



แบบจำลองชิ้นส่วน

ชิ้นส่วนที่มีขนาดไม่คงที่

งานวิจัยนี้พิจารณาแบบจำลองชิ้นส่วนที่มีขนาดไม่คงที่ (Non Prismatic Member) เนื่องจากจะสามารถครอบคลุมไปถึงชิ้นส่วนที่มีขนาดคงที่ (Prismatic Member) ได้ด้วย ทำให้สามารถเลือกแบบจำลองชิ้นส่วนได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้นและยังได้แบบจำลองชิ้นส่วนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับสภาพจริง ซึ่งมักจะมีขนาดไม่คงที่เมื่อโครงสร้างมีช่วงยาว

พิจารณาชิ้นส่วนคานที่มีความกว้างคงที่และมีหน้าตัดลาดเอียง (Tapered Beam) โดยที่มีความลึกลาดเอียงสม่ำเสมอเป็นเส้นตรงตามรูปที่ 4.1 Tuma และ Munshi [15] ได้เสนอสมการเพื่อประมาณค่าพื้นที่หน้าตัดและโมเมนต์อินเนอร์เซียที่ระยะใด ๆ ตามความยาวของคาน ดังนี้

$$A_x = A_a \cdot \left(1 + r \cdot \frac{x}{L}\right)^m \quad (4.1)$$

$$I_x = I_a \cdot \left(1 + r \cdot \frac{x}{L}\right)^n \quad (4.2)$$

$$r = \frac{H_b}{H_a} - 1 \quad (4.3)$$

เมื่อ A_x = พื้นที่หน้าตัดที่ระยะ x วัดจากปลายด้านที่เป็นข้อต่อเริ่มต้นเสมอ

I_x = โมเมนต์อินเนอร์เซียที่ระยะ x

r = ค่าคงที่ของชิ้นส่วนใด ๆ ตามสมการที่ 4.3

m และ n = ตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor) ของหน้าตัด หาได้จาก

$$m = \frac{(\log A_b - \log A_n)}{(\log H_b - \log H_n)} \quad (4.4)$$

$$n = \frac{(\log I_b - \log I_n)}{(\log H_b - \log H_n)} \quad (4.5)$$

เมื่อ A_n และ A_b = พื้นที่หน้าตัดที่ปลายด้านที่เป็นข้อต่อเริ่มต้นและข้อต่อสิ้นสุด
 I_n และ I_b = โมเมนต์อินเนอร์เซียที่ปลายด้านที่เป็นข้อต่อเริ่มต้นและข้อต่อสิ้นสุด
 H_n และ H_b = ความลึกคานที่ปลายด้านที่เป็นข้อต่อเริ่มต้นและข้อต่อสิ้นสุด

สมการที่ (4.1) และ (4.2) จะให้ค่าพื้นที่หน้าตัดและโมเมนต์อินเนอร์เซียที่ถูกต้อง (Exact) ที่ระยะเป็นศูนย์และที่ระยะ L ส่วนที่ระยะอื่น ๆ จะให้ค่าใกล้เคียงกับค่าจริง

การคำนวณหาสัจพจน์ของชิ้นส่วน กระทำได้โดยเริ่มต้นหาได้จาก การพิจารณา เพลกซิบิลิตีเมตริกซ์ย่อยของชิ้นส่วน (Flexibility Matrix) ซึ่งเพลกซิบิลิตีเมตริกซ์ตามแนวแกนและการตัดของชิ้นส่วนที่มีหน้าตัดใด ๆ ถ้าไม่คิดรวมผลของการเงื่อนหาได้ดังนี้ (ปณิธาน ลัก-คณะประสิทธิ์ [18])

$$[f] = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} \int_0^L \frac{1}{A(x)} dx & 0 & 0 \\ 0 & \int_0^L \frac{1}{I(x)} \left(1 - \frac{x}{L}\right)^2 dx & \int_0^L \frac{x}{I(x) \cdot L} \left(1 - \frac{x}{L}\right) dx \\ 0 & \int_0^L \frac{x}{I(x) \cdot L} \left(1 - \frac{x}{L}\right) dx & \int_0^L \frac{x^2}{I(x) \cdot L^2} dx \end{bmatrix} \quad 3 \times 3 \quad (4.6)$$

ในทางปฏิบัตินิยมคำนวณแต่ละพจน์ในสมการที่ (4.6) ด้วยการอินทิเกรตเชิงเลข งานวิจัยนี้ใช้กฎของซิมป์สันในการคำนวณ โดยการแบ่งคานออกเป็นชิ้นส่วนย่อย ๆ ที่มีความยาวเท่ากัน จำนวนที่แบ่งกำหนดโดยผู้ใช้ ซึ่งมีผลต่อความละเอียดถูกต้องของคำตอบที่ได้และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย

เมื่อหาเฟลกซ์บิลิตีเมตริกซ์ย่อยของชิ้นส่วนได้แล้ว ก็สามารถหาสตีเฟเนสส์ย่อยของชิ้นส่วนได้จากการหาอินเวอร์สเมตริกซ์ (Inversion of Matrix) ของเฟลกซ์บิลิตีเมตริกซ์ย่อย ซึ่งสตีเฟเนสส์ย่อยของชิ้นส่วนที่หาได้ จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์สตีเฟเนสส์รวมของโครงสร้าง แรงยึดแน่นที่ปลายตลอดจนแรงภายในชิ้นส่วนด้วย

จะสังเกตได้ว่า ค่าพื้นที่หน้าตัดและโมเมนต์อินเนอร์เซียในสมการที่ (4.6) มีค่าไม่คงที่ แปรเปลี่ยนตามสมการที่ (4.1) และ (4.2) ตามลำดับ ดังนั้นน้ำหนักบรรทุกคงที่ของคานจริงจึงมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ ในงานวิจัยนี้สมมติให้คานรับน้ำหนักบรรทุกชนิดแผ่กระจายสม่ำเสมอเท่านั้น

ชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง

ในงานวิจัยนี้คิดผลของกาวอัดแรงที่กระทำกับชิ้นส่วนได้ 2 แบบ คือ

1. ในกรณีที่แนวเหล็กเสริมอัดแรงเป็นเส้นโค้งรูปพาราโบลา สามารถพิจารณาในลักษณะแรงสมดุล (Load Balancing) ที่เสนอโดย Lin [17] โดยแทนแรงที่เกิดจากการอัดแรงด้วยแรงสม่ำเสมอเทียบเท่าที่กระทำกับชิ้นส่วนของโครงสร้าง และแรงเทียบเท่าที่กระทำที่ข้อต่อของโครงสร้าง

2. ในลักษณะของชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete Element) โดยพิจารณาโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงเป็นส่วนประกอบ (Assemblage) ของชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงย่อย ๆ มาต่อกัน และคิดสตีเฟเนสส์ของชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงจากส่วนที่เป็นคอนกรีตเท่านั้น ไม่คำนึงถึงสตีเฟเนสส์ของเหล็กเสริม (ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปมีค่าน้อยมาก) สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงนั้นจะสมมติเป็นเส้นตรง

รูปที่ 4.2 แสดงชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงความยาว L ที่ปลาย i มีแรงอัด F_1 กระทำ ส่วนที่ปลาย j แรงอัดมีค่าลดลงเนื่องจากการเสื่อมผลจากความผิดเหลือนแรงเท่ากับ F_2 ซึ่งแรง F_1 และ F_2 ที่หน้าตัดระยะ x ใด ๆ ของชิ้นส่วน สามารถคำนวณได้จาก (Lin [17])

$$F_x = F_o \cdot e^{-(kx + \mu\alpha)} \quad (4.7)$$

เมื่อ F_x = แรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงที่ระยะ x จากสมอยึด

F_o = แรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงที่สมอยึด (Anchorage)

k = สัมประสิทธิ์ความผิดเนื่องจากความคด ต่อหน่วยความยาว

μ = สัมประสิทธิ์ความผิดเนื่องจากความโค้ง

α = มุมลาด (Slope) ที่เปลี่ยนไประหว่างปลายทั้งสองของเหล็กเสริมอัดแรงที่หน้าตัดที่พิจารณา

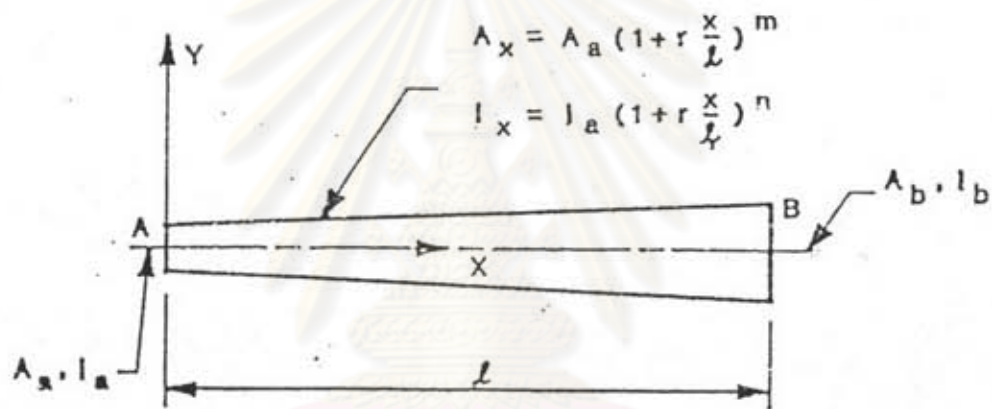
โดยการแบ่งชิ้นส่วนเหล็กเสริมอัดแรงออกเป็นจำนวน N ส่วน ความยาว ๆ กัน จะคำนวณแรงเสียดทาน fr_i ในชิ้นส่วนย่อย i ได้จาก

$$fr_i = \frac{F_1 - F_2}{N} \quad (4.8)$$

แรงเสียดทานนี้จะสมมติให้กระทำที่ตำแหน่งกึ่งกลางชิ้นส่วนของเหล็กเสริมอัดแรงย่อยที่ i ซึ่งโดยทั่วไปอาจกระทำที่ตำแหน่งเชิงศูนย์กลางกับแกนศูนย์กลางของชิ้นส่วน ดังนั้นเมื่อย้ายแรงเสียดทานให้กระทำที่ตำแหน่งแกนศูนย์กลางของชิ้นส่วนแล้ว จะสามารถแทนแรงเสียดทานดังกล่าวได้ด้วยแรงที่กระทำในทิศทางแกนประจำตัว (Local Coordinate) ของชิ้นส่วน จำนวน 3 แรง แล้วจึงวิเคราะห์โครงสร้าง โดยพิจารณาแรงเสียดทานเป็นเหมือนน้ำหนักบรรทุกทั่วไปที่กระทำกับชิ้นส่วน (Element Load) ส่วนแรงอัดที่ปลายชิ้นส่วนเมื่อแตกแรงเข้าหาแกนของโครงสร้าง (Global Coordinate) ก็พิจารณาเหมือนแรงที่กระทำที่ข้อต่อของโครงสร้างทั่วไป

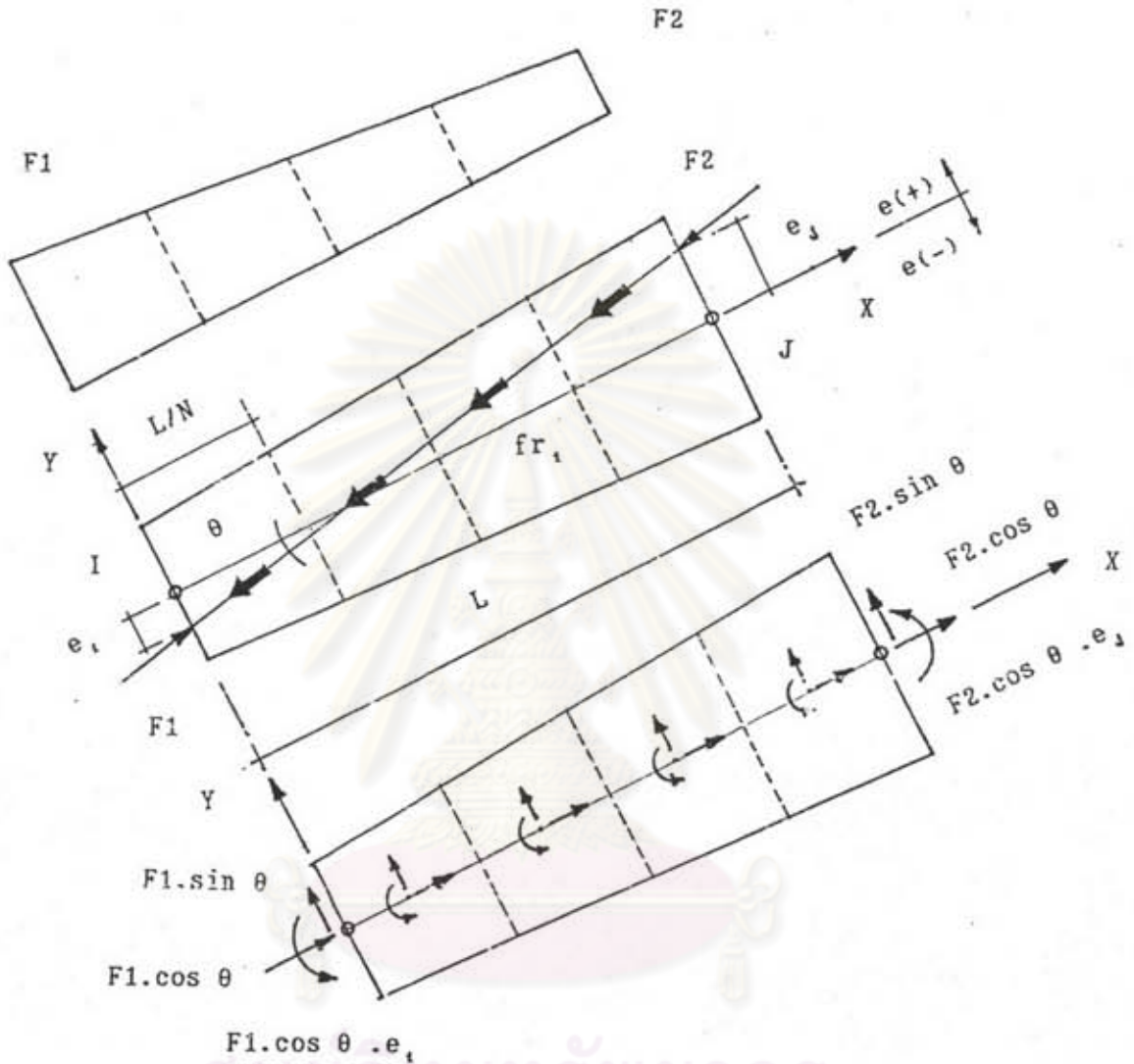
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ ได้จัดเตรียมการป้อนข้อมูลของเหล็ก

เสริมอัดแรงสำหรับกรณีที่ใช้แบบจำลองชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง โดยโปรแกรมสามารถที่จะสร้าง (Generate) ข้อมูลระยะเชิงศูนย์ของแนวเหล็กเสริมอัดแรงได้เอง จากข้อมูลตำแหน่งเหล็กเสริมอัดแรงที่ปลายของชิ้นส่วนที่กำหนดโดยผู้ใช้ จึงช่วยลดเวลาและลดข้อผิดพลาดในการป้อนข้อมูล รวมทั้งยังเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้มากยิ่งขึ้นด้วย



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะชิ้นส่วนขนาดไม่คงที่ชนิดคานที่มีหน้าตัดลาดเอียง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 แสดงชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงที่ใช้ในงานวิจัยนี้