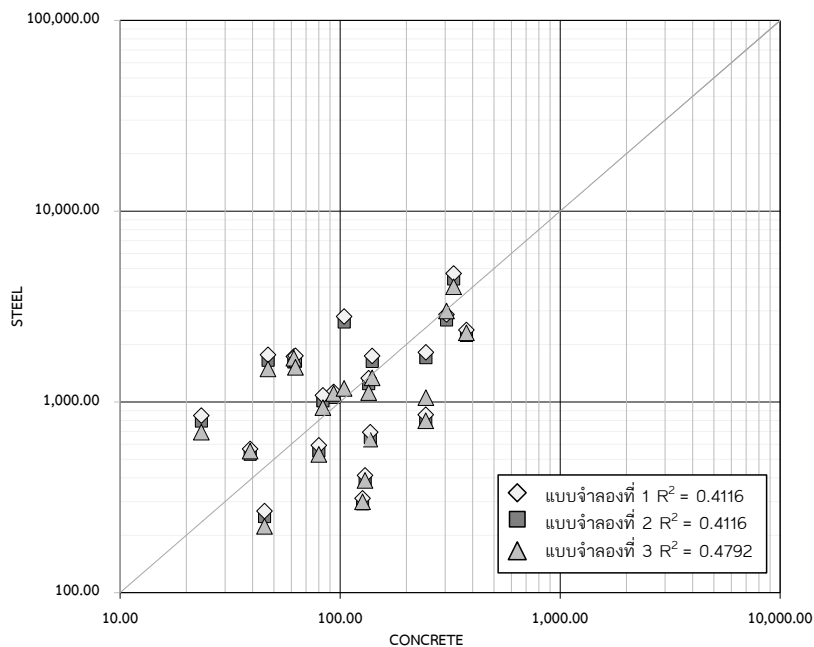
ลำดับ	ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	หน่วย	แบบจำลอง	สมการแบบจำลอง	R^2
1		RB6	ก.ก. ต่อ ม ³	แบบจำลองที่ 1	$y = 10.345x + 438.64$	0.7635
2				แบบจำลองที่ 2	$y = 10.862x + 460.57$	0.7635
3				แบบจำลองที่ 3	$y = 8.252x + 267.53$	0.6918
4	ปริมาณคอนกรีตโครงสร้างรวม	RB9	ก.ก. ต่อ ม ³	แบบจำลองที่ 1	$y = 6.3047x + 475.16$	0.4116
5				แบบจำลองที่ 2	$y = 6.7461x + 508.42$	0.4116
6				แบบจำลองที่ 3	$y = 6.2781x + 342.60$	0.4792
7		DB12	ก.ก. ต่อ ม ³	แบบจำลองที่ 1	$y = 13.313x + 679.31$	0.5881
8				แบบจำลองที่ 2	$y = 14.511x + 740.44$	0.5881
9				แบบจำลองที่ 3	$y = 12.531x + 652.30$	0.6196
10		DB16	ก.ก. ต่อ ม ³	แบบจำลองที่ 1	$y = 36.630x + 280.81$	0.5982
11				แบบจำลองที่ 2	$y = 44.714x + 66.418$	0.6670
12				แบบจำลองที่ 3	$y = 35.649x + 203.63$	0.5455

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองด้วยวิธีแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน

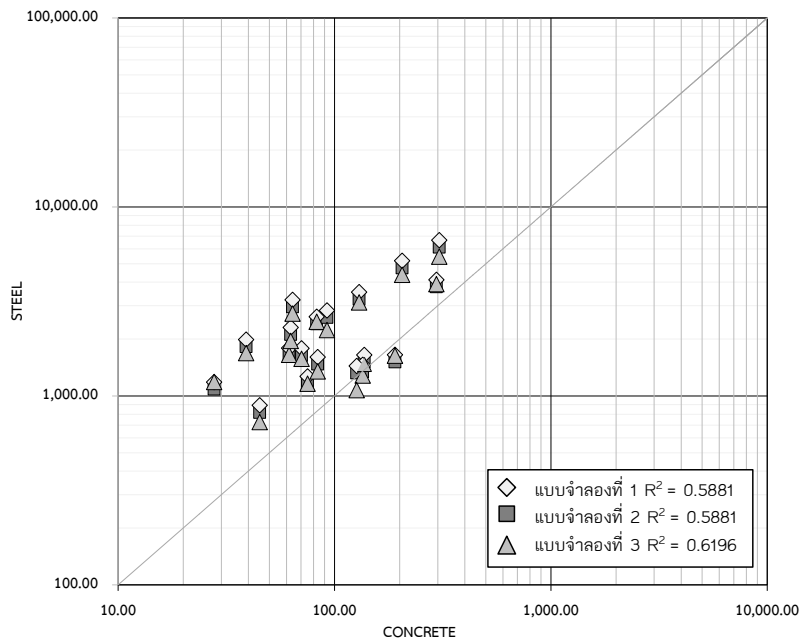
ลำดับ	ตัวแปร	สัญลักษณ์	หน่วย	Multiple linear regression (MLR)				Percent different	
				Train set		Test set		ค่าเฉลี่ย (%)	STDEV
				R^2	MAPE (%)	R^2	MAPE (%)		
1	RB6	(Y ₁)	ก.ก. ต่อ ม ³	0.72	51.00	0.97	15.00	26.05	0.19
2	RB9	(Y ₂)	ก.ก. ต่อ ม ³	0.59	48.00	0.71	19.20	7.61	0.15
3	DB12	(Y ₃)	ก.ก. ต่อ ม ³	0.65	41.00	0.71	22.00	4.54	0.07
4	DB16	(Y ₄)	ก.ก. ต่อ ม ³	0.41	72.00	0.98	15.00	3.11	0.15



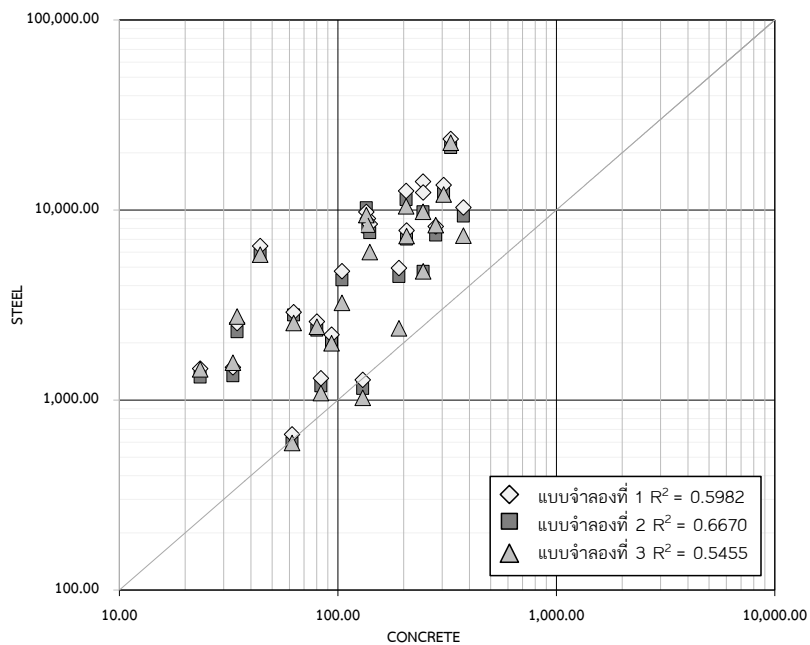
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ปริมาณคอนกรีตต่อเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้างชนิดเหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. (RB6) ด้วยวิธีการแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน



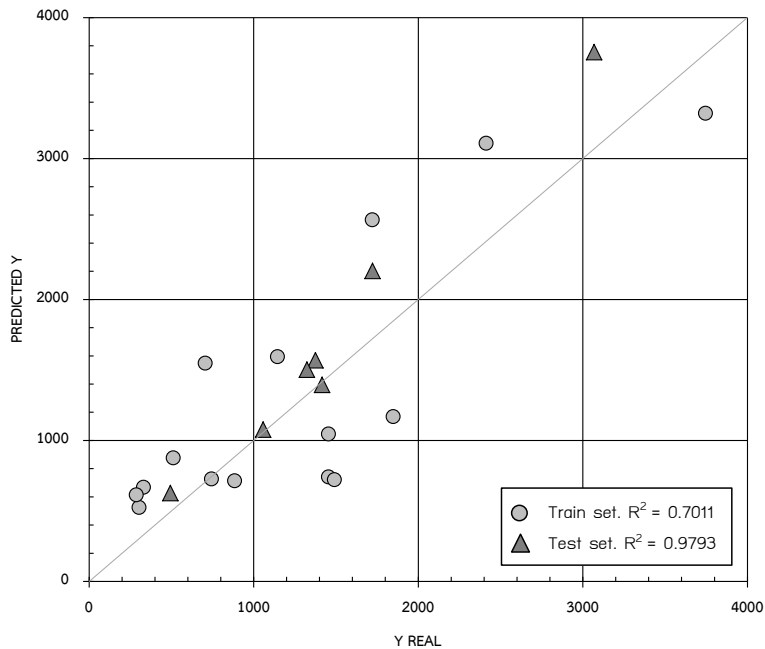
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ปริมาณคอนกรีตต่อเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้างชนิดเหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. (RB9) ด้วยวิธีการแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน



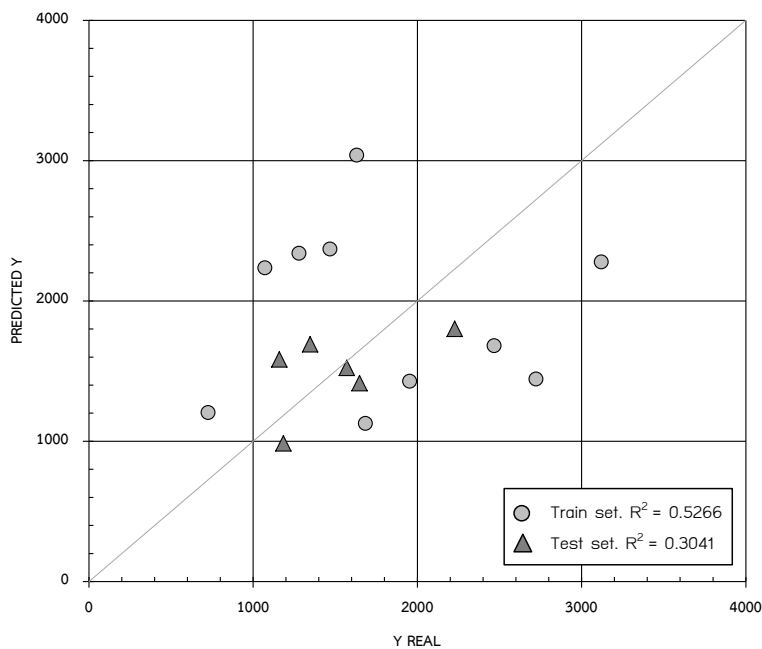
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ปริมาณคอนกรีตต่อเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้างชนิดเหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. (DB12) ด้วยวิธีการแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน



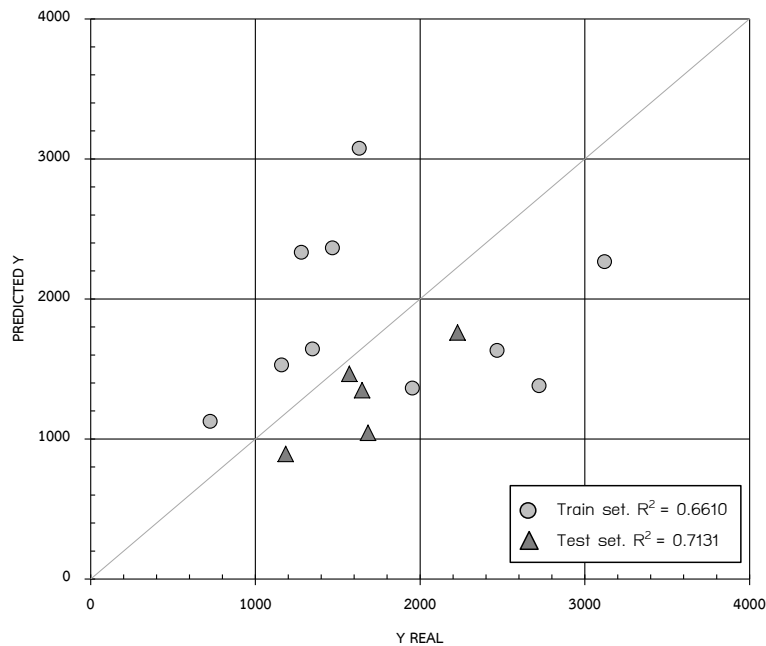
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ปริมาณคอนกรีต ต่อ เหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้างชนิดเหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. (DB16) ด้วยวิธีการแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน



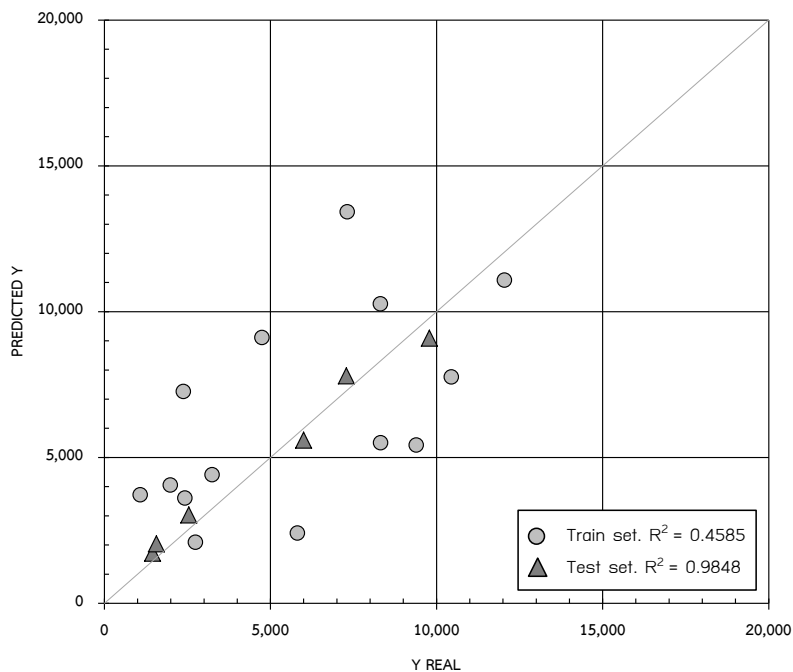
รูปที่ 7 การทดสอบความสัมพันธ์ปริมาณคอนกรีตต่อเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้างชนิดเหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. (RB6)



รูปที่ 8 การทดสอบความสัมพันธ์ปริมาณคอนกรีตต่อเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้างชนิดเหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. (RB9)



รูปที่ 9 การทดสอบความสัมพันธ์ปริมาณคอนกรีตต่อเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้างชนิดเหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. (DB12)



รูปที่ 10 การทดสอบความสัมพันธ์ปริมาณคอนกรีตต่อเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้างชนิดเหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. (DB16)

5. บทสรุป

จากการศึกษาปริมาณจากแบบจำลองโดยอาศัยเทคนิคแบบจำลองสารสนเทศพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่ได้จากแบบจำลอง ระหว่างแบบจำลองจากแนวปฏิบัติของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และ กรมโยธาธิการและผังเมือง (แบบจำลองที่ 3) และปริมาณที่ถอดโดยมนุษย์ตามแนวปฏิบัติของกรมบัญชีกลาง (แบบจำลองที่ 1) แสดงถึงปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตซึ่งน้อยกว่าการถอดปริมาณตามแนวปฏิบัติของกรมบัญชีกลาง สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 1. เหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. (RB6) และ 2. เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. (RB9) 3. เหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. (DB12) และ 4. เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. (DB16) จำนวน 30 ตัวอย่าง อาคารประเภทอาคารพาณิชย์และอาคารพักอาศัยรวม ผลการศึกษายังพบอีกว่า กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้แสดงขีดจำกัดการเผื่อปริมาณส่วนงานเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้าง ทั้งนี้ ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีความทักษะความชำนาญในทักษะวิศวกรรม อาทิเช่น 1. ความสามารถในการอ่านแบบและการเขียนแบบ 2. ความสามารถในการถอดปริมาณวัสดุ เช่น รายการตัดเหล็กเสริม (Bar-Cut List) 3. ความเข้าใจในข้อกำหนดทางวิศวกรรม และ 4. ความเข้าใจในวัสดุวิศวกรรม เป็นต้น

ในปัจจุบันแนวทางการกำหนดค่าอัตราส่วนของค่างานต้นทุนบวกด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง (Factor F) มีลักษณะการกำหนดค่าผูกพันกับค่าต้นทุนงาน ด้วยเหตุเพราะ เมื่อต้นทุนงานมีมูลค่าสูงขึ้นความจำเป็นในการใช้ปริมาณงานเริ่มต้นจึงลดลง สอดคล้องกับความชำนาญงานของผู้รับจ้างที่จะสามารถบริหารจัดการต้นทุน ควบคุมปัญหาและความเสี่ยงที่จะเกิดความสามารถในการกำหนดราคาวัสดุ และ ความสามารถในการเลือกวิธีการอันจะลดปัญหา เป็นต้น เป็นไปตามมาตรฐานผู้รับจ้างงานก่อสร้าง มยผ. 701-2553 ประโยชน์ของงานวิจัยชิ้นนี้จึงยืนยันถึงโครงสร้างการบริหารจัดการงานก่อสร้างสำหรับผู้รับเหมาหลัก (Main Contractor) จะมีค่าอัตราส่วนของค่างานต้นทุนบวกด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง (Factor F) เป็นตัวคุณจากปริมาณการเผื่อของกรมบัญชีกลางอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งแนวปฏิบัติดังกล่าวยังไม่ได้มีข้อกำหนดในการปฏิบัติกับผู้รับเหมาช่วง (Sub-Contractors) จากข้อค้นพบของงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางพิจารณาถึง 1. กรณีผู้รับเหมาช่วงควรได้รับกลไกการเผื่อปริมาณในอัตราเทียบเท่าหรือสูงกว่า ผู้รับเหมาหลัก ขึ้นกับความชำนาญการในส่วนการกำหนดปริมาณวัสดุก่อสร้างส่วนเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมเป็นจริงในการทำงาน 2. สมรรถนะองค์กร (Competency) และ มูลค่างาน (Project's values) แปรผกผันกับความสามารถในการกำหนดค่าการเผื่อปริมาณของเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้าง ในส่วนงานเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้างสำหรับตัวอย่าง 1. เหล็กเส้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. (RB6) และ 2. เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. (RB9) 3. เหล็กข้ออ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. (DB12) และ 4. เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. (DB16) ผล

การวิเคราะห์จากแบบจำลองพบว่าสามารถลดปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตโครงสร้างได้ถึง ร้อยละ 26.05, 7.61, 4.54 และ 3.11 ตามลำดับ หากมีกระบวนการสนับสนุนที่มีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนภายใต้โครงการพัฒนางานสร้างสรรค์สู่งานวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีนักศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ประจำปี พ.ศ. 2562

References

- [1] Thumwongsa N. Business/industry trends 2018-2020, Construction business [Internet]. 2018 [cited 2019 Apr 30]. Available from: https://www.krungsri.com/bank/getmedia/7f57f5b7-189a-4db0-ac25-b31d23c6741c/IO_Construction_Contractor_2018_TH.aspx (In Thai)
- [2] Ministry of Finance regulation regarding the procurement and procurement management regulations for public sector 2017. Royal Thai Government Gazette volume 134 special issue 210 Ngor. (2017 Aug 23). (In Thai)
- [3] Office of the National Economic and Social Development Council. Gross domestic product, Quarter 1/2019 [Internet]. 2019 [cited 2019 May 20]. Available from: https://www.nesdb.go.th/ewt_dl_link.php?nid=5176&filename=QGDP_report. (In Thai)
- [4] Department of Public Works and Town & Country Planning Standards. Standard 1332-55 Concrete standards when considering durability and lifetime (1st update). 2012. (In Thai)
- [5] Department of Public Works and Town & Country Planning Standards. Standard 1103-52 Standard for steel reinforced concrete. 2009. (In Thai)
- [6] The Engineering Institute of Thailand Standard. Standard code 1011-48 Guidelines for measuring the amount of construction work, structural and architectural works. 2016. (In Thai)
- [7] Lohteeraphong P, Isarothaikul P. Knowledge base system for design and estimation of basic building construction projects. Journal of Research and Development King Mongkut's University of Technology Thonburi 2000;23(2):31-46. (In Thai)
- [8] Jiradamkerng W. Construction cost estimation. 4th ed. Bangkok: Wankawee publishing; 2010. (In Thai)

- [9] The Comptroller General's Department. Wages and processing fees for calculating the price of construction work. Guidelines and practices regarding the rules for calculating the middle price of construction work. 2017. (In Thai)
- [10] The Comptroller General's Department. Criteria for calculating the central price of building construction; 2012. (In Thai)
- [11] Wu Z, Chen X. The material consumption estimation model of frame shear wall structure. *Journal of System and Management Sciences* 2015;5(1):38-51.
- [12] Phaneetpolgrang P, Boonchai-apisit P, Haruthaithanasan T. Construction cost estimating system using database management system and AutoCAD. *Proceeding of The 39th Kasetsart University annual conference*; 2001 Feb 5-7; Bangkok, Thailand. p. 71-8. (In Thai)
- [13] Construction Specifications Institute (CSI), Construction Specifications Canada (CSC). MasterFormat® numbers & titles. 2016 [cited 2017 June 10]. Available from: <https://www.edmca.com/media/35207/masterformat-2016.pdf>.
- [14] U.S. Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standard and Technology. UNIFORMAT II elemental classification for building specifications, cost estimating, and cost analysis. 1999 [cited 2016 November 22]. Available from: <https://arc-solutions.org/wp-content/uploads/2012/03/Charette-Marshall-1999-UNIFORMAT-II-Elemental-Classification....pdf>.
- [15] Vanichbuncha K. Statistical analysis with Excel. 20th ed. Bangkok: Faculty of Commerce and Accountancy, Chulalongkorn University; 2009. (In Thai)
- [16] Seemalorit T, Sawatsakon N. A study of analysis quantity estimation steel round bar and deformed bar in construction work with computer program. *VRU Research and Development Journal Science and Technology* 2015;10(2):85-95. (In Thai)
- [17] Nimnual N, Sirisawat I. Applications of building information modeling (BIM) in reinforcement of precast concrete system. *Srinakharinwirot Engineering Journal* 2017;12(1):137-53. (In Thai)
- [18] Azhar S, Khalfan M, Maqsood T. Building information modelling (BIM): now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building* 2012;12:15-28.
- [19] Autodesk. Building information modelling. USA: Autodesk Building Industry Solution; 2002.

ประวัติผู้เขียนบทความ



นายวรรณะ ประภากรณ์ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต
ขอนแก่น. Email: wantana.pa@rmuti.ac.th โทรศัพท์ 083-6777796



นายภูมิใจ บุญรัตน์ นักศึกษสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต
ขอนแก่น Email: poomvital@gmail.com โทรศัพท์ 082-3009192



นายปฏิรพ ตะพานทอง นักศึกษสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต
ขอนแก่น Email: patiropyanyih@gmail.com โทรศัพท์ 082-4898948



นายเกียรติภูมิ แก้วมุงคุณ นักศึกษสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต
ขอนแก่น Email: I0am0lamer@gmail.com โทรศัพท์ 063-7350066

Article History:

Received: July 5, 2019

Revised: November 25, 2019

Accepted: November 29, 2019