บทที่ 4

ปัญหาการบิดของโครงสร้างสะพานชนิดสเตรสริบบอน

4.1 การบิดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกเยื้องศูนย์

เมื่อน้ำหนักบรรทุกกระทำเยื้องศูนย์ต่อหน้าตัดแผ่นพื้น แผ่นพื้นจะเกิดการหย่อนตัว และขณะเดียวกันหน้าตัดของแผ่นพื้นก็จะเกิดการบิด ในการวิเคราะห์การบิดของสะพานนั้น จะหาความสัมพันธ์ของแรงบิดกับมุมของการบิด โดยจะวิเคราะห์ในกรณีน้ำหนักบรรทุกเยื้องศูนย์กระทำเป็นบางช่วง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ข. ส่วนในกรณีน้ำหนักบรรทุกเยื้องศูนย์กระทำเป็นจุดนั้นก็จะมีวิธีการเช่นเดียวกัน เมื่อแรงบิดกระทำไม่สมมาตรกับความยาวช่วงของโครงสร้างสะพาน สมการพาราโบลาที่ใช้สมมติความโค้งของเคเบิ้ลจะไม่ต่อเนื่องกันตลอด แต่จะแบ่งการหย่อนตัวในลักษณะพาราโบลาเป็นช่วง จุดที่แรงบิดภายนอกกระทำแผ่นพื้นด้านกดลงจะมีลักษณะเสมือนน้ำหนักมากระทำต่อเคเบิ้ลเส้นที่พิจารณานั้น เกิดการหย่อนตัวที่สอดคล้องกับการบิด ในทางกลับกันแผ่นพื้นด้านที่ยกขึ้น เคเบิ้ลเส้นที่พิจารณาก็จะเสมือนมีน้ำหนักมากระทำในทิศทางตรงกันข้าม ข้อสมมติฐานในการวิเคราะห์คือ

1. หน้าตัดแผ่นพื้นไม่เสียรูปร่างขณะรับแรงบิด
2. เคเบิ้ลหย่อนตัวตามสมการพาราโบลายังคงใช้ได้
3. ปลายของแผ่นพื้นทั้งสองฝั่งยึดแน่น

จากรูปที่ 3.4 ก. และจากสมการที่ 3.40, 3.41, 3.43 ในบทที่ 3 จะได้ความสัมพันธ์ต่าง ๆ คือ

$$\tan\beta_2 = \frac{L_1\tan\beta_1+h}{L_2} \qquad \text{.....(3.40)}$$

$$\sec\beta_2 = \sqrt{1+\left(\frac{L_1\tan\beta_1+h}{L_2}\right)^2} \qquad \text{.....(3.41)}$$

$$\frac{d_2}{L_2} = -\frac{d_1}{L_1} + \frac{\tan\beta_1}{4} + \left(\frac{L_1\tan\beta_1+h}{4L_2}\right) \qquad \text{.....(3.43)}$$

และจากสมการที่ 3.43 และ 3.44 จะได้ความสัมพันธ์ คือ

$$(W_1+W_2)L_2\text{Sec}\beta_2 = \frac{W_1L_1\text{Sec}\beta_1}{\left[\frac{L_2}{d_2}\left(\frac{\tan\beta_1}{4}+\frac{L_1\tan\beta_1+h}{4L_2}\right)-1\right]} \quad \ldots\ldots\ldots(4.1)$$

เมื่อให้ $\Delta W_1 = W_2$ ในสมการ (4.1) เขียนใหม่จะได้ ΔW_1 คือ

$$\Delta W_1 = \frac{W_1L_1\text{Sec}\beta_1}{L_2\text{Sec}\beta_2\left[\frac{L_2}{d_2}\left(\frac{\tan\beta_1}{4}+\frac{L_1\tan\beta_1+h}{4L_2}\right)-1\right]} - W_1 \quad \ldots\ldots(4.2)$$

โดยที่

ΔW_1 = น้ำหนักเสมือนที่มากระทำต่อเคเบิ้ลให้หย่อนตัวสอดคล้องกับการบิด

เนื่องจากความสัมพันธ์ของ $\tan\beta_1$ กับ $\frac{d_2}{L_2}$ ไม่สามารถหาได้โดยตรง จากสมการที่ 3.43 และสมการ 3.45 สามารถหา $\frac{d_2}{L_2}$ ได้โดยที่ต้องกำหนดค่า $\tan\beta_1$ ในเบื้องแรก จะได้

$$\ell = \ell_{AC}+\ell_{CB} = L_1\{1+\frac{8}{3}\left[\frac{1}{4}(\tan\beta_1+\tan\beta_2-4\frac{d_2}{L_2})\right]^2\left[1 - \frac{3W_1L_1\text{Sec}^3\beta_1}{64AE}\left(\frac{1}{\frac{1}{4}(\tan\beta_1+\tan\beta_2-4\frac{d_2}{L_2})}\right)^3\right] + \frac{1}{2}\tan^2\beta_1\}+L_2\{1+\frac{8}{3}\left(\frac{d_2}{L_2}\right)^2\left[1- \frac{3W_1L_1\text{Sec}\beta_1\text{Sec}^2\beta_2}{\left[\frac{L_2}{d_2}\left(\frac{\tan\beta_1}{4}+\frac{L_1\tan\beta_1+h}{4L_2}\right)-1\right]}\cdot\frac{1}{64AE}\left(\frac{L_2}{d_2}\right)^3\right]+\frac{1}{2}\tan^2\beta_2\}$$

$\ldots\ldots\ldots(4.3)$

จากรูป 4.2 สมการสมดุลย์ คือ

$$T_\star = T_d+\Delta w_1n_1+\Delta w_2n_2 \quad \ldots\ldots\ldots(4.4)$$

เมื่อ

T_* = โมเมนต์บิดภายนอกที่หน้าตัดใด ๆ

T_d = โมเมนต์บิดต้านโดยแผ่นพื้น

n = แขนของแรงคู่ควบ

โดยการสมมติคำการหย่อนตัวหรือมุมของการบิดที่เหมาะสมสามารถหาค่าโมเมนต์บิดของแผ่นพื้นได้ จากการทดลองจะได้ความสัมพันธ์ของ T_d และ θ ดังในรูปที่ 7.11 และตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ข.