

การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี Golden Section Search

Design Optimization of Reinforced Concrete Slabs by Using Golden Section Search

อนันต์ นิมิตรวัฒน์^{1*} และอัษฎสิทธิ์ ชื่นใจ²

^{1,2} สาขาวิชาโยธาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

^{1,2} School of Civil Architecture, Faculty of Technology, UdonThani Rajabhat University

*Corresponding author email: anannimt@gmail.com

Received 12 Aug 2022 Revised 18 Aug 2022 Accepted 15 Nov 2022

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เสนอระเบียบวิธีการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหมาะสมที่สุด เมื่อกำหนดขนาดกว้าง ขนาดยาว น้ำหนักบรรทุกกจร กำลังอัดประลัยคอนกรีต และกำลังคดงของเหล็ก โดยพิจารณาข้อกำหนดการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสองทาง และใช้ระเบียบวิธี Golden Section Search ในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด ระเบียบวิธีที่เสนอถูกพัฒนาขึ้นเป็นรหัสโปรแกรมย่อยที่ทำงานในโปรแกรม MATLAB จากผลตัวอย่างการทดสอบปัญหาที่ 1 คำตอบที่ได้แสดงให้เห็นการลดลงของราคาต่อหน่วยจาก 793.90 บาทเหลือ 434.90 บาท คิดเป็นราคาลดลงร้อยละ 45.21 และจากผลตัวอย่างการทดสอบปัญหาที่ 2 คำตอบที่ได้แสดงให้เห็นการลดลงของราคาต่อหน่วยจาก 793.90 บาทเหลือ 471.89 บาท คิดเป็นราคาลดลงร้อยละ 40.56

คำสำคัญ: การออกแบบ, พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก, วิธีที่เหมาะสมที่สุด

Abstract

This study proposed an algorithm for optimum design of reinforced concrete slabs. The concrete section design of two-way slabs. The Golden Section Search method is modified to the proposed algorithm and tested by implementing in MATLAB. The results of problem 1 show that the unit price of the last search is decreased 45.21% from the initial price 793.90 baht to the final price 434.90

baht. The results of problem 1 show that the unit price of the last search is decreased 40.56% from the initial price 793.90 baht to the final price 471.89 baht.

Keywords: Optimization, Design, Slab, Golden Section Search

บทนำ

โดยทั่วไปในการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ปริมาณเนื้องานนั้นจะมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับองค์อาคารอื่นๆ เช่น เสา หรือคาน ดังนั้นราคาก่อสร้างอาคารจะมากหรือน้อย จึงมักถูกกำหนดโดยราคางานก่อสร้างนั้น วิศวกรผู้ออกแบบจึงมักต้องการออกแบบหน้าตัดพื้นใหม่ ความประหยัดที่สุด ในการออกแบบหน้าตัดพื้นคอนกรีตที่มีความประหยัดที่สุด มีค่ามากที่สุดเป็นที่ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมาช่วยในการหาขนาดที่เหมาะสมที่สุด ร่วมกับการพิจารณาข้อจำกัดในการออกแบบ วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดหลายวิธีได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาออกแบบหน้าตัดองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น วิธี Lagrangian multipliers method ได้ถูกนำมาใช้ในการหาหน้าตัดพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียวที่ประหยัดที่สุด (Rabi M. Najem, 2010) วิธี charged system search algorithm ได้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (A. Kaveh and A.F. Behnam, 2012) วิธีอัลกอริทึมจำลอง

การอบเหนียวได้ถูกนำมาใช้ออกแบบเหมาะสมของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้ารับแรงดัดสองทาง (อัศนัย ทาณา และคณะ, 2556) เป็นต้น

วิธี Golden Section Search (J. S. Arora, 2016) เป็นหนึ่งวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาออกแบบหน้าตัดองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กได้ เพราะมีระเบียบวิธีที่เข้าใจง่ายและสามารถประยุกต์ได้ง่าย ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงได้เสนอวิธีการประยุกต์ใช้วิธีดังกล่าวในการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระเบียบวิธีพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดพื้นสองทาง พิจารณาเฉพาะรับน้ำหนักแนวตั้ง และวิเคราะห์หน้าตัดตามข้อกำหนดการออกแบบคอนกรีตโดยวิธีกำลัง (วินิต ช่อวิเชียร, 2540) โดยพิจารณาเฉพาะแรงดัด
2. เพื่อพัฒนาระเบียบวิธี Golden Section Search เพื่อออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ประหยัดที่สุด โดยพัฒนาโปรแกรมด้วย MATLAB

ระเบียบวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาระเบียบวิธีการออกแบบพื้น

คอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสองทาง

2. พัฒนาระเบียบวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

3. พัฒนารหัสโปรแกรมสำหรับออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหมาะสมที่สุด

4. ทดสอบรหัสโปรแกรมสำหรับออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหมาะสมที่สุด

5. วิเคราะห์ผลการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหมาะสมที่สุด

6. สรุปผลการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหมาะสมที่สุด

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วิธีการวิเคราะห์โมเมนต์ดัดพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสองทาง

1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่กำหนดให้ ประกอบด้วย 4 อย่างดังนี้

- 1) ความยาวด้านสั้นของพื้น
- 2) ความยาวด้านยาวของพื้น
- 3) น้ำหนักบรรทุกจร
- 4) ลักษณะความต่อเนื่องของพื้น

- 1.2 การคำนวณความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของหน้าตัดพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสองทาง

$$W_R = W_{LM}/W_{LR} \quad (1)$$

เมื่อ

W_R = อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรที่มากที่สุดที่รับได้น้ำหนักบรรทุกที่กำหนดให้

W_{LM} = น้ำหนักบรรทุกจรมากที่สุดที่รับได้ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (2) (kg/m^2)

W_{LR} = น้ำหนักบรรทุกจรถูกกำหนดให้ (kg/m^2)

$$W_{LM} = \min(W_L^i) ; i = 1, 2, 3, 4(2)$$

เมื่อ

$$W_L^1 = (W_{us-} - 1.4W_D)/1.7$$

$$W_L^2 = (W_{us+} - 1.4W_D)/1.7$$

$$W_L^3 = (W_{ul-} - 1.4W_D)/1.7$$

$$W_L^4 = (W_{ul+} - 1.4W_D)/1.7$$

$$W_D = 2400h$$

$$W_{us-} = \frac{M_{us-}}{c_s - s^2}$$

$$W_{us+} = \frac{M_{us+}}{c_s + s^2}$$

$$W_{ul-} = \frac{M_{ul-}}{c_L - s^2}$$

$$W_{ul+} = \frac{M_{ul+}}{c_L + s^2}$$

c_{s-} = สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ดัดด้านสั้น

c_{s+} = สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ดัดด้านสั้น

c_{L-} = สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์กลับด้านยาว

c_{L+} = สัมประสิทธิ์โมเมนต์บวกด้านยาว

s = ความยาวด้านสั้นของพืน

$$M_{us-} = 0.9d_s^2 R_{ns-}$$

$$M_{us+} = 0.9d_s^2 R_{ns+}$$

$$M_{uL-} = 0.9d_L^2 R_{nL-}$$

$$M_{uL+} = 0.9d_L^2 R_{nL+}$$

$$R_{ns-} = \frac{0.85f'_c}{2} \left[\frac{2.0p_s - f_y}{0.85f'_c} - \left(\frac{p_s - f_y}{0.85f'_c} \right)^2 \right]$$

$$R_{ns+} = \frac{0.85f'_c}{2} \left[\frac{2.0p_s + f_y}{0.85f'_c} - \left(\frac{p_s + f_y}{0.85f'_c} \right)^2 \right]$$

$$R_{nL-} = \frac{0.85f'_c}{2} \left[\frac{2.0p_L - f_y}{0.85f'_c} - \left(\frac{p_L - f_y}{0.85f'_c} \right)^2 \right]$$

$$R_{nL+} = \frac{0.85f'_c}{2} \left[\frac{2.0p_L + f_y}{0.85f'_c} - \left(\frac{p_L + f_y}{0.85f'_c} \right)^2 \right]$$

$$d_{s-} = h - 2 - 0.05D_{s-}$$

$$d_{s+} = h - 2 - 0.05D_{s+}$$

$$d_{L-} = h - 2 - 0.05D_{L-}$$

$$d_{L+} = h - 2 - 0.05D_{L+}$$

$$p_{s-} = \left[\frac{\pi D_{s-}^2}{4} \right] \left[\frac{N_{s-}}{100} \right]$$

$$p_{s+} = \left[\frac{\pi D_{s+}^2}{4} \right] \left[\frac{N_{s+}}{100} \right]$$

$$p_{L-} = \left[\frac{\pi D_{L-}^2}{4} \right] \left[\frac{N_{L-}}{100} \right]$$

$$p_{L+} = \left[\frac{\pi D_{L+}^2}{4} \right] \left[\frac{N_{L+}}{100} \right]$$

h = ความหนาของพืน (cm)

D_{s-} = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมด้านสั้นรับโมเมนต์ลบ (mm)

D_{s+} = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมด้านสั้นรับโมเมนต์บวก (mm)

D_{L-} = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมด้านยาวรับโมเมนต์ลบ (mm)

D_{L+} = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมด้านยาวรับโมเมนต์บวก (mm)

N_{s-} = จำนวนเหล็กเสริมด้านสั้นรับโมเมนต์ลบต่อระยะ 1 เมตร

N_{s+} = จำนวนเหล็กเสริมด้านสั้นรับโมเมนต์บวกต่อระยะ 1 เมตร

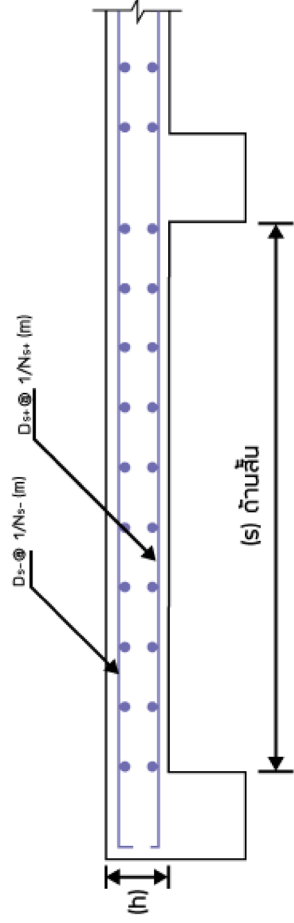
N_{L-} = จำนวนเหล็กเสริมด้านยาวรับโมเมนต์ลบต่อระยะ 1 เมตร

N_{L+} = จำนวนเหล็กเสริมด้านยาวรับโมเมนต์บวกต่อระยะ 1 เมตร

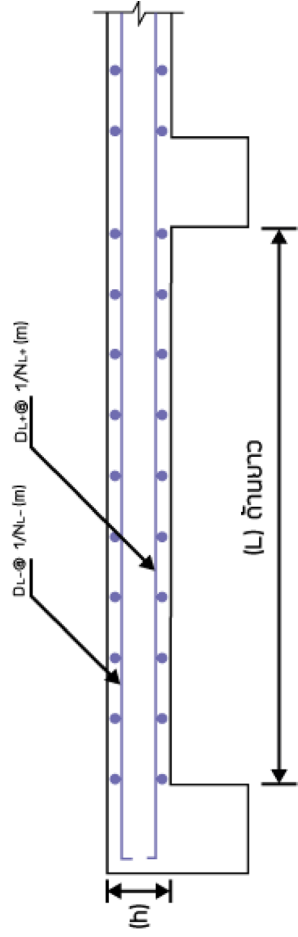
f_y = กำลังของดึงจุดครากของเหล็ก (ksc)

f'_c = กำลังอัดปลายของคอนกรีต (ksc)

ภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างการเสริมเหล็กของพืนคอนกรีตเสริมเหล็ก



ภาพที่ 1 แสดงการเสริมเหล็กด้านบน



ภาพที่ 2 แสดงการเสริมเหล็กด้านล่าง

2. วิธีการออกแบบพื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสองทางที่เหมาะสมที่สุด
 คอนกรีต f'_c เท่ากับ 240 ksc

2.1 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์
 คือ การหาค่าที่น้อยที่สุดของ
 คอนกรีต f'_c เท่ากับ 280 ksc

$f = C_c + C_s(3)$
 คอนกรีต f'_c เท่ากับ 320 ksc

เมื่อ
 $C_s = C_{s-} + C_{s+} + C_{L-} + C_{L+} =$
 ราคาเหล็กเสริมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

$C_{s-} = 100p_{s-}DB$ = ราคาเหล็กเสริม
 ด้านรับโมเมนต์ลบ

$C_{s+} = 100p_{s+}DB$ = ราคาเหล็กเสริม
 ด้านรับโมเมนต์บวก

$C_c = 100x/h$ = ราคาคอนกรีตต่อพื้นที่
 1 ตารางเมตร

h = ความหนาของพื้น (cm)
 $x = 1750$ เมื่อ กำลังอัดปลายของ
 คอนกรีต f'_c เท่ากับ 210 ksc

$C_{L-} = 100p_{L-}DB$ = ราคาเหล็กเสริม

ด้านยาวรับโมเมนต์ลบ

$C_{L+} = 100p_{L+}DB$ = ราคาเหล็กเสริม

ด้านยาวรับโมเมนต์บวก

D = หนว่ยนำหนักของเหล็ก

B = ราคาเหล็กต่อน้ำหนัก

ประกอบด้วย 4 สมการดังต่อไปนี้

$$h \geq \frac{10}{9}(S + L) \quad (4)$$

$$A_s \geq 100h\alpha(5)$$

$$d_1 < 3h \quad (6)$$

$$d_1 < 45 \text{ cm} \quad (7)$$

2.2 ตัวแปรการออกแบบ

ประกอบด้วย 11 ตัวแปร คือ

1) ความหนาของพื้นคอนกรีตเสริม

เหล็ก (h)

2) จำนวนเหล็กเสริมด้านรับ

โมเมนต์ลบต่อระยะ 1 เมตร (N_{s-})

3) จำนวนเหล็กเสริมด้านรับ

โมเมนต์บวกต่อระยะ 1 เมตร (N_{s+})

4) จำนวนเหล็กเสริมด้านยาวรับ

โมเมนต์ลบต่อระยะ 1 เมตร (N_{L-})

5) จำนวนเหล็กเสริมด้านยาวรับ

โมเมนต์บวกต่อระยะ 1 เมตร (N_{L+})

6) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

เสริมด้านรับโมเมนต์ลบ (D_{s-})

7) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

เสริมด้านรับโมเมนต์บวก (D_{s+})

8) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

เสริมด้านยาวรับโมเมนต์ลบ (D_{L-})

9) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก

เสริมด้านยาวรับโมเมนต์บวก (D_{L+})

10) กำลังอัตราประสิทธิภาพ (f_c')

11) กำลังครากของเหล็กเสริม (f_y)

2.3 ข้อกำหนดการออกแบบ

เมื่อ

h = ความหนาของพื้น (cm)

S = ความกว้างของพื้น (cm)

L = ความยาวของพื้น (cm)

A_s = พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม (cm^2)

α = 0.0025 เมื่อกำลังครากของเหล็กเสริม

เท่ากับ 2,400 ksc

= 0.0020 เมื่อกำลังครากของเหล็ก

เสริม เท่ากับ 3,000 ksc

d_1 = ระยะห่างของเหล็กเสริม (cm)

3. เปรียบวิธีการออกแบบพื้นคอนกรีต

เสริมเหล็กชนิดสองทางที่เหมาะสมที่สุด

ด้วยวิธี Golden Section Search

ในการศึกษานี้ได้เสนอวิธีการ

ประยุกต์ใช้วิธี Golden Section Search

เพื่อค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับการ

ออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสอง

ทาง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดข้อมูลป้อนเข้าของปัญหา

การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชนิด

สองทาง

2) กำหนดข้อมูลค่าตลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของวิธี Golden Section Search ในการศึกษานี้กำหนดให้เท่ากับ 0.05

3) กำหนดค่าความหนาแน่นตำแหน่งที่ 1 (ความหนาแน่นเริ่มต้น) และทำการค้นหาปริมาณเหล็กเสริม ชนิดเหล็กเสริม และกำลังอัดคอนกรีต ที่ทำให้ได้พื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความประหยัดที่สุด

4) ทำการหาค่าตำแหน่งที่ 2 ที่มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าค่าความหนาแน่นเริ่มต้น แล้วทำการค้นหาปริมาณเหล็กเสริม ชนิดเหล็กเสริม และกำลังอัดคอนกรีต ที่ทำให้ได้พื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความประหยัดที่สุด และประหยัดกว่ากรณีที่มีค่าความหนาแน่นตำแหน่งที่ 1

5) ทำการหาค่าตำแหน่งที่ 4 ที่มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าค่าตำแหน่งที่ 2 แล้วทำการค้นหาปริมาณเหล็กเสริม ชนิดเหล็กเสริม และกำลังอัดคอนกรีต ที่ทำให้ได้พื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความประหยัดที่สุด แต่แพงกว่ากรณีที่มีค่าความหนาแน่นตำแหน่งที่ 2

6) ทำการหาค่าตำแหน่งที่ 3 ที่มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าค่าตำแหน่งที่ 2 แต่มากกว่าตำแหน่งที่ 4 แล้วทำการค้นหาปริมาณเหล็กเสริม ชนิดเหล็กเสริม และกำลังอัดคอนกรีต ที่ทำให้ได้พื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความประหยัดที่สุด และ

ประหยัดกว่ากรณีพื้นที่มีค่าความหนาแน่นตำแหน่งที่ 2

7) เปลี่ยนเลขกำหนดลำดับของตำแหน่งที่ 2 เดิม ให้เป็นเลขลำดับที่ตำแหน่งที่ 1 และเลขกำหนดลำดับที่ของตำแหน่งที่ 3 เดิม ให้เป็นเลขลำดับที่ตำแหน่งที่ 2

8) ทำข้อ 6-7 ซ้ำ จนกว่าจะถึงข้อกำหนดค่าตลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของวิธี Golden Section Search ในข้อ 2

9) จะได้ความหนาแน่นในตำแหน่งที่ 2 เป็นความหนาแน่นที่น้อยที่สุด และปริมาณเหล็กเสริม ชนิดเหล็กเสริม และกำลังอัดคอนกรีต ที่หาได้เป็นรายละเอียดพื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสองทางที่ประหยัดที่สุด

ผลการศึกษา

จากการเปรียบเทียบวิธีการออกแบบพื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กที่ประหยัดที่สุดที่เสนอในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบตามตัวอย่างที่ 1 และ 2 ดังต่อไปนี้ โดยที่ตารางที่ 1 แสดงตัวแปรการออกแบบสำหรับตัวอย่างที่ 1 และ 2 โดยกำหนดความละเอียดของตัวแปรความหนาแน่นเท่ากับทศนิยม 2 ตำแหน่ง จำนวนเหล็กเสริมเป็นจำนวนเต็ม

1. ตัวอย่างที่ 1

พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสองทาง กำหนดให้ เท่ากับ 12,800,000 จากตารางขนาดด้านสั้นเท่ากับ 3 m ขนาดด้านยาวที่ 2 แสดงผลการทดสอบพบค่าตอบที่ดีเท่ากับ 5 m ลักษณะความต่อเนื่องแบบที่ 1 ที่สุดในการค้นหารอบที่ 9 พบว่าพื้นกำหนดให้นำหน้ากับบรรทุกที่รับได้ไม่น้อยคอนกรีตเสริมเหล็กที่ประหยัดที่สุดมีความกว่า 500 kg/m² จำนวนโอกาสที่จะหนาเท่ากับ 11.11 cm ราคาต่อตารางเมตรเป็นไปด้พึงหมดจากตัวแปรการออกแบบที่เท่ากับ 434.90 บาท

ตารางที่ 1 ตัวแปรการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสองทาง

ตัวแปร ออกแบบ	ความหมาย	ค่าตัวแปร
h	ความหนาของพื้น	1 – 20
N_s-	จำนวนเหล็กเสริมด้านสั้นรับโมเมนต์ลบต่อระยะ 1 เมตร	1,2,3,...,10
N_{s+}	จำนวนเหล็กเสริมด้านสั้นรับโมเมนต์บวกต่อระยะ 1 เมตร	1,2,3,...,10
N_{L-}	จำนวนเหล็กเสริมด้านยาวรับโมเมนต์ลบต่อระยะ 1 เมตร	1,2,3,...,10
N_{L+}	จำนวนเหล็กเสริมด้านยาวรับโมเมนต์บวกต่อระยะ 1 เมตร	1,2,3,...,10
D_s-	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมด้านสั้นรับโมเมนต์ลบ	9, 10
D_{s+}	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมด้านสั้นรับโมเมนต์บวก	9, 10
D_{L-}	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมด้านยาวรับโมเมนต์ลบ	9, 10
D_{L+}	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมด้านยาวรับโมเมนต์บวก	9, 10
f'_c	กำลังอัดปลายคอนกรีต	210, 240, 280, 320
f_y	กำลังครากของเหล็กเสริม	2,400, 3,000

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบตัวอย่างที่ 1

การค้นหา รอบที่	h (cm)	f'_c (ksc)	N_s-, D_s-N_{s+}, D_{s+} (Nos, mm, Nos, mm)	$N_{L-}, D_{L-}-N_{L+}, D_{L+}$ (Nos, mm, Nos, mm)	f (บาท)	f'
1	20	210	6,10,6,10	6,10,6,10	793.90	100.00
2	19	210	5,10,5,10	5,10,5,10	702.42	88.48
3	17.38	210	5,10,5,10	5,10,5,10	647.10	84.91
4	14.76	210	4,10,4,10	4,10,4,10	554.30	69.82
5	13.15	210	4,10,4,10	4,10,4,10	525.99	66.25
6	12.15	210	4,10,4,10	4,10,4,10	508.49	64.05
7	11.53	210	4,10,3,10	3,10,3,10	442.18	55.70
8	11.15	210	4,10,3,10	3,10,3,10	435.50	54.86
9	11.11	210	4,10,3,10	3,10,3,10	434.90	54.78

2. ตัวอย่างที่ 2

พื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสอง

ทางขนาดด้านสั้น เท่ากับ 3 m ขนาดด้าน

ยาว เท่ากับ 5 m ลักษณะความต่อเนื่อง

แบบที่ 2 กำหนดให้นำหนักบรรทุกที่รับได้

ไม่น้อยกว่า 500 kg/m² ตารางที่ 1 แสดง

ตัวแปรการออกแบบของตัวอย่างที่ 2

จำนวนโอกาสที่จะเป็นไปได้ทั้งหมดจากตัว

แปรการออกแบบที่กำหนดให้ เท่ากับ

12,800,000 จากตารางที่ 3 แสดงผลการ

ทดสอบค่าตอบที่ดีที่สุดในการค้นหาคำตอบที่

9 พบว่าพื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กที่ประหยัด

ที่สุดมีความหนาเท่ากับ 11.11 cm ราคา

ต่อตารางเมตรเท่ากับ 471.89 บาท

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

การวิจัยนี้กล่าวถึงการออกแบบพื้น

คอนกรีตเสริมเหล็กชนิดสองทาง โดยมี

วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระเบียบการ

ออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ประหยัด

ที่สุด โดยใช้ระเบียบวิธีการ Golden

section search ในการหาชนิดหน้าตัด

พื้นที่ประหยัดที่สุด ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็น

เห็นว่าจากโอกาสของคำตอบที่เป็นไปได้

ทั้งหมดจากตัวแปรการออกแบบที่กำหนด

เท่ากับ 12,800,000 ตัวอย่าง แต่ระเบียบวิธีที่สามารถลดจำนวนตัวอย่างในการออกแบบเพื่อโอกาสที่จะเกิดเท่ากับ 400,000 ตัวอย่าง และสามารถหาค่าตอบที่ดีที่สุดได้ (ประหยัดที่สุด) สรุปได้ว่า

ระเบียบวิธีการ Golden section search สามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการออกแบบฟังก์ชันคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำให้ช่วยลดเวลาในการออกแบบได้อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบตัวอย่างที่ 2

การค้นหา รอบที่	h (cm)	f_c' (ksc)	N_{s-}, D_{s-} N_{s+}, D_{s+} (Nos, mm, Nos, mm)	N_{L-}, D_{L-} N_{L+}, D_{L+} (Nos, mm, Nos, mm)	f (บาท)	f'
1	20	210	6,10,6,10	6,10,6,10	793.90	100.00
2	19	210	5,10,5,10	5,10,5,10	702.42	88.48
3	17.38	210	5,10,5,10	5,10,5,10	674.10	84.91
4	14.76	210	4,10,4,10	4,10,4,10	554.30	69.82
5	13.15	210	4,10,4,10	4,10,4,10	525.99	66.25
6	12.15	210	4,10,4,10	4,10,4,10	508.49	64.05
7	11.53	210	5,10,5,10	3,10,3,10	479.17	60.36
8	11.15	210	5,10,5,10	3,10,3,10	472.49	59.52
9	11.11	210	5,10,5,10	3,10,3,10	471.89	59.44

ข้อเสนอแนะ

การนำระเบียบวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดมาใช้ในการหาค่าที่ดีที่สุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีข้อจำกัด เช่น ปัญหาการออกแบบฟังก์ชันคอนกรีตเสริมเหล็ก จำเป็นต้องมีการปรับปรุงระเบียบวิธี

เพื่อให้สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ดังตัวอย่างที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกับการออกแบบฟังก์ชันคอนกรีตเสริมเหล็กที่ละพินอย่างใดก็ตามงานวิจัยต่อไปอาจพิจารณาพร้อมกันหลายๆพิน หรือพิจารณาออกแบบฟังก์ชันร่วมกันที่ละชั้นของอาคาร เพื่อ

ทดสอบความสัมพันธ์กันของตัวแปรอื่นๆ
ของการออกแบบ เช่น สถิติเฟนสของคาน
และพื้น ความต่อเนื่องพื้นแต่ละพื้น เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราช
ภัฏอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุนในการทำ
วิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Arora, J. S. (2016). Introduction to

Optimum Design. USA:

Academic Press.

Najem, Rabi M. (2010). Optimum

cost design of R.C. one way

slabs. Al-Rafidain Engineering

Journal, 18(6): 15-27.

Kaveh, A., Behnam, A. F. (2012). Cost

optimization of a composite

floor system, one-way waffle
slab, and concrete slab
formwork using a charged
system search algorithm.

Scientia Iranica, 9(3): 410-416.

อัศนัย ทาเภา จักรพันธุ์, วงษ์พา อลงกรณ์
ละม่อม และ เรืองรุชดี ชีระโรจน์.

(2556). การออกแบบเหมาะสมของ

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัด

สี่เหลี่ยมผืนผ้ารับแรงดัดสองทาง

ด้วยอัลกอริทึมการจำลองการอบ

เหนียว. วารสารวิจัยและพัฒนา

มจร., ปีที่ 36 (ฉบับที่ 1), 33-50.

วินิต ช่อวิเชียร. (2540). การออกแบบ

โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก : โดย

วิธีกำลัง. กรุงเทพฯ: ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา คณะ

วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย.