บทที่ 3

ผลการวิเคราะห์และการหาความสัมพันธ์เชิงพฤติกรรม

ในบทนี้จะกำหนดค่าให้กับตัวแปรต่างๆ ของแบบจำลองต้นแบบของโครงสร้างแผ่นพื้นท้องเรียบ ซึ่งกล่าวไว้ในบทที่ 2 เพื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีไฟไนท์เอลเลเมนต์ จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มาคำนวณหาค่าสติฟเนสยึดโยง (Attached stiffness) ในแต่ละกรณี แล้วจึงทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสติฟเนสยึดโยงกับตัวแปรต่างๆ ซึ่งจะกล่าวต่อไปตามลำดับ

แบบจำลองต้นแบบของโครงสร้างแผ่นพื้นท้องเรียบ ที่จะใช้ในการศึกษาพฤติกรรมสำหรับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ค่าคงที่ และตัวแปร ดังต่อไปนี้

1. ค่าคงที่ ได้แก่
   - ก. โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ, E กำหนดให้มีค่า 2×10^6 ตันต่อตารางเมตร
   - ข. อัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio) กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.20
2. ตัวแปร ได้แก่
   - ก. จำนวนช่วงเสา, N
   - ข. ความยาวช่วงของพื้น, L_1
   - ค. ความกว้างของพื้น, L_2
   - ง. ความหนาของพื้น, h
   - จ. สติฟเนสของเสา, K_c

เมื่อทำการวิเคราะห์แบบจำลองต้นแบบด้วยวิธีไฟไนท์เอลเลเมนต์ โดยกำหนดให้ตัวแปรต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นมีค่าดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ได้ผลลัพธ์คือ การเปลี่ยนตำแหน่งทั้งการเคลื่อนที่ (Translation) และมุมหมุน (Rotation) ที่จุดต่อ (node) ต่างๆ และค่าของแรงภายในชิ้นส่วนแผ่นพื้นและเสา แต่จะนำค่าของมุมหมุนที่จุดต่อของพื้นและเสา, θ_c ของเสาแต่ละต้นเท่านั้นมาใช้ในการคำนวณหาค่าสติฟเนสยึดโยง, K_t ตามวิธีซึ่งแสดงไว้ในบทที่ 2

โดยค่าตัวแปรและผลลัพธ์ต่างๆ ที่คำนวณได้แสดงไว้ดังในตารางที่ 3.2 ถึงตารางที่ 3.6

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างสติฟเนสยึดโยงกับตัวแปรต่างๆ</u>

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสติฟเนสยึดโยง, K_t ที่คำนวณได้ กับตัวแปรต่างๆ ของแบบจำลองต้นแบบโครงสร้างแผ่นพื้นท้องเรียบ โดยในขั้นแรกเปลี่ยนค่าตัวแปรตามตารางที่ 3.1 ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ถึง 3.5 นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างค่าสติฟเนสยึดโยง กับตัวแปรต่างๆ ทีแต่ละตัว พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อค่าสติฟเนสยึดโยงมี 3 ตัว คือ ความหนาของพื้น, h ความยาวช่วงของพื้น, L_1 และความกว้างของพื้น, L_2 ซึ่งอยู่ใน 2 รูปแบบดังนี้

1. ความหนาของพื้น ซึ่งจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของพื้นกับค่าสติฟเนสยึดโยงที่เสาต้นริม, K_{t_1} และที่เสาต้นใน, K_{t_2} ดังกราฟที่แสดงในรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 ตามลำดับ จะพบว่าเส้นกราฟทั้งหมดของโครงสร้างที่มีจำนวนช่วงเสาตั้งแต่ 1 ถึง 4 นั้น มีลักษณะเป็นเส้นโค้งเดียวคล้าย ๆ กัน แต่มีค่าแตกต่างกันบ้างคือ ในรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของพื้นกับสติฟเนสยึดโยงที่เสาต้นริม พบว่าเส้นกราฟของโครงสร้างตั้งแต่ 2 ถึง 4 ช่วงเสา มีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนเส้นกราฟของโครงสร้าง 1 ช่วงเสา มีค่าแตกต่างจากเส้นกราฟของโครงสร้างอื่นบ้าง ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของพื้นกับค่าสติเนสยึดโยงที่เสาต้นใน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งมีค่าสำหรับโครงสร้าง 3 และ 4 ช่วงเสาเท่านั้น พบว่าเส้นกราฟของโครงสร้าง 4 ช่วงเสามีค่ามากกว่าเส้นกราฟของโครงสร้าง 3 ช่วงเสาเล็กน้อย

2. ความยาวช่วงของพื้น และความกว้างของพื้น ซึ่งจากการศึกษาในขั้นแรกโดยเปลี่ยนค่าของตัวแปรความช่วงของพื้น และความกว้างของพื้นทีละตัว แล้วทดลองนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าสติฟเนสยึดโยงเทียบกับสัดส่วนความกว้างต่อความยาวช่วงของพื้น, L_2/L_1 พบว่าเส้นกราฟทั้งสองทับกันเป็นเส้นเดียวกันจึงสรุปได้ว่าค่าทั้งสองคือความยาวช่วงของพื้น และความกว้างของพื้น มีอิทธิพลต่อค่าสติฟเนสยึดโยงพร้อม ๆ กัน ในรูปของสัดส่วนความกว้างต่อความยาวช่วงของพื้นซึ่งแสดงไว้ดังในรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 นั่นคือรูปที่ 3.3 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนความกว้างต่อความยาวช่วงของพื้นกับค่าสติฟเนสยึดโยงที่เสาต้นริม, K_{t_1} ของโครงสร้างตั้งแต่ 1 ถึง 4 ช่วงเสา ซึ่งพบว่าเส้นกราฟมีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้งหงายในลักษณะคล้าย ๆ

กันโดยเส้นกราฟของโครงสร้างตั้งแต่ 2 ถึง 4 ช่วงเสาจะมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนเส้นกราฟของโครงสร้าง 1 ช่วงเสา มีค่าแตกต่างจากเส้นกราฟของโครงสร้างอื่นบ้าง ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของสัดส่วนความกว้างต่อความยาวช่วงของพื้นกับค่าสติฟเนสยึดโยงที่เสาต้นใน, K_{12} ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 นั้นจะเห็นว่าเส้นกราฟของโครงสร้าง 4 ช่วงเสามีค่ามากกว่าเส้นกราฟของโครงสร้าง 3 ช่วงเสาเล็กน้อย

ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสติฟเนสของเสา, K_c กับค่าสติฟเนสยึดโยงที่เสาต้นริมและเสาต้นใน สำหรับโครงสร้าง 3 ช่วงเสา ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าเมื่อค่าสติฟเนสของเสามีค่ามากขึ้น คือมีค่ามากกว่าค่าสติฟเนสยึดโยงที่เสาต้นริม, K_{11} ประมาณ 10 เท่า ค่าสติฟเนสยึดโยงจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จึงสรุปได้ว่า สติฟเนสของเสามีผลต่อค่าสติฟเนสยึดโยงน้อยมาก และจะไม่นำมาใช้หาความสัมพันธ์

เมื่อได้พิจารณากราฟรูปที่ 3.1 ถึงรูปที่ 3.4 แล้วจะพบว่า โครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้เป็นตัวแทนของโครงสร้างทั้งหมด คือโครงสร้างที่มีจำนวนช่วงเสา 3 ช่วงเสา เพราะเมื่อนำไปใช้วิเคราะห์โครงสร้างโดยประมาณ จะให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด หลังจากนั้น จึงทำการศึกษาผลของสัดส่วนความกว้างต่อความยาวช่วงของพื้นเพิ่มเติมเพื่อที่จะได้หาความสัมพันธ์ของค่าสติฟเนสยึดโยงได้ละเอียดมากขึ้น โดยจะพิจารณาค่าสัดส่วนความกว้างต่อความยาวช่วงของพื้นที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 สำหรับโครงสร้าง 3 ช่วงเสา ส่วนค่าของตัวแปรต่าง ๆ และผลลัพธ์ที่คำนวณได้นั้นแสดงไว้ในตารางที่ 3.6 ซึ่งหลังจากนำมาเขียนกราฟและทำศึกษาหาความสัมพันธ์แล้วพบว่าค่าสติฟเนสยึดโยงทั้งที่เสาริมและที่เสาใน แปรผันโดยตรงกับค่ากำลังสามของความหนาของพื้นดังแสดงในรูปที่ 3.6 และมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนความกว้างต่อความยาวช่วงของพื้นในรูปของสมการโพลีโนเมียลอันดับที่สอง ดังรูปที่ 3.7

และหลังจากที่ทำการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสติฟเนสยึดโยงที่เสาต้นริมและเสาต้นใน กับความหนาของพื้น และสัดส่วนความกว้างต่อความยาวช่วงของพื้นพร้อมๆ กัน สำหรับโครงสร้าง 3 ช่วงเสา จะได้ความสัมพันธ์ในรูปสมการดังต่อไปนี้

$$K_{s1} = h^3 \left[763731 - 629964 \left(L_2/L_1\right) + 802717 \left(L_2/L_1\right)^2 \right]$$

$$= 763731\, h^3 \left[1 - 0.825 \left(L_2/L_1\right) + 1.051 \left(L_2/L_1\right)^2 \right]$$

$$= (4.582) \frac{Eh^3}{12} \left[1 - 0.825 \left(L_2/L_1\right) + 1.051 \left(L_2/L_1\right)^2 \right] \quad ...(3.1)$$

$$K_{s2} = h^3 \left[1542084 - 1401388 \left(L_2/L_1\right) + 541717 \left(L_2/L_1\right)^2 \right]$$

$$= 1542084\, h^3 \left[1 - 0.909 \left(L_2/L_1\right) + 0.351 \left(L_2/L_1\right)^2 \right]$$

$$= (9.253) \frac{Eh^3}{12} \left[1 - 0.909 \left(L_2/L_1\right) + 0.351 \left(L_2/L_1\right)^2 \right] \quad ...(3.2)$$

ความสัมพันธ์ของค่าสติฟเนสยืดโยงที่เสาต้นริม (สมการที่ 3.1) และที่เสาต้นใน (สมการที่ 3.2) ที่ได้นี้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างแผ่นพื้นท้องเรียบด้วยวิธีอย่างง่ายที่ได้เสนอขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยที่มีขอบเขตการใช้งานคือ ค่าสัดส่วนความกว้างต่อความยาวช่วงของพื้นมีค่าตั้งแต่ 0.5 ถึง 2.0 ซึ่งในบทต่อไปจะทำการเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ด้วยวิธีอย่างง่ายกับวิธีไฟไนท์เอลเลเมนต์และวิธีเฟรมเสมือน เพื่อหาความคลาดเคลื่อนสำหรับโครงสร้างในกรณีต่าง ๆ