บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

ความนำ

การวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์คำนวณและออกแบบอย่างเหมาะสมสำหรับพื้นคอนกรีตไร้คานอัดแรงภายหลัง โดยมีขั้นตอนที่สำคัญของการวิจัยดังนี้

1.ศึกษาวิธีการวิเคราะห์การสร้างสติฟเนสและสมการในการออกแบบโครงของชิ้นส่วนเสาและพื้น โดยวิธีโครงเสมือน (Equivalent Frame) ,ใช้การวิเคราะห์หาแรงประสิทธิผลจากลวดอัดแรงโดยวิธีของการสมดุลน้ำหนักบรรทุก (Load Balancing Method) และคำนวณเหล็กเสริมที่ได้หลังจากการอัดแรงจากลวดอัดแรง

2.ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นปัจจัยหลักต่อราคาโครงสร้าง ได้แก่ ความหนาของพื้นคอนกรีต แรงประสิทธิผลจากลวดอัดแรง เหล็กเสริมธรรมดา เพื่อที่จะได้ถึงจุดการคำนวณและออกแบบอย่างเหมาะสม (Optimum Design) ของแผ่นพื้นคอนกรีตไร้คานอัดแรงภายหลัง

3.พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากการศึกษาข้างต้น

4.เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรมที่วิจัยในกรณีที่ไม่ใช้การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสม (Optimum Design) กับตัวอย่างอื่นๆทั่วไปเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมวิจัย

5.เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรมที่วิจัยในกรณีที่ใช้การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสม (Optimum Design) กับตัวอย่างอื่นๆเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมวิจัย

องค์ประกอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้าง สามารถแบ่งขั้นตอนเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

- การจัดเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Pre Processing)
- การวิเคราะห์และการประมวลผล (Processing)

- การแปลผลหลังการประมวลผล (Post Processing)

โดยจะกล่าวรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนของงานวิจัยนี้ ได้ดังนี้

ขั้นตอนก่อนประมวลผล (Pre Processing)

ในขั้นตอนก่อนการประมวลผล จะเป็นการเตรียมข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อที่จะให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำงานตามประสงค์ ได้แก่

1. รูปทรงทางเรขาคณิต ซึ่งจะบอกในรูปของความยาวของโครงสร้างแต่ละชิ้นส่วน และจะเปลี่ยนเป็นรูปของโคออร์ดิเนตของข้อต่อ (Node) ของโครงสร้าง และการเชื่อมต่อข้อต่อ เพื่อโยงยึดกันเป็นองค์อาคาร และโครงสร้าง
2. คุณสมบัติของวัสดุของแต่ละองค์อาคาร ที่ประกอบเป็นโครงสร้าง
3. เงื่อนไขขอบเขต และเงื่อนไขเฉพาะที่
4. ตำแหน่งและขนาดของน้ำหนักบรรทุก
5. รูปแบบระบบพื้น เป็นแบบไร้แรงยึดเหนี่ยวหรือแบบมีแรงยึดเหนี่ยว
6. วิธีวิเคราะห์รวมกรณีถึงการออกแบบอย่างเหมาะสม (Optimum Design) หรือไม่
7. ราคาของวัสดุและแรงงานที่ใช้ในโครงสร้าง

ขั้นตอนการประมวลผล (Processing)

ในขั้นตอนการประมวลผล จะเป็นขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลังจากที่ได้นำข้อมูลเพื่อให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ดำเนินการ สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆดังต่อไปนี้

1. การสร้างสติฟเนสของแต่ละชิ้นส่วน
2. การรวมสติฟเนสของระบบโครงสร้าง
3. การแก้สมการเชิงเส้น
4. การหาค่าหน่วยแรงภายใน
5. การหาค่าสมดุลน้ำหนักบรรทุก
6. การวิเคราะห์ซ้ำณ.ตำแหน่งต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงสมการในช่วงขอบเขตความเป็นไปได้ที่ทำให้ราคาประหยัดสุด
7. หาค่าสมการของการเชื่อมจุดณ.ค่าต่างๆในช่วงขอบเขตความเป็นไปได้
8. หาจุดต่ำสุดสมการหรือจุดที่ทำให้ราคาต่ำสุด

9. เพิ่มความหนาของพื้นคอนกรีตแล้ววิเคราะห์ซ้ำตามขั้นตอนขั้นต้นซ้ำอีกครั้ง จนกระทั่งราคาเริ่มเพิ่มขึ้น

ขั้นตอนหลังการประมวลผล (Post Processing)

ในขั้นตอนหลังการประมวลผล จะเป็นการนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ประมวลผล เพื่อนำมาแปลผลเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ลักษณะการแปลผลและนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ออกมาจากโปรแกรมสามารถทำได้โดย การแสดงผลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือผ่านทางเครื่องพิมพ์

เราสามารถเขียนเขียนขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นตอนออกมาในรูปของไดแกรมการโปรแกรมได้ดังในรูป 3.1 ซึ่งไดอะแกรมดังกล่าวอธิบายได้ละเอียดดังนี้

1.เริ่มต้นจากการป้อนข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปที่อธิบายถึงการออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้าง, รายละเอียดเกี่ยวกับความยาวช่วงเสา พื้น รายละเอียดเกี่ยวกับน้ำหนักบรรทุกและตัวคูณของน้ำหนักบรรทุก รายละเอียดเกี่ยวกับคอนกรีตและลวดอัดแรง

2.เริ่มต้นการคำนวณหาค่าความหนาพื้นคอนกรีตที่น้อยที่สุดจากการคำนวณจาก L/45 ที่เพียงพอสำหรับรับน้ำหนักแรงเฉือน จากค่าการแอ่นตัวลงของพื้น (Deflection Control) ที่เกิดขึ้นทันทีจากน้ำหนักบรรทุกจรสภาวะใช้งาน และจากค่าการโก่งขึ้นของพื้น (Camber Control) เนื่องจากแรงจากลวดอัดแรง

3.นำข้อมูลที่ป้อนในรูปของความยาวและขนาดของโครงสร้าง มาเปลี่ยนเป็นรูปของโคออร์ดิเนตของข้อต่อ และทำการเชื่อมต่อระหว่างข้อต่อ เพื่อที่จะสร้างสติฟเนสของโครงสร้างของแต่ละชิ้นส่วน และรวมสติฟเนสของระบบโครงสร้างทั้งหมด

4.การแก้สมการเชิงเส้นเพื่อหาค่าหน่วยแรงภายในเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร

5.หาค่าแรงประสิทธิผลจากลวดอัดแรงที่ทำให้เกิดสมดุลน้ำหนักบรรทุกน้อยที่สุด (W_p min) ที่ทำให้พื้นเกิดการแอ่นตัวลง (Deflection) และค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้น ไม่เกินค่าที่ยอมให้ในขณะใช้งาน

6.การแก้สมการเชิงเส้นเพื่อหาค่าหน่วยแรงภายในเนื่องจากสมดุลน้ำหนักบรรทุกน้อยที่สุด (W_p min)

7.ตรวจสอบหน่วยแรงเฉือนและการแอ่นตัวของพื้น ถ้าเกินหน่วยแรงหรือการแอ่นตัวที่ยอมให้ ให้เพิ่มความหนาของพื้นใหม่ และกลับไปเริ่มต้นที่ข้อ 3. ใหม่

T 172229 194

8.หาค่าแรงประสิทธิผลจากลวดอัดแรงที่ทำให้เกิดสมดุลน้ำหนักบรรทุก(W_p mid) ที่ทำให้เกิดหน่วยแรงดึงที่บริเวณช่วงกลางระหว่างเสา เกิดหน่วยแรงดึงที่เกิดจากโมเมนต์บวกมีค่าเท่ากับ $0.53\sqrt{f_c'}$ ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนแปลงเส้นสมการในขอบเขตความเป็นไปได้ของคำตอบ โดยการเพิ่มแรงประสิทธิผล จนถึงค่าแรงประสิทธิผลมากที่สุดที่ทำให้เกิดสมดุลน้ำหนักบรรทุกมากที่สุด (W_p max) ที่ไม่เกินหน่วยแรงที่ยอมให้ในคอนกรีต ขณะถ่ายแรงและการโก่งขึ้นที่ไม่เกินค่าที่กำหนด หรือจุดที่เพิ่มแรงประสิทธิผลต่อไปแล้วก็ไม่ทำให้เหล็กเสริมในพื้นคอนกรีตไร้คานอัดแรงภายหลังลดลง

9. จากค่า W_p min และ W_p mid หาค่า W_{p1} ได้ดังนี้

$$W_{p1} = 0.50 (W_p \text{ mid} - W_p \text{ min}) + W_p \text{ min}$$

จากค่า W_p mid และ W_p max หาค่า W_{p2} ,W_{p3} , W_{p4} ได้ดังนี้

$$W_{p2} = 0.25 (W_p \text{ max} - W_p \text{ mid}) + W_p \text{ mid}$$

$$W_{p3} = 0.50 (W_p \text{ max} - W_p \text{ mid}) + W_p \text{ mid}$$

$$W_{p4} = 0.75 (W_p \text{ max} - W_p \text{ mid}) + W_p \text{ mid}$$

10.การแก้สมการเชิงเส้นเพื่อหาค่าหน่วยแรงภายในเนื่องจากสมดุลน้ำหนักบรรทุกช่วงกลาง (W_p mid) W_{p1} , W_{p2} , W_{p3} , W_{p4} และสมดุลน้ำหนักบรรทุกมากที่สุด (W_p max)

11. หาค่าเหล็กเสริมในพื้นคอนกรีตอัดแรงจากค่าสมดุลน้ำหนักบรรทุกต่างๆ ได้แก่ W_p min , W_p mid , W_{p1} , W_{p2} , W_{p3} , W_{p4} ,W_p max

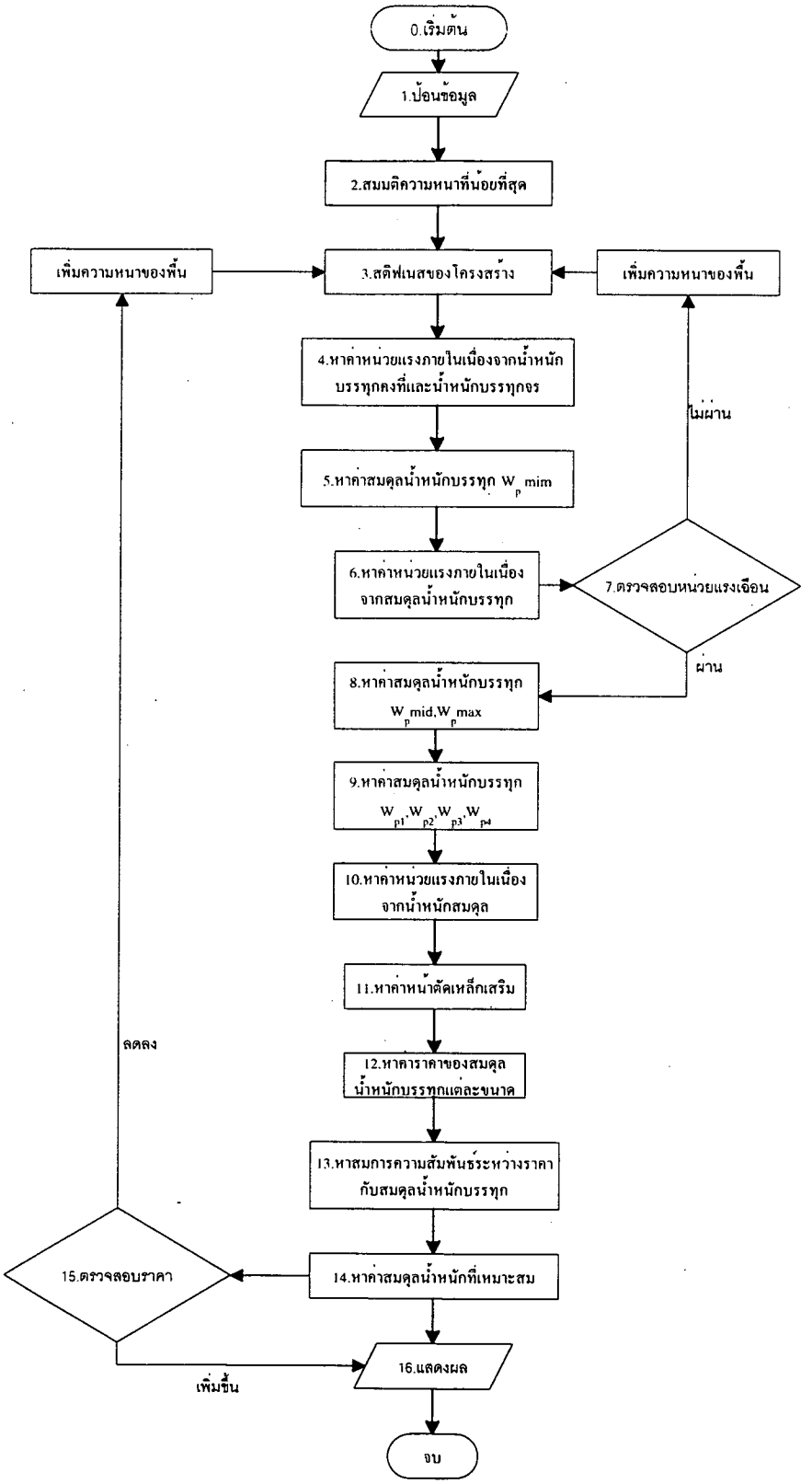
12.หาค่าราคาของโครงสร้างที่พิจารณาจากราคาของแรงประสิทธิผลจากลวดอัดแรง ราคาของเหล็กเสริมและราคาของปริมาณพื้นคอนกรีต

13. สร้างสมการเส้นกราฟความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างราคาของโครงสร้างที่พิจารณากับค่าแรงประสิทธิผลจากลวดอัดแรง โดยในช่วง W_p min ถึง W_p mid จะเป็นสมการโพลิโนเมียลกำลังสอง ส่วนในช่วง W_p mid ถึง W_p max จะเป็นเส้นโค้งซึ่งแทนด้วยสมการเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสี่

14.หาค่าน้ำหนักสมดุลที่เหมาะสมของพื้นคอนกรีตไร้คานอัดแรงภายหลังได้โดยหาค่าต่ำสุดของสมการข้อมูลในข้อ 13.

15. เพิ่มความหนาของพื้นคอนกรีตแล้ววิเคราะห์ซ้ำตามขั้นตอน 3 - 14 ซ้ำอีกครั้ง จนกระทั่งราคาของโครงสร้างที่พิจารณาเริ่มเพิ่มขึ้น

16.แสดงผลข้อมูลออกทางจอภาพหรือเครื่องพิมพ์



รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิจัย