การประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อช่วยในการคำนวณโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้นด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

APPLICATION OF MICROSOFT EXCEL FOR BASIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURAL CALCULATIONS USING WORKING STRESS DESIGN METHOD

ศศิชา สุขมูล*, ณัฏฐพล สุจริต
Sasicha Sukmum*, Nattapon Sucharit
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000
Faculty of Engineering and Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000
*Corresponding author e-mail: Sasicha0596@gmail.com

วันที่เข้าระบบ 2 เมษายน 2569
วันที่แก้ไขบทความ 18 กันยายน 2569
วันที่ตอบรับบทความ 24 กันยายน 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตารางการคำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับช่วยในการคำนวณโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้นด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน และเพื่อจัดลำดับขั้นตอนการคำนวณให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถตรวจสอบและนำกลับมาใช้งานได้ การดำเนินงานประกอบด้วยการศึกษาหลักการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน การกำหนดตัวแปรและสมการที่ใช้ในการคำนวณ และการพัฒนาตารางการคำนวณใน Microsoft Excel โดยครอบคลุมการถ่ายน้ำหนักจากพื้นสู่คาน การคำนวณคาน เสา และบันได จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของสูตร การเชื่อมโยงเซลล์ และลำดับขั้นตอนการคำนวณ โดยเปรียบเทียบกับขั้นตอนการคำนวณตามหลักการทั่วไป ผลการดำเนินงานพบว่าสามารถจัดทำตารางการคำนวณสำหรับองค์ประกอบโครงสร้างทั้ง 4 ส่วนได้ โดยกำหนดส่วนรับข้อมูล ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลอย่างเป็นลำดับ ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนค่าข้อมูลนำเข้าและตรวจสอบผลการคำนวณที่เกี่ยวข้องได้อย่างเป็นระบบ ผลการตรวจสอบยืนยันว่าตารางการคำนวณสามารถดำเนินการตามลำดับขั้นตอนของวิธีหน่วยแรงใช้งานที่กำหนดไว้ และสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้และตรวจสอบการคำนวณโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้นได้ อย่างไรก็ตาม ตารางการคำนวณนี้มีขอบเขตสำหรับงานคำนวณเบื้องต้น และไม่ควรนำไปใช้ทดแทนการตรวจสอบโดยวิศวกรหรือโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างเฉพาะทาง

คำสำคัญ: คอนกรีตเสริมเหล็ก, ตารางการคำนวณ, โปรแกรม Microsoft Excel, วิธีหน่วยแรงใช้งาน, โครงสร้าง

Abstract

This study aimed to develop Microsoft Excel spreadsheets to support basic reinforced concrete structural calculations using the working stress design (WSD) method and to organize the calculation procedures into a verifiable and reusable format. The methodology involved reviewing the principles of reinforced concrete analysis and design using the WSD method, identifying the required variables and equations, and developing spreadsheets covering four calculation tasks: load transfer from slabs to beams, beam calculations, column calculations, and stair calculations. The formulas, cell references, and calculation sequences were checked against standard calculation procedures. The resulting spreadsheets incorporated clearly structured input, calculation, and output sections, allowing users to modify input values and systematically review the corresponding results. Verification confirmed that the spreadsheets followed the specified WSD procedures and could serve as a supporting tool for learning and checking basic reinforced concrete structural calculations. However, their scope is limited to basic calculations, and they should not replace review by a qualified engineer or the use of specialized structural analysis software.

Keywords: Microsoft Excel, Reinforced concrete, Spreadsheet, Structural calculation, Working stress design

1. บทนำ

ปัจจุบันโปรแกรมตารางคำนวณ เช่น Microsoft Excel ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมเพื่อจัดลำดับขั้นตอนการคำนวณและช่วยลดความซ้ำซ้อนในการคำนวณแบบเป็นขั้นตอน Niazkar & Afzali (2016) แสดงให้เห็นว่าสามารถนำ Excel มาใช้ในการดำเนินการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมแบบเป็นลำดับขั้น รวมถึงตัวอย่างปัญหาด้านวิศวกรรมโยธาได้ ขณะที่ Wenzel (1987) ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมตารางคำนวณสำหรับการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยชี้ให้เห็นข้อดีของการเชื่อมโยงขั้นตอนการคำนวณ ซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในขั้นตอนหนึ่ง ผลลัพธ์ในขั้นตอนที่เกี่ยวข้องสามารถปรับเปลี่ยนตามได้โดยอัตโนมัติ

สำหรับงานด้านโครงสร้าง มีการนำ Excel ไปใช้ร่วมกับการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างในรูปแบบต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ Excel ในงานคำนวณโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้นด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งานยังสามารถพัฒนาให้เป็นตารางการคำนวณที่

รวบรวมขั้นตอนขององค์ประกอบโครงสร้างหลายส่วนไว้ในรูปแบบเดียวกัน โดยเน้นให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามที่มาของค่าที่คำนวณ ตรวจสอบสูตร และปรับเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าได้อย่างเป็นระบบ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาตารางการคำนวณด้วย Microsoft Excel สำหรับการคำนวณโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้นด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน โดยครอบคลุมการถ่ายน้ำหนักจากพื้นสู่คาน การคำนวณคาน เสา และบันได พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของสูตรและลำดับขั้นตอนการคำนวณ จุดเด่นของงานคือการจัดรูปแบบขั้นตอนการคำนวณทางวิศวกรรมให้อยู่ในตารางที่สามารถตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ได้ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้และตรวจสอบการคำนวณเบื้องต้น

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาตารางการคำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับใช้ในการคำนวณโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้นด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

2.2 เพื่อจัดลำดับขั้นตอนและเชื่อมโยงสมการที่ใช้ในการคำนวณการถ่ายน้ำหนักจากพื้นสู่คาน รวมถึงการคำนวณคาน เสา และบันได ให้อยู่ในรูปแบบตารางการคำนวณที่สามารถตรวจสอบได้

2.3 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสูตร การเชื่อมโยงข้อมูล และลำดับขั้นตอนของตารางการคำนวณที่พัฒนาขึ้น โดยเปรียบเทียบกับขั้นตอนการคำนวณตามหลักวิธีหน่วยแรงใช้งาน

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาหลักการและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาหลักการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน รวมถึงหลักการถ่ายน้ำหนักของโครงสร้างและขั้นตอนการคำนวณองค์ประกอบโครงสร้าง โดยใช้เอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องเป็นแนวทางในการกำหนดสมการและตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ (วินิต, 2545; สาโรจน์, 2559)

3.2 กำหนดขอบเขตของตารางการคำนวณ

กำหนดองค์ประกอบโครงสร้างที่นำมาพัฒนา ได้แก่ การถ่ายน้ำหนักจากพื้นสู่คาน คาน เสา และบันได โดยกำหนดข้อมูลนำเข้า ขั้นตอนการประมวลผล และผลลัพธ์ที่ต้องการให้สอดคล้องกับวิธีหน่วยแรงใช้งาน

3.3 กำหนดสมการและตัวแปร

รวบรวมสมการที่ใช้ในการคำนวณและกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น ขนาดหน้าตัด น้ำหนักบรรทุก คุณสมบัติของวัสดุ แรงภายใน และปริมาณเหล็กเสริม โดยจัดลำดับสมการตามขั้นตอนการคำนวณของแต่ละองค์ประกอบโครงสร้าง (วินิต, 2545; สาโรจน์, 2559)

3.4 พัฒนาตารางการคำนวณด้วย Microsoft Excel

นำสมการและลำดับขั้นตอนที่กำหนดมาสร้างเป็นตารางการคำนวณใน Microsoft Excel โดยใช้สูตรและฟังก์ชันของ Excel เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอน การออกแบบดังกล่าวช่วยให้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าข้อมูลนำเข้า ผลลัพธ์ในเซลล์ที่เกี่ยวข้องสามารถคำนวณใหม่ตามความสัมพันธ์ของสูตรได้ (Microsoft Support, n.d.; Niazkar & Afzali, 2016)

3.5 ตรวจสอบตารางการคำนวณ

ตรวจสอบสูตรที่ใช้ในแต่ละเซลล์ การเชื่อมโยงระหว่างเซลล์ หน่วยของตัวแปร และลำดับขั้นตอนการคำนวณ โดยนำผลที่ได้จากตารางการคำนวณมาเปรียบเทียบกับขั้นตอนการคำนวณตามหลักวิธีหน่วยแรงใช้งาน

3.6 ประเมินขอบเขตการใช้งาน

พิจารณาความเหมาะสมของตารางการคำนวณในด้านการใช้งานและการตรวจสอบผล โดยกำหนดให้ตารางการคำนวณมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการคำนวณและเรียนรู้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้น ไม่ได้ใช้แทนการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างโดยวิศวกรหรือโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างเฉพาะทาง

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4. ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัย พบว่าสามารถพัฒนาตารางคำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรมโยธาได้สำเร็จ โดยยึดหลักการคำนวณตาม วิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) และครอบคลุมหัวข้อสำคัญ ได้แก่ การถ่ายน้ำหนักพื้นลงคาน การคำนวณคาน การคำนวณเสา และการคำนวณบันได ทั้งนี้ในไฟล์บทที่ 3 ของงานจริงได้ระบุชัดว่าตารางคำนวณที่พัฒนาขึ้นถูกออกแบบให้มีส่วนรับข้อมูลนำเข้า ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลลัพธ์ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สะดวกและตรวจสอบผลลัพธ์ได้ง่ายขึ้น

4.1 การถ่ายน้ำหนักจากพื้นสู่คาน

ตารางการคำนวณที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดลำดับการถ่ายน้ำหนักจากพื้นสู่คาน โดยเริ่มจากการกำหนดน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร แล้วนำข้อมูลเข้าสู่การคำนวณตามประเภทของพื้น ตัวอย่างพื้น S1 กำหนดน้ำหนักพื้น 240 kg/m² น้ำหนักวัสดุตกแต่ง 120 kg/m² น้ำหนักฝ้าเพดาน 25 kg/m² และน้ำหนักจร 200 kg/m² ดังนั้นน้ำหนักคงที่รวมและน้ำหนักรวมของพื้นคำนวณได้จาก

$$DL = 240 + 120 + 25 = 385\ kg/m^2$$
$$W = DL + LL = 385 + 200 = 585\ kg/m^2$$

สำหรับพื้น S1 ที่มีด้านสั้น 1.50 m และด้านยาว 3.00 m ตารางการคำนวณจัดเป็นพื้นทางเดียว และคำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงคานจาก

$$w = \frac{WL_s}{2}$$

เมื่อ W=585 kg/m^2 และ L_S = 1.50 m จะได้

$$w = \frac{585(1.50)}{2} = 438.75\ kg/m$$

ผลที่ได้จากการคำนวณตรวจสอบสอดคล้องกับค่าที่คำนวณใน Microsoft Excel แสดงให้เห็นว่าตารางสามารถเชื่อมโยงข้อมูลน้ำหนักบรรทุกกับขั้นตอนการถ่ายน้ำหนักจากพื้นสู่คานได้อย่างเป็นระบบ(วินิต ช่อวิเชียร, 2545; สาโรจน์ ดำรงศีล, 2559)

ตารางถ่ายน้ำหนักพื้นสู่คาน											
โครงการ :				เจ้าของโครงการ :					วันที่		
สถานที่ :									พื้นชั้น		
หมวดน้ำหนักบรรทุกใช้ออกแบบ							หน่วยแรงใช้งาน		วิธีกำลัง		
ชุดที่	รายการ	น้ำหนักคงที่ DL (กก./ตร.ม)			น้ำหนักจร		DL+LL		1	DL+	1.7 LL
		พื้นหนา 0.10 ม.	วัสดุกรุผิว	ฝ้าเพดาน	กก./ตร.ม		กก./ตร.ม		กก./ตร.ม		
1	แรงกระทำพื้นที่ทั่วไป	240	120	25	200		585		879		
2	แรงที่กระทำพื้นที่ห้องน้ำ	240	120	25	200		585		879		
3	แรงกระทำบริเวณระเบียง+ทางเดิน	240	120	25	300		685		1049		
กรณีหน่วยแรงใช้งาน											
การถ่ายน้ำหนักกรณีพื้นเทในที่											
ที่	เบอร์พื้น	ด้านสั้น m.	ด้านยาว m.	m	สถานะ	Wรวม กก./ตร.ม	$W_{b.s}$ กก./ม.	$W_{b.l}$ กก./ม.	$W_{b.one\ way}$ กก./ม.	หมายเหตุ	
1	S1	1.5	3	0.5	One-way	585			439	กรณีหน่วยแรงใช้งาน	
2	S1	1.5	3.5	0.429	One-way	585			439	กรณีหน่วยแรงใช้งาน	
3	S1	1	3	0.333	One-way	685			343	กรณีหน่วยแรงใช้งาน	
4	S2	3	3.5	0.857	Two-way	685	685	776		กรณีหน่วยแรงใช้งาน	
การถ่ายน้ำหนักกรณีพื้นสำเร็จรูป (PS)											
ที่	เบอร์พื้น	SPAN m.	Wรวม กก./ตร.ม	$W_{b.s}$ กก./ม.	หมายเหตุ						
1	PS	3	585	878	วิธีหน่วยแรงใช้งาน						
2	PS	3.5	585	1024	วิธีหน่วยแรงใช้งาน						
3	PS	1.5	585	439	วิธีหน่วยแรงใช้งาน						

ภาพที่ 1 ตัวอย่างตารางคำนวณการถ่ายน้ำหนักพื้นลงคาน

4.2 การคำนวณคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตารางการคำนวณคานประกอบด้วยข้อมูลขนาดหน้าตัด คุณสมบัติของวัสดุ แรงกระทำและการจัดเหล็กเสริม โดยคำนวณความสามารถในการรับโมเมนต์ของหน้าตัดและพื้นที่เหล็กเสริมที่ต้องการตามหลักวิธีหน่วยแรงใช้งาน สำหรับหน้าตัดคานที่มีความกว้าง b = 20 cm และระยะประสิทธิผล d = 34.6 cm สามารถตรวจสอบความสามารถในการรับโมเมนต์ของหน้าตัดจาก

$$M_R = Rbd^2$$

เมื่อ R=15.4 kg/cm² จะได้

$$M_R = \frac{15.4(20)(34.6)^2}{100} = 3,687.25\ kg-m$$

จากตัวอย่างในตารางกำหนดโมเมนต์ที่ใช้ในการออกแบบ M_{max} = 602 kg-m จึงได้

602 < 3,687.25 kg-m

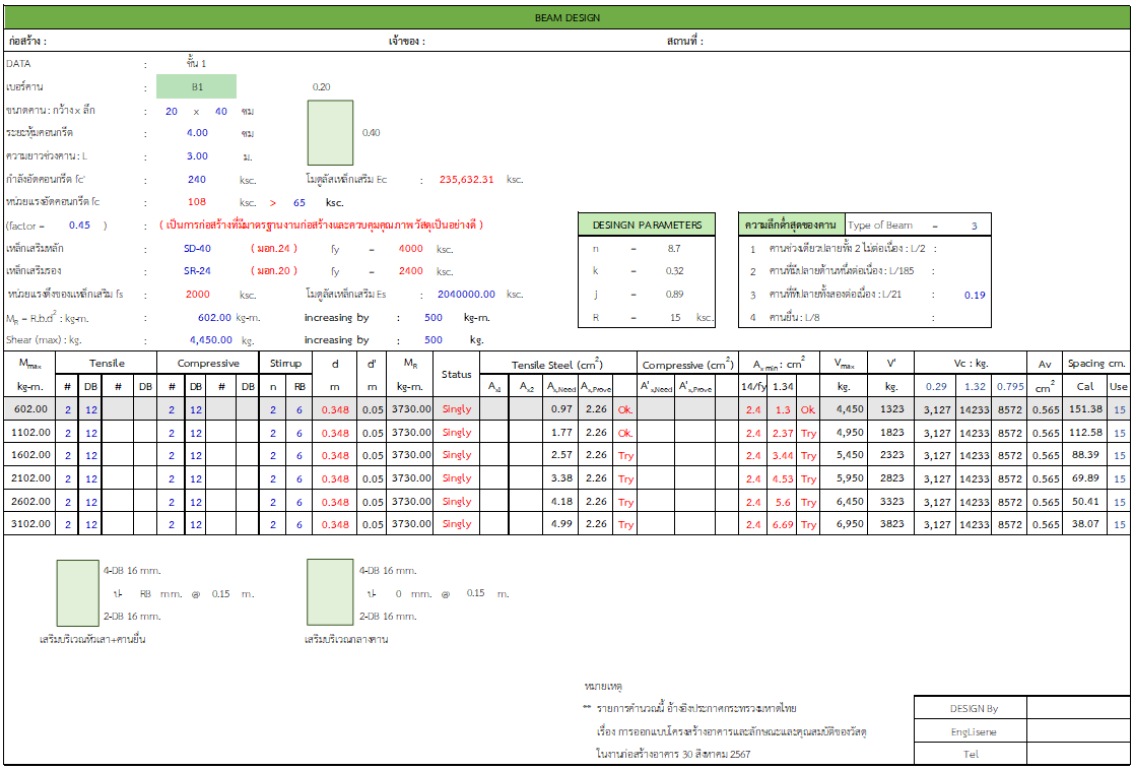
และพื้นที่เหล็กเสริมที่ต้องการเท่ากับ 0.97 cm² ขณะที่การจัดเหล็ก 3-DB16 ให้พื้นที่เหล็กเสริม 6.03 cm² ดังนั้น

$$A_{s,provide} = 6.03 > A_{s,need} = 0.97\ cm^2$$

นอกจากนี้ พื้นที่เหล็กเสริมขั้นต่ำเท่ากับ

$$A_{s,min} = \frac{14}{f_y}bd = \frac{14}{4000}(20)(34.6) = 2.42\ cm^2$$

ซึ่งน้อยกว่าพื้นที่เหล็กเสริมที่จัดให้ จึงผ่านเงื่อนไขด้านพื้นที่เหล็กเสริม ผลการคำนวณจาก Excel สอดคล้องกับการคำนวณตรวจสอบตามสมการที่กำหนด (วินิต, 2545; สาโรจน์, 2559)



BEAM DESIGN

ก่อสร้าง : เจ้าของ : สถานที่ :

DATA : ชั้น 1
เบอร์คาน : B1
ขนาดคาน : กว้าง x ลึก : 20 x 40 ซม.
ระยะหุ้มคอนกรีต : 4.00 ซม.
ความยาวช่วงคาน : L : 3.00 ม.
กำลังอัดคอนกรีต fc' : 240 ksc.
หน่วยแรงอัดคอนกรีต fc : 108 ksc. > 65 ksc.
(factor = 0.45) : (เป็นการก่อสร้างที่มีมาตรฐานงานก่อสร้างและควบคุมคุณภาพวัสดุเป็นอย่างดี)
เหล็กเสริมหลัก : SD-40 (มอก.24) fy = 4000 ksc.
เหล็กเสริมรอง : SR-24 (มอก.20) fy = 2400 ksc.
หน่วยแรงดึงของเหล็กเสริม fs : 2000 ksc.
$M_R = R.b.d^2$: kg-m. : 602.00 kg-m. increasing by : 500 kg-m.
Shear (max) : kg. : 4,450.00 kg. increasing by : 500 kg.

0.20
0.40

โมดูลัสเหล็กเสริม Ec : 235,632.31 ksc.
โมดูลัสเหล็กเสริม Es : 2040000.00 ksc.

DESINGN PARAMETERS		
n	=	8.7
k	=	0.32
j	=	0.89
R	=	15 ksc.

ความลึกต่ำสุดของคาน	Type of Beam = 3	
1	คานช่วงเดียวปลายทั้ง 2 ไม่ต่อเนื่อง : L/2	:
2	คานที่มีปลายด้านหนึ่งต่อเนื่อง : L/185	:
3	คานที่มีปลายทั้งสองต่อเนื่อง : L/21	: 0.19
4	คานยื่น : L/8	:

M_{max}	Tensile				Compressive				Stirrup		d	d'	M_R	Status	Tensile Steel (cm^2)					Compressive (cm^2)			$A_{s,min}$: cm^2			V_{max}	V'	Vc : kg.			Av	Spacing cm.	
kg-m.	#	DB	#	DB	#	DB	#	DB	n	RB	m	m	kg-m.		A_{s1}	A_{s2}	$A_{s,Need}$	$A_{s,Prove}$		$A'_{s,Need}$	$A'_{s,Prove}$		14/fy	1.34		kg.	kg.	0.29	1.32	0.795	cm^2	Cal	Use
602.00	2	12			2	12			2	6	0.348	0.05	3730.00	Singly			0.97	2.26	Ok.				2.4	1.3	Ok.	4,450	1323	3,127	14233	8572	0.565	151.38	15
1102.00	2	12			2	12			2	6	0.348	0.05	3730.00	Singly			1.77	2.26	Ok.				2.4	2.37	Try	4,950	1823	3,127	14233	8572	0.565	112.58	15
1602.00	2	12			2	12			2	6	0.348	0.05	3730.00	Singly			2.57	2.26	Try				2.4	3.44	Try	5,450	2323	3,127	14233	8572	0.565	88.39	15
2102.00	2	12			2	12			2	6	0.348	0.05	3730.00	Singly			3.38	2.26	Try				2.4	4.53	Try	5,950	2823	3,127	14233	8572	0.565	69.89	15
2602.00	2	12			2	12			2	6	0.348	0.05	3730.00	Singly			4.18	2.26	Try				2.4	5.6	Try	6,450	3323	3,127	14233	8572	0.565	50.41	15
3102.00	2	12			2	12			2	6	0.348	0.05	3730.00	Singly			4.99	2.26	Try				2.4	6.69	Try	6,950	3823	3,127	14233	8572	0.565	38.07	15

4-DB 16 mm.
1- RB mm. @ 0.15 m.
2-DB 16 mm.
เสริมบริเวณหัวเสา+คานยื่น

4-DB 16 mm.
1- 0 mm. @ 0.15 m.
2-DB 16 mm.
เสริมบริเวณกลางคาน

หมายเหตุ
** รายการคำนวณนี้ อ้างอิงประกาศกระทรวงมหาดไทย
เรื่อง การออกแบบโครงสร้างอาคารและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุ
ในงานก่อสร้างอาคาร 30 สิงหาคม 2567

DESIGN By	
EngLicense	
Tel	

ภาพที่ 2 ตัวอย่างตารางการคำนวณคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.3 การคำนวณเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตารางการคำนวณเสาประกอบด้วยข้อมูลขนาดหน้าตัด คุณสมบัติของคอนกรีตและเหล็กเสริม และแรงตามแนวแกนที่กระทำต่อเสา โดยตัวอย่างเสา C1 กำหนดหน้าตัดสี่เหลี่ยมขนาด 0.20 × 0.20 m หรือ 20 × 20 cm และรับแรงตามแนวแกน P=17,910 kg ใช้เหล็กเสริมหลัก 4-DB12 ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดรวม 4.52 cm²

พื้นที่หน้าตัดเสาเท่ากับ

$$Ag = 20(20) = 400\ cm^2$$

อัตราส่วนเหล็กเสริมเท่ากับ

$$Pg = 4.52/400 \times 100 = 1.13\%$$

จากสมการกำลังรับแรงอัดของเสาตามวิธีหน่วยแรงใช้งานในตารางการคำนวณ ได้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด

$$P_{max} = 28{,}084\ kg$$

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแรงตามแนวแกนที่กระทำ

$$P = 17{,}910 < 28{,}084 = P_{max}\ kg$$

ผลการตรวจสอบจึงแสดงเป็น “Ok.” ซึ่งสอดคล้องกับผลจากตารางการคำนวณ ทั้งนี้ผลดังกล่าวเป็นการตรวจสอบกำลังรับแรงอัดเบื้องต้นภายใต้เงื่อนไขและสมการที่กำหนดในตารางการคำนวณ (วินิต ช่อวิเชียร, 2545; สาโรจน์ ดำรงศีล, 2559)

COLUMN DESIGN			
โครงการก่อสร้าง :		เจ้าของ :	วันที่ :
สถานที่ก่อสร้าง :			หมายเลข :
DATA	:		
หมายเลข	:	C1 F-1	
ระยะหุ้มคอนกรีต	:	4.00 ซม	
กำลังอัดคอนกรีต fc'	:	240 ksc.	
โมดูลัสเหล็กเสริม Ec	:	235,632.31 ksc.	
หน่วยแรงอัดคอนกรีต fc	:	90 ksc. > 65 ksc.	
(factor = 0.375)	:	(เป็นการก่อสร้างที่มีมาตรฐานงานก่อสร้างและควบคุมคุณภาพวัสดุเป็นอย่างดี)	
เหล็กเสริมหลัก	:	SD-40 (มอก.24) fy = 4000 ksc.	
เหล็กเสริมรอง	:	SR-24 (มอก.20) fy = 2400 ksc.	
หน่วยแรงดึงของเหล็กเสริม f	:	2000 ksc.	
โมดูลัสเหล็กเสริม Es	:	2040000.00 ksc.	

DESINGN PARAMETERS	n	j	k	R : ksc.
	8.66	0.894	0.319	15.4

INPUT DATA		² เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม
แรงตามแนวแกน : P	=	17910.00 kg.
กว้าง x ลึก ,(mxm)	=	0.20 x 0.20 m.
ความลึก , d	=	3.60 m.
Design RC.Structure		
Main Steel : As	=	4 - DB 12 mm. (As= 4.52 cm^2)
พื้นที่หน้าตัดเสา : Ag	=	400 cm^2
pg	=	0.0113 (1.13 %)
P_{Max} : kg.	=	28,084.00 > 17,910.00 kg. Ok.
เหล็กปลอก	=	RB 9 mm. @ 0.20 m.
USED	=	RB 9 mm. @ 0.15 m.

ภาพที่ 3 ตัวอย่างตารางการคำนวณเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.4 การคำนวณบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตารางการคำนวณบันไดประกอบด้วยการกำหนดขนาดลูกตั้ง ลูกนอน ความหนาบันได ช่วงบันได น้ำหนักบรรทุก และคุณสมบัติของวัสดุ จากนั้นคำนวณแรงภายในและพื้นที่เหล็กเสริมตามหลักวิธีหน่วยแรงใช้งาน ตัวอย่างบันได ST1 กำหนดลูกตั้ง H=0.18 m ลูกนอน S=0.25 m ช่วงบันได L=3.50 m และความหนา t=0.15 m

น้ำหนักคงที่ของบันไดคำนวณจากความหนาพื้นและส่วนเอียงของขั้นบันได ได้ค่า 535.29 kg/m² เมื่อรวมกับน้ำหนักจร 300 kg/m² น้ำหนักวัสดุตกแต่ง 120 kg/m² และน้ำหนักคงที่เพิ่มเติม 25 kg/m² จะได้น้ำหนักรวม

$$W = 535.29+300+120+25 = 980.29 \text{ kg/m}^2$$

เมื่อพิจารณาน้ำหนักราวกันตก 50 kg/m จะได้น้ำหนักกระทำตามแนวช่วงบันได

w = 980.29+50 = 1,030.29 kg/m

สำหรับช่วงบันไดที่พิจารณาเป็นช่วงรองรับสองด้าน โมเมนต์ดัดสูงสุดและแรงเฉือนสูงสุดคำนวณจาก

$$M_{max} = \frac{wL^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{(1,030.29)(3.50)^2}{8} = 1,577.63\ kg-m$$

และ

$$V_{max} = \frac{wL}{2}$$

$$V_{max} = \frac{(1,030.29)(3.50)}{2} = 1,803.01\ kg$$

ระยะประสิทธิผลของหน้าตัดคำนวณได้จาก

$$d = 15 - 4 - \frac{1.6}{2} = 10.20\ cm$$

แทนค่า M_{max} = 1,577.63 kg-m, fs = 2,000 kg/cm², j=0.894 และ d=10.20 cm

จะได้ A_s = 8.65 cm^2/m

ในขณะที่เหล็ก DB16 @ 0.15 m มีพื้นที่เหล็กเสริมที่จัดให้เท่ากับ 13.40 cm²/m จึงได้

13.40 > 8.65 cm^2/m

สำหรับการตรวจสอบความสามารถในการรับโมเมนต์ของหน้าตัด ได้ค่า

M_r = Rbd^2 = 15.4(1)$(10.2)^2$ = 1,602.22 kg-m/m

ซึ่งมากกว่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้น

1,602.22 > 1,577.63 kg-m/m

ส่วนการตรวจสอบแรงเฉือนให้ค่า

$$V_c = 0.29\sqrt{f'_c}bd = 4,582.51\ kg/m$$

ซึ่งมากกว่าแรงเฉือนสูงสุด

4,582.51 > 1,803.01 kg/m

ผลการคำนวณจาก Excel จึงแสดงสถานะ “Ok.” ทั้งในส่วนการจัดเหล็กเสริมและการตรวจสอบกำลังรับโมเมนต์และแรงเฉือน โดยค่าที่ได้จาก Excel สอดคล้องกับการคำนวณตรวจสอบจากสมการดังกล่าว (วินิต, 2545; สาโรจน์, 2559)

STAIR DESIGN

ก่อสร้าง : เจ้าของ : สถานที่ :

DATA : กรณีหน่วยแรงใช้งาน

บันไดหมายเลข	:	ST1		เหล็กเสริมหลัก	:	SD-40	(มอก.24)	fy	=	4000	ksc.
ระยะหุ้มคอนกรีต	:	4.00	ซม	เหล็กเสริมรอง	:	SR-24	(มอก.20)	fy	=	2400	ksc.
กำลังอัดคอนกรีต fc'	:	240	ksc.	หน่วยแรงดึงของเหล็กเสริม fs	:	2000	ksc.				
โมดูลัสเหล็กเสริม Ec	:	235,632	ksc.	โมดูลัสเหล็กเสริม Es	:	2040000	ksc.				

หน่วยแรงอัดคอนกรีต fc : 108 ksc. > 65 ksc.

(factor = 0.45) : (เป็นการก่อสร้างที่มีมาตรฐานงานก่อสร้างและควบคุมคุณภาพวัสดุเป็นอย่างดี)

DESINGN PARAMETERS	n	j	k	R : ksc.
	8.66	0.894	0.319	15.4

INPUT DATA

ขนาดลูกตั้ง , H	=	0.18	m.	Dead load	=	535.29	kg./m^2	น้ำหนักราวกันตก =	50 kg./m.
ขนาดลูกนอน , S	=	0.25	m.	Live load	=	300	kg./m^2	Weinght Desing (kg./m.)	
ความยาวช่วง , L	=	3.5	m.	Finish load	=	120	kg./m^2	1030.29	
ความหนา , t	=	0.15	m.	Super dead load	=	25	kg./m^2		
				น้ำหนักรวม W	=	980.29	kg./m^2		

Moment & Shear Analysis

Moment (max) : kg-m. : 1577.63 kg-m. Shear (max) : kg. : 1803 kg./m.

Desing RC.Structure

Main Steel : As	=	DB	16	mm.	@	0.15	m.	(d	=	10.2	cm.)
	=	8.65	<	13.4	cm^2/m.	Ok.					
Tem.Stee : As-tem	=	RB	9	mm.	@	0.15	m.				
	=	3.75	<	4.24	cm^2/m.	Ok.					

Checking

Resisting Moment , Mr	=	1602.22	>	1577.63	kg-m./m.	Ok.
Resisting Shear , Vc	=	4582.51	>	1803.01	kg./m.	Ok.
μ : ksc./m.	=	31.27				
Σ_0 : cm.	=	6.32	<	33.51	cm./m.	Ok.

ภาพที่ 4 ตัวอย่างตารางการคำนวณบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.5 การใช้สูตรและฟังก์ชันใน Microsoft Excel

ตารางการคำนวณที่พัฒนาขึ้นใช้สูตรและฟังก์ชันของ Microsoft Excel เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างส่วนรับข้อมูล ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลลัพธ์ โดยข้อมูลนำเข้าจะถูกกำหนดไว้ในเซลล์ที่ระบุ และผลลัพธ์จะคำนวณจากความสัมพันธ์ของเซลล์และสมการที่กำหนด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลนำเข้า ผลลัพธ์ในขั้นตอนที่เกี่ยวข้องจะปรับปรุงตามสูตรโดยอัตโนมัติ ลักษณะดังกล่าวช่วยให้สามารถติดตามลำดับการคำนวณและตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการใช้สเปรดชีตเพื่อจัดลำดับขั้นตอนการคำนวณทางวิศวกรรม (Wenzel, 1987; Niazkar & Afzali, 2016)

4.6 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบดำเนินการโดยตรวจสอบสูตรที่ใช้ในแต่ละเซลล์ ตรวจสอบการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างขั้นตอน และตรวจสอบลำดับการคำนวณโดยเปรียบเทียบกับขั้นตอนการคำนวณตามหลักวิธีหน่วยแรงใช้งาน ผลการตรวจสอบพบว่าตารางการคำนวณสามารถดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด และสามารถติดตามความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้า กระบวนการคำนวณ และผลลัพธ์ได้

ผลการตรวจสอบการคำนวณระหว่างสมการกับ Microsoft Excel				
องค์ประกอบ	รายการตรวจสอบ	คำนวณตรวจสอบ	Excel	ผล
พื้น–คาน	น้ำหนักรวม W	585.00 kg/m²	585.00 kg/m²	สอดคล้อง
พื้น–คาน	น้ำหนักลงคาน w	438.75 kg/m	438.75 kg/m	สอดคล้อง
คาน B1	M_R	3,687.25 kg-m	3,687.25 kg-m	สอดคล้อง
คาน B1	As ต้องการ	0.97 cm²	0.97 cm²	สอดคล้อง
คาน B1	As,min	2.42 cm²	2.42 cm²	สอดคล้อง
เสา C1	Ag	400 cm²	400 cm²	สอดคล้อง
เสา C1	Pmax	28,084 kg	28,084 kg	สอดคล้อง
บันได ST1	W	980.29 kg/m²	980.29 kg/m²	สอดคล้อง
บันได ST1	w	1,030.29 kg/m	1,030.29 kg/m	สอดคล้อง
บันได ST1	Mmax	1,577.63 kg-m	1,577.63 kg-m	สอดคล้อง
บันได ST1	Vmax	1,803.01 kg	1,803.01 kg	สอดคล้อง
บันได ST1	As ต้องการ	8.65 cm²/m	8.65 cm²/m	สอดคล้อง
บันได ST1	Mr	1,602.22 kg-m/m	1,602.22 kg-m/m	สอดคล้อง
บันได ST1	Vc	4,582.51 kg/m	4,582.51 kg/m	สอดคล้อง

ภาพที่ 5 ผลการตรวจสอบการคำนวณระหว่างสมการกับ Microsoft Excel

จากตารางที่ 1 ผลการคำนวณตรวจสอบจากสมการให้ค่าตรงกับผลลัพธ์ที่ได้จาก Microsoft Excel ในรายการที่นำมาตรวจสอบ โดยความสอดคล้องดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสูตรและการเชื่อมโยงข้อมูลในตารางการคำนวณสามารถดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้ อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบในงานวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบสูตร การเชื่อมโยงเซลล์ และลำดับขั้นตอนการคำนวณ มิได้เป็นการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานกับกลุ่มผู้ใช้ ดังนั้นจึงยังไม่ควรสรุปผลด้านเวลา ความคลาดเคลื่อน หรือประสิทธิภาพเชิงสถิติ

5. สรุปผลและอภิปรายผล

ผลการตรวจสอบจากตัวอย่างการคำนวณทั้งการถ่ายน้ำหนักจากพื้นสู่คาน คาน เสา และบันได พบว่าค่าที่คำนวณตรวจสอบจากสมการสอดคล้องกับผลลัพธ์จาก Microsoft Excel ในรายการที่นำมาตรวจสอบ จึงแสดงให้เห็นว่าตารางการคำนวณสามารถดำเนินการตามลำดับขั้นตอนและเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ได้ตามที่กำหนด

5.1 อภิปรายผลตามวัตถุประสงค์

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสามารถพัฒนาตารางการคำนวณด้วย Microsoft Excel สำหรับการคำนวณโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้นด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งานได้ โดยครอบคลุมการถ่ายน้ำหนักจากพื้นสู่คาน การคำนวณคาน เสา และบันได การจัดโครงสร้างตารางในลักษณะข้อมูลนำเข้า กระบวนการคำนวณ และผลลัพธ์ ช่วยให้สามารถติดตามลำดับการคำนวณและตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ

5.2 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับ Wenzel (1987) ซึ่งอธิบายว่าโปรแกรมตารางคำนวณสามารถนำมาใช้จัดลำดับขั้นตอนของการคำนวณคอนกรีตเสริมเหล็ก และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในขั้นตอนหนึ่ง ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องสามารถปรับผลลัพธ์ตามความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ นอกจากนี้ Niazkar & Afzali (2016) ยังแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ Excel เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมแบบเป็นขั้นตอน ซึ่งสนับสนุนแนวทางการพัฒนาตารางการคำนวณในงานวิจัยนี้

ผลการวิจัยมีแนวทางสอดคล้องกับงานที่นำ Microsoft Excel มาประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรม โดยจุดร่วมสำคัญคือการนำขั้นตอนการคำนวณที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องมาจัดให้อยู่ในรูปแบบตารางและสูตรที่สามารถตรวจสอบได้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีขอบเขตเน้นการคำนวณโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้นด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน และครอบคลุมองค์ประกอบพื้นฐาน ได้แก่ การถ่ายน้ำหนักจากพื้นสู่คาน คาน เสา และบันได

ดังนั้น ผลที่ได้จึงมีลักษณะเป็นเครื่องมือช่วยจัดระบบขั้นตอนการคำนวณและการเรียนรู้มากกว่าการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างเต็มรูปแบบ โดยไม่ควรตีความว่าตารางการคำนวณสามารถทดแทนโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างเฉพาะทางหรือการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญได้

5.3 ข้อจำกัดของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดด้านขอบเขตของการคำนวณ เนื่องจากพัฒนาขึ้นสำหรับการคำนวณโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้นตามวิธีหน่วยแรงใช้งาน จึงยังไม่ครอบคลุมการวิเคราะห์โครงสร้างที่มีความซับซ้อนหรือการตรวจสอบตามข้อกำหนดของโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างเฉพาะทาง นอกจากนี้ งานวิจัยไม่ได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มผู้ใช้งานเพื่อวัดเวลาในการคำนวณหรือค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสถิติ ดังนั้นจึงไม่ควรสรุปผลในด้านการลดเวลา หรือการลดเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยไม่มีข้อมูลการทดลองรองรับ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา นายณัฏฐพล สุจริต และคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนการพัฒนาตารางการคำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft Excel จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ควรขยายตารางการคำนวณให้ครอบคลุมองค์ประกอบโครงสร้างและกรณีการคำนวณที่หลากหลายมากขึ้น

7.2 ควรเพิ่มระบบตรวจสอบข้อมูลนำเข้า เช่น การตรวจสอบหน่วยและช่วงค่าของตัวแปร เพื่อช่วยลดความผิดพลาดจากการป้อนข้อมูล

7.3 ควรพัฒนารูปแบบการแสดงผลและคำอธิบายภายในตารางให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามขั้นตอนการคำนวณได้สะดวกยิ่งขึ้น

7.4 ในการศึกษาครั้งต่อไปควรทดลองใช้งานกับกลุ่มผู้ใช้และเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น เวลาในการคำนวณ จำนวนข้อผิดพลาด และความถูกต้องของผลลัพธ์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของตารางการคำนวณอย่างเป็นระบบ

7.5 สามารถต่อยอดตารางการคำนวณให้เป็นโปรแกรมหรือเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างที่มีขอบเขตการใช้งานกว้างขึ้นได้

8. เอกสารอ้างอิง

วินิต ช่อวิเชียร. (2545). **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก: โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาโรจน์ ดำรงศีล. (2559). **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design: WSD)**. นครปฐม : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

Microsoft Support. (n.d.). **Excel functions (alphabetical)**. Retrieved from https://support.microsoft.com/en-us/excel/excel-functions-alphabetical

Niazkar, M., & Afzali, S. H. (2016). Streamline performance of Excel in stepwise implementation of numerical solutions. **Computer Applications in Engineering Education**, 24(4), 555–566. Doi: 10.1002/cae.21731

Wenzel, T. H. (1987). **Use of spreadsheet programs in teaching reinforced concrete design**. Detroit, MI: American Concrete Institute. Doi: 10.14359/3085