หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 สมมุติฐานเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์แผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควำ่

ในการวิเคราะห์แผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควำ่ ใช้ทฤษฎีอีลาสติก โดยมีสมมุติฐานดังต่อไปนี้

2.1.1 พื้นที่หน้าตัดซึ่งเป็นระนาบก่อนรับแรงดัด ยังคงเป็นระนาบอยู่หลังจากรับแรงดัดแล้ว

2.1.2 ขณะที่บรรทุกน้ำหนักใช้งาน ถือว่าวัสดุ (คอนกรีตและไม้ไผ่) ที่ใช้ยังอยู่ในช่วงพิกัดยืดหยุ่น

2.1.3 หลังการแตกร้าวถือว่าคอนกรีตรับแรงอัดที่เกิดขึ้นทั้งหมด และไม้ไผ่รับแรงดึงที่เกิดขึ้นทั้งหมด

2.2 ทฤษฎีอีลาสติกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควำ่

2.2.1 การต้านทานโมเมนต์ดัดของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควำ่

สำหรับแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควำ่ เมื่อแนวแกนสะเทินอยู่ภายแผ่นพื้นในแนวนอน สูตรที่ใช้จะเหมือนกับกรณีของคานหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความกว้าง b และลึก d สำหรับในกรณีที่แนวแกนสะเทินอยู่ในแผ่นพื้นในแนวดิ่ง คือระยะ kd มากกว่าความหนา t ของแผ่นพื้นในแนวนอน จะต้องพิจารณาดังนี้

ตามรูปที่ (3b) เมื่อหน่วยแรงอัดที่ผิวบนของแผ่นพื้นในแนวนอนมีค่า f_c หน่วยแรงอัดที่ผิวล่างของแผ่นพื้นในแนวนอนจะมีค่าเท่ากับ $f_c(\frac{kd-t}{kd})$

แรงอัดในคอนกรีต $C = \frac{1}{2}\left[f_c + \frac{f_c}{kd}(kd-t)\right] bt + \frac{f_c t}{kd}(kd-t)^2$

แรงดึงในไม้ไผ่เสริม $T = A_b f_b = pbdf_b$

จากสภาวะสมดุลย์ $T = C$

$$pbdf_b = \frac{1}{2}\left[f_c + \frac{f_c}{kd}(kd-t) \right] bt + \frac{f_c t}{kd}(kd-t)^2$$

แทนค่า $f_b = nf_c \left(\frac{1-k}{k}\right)$

$$pbd\ nf_c\left(\frac{1-k}{k}\right) = \frac{1}{2}\left[f_c + \frac{f_c}{kd}(kd-t)\right]bt + \frac{f_c t}{kd}(kd-t)^2$$

$$f_c d^2 t\ (k^2) + (df_c bt - 2df_c t^2 + pbd^2 nf_c)(k) + (f_c t^3 - \frac{bt^2}{2} + pbd^2 nf_c) = 0 \quad (a)$$

สำหรับค่า k หาได้จากสมการ (a) นี้ โดยเมื่อทราบค่า f_c และขนาดของหน้าตัดและปริมาณไม้ไผ่เสริม

ระยะที่จุดที่แรงอัด C_1 กระทำจากผิวบนของแผ่นพื้น Y ตามรูปที่ (3c) หาได้จากโมเมนต์รอบผิวบนของแผ่นพื้นในแนวนอนคือ

$$\frac{2kd-t}{2kd} f_c bty = \frac{f_c}{kd}(kd-t)b.t.\frac{t}{2} + \frac{1}{2}\frac{f_c}{kd}.tb.t.\frac{t}{3}$$

$$Y = \frac{t(3kd - 2t)}{3(2kd - t)}$$

ช่วงแขนโมเมนต์ $jd = d-y$

โมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต $M_c = (1 - \frac{t}{2kd}) f_c btjd + \frac{f_c}{kd} t(kd-t)^2 (d - \frac{kd}{3} - \frac{2t}{3})$

โมเมนต์ต้านทานโดยไม้ไผ่เสริม $M_b = A_{bf} f_b jd + (A_b - A_{bf})(d - \frac{kd}{3} - \frac{2t}{3}) f_b$

สำหรับแรงอัดที่ได้จากคอนกรีตระหว่างผิวล่างแผ่นพื้นในแนวนอนถึงแนวแกนสะเทินมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับแรงอัดที่แผ่นพื้นในแนวนอน ดังนั้นถ้าไม่คิดแรงอัดใต้ผิวแผ่นพื้นในแนวนอนลงมาจะได้ค่า k ออกมาอยู่ในรูป

$$k = \frac{np + \frac{1}{2}(\frac{t}{d})^2}{np + (\frac{t}{d})}$$

และได้ โมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต $M_c = (1 - \frac{t}{2kd}) f_c \, btjd$

โมเมนต์ต้านทานโดยไม้ไผ่เสริม $M_b = A_b f_b jd$

เมื่อ $jd = d-y$, $y = \frac{t(3kd-2t)}{3(2kd-t)}$

ในกรณีที่แนวแกนสะเทินอยู่ภายในแผ่นพื้นในแนวนอนจะได้

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$$

$$j = 1 - \frac{k}{3}$$

โมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต $M_c = \frac{1}{2} f_c kjbd^2$

โมเมนต์ต้านทานโดยไม้ไผ่เสริม $M_b = A_b f_b jd$

การหาตำแหน่งของแนวแกนสะเทินเมื่อกำหนดค่า f_b, f_c และ n มาให้

ความเครียดของคอนกรีต $\epsilon_c = \frac{f_c}{E_c}$

ความเครียดของไม้ไผ่ $\epsilon_b = \frac{f_b}{E_b}$

$$\therefore \frac{\epsilon_c}{\epsilon_b} = \frac{f_c/E_c}{f_b/E_b} = \frac{f_c}{f_b}\frac{E_b}{E_c}$$

จากรูป (3a) $\frac{\epsilon_c}{\epsilon_b} = \frac{kd}{d-kd}$

หรือ $\frac{\epsilon_c}{\epsilon_b} = \frac{k}{1-k}$

ดังนั้น $\frac{k}{1-k} = n\frac{f_c}{f_b}$

$$\therefore \quad kf_b = nf_c(1-k)$$

$$knf_c + kf_b = nf_c$$

$$k(nf_c + f_b) = nf_c$$

$$k = \frac{nf_c}{nf_c + f_b}$$

หรือ $$k = \frac{1}{1+\frac{f_b}{nf_c}}$$

2.2.2 หน่วยแรงเฉือนของแผ่นพื้นรูปรางน้ำคว่ำภายใต้น้ำหนักบรรทุก

ในกรณีแผ่นพื้นรูปรางน้ำคว่ำ ให้หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นมีค่า $v = \frac{V}{2td}$ เมื่อ t เป็นความหนาของแผ่นพื้นในแนวตั้ง d เป็นความลึกประสิทธิผลของแผ่นพื้นรูปรางน้ำคว่ำ และ V เป็นแรงเฉือนที่หน้าตัดซึ่งห่างจากขอบฐานรองรับเป็นระยะ d

2.2.3 ความต้านทานแรงเฉือนของคอนกรีต

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดให้หน่วยแรงเฉือนที่ต้านทานโดยคอนกรีตล้วน ๆ ที่ตำแหน่งซึ่งห่างจากขอบฐานรองรับเป็นระยะ d ต้องไม่เกิน $v_c = 0.29\sqrt{f'_c}$ กก./ซม.^{2}

2.2.4 ไม้ไผ่รับแรงเฉือน

เมื่อเกิดแรงเฉือนเกินกว่าที่คอนกรีตจะรับได้ จะต้องมีการเสริมไม้ไผ่รับแรงเฉือนส่วนที่เกินกำลังของคอนกรีตจะรับไว้

$$V' = V - V_c$$

$$V' = \frac{A_v f_b d\,(\sin\alpha + \cos\alpha)}{s}$$

เมื่อ V' = แรงเฉือนส่วนที่ไม้ไผ่เสริมต้องรับ

A_v = พื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่รับแรงเฉือน

f_b = หน่วยแรงดึงของไม้ไผ่

d = ความลึกประสิทธิผลของแผ่นพื้นรูปรางน้ำควำ่

α = มุมเอียงของไม้ไผ่เสริม

s = ระยะห่างของไม้ไผ่เสริม

เมื่อเสริมไม้ไผ่รับแรงเฉือนแบบลูกตั้ง $\alpha = 90^{\circ}$

$$V = \frac{A_v f_b d}{s}$$

2.2.5 หน่วยแรงยึดเหนี่ยวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควำ่

ในโครงสร้างรับแรงดัด ซึ่งมีไม้ไผ่เสริมรับแรงดึงขนานกับผิวที่รับแรงอัด หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่เสริมกับคอนกรีตที่หน้าตัดใด ๆ หาได้จากสูตร

$$u = \frac{V}{\Sigma o jd}$$

เมื่อ u = หน่วยแรงยึดเหนี่ยว

V = แรงเฉือน

Σo = ผลบวกเส้นรอบรูปของไม้ไผ่เสริมตามยาว

jd = ระยะแขนโมเมนต์

2.3 ความกว้างประสิทธิผลของแผ่นพื้น

ในการคำนวณแผ่นพื้นโดยใช้ความกว้างประสิทธิผล ความกว้างประสิทธิผลของส่วนที่เป็นปีกคานจะใช้เท่ากับความกว้างของปีกคานหรือ $\frac{1}{4}$ เท่าของช่วงฐานรองรับ หรือ 12 เท่าของความหนาของปีกคาน แล้วแต่ค่าไหนจะมีค่าน้อยกว่ากัน

2.4 การควบคุมระยะโก่งของแผ่นพื้น

ในการคำนวณออกแบบแผ่นพื้น จะต้องไม่ให้แผ่นพื้นเกิดระยะโก่งมากเกินไปสำหรับระยะโก่งที่กำหนดให้รับน้ำหนักบรรทุกจรปกติของแผ่นพื้นตามมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดให้เกิดระยะโก่งของแผ่นพื้นได้ไม่เกิน $L/360$