บทที่ 2

ภาคทฤษฎี

2.1 เข็มไม้ไผ่

การรับน้ำหนักของเข็มเดี่ยวในดินเหนียว ขึ้นอยู่กับแรงต้านของดินสองชนิด คือ

1. แรงต้านที่ปลายเข็ม (End Resistance)

แรงต้านต่อการกดลงของปลายเข็ม (Bearing Capacity) ต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดปลายเข็ม หาได้จากสูตร

$$q_p = N_c . C_{up}$$

เมื่อ q_p = แรงต้านที่ปลายต่อหน่วยพื้นที่

C_{up} = ค่าแรงเฉือนของดิน (Undrained Shear Strength) ที่ปลายเข็ม

N_c = สัมประสิทธิ์แรงต้านดินที่ปลายเข็มต่อการกด สำหรับดินเหนียวอ่อนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ มีค่าประมาณ 9

2. แรงต้านด้านผิวข้าง (Skin Friction)

คือแรงเกาะยึดเหนี่ยวระหว่างดินกับเข็ม คิดออกมาเป็นแรงต้านการกดลงในแนวดิ่งต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของผิวเข็ม หาได้จากสูตร

$$q_s = \alpha \cdot C_u$$

เมื่อ q_s = แรงต้านที่ผิวต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

α = สัมประสิทธิ์การเกาะตัวระหว่างดินกับผิวของเข็ม (Adhesion Constant)

C_u = กำลังแรงเฉือนของดินรอบเข็ม (Undrained Shear Strength)

ปกติแล้วค่า α สำหรับเข็มชนิดหนึ่งชนิดใดจะคงที่เฉพาะดินชนิดหนึ่ง ๆ เท่านั้น และมีค่าลดลงเมื่อดินเหนียวมี Stiffness มากขึ้น มีค่ามากขึ้นเมื่ออัตราส่วนของความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้รูปร่างของเข็มที่เรียวลงไปหาปลายเข็ม (Tapered piles) จะเพิ่มการเกาะตัวสูงขึ้นในดินเหนียวอ่อน ทั่วไปแล้วค่า α จะไม่เกิน 1 ทั้งนี้เพราะผิวเข็มกับดินไม่มีโอกาสที่จะเกาะกันได้แนบสนิทเสมือนดินกับดินเอง อาจมีข้อยกเว้นบ้างในกรณีที่เข็มทำให้ดินแน่นขึ้น แต่กรณีนี้ความแข็งแรงของดินก็เพิ่มขึ้นด้วย

2.1.1 <u>การรับน้ำหนักของเข็มเดี่ยว</u>

ให้ Q_t คือน้ำหนักทั้งหมดที่เข็มเดี่ยวรับได้ จะได้

$$Q_t = \sum q_s A_s + q_p A_p$$
$$= \sum \alpha C_u A_s + N_c C_{up} A_p$$

เมื่อ A_s = พื้นที่ผิวของเข็มในแต่ละชั้นดิน

A_p = พื้นที่หน้าตัดปลายเข็ม

เนื่องจากดินอ่อนกรุงเทพฯ อ่อนมาก มี Bearing Capacity ต่ำ และเข็มไม้ไผ่มีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ปลายเข็มน้อย ประมาณ 6.2 ซม.^{2} แรงเฉือนของดินที่ระดับ 4.0 ม. ที่ปลายเข็มไม่เกิน 0.15 กก./ซม.^{2} เพราะฉะนั้น แรงต้านดินที่ปลายเข็มมีค่าเท่ากับ 9 x 6.2 x 0.15 = 8.37 กก.

จะเห็นว่าแรงต้านดินที่ปลายเข็มในดินเหนียวอ่อนมีค่าน้อยมาก ฉะนั้นน้ำหนักบรรทุกของเข็มในดินเหนียวอ่อน จึงขึ้นอยู่กับแรงต้านดินผิวข้างของเข็มเป็นสำคัญ

ดังนั้น การรับน้ำหนักทั้งหมดของเข็มเดี่ยว จึงมีค่าใกล้เคียงกับค่าสูงสุดของแรงต้านด้านข้าง นั่นก็คือ

$$Q_t = \sum \alpha C_u A_s$$

2.1.2 <u>การรับน้ำหนักของเข็มกลุ่ม</u>

เมื่อมีน้ำหนักกดลงที่หัวเข็ม ตัวเข็มจะถ่ายแรงกดไปสู่ดินรอบ ๆ ดินที่อยู่ใกล้เข็มมากที่สุดจะได้รับแรงบีบมากที่สุด และเมื่อห่างออกไปจะลดลงเรื่อย ๆ จนหมด ลักษณะบริเวณที่ถูกแรงกดบีบในดินรอบ ๆ เข็ม (Stress Zone) จะมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันตามชนิดของเข็ม ชนิดดิน และขนาดของแรงกดที่หัวเข็ม เมื่อมีการตอกเข็มเป็นกลุ่มโดยระยะห่างแต่ละต้นใกล้ ๆ กัน ดินบริเวณที่ถูกแรงกดบีบนี้จะกระจายแรงดังกล่าวนี้มาทับกัน (Stressed Zone Overlap) ผลก็คือเป็นการเพิ่มแรงกดบีบในดินมากขึ้นกว่าเมื่อมีเข็มเพียงต้นเดียว และน้ำหนักที่เข็มแต่ละต้นรับได้ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของดิน ฉะนั้น เมื่อตอกเข็มรวมเป็นกลุ่ม น้ำหนักที่เข็มแต่ละต้นในกลุ่มรับได้ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของกลุ่มเข็ม ระยะห่างระหว่างเข็มแต่ละต้นในกลุ่ม และความยาวของเข็มในกลุ่ม

2.1.3 ประสิทธิภาพของเข็มกลุ่ม (Efficiency of Pile Group)

ประสิทธิภาพของเข็มกลุ่มคือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักบรรทุกของเข็มต้นเดียวในเข็มกลุ่มต่อเข็มเดี่ยว เมื่อน้ำหนักบรรทุกถึงจุดพิบัติ

การหาประสิทธิภาพของเข็มกลุ่ม สูตรที่ใช้ส่วนมากเป็นสูตรทั่วไป (Empirical Formulae) และไม่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับลักษณะของดินและความยาวของเข็ม สูตรที่นิยมใช้คือ

1. สมการของ Converse-Labarre ได้ถูกใช้ใน Uniform Building Code และ AASHO Specifications

$$E = 1-\theta\left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90\ mn}\right]$$

โดยที่ E = ประสิทธิภาพของเข็มกลุ่ม

θ = arc tan d/s (องศา)

m = จำนวนแถวของเข็มกลุ่ม

n = จำนวนเข็มในแต่ละแถว

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม

s = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเข็มแต่ละต้น

Bolin (1949) ได้นับเอาผลของเข็มในแนวทะแยง (Diagonal Piles) กังสมการ

$$E = 1-\frac{\theta}{2}\left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90\ mn}\right] - \frac{\theta}{2\sqrt{2}}\left[\frac{(n-1)(m-1)}{45\ mn}\right]$$

2. สมการของ Los Angeles Group Action กรณีที่ θ เป็นมุมเล็ก จึงเท่ากับมุมเรเดียน สูตรจะกลายเป็น

$$E = 1 - \frac{d}{\pi smn}\left[(n-1)m + (m-1)n + \sqrt{2}\,(m-1)(n-1)\right]$$

3. สมการของ Seiler - Keeney (1944)

$$E = \left[1 - \frac{11\,s}{7(s^2 - 1)} \cdot \frac{(m+n-2)}{(m+n-1)}\right] + \frac{0.3}{m+n}$$

2.1.4 ข้อแนะนำในการออกแบบ

ก. ประจิต (2516) ได้ทดสอบเข็มไม้ไผ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 ซม. ที่โคนและที่ปลายประมาณ 4 ซม. ยาวประมาณ 6 ม. ตอกเป็นเข็มเดี่ยวและเข็มกลุ่มลงในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ปรากฏผลว่า ได้ค่าสัมประสิทธิ์การเกาะตัวประมาณ 1.0 และ 1.3 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Undrained Shear Strength ของดินที่ได้จากการทำ Unconfined Compression Test และ Consolidated Undrained Direct Shear Test ตามลำดับ ประสิทธิภาพของเข็มกลุ่มประมาณ 75 เปอร์เซนต์ เมื่อระยะห่างระหว่างเข็ม 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนเข็ม โดยถือว่า เข็มกลุ่มเริ่มพิบัติเมื่อการหรุดตัวเกิน 2.50 มม. และได้แนะนำว่าไม้ไผ่ขนาดที่เหมาะจะใช้เป็นเข็มฐานราก ควรมีความยาวตั้งแต่ 4 ม. ขึ้นไป เส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนไม่ควรจะน้อยกว่า 5 ซม. ซึ่งจะได้แก่ไผ่เหล่านี้คือ ไผ่ป่า ไผ่สีสุก ไผ่บงหนาม ไผ่สามะลอก ไผ่หอม ไผ่บง ไผ่เหลือง ไผ่บงใหญ่ ไผ่เป๊าะ ไผ่นวลน้อย ไผ่ซางกำ และไผ่ตง ประจิตได้สรุปผลว่า

1. เราไม่สามารถที่จะหาค่าสัมประสิทธิ์การเกาะตัวที่ถูกต้องได้ เพราะไม่สามารถหาค่า Undrained Shear Strength ของดินบน plane ที่เข็มเฉือนดินให้ถูกต้องได้ แต่เราก็ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การเกาะตัวที่ได้จากวิธีการต่าง ๆ ได้ เพราะในแต่ละวิธีก็มีความคลาดเคลื่อนจำกัดเฉพาะ และเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับ Undrained Shear Strength ของดิน

2. น้ำหนักที่เข็มควรจะรับได้โดยปลอดภัย (Allowable Bearing Capacity) ก็จะใช้น้ำหนักที่เข็มพิบัติ และใช้สัมประสิทธิ์ความปลอดภัย (Factor of Safety) เท่ากับ 1.5 ในกรณีนี้ไม้ไผ่ที่ใช้ทำการทดลองสามารถจะรับน้ำหนักโดยปลอดภัยได้ประมาณ 1.9 ตัน

3. ค่าสัมประสิทธิ์การเกาะตัวควรใช้เปรียบเทียบกับ Undrain Shear Strength ที่ได้จากการทำ Unconfined Compression Test ในการทดลองนี้ได้ค่าเท่ากับ 1.0 ระยะระหว่างเข็มแต่ละต้นควรเป็นสามเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางโคนเข็ม

4. เข็มไม้ไผ่นี้จะต้องตอกลงไปอยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดิน และก่อนตอกลงไปจะเจาะรูเพื่อให้เมื่อตอกลงไปแล้ว น้ำใต้ดินจะไหลเข้าไปเต็มภายในแต่ละปล้อง ทำให้เนื้อไม้ไผ่ทุกส่วนจะถูกห่อหุ้มด้วยน้ำในดิน

ข. อัครวิทย์ (2519) ได้ทดสอบเข็มไม้รวกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนระหว่าง 3.20 ถึง 3.45 ซม. และที่ปลายประมาณ 2.60 ถึง 2.70 ซม. ยาวประมาณ 3 ม. ตอกลงในดินภายในบริเวณจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย โดยตอกเป็นเข็มเดี่ยวและเข็มกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ เข็มกลุ่มมีระยะห่างระหว่างเข็มแต่ละต้นเป็น 2, 2.5, 3, 3.5, 4.5, 5.5 และ 6.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางโดยประมาณของเข็ม พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การเกาะตัวระหว่างดินกับไม้ไผ่ของเข็มเดี่ยวมีค่าประมาณ 0.89 และ 0.59 เมื่อเปรียบเทียบกับแรงเฉือนแบบน้ำระบายออกไม่ทันของการทำ Unconfined Compression Test และ Field Vane Shear

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Test ตามลำดับ ประสิทธิภาพของเข็มกลุ่มมีค่าระหว่าง 65 ถึง 98 เปอร์เซนต์ ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเข็มของกลุ่ม โดยถือการทดสอบเข็มกลุ่มจนพิบัติ และพบว่าเข็มกลุ่มจะพิบัติแบบบล็อก (Block Failure) เมื่อระยะห่างระหว่างเข็มในกลุ่มต่ำกว่า 2.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็มโดยประมาณ อัครวิทย์ได้สรุปผลว่า

1. น้ำหนักบรรทุกพิบัติของเข็มเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 464 กก.

2. สูตรของ Converse-Labarre และ Los Angeles Group Action ให้ค่าใกล้เคียงกับการทดลอง

3. การที่สัมประสิทธิ์การเกาะตัวที่ประจิตทดลองได้มีค่าค่อนข้างสูงเนื่องจากใช้ไม้ไผ่ขนาดใหญ่ สันที่ยื่นออกจากข้อจะนูนมากกว่าไม้รวก ซึ่งสันที่ยื่นนี้จะเป็นตัวเฉือนดินรอบ ๆ เข็มให้ขาดออกเมื่อมีน้ำหนักกด เมื่อสันนูนมากการเฉือนดินรอบ ๆ เข็มซึ่งยึดเกาะอยู่มากขึ้น และเมื่อทำการเหลาสันออก สัมประสิทธิ์การเกาะตัวจะลดจาก 1.0 และ 1.3 เหลือเพียง 0.86 และ 1.13 นอกจากนี้ผลจากการที่ไม้ไผ่ขนาดใหญ่ซึ่งจากการทดลองของประจิต (2516) มีค่าแตกต่างกันที่เส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนและปลายประมาณ 4 ซม. ในความยาว 6 ม. แต่ไม้รวกที่ใช้ในการทดลองมีความแตกต่างไม่เกิน 1 ซม. ในความยาว 3 ม. การที่ไม้ไผ่ขนาดใหญ่มีความเรียว (Tapered) มาก ก็เป็นตัวประกอบอย่างหนึ่งที่ทำให้ดินรอบ ๆ เข็มเคลื่อนตัวหนีขณะที่ตอกน้อย โอกาสที่ดินจะไหลกลับมายึดเกาะกับผิวของเข็มจึงมาก และดินบริเวณรอบ ๆ เข็มจะถูกรบกวนน้อยลงด้วย จึงทำให้แรงด้านดินผิวข้างของเข็มมากกว่าเข็มที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนและปลายเท่ากันหรือต่างกันน้อยกว่า

2.2 กาวและพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

Cox and Geymayer (1969) ได้สรุปรายละเอียดคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ดังนี้

2.2.1 การขยายและหดตัวของไม้ไผ่มีผลต่อแรงยึดเหนี่ยว

ปัญหาสำคัญในการใช้ไม้ไผ่เสริมไม่ได้อยู่ที่กำลังและการเปลี่ยนรูปของมัน เมื่อรับแรงดึงแต่อยู่ที่การเปลี่ยนแปลงปริมาตรและแรงยึดเหนี่ยว ไม้ไผ่สามารถเปลี่ยนแปลงทางด้านรัศมีได้ถึง 5 เปอร์เซนต์ และทางด้านความยาวเปลี่ยนแปลงได้ถึง 0.05 เปอร์เซนต์ เมื่อความชื้นของมันเปลี่ยนแปลง การที่เส้นผ่าศูนย์-กลางเปลี่ยนแปลงได้ถึงขนาดนี้จะมีผลให้เกิดรอยแตกในคอนกรีตที่หุ้มจากการขยายตัวของไม้ไผ่ และจะทำให้สูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่จากการหดตัวของไม้ไผ่ นอกจากนี้สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิ (Coefficient of Thermal Expansion) ของไม้ไผ่ทางด้านยาวก็ต่ำประมาณ 1/3 เท่าของคอนกรีต และทางด้านรัศมีสูงประมาณ 10 เท่าของคอนกรีต ความแตกต่างนี้ก็จะมีผลทำให้เกิดรอยแตกในคอนกรีตหุ้ม และทำให้สูญเสียแรงยึดเหนี่ยว

อย่างไรก็ตาม ได้แนะนำวิธีแก้ไขปัญหาเรื่องสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวจากการหดตัวของไม้ไผ่ดังนี้

1. เคลือบผิวไม้ไผ่ตากแห้ง (Seasoned Culms) ด้วยสารกันความชื้นบางอย่าง (เช่น น้ำมันวานิช, ยางแอสฟัลท์, สี เป็นต้น) เพื่อลดอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นในไม้ไผ่ให้น้อยลง แต่วิธีนี้มีข้อควรระวังคือ สารที่ใช้เคลือบต้องไม่มีผลในการหล่อลื่น และควรจะใช้ก็ต่อเมื่อสารเหล่านี้แห้งแล้ว

2. เคลือบผิวไม้ไผ่ตากแห้ง ด้วยสารเช่น อีปอกซี่ หรือโปลีเอสเตอร์ที่เกาะกับผิวไม้ไผ่ได้แน่น แล้วใช้ทรายพ่นไปที่ยางเคลือบ ทำให้เกิดผิวขรุขระ เพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

3. แช่ไม้ไผ่ตากแห้งให้อิ่มตัวในของเหลวที่ไม่ระเหยหรือมีผลทำให้แรงยึดเหนี่ยวสูญเสีย

4. ใช้ไม้ไผ่ที่ผ่าซีกดีกว่าใช้ไม้ไผ่ทั้งลำทั้งนี้เนื่องจากไม้ไผ่ที่ผ่าซีกจะได้พื้นที่ที่สัมผัสกับคอนกรีตมากกว่า และยังช่วยป้องกันการผุของไม้ไผ่ได้ดีกว่า

5. ถ้าไม้ไผ่ไม่สูญเสียความชื้นจำนวนมาก ก็จะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการหดตัวของไม้ไผ่ และถ้าความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80 เปอร์เซนต์ ปัญหาการหดตัวของไม้ไผ่ก็จะไม่เกิดขึ้น

2.2.2 <u>การกงรูป แรงยึดเหนี่ยวและการผุของไม้ไผ่</u>

เพื่อที่จะให้ได้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ดีขึ้น จึงควรใช้ไม้ไผ่ผ่าซีกดีกว่าการใช้ไม้ไผ่ทั้งลำ และการใช้ไม้ไผ่ผ่าซีกนั้นควรจะหันด้านผิวในขึ้นข้างบนหรือหันเข้าด้านใน เพื่อจะได้ไม่มีอากาศขังอยู่ขณะเทคอนกรีต และในขณะที่เทคอนกรีตควรจะยึดไม้ไผ่เสริมให้อยู่กับที่ มิฉะนั้นไม้ไผ่จะลอยขึ้นข้างบน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาใช้เครื่องจี้คอนกรีต การวางไม้ไผ่เสริมก็ต้องวางสลับโกนกับปลายไม้ไผ่ เพื่อให้ได้พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยเท่ากันตลอดความยาวคาน ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่จะใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตไม่ควรโตเกินกว่า $\frac{3}{8}$" เพื่อจะได้ไม่มีปัญหาในขณะเทคอนกรีตและทำให้คอนกรีตแน่น ถ้าอัตราส่วนการใช้ไม้ไผ่เสริมมีค่าสูง

นอกจากนี้การใช้สารป้องกันความชื้นเคลือบไม้ไผ่ ก็จำเป็นถ้าสามารถหาได้เพื่อป้องกันและลดการดูดซึมน้ำจากคอนกรีตสดของไม้ไผ่ อย่างไรก็ตามก็ต้องระมัดระวังว่าสารที่ใช้เคลือบต้องไม่มีผลทางหล่อลื่น วิธีที่เหมาะที่สุดที่จะแก้ปัญหาการขยายตัวของไม้ไผ่คือ แช่ไม้ไผ่ในน้ำเป็นเวลา 2 ถึง 3 วัน ก่อนที่จะฝังในคอนกรีต การใช้น้ำยารักษาเนื้อไม้แทนการใช้น้ำก็จะให้ผลดีเพิ่มขึ้นทางด้านป้องกันการผุ

2.2.3 กำลังรับแรงดัด การแตกและการโก่งตัว

สำหรับกานหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า อัตราส่วนไม้ไผ่เสริมสูงสุด (พื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่ต่อพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของกาน) อยู่ระหว่าง 3 ถึง 4 เปอร์เซนต์ ถ้าใช้สูงกว่านี้ ก็จะหนาแน่นมากไป ถ้าใช้น้อยกว่านี้ก็จะได้กำลังไม่เพียงพอและเกิดการเปลี่ยนแปลงมาก

กานหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมด้วยไม้ไผ่ผ่าซีก (ใช้ประมาณ 3.5/) ที่แช่น้ำไว้ก่อนจะมีกำลังรับแรงดัดสูงกว่ากานคอนกรีตล้วนขนาดหน้าตัดเดียวกันประมาณ 3 เท่า (ถือว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตประมาณ $\frac{1}{10}$ เท่าของกำลังรับแรงอัด) และถ้าหากมีการใช้วิธีข้างต้นช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ กำลังรับแรงดัดก็จะมากเกินกว่า 4 เท่าของกานคอนกรีตล้วน

2.2.4 การออกแบบโดยทฤษฎีอีลาสติก

ก. การออกแบบกานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

กานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ประมาณ 3 ถึง 4 เปอร์เซนต์ โดยมีหน่วยแรงต่าง ๆ ที่ยอมให้ดังนี้

001003

โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รับแรงดึง*	$E'_b = 2.29 \times 10^5$ กก./ซม.^{2}
โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต	$E_c = 15{,}210\sqrt{f'_c}$ "
หน่วยแรงอัดที่ผิวของคอนกรีตรับแรงดัด**	$f_c = 0.8\, f'_c$ "
หน่วยแรงดึงในไม้ไผ่	$f'_{b_{max}} = 0.3\, f'_{by}$ "
หน่วยแรงเฉือนในคอนกรีต***	$v_c = 0.29\sqrt{f'_c}$ "

* เป็นค่าที่ได้จากการทดลองไผ่รวก

** ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตมากกว่าที่ ว.ส.ท. กำหนด เนื่องจากหน่วยการยืดตัวของไม้ไผ่นี้มาก

*** การคำนวณหาหน่วยแรงเฉือน ให้ใช้ $\frac{V}{bh}$ แทนที่จะใช้ $\frac{V}{bd}$

ข. <u>การออกแบบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่โดยวิธีง่าย ๆ</u>

1. ให้ออกแบบคานเป็นคานคอนกรีตล้วน ไม่คิดไม้ไผ่เสริม โดยใช้ $f_c = 2.12\sqrt{f'_c}$ กก./ซม.^{2} เป็นหน่วยแรงดึงที่ผิวคอนกรีตที่ยอมให้

2. ใช้ไม้ไผ่เสริม 3 ถึง 4 เปอร์เซนต์เป็นตัวรับแรงดึง เพื่อที่จะให้ได้สัมประสิทธิ์ของความปลอดภัยประมาณ 2 ถึง 2.5

ค. <u>การออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่</u>

ในกรณีของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ในทางปฏิบัติไม่สามารถวางไม้ไผ่เสริม 3 ถึง 4 เปอร์เซนต์ในแต่ละทิศทางได้ ฉะนั้นในแผ่นพื้นจึงใช้ไม้ไผ่

เสริมน้อยกว่า 3 เปอร์เซนต์

1. ใช้ความหนาแผ่นพื้นอย่างน้อยที่สุด 7.5 ซม. เพื่อที่จะมีคอนกรีตหุ้มไม้ไผ่เสริมเพียงพอ

2. แผ่นพื้นวางบนดินหรือทรายบดอัดแน่น อัตราส่วนไม้ไผ่เสริมต้านการยืดหดเนื่องจากอุณหภูมิที่น้อยที่สุดประมาณ 1.5 เปอร์เซนต์

3. การออกแบบแผ่นพื้นสองทางเสริมไม้ไผ่ ค่าหน่วยแรงต่าง ๆ ที่ยอมให้เหมือนกับคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และให้ใส่ไม้ไผ่เสริมที่มุมและที่ต้องให้รับโมเมนต์ลบในที่จำเป็น

4. การออกแบบแผ่นพื้นสองทางเสริมไม้ไผ่โดยวิธีง่าย ๆ ให้ออกแบบเป็นแผ่นพื้นคอนกรีตล้วน โดยไม่คิดกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ใช้ $f_c = 1.59\sqrt{f'_c}$ กก./ซม.^{2} เป็นหน่วยแรงดึงที่ผิวคอนกรีตที่ยอมให้ และใช้ไม้ไผ่เสริม 1.5 ถึง 2.5 เปอร์เซนต์ เป็นตัวรับแรงดึง เพื่อที่จะให้ได้สัมประสิทธิ์ความปลอดภัยประมาณ 2

2.2.5 <u>หลักในการออกแบบและก่อสร้าง</u>

1. ในคานที่รับแรงดัดควรใช้ไม้ไผ่ผ่าซีกในแนวยืนเพื่อรับแรงดึงทะแยงตลอดช่วงของคานที่รับแรงเฉือนมากหากไม่สามารถงอคอม้าไม้ไผ่เสริมตามยาวได้ ในทางปฏิบัติถ้าสามารถทำได้ การงอคอม้าไม้ไผ่เสริมตามยาวในคานต่อเนื่องที่จุดซึ่งรับแรงเฉือนสูงเพื่อให้รับแรงดึงทะแยงจะให้ผลดี อย่างไรก็ตามหากสามารถ

ใช้วิธีการข้างต้นทั้งสองวิธีเข้าด้วยกัน ก็จะดียิ่งขึ้น

2. ระยะห่างระหว่างไม้ไผ่เสริมสำคัญมาก จากการทดลองชี้ให้เห็นว่า เมื่อให้ระยะห่างระหว่างไม้ไผ่เสริมตามยาวใกล้ชิดกันมาก กำลังรับแรงดัดของคานก็จะลดลง นอกจากนี้ไม้ไผ่เสริมตามยาวที่วางเรียงเป็นแถวและแถวบนสุดของไม้ไผ่ที่เสริมในส่วนล่างของคานอยู่ใกล้แกนสะเทินของคานมาก พื้นที่ของคอนกรีตที่หน้าตัดนี้รับแรงเฉือนแนวนอนก็ลดน้อยลง ซึ่งจะทำให้เกิดการพิบัติของคานเนื่องจากแรงเฉือนแนวนอน

3. ในการวางไม้ไผ่เสริม ควรจะวางให้โคนและปลายของไม้ไผ่สลับกันในแต่ละแถว เพื่อที่จะได้พื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่สม่ำเสมอตลอดความยาวของคาน

4. วิธีการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ก็ใช้วิธีการเดียวกันกับวิธีการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เพียงแต่หน่วยแรงต่าง ๆ ที่ยอมให้ เช่น หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและไม้ไผ่ หน่วยแรงดึงในไม้ไผ่และโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ต้องทำการทดลองหาขึ้นมา

2.2.6 <u>ข้อสรุปคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่</u>

Glenn (1950) สรุปผลการทดลองคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ดังนี้

1. ความสามารถในการรับน้ำหนักของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดหน้าตัดคาน และหน่วยแรงในไม้ไผ่เสริมตามยาวในคานคอนกรีตจะลดลงเมื่อเพิ่มเปอร์เซนต์ของไม้ไผ่เสริม

2. คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ไม่ตากแห้ง (Unseasoned Bamboo) จะรับน้ำหนักได้สูงกว่าคานคอนกรีตขนาดหน้าตัดเดียวกันเสริมด้วยไม้ไผ่ตากแห้งไม่เคลือบสี (Seasoned Untreated Bamboo) เล็กน้อย ตราบเท่าที่ไม้ไผ่สดไม่แห้งและหดตัวขณะที่ฝังในคอนกรีตเมื่อมีน้ำหนักกระทำ

3. คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ตากแห้ง (Seasoned Bamboo) ซึ่งเคลือบผิวด้วยแอสฟัลท์ อีมัลชั่น (Brush Coat of Asphalt Emulsion) จะสามารถรับน้ำหนักได้สูงกว่าคานคอนกรีตขนาดเดียวกันที่ไม้ไผ่เสริมเป็นไม้ไผ่ตากแห้งไม่เคลือบผิว (Seasoned Untreated Bamboo) หรือไม้ไผ่ไม่ตากแห้ง (Unseasoned Bamboo)

4. เมื่อใช้ไม้ไผ่ตากแห้ง (Seasoned Bamboo) ที่เคลือบผิวด้วยแอสฟัลท์ อีมัลชั่น (Brush Coat of Asphalt Emulsion) เป็นไม้ไผ่เสริมตามแนวยาวในคานคอนกรีต คอนกรีตยังมีแนวโน้มที่จะแตกเนื่องจากการขยายตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปอร์เซนต์ของไม้ไผ่เสริมมีค่าสูง

5. ต้องระมัดระวังเมื่อใช้แอสฟัลส์ อีมัลชั่น เป็นตัวกันน้ำ (Water Procfing Agent) ทาไม้ไผ่ตากแห้ง (Seasoned Bamboo) เนื่องจากส่วนเกินของอีมัลชั่นที่ผิวนอกของไม้ไผ่จะกลายเป็นตัวหล่อลื่น ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ลดน้อยลง

6. คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ไม่ตากแห้ง (Unseasoned Bamboo) ที่ผ่าซีกจะรับน้ำหนักได้สูงกว่าเมื่อใช้ไม้ไผ่ไม่ตากแห้งทั้งลำที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน

7. พิบัติประลัยของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ปกติจะเกิดจากแรงดึงทะแยงถึงแม้ว่าจะมีไม้ไผ่เสริมรับแรงดึงทะแยงก็ตาม

2.3 เสาคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

A.H.M. Abu Sadeque (1975) ได้ทดลองใช้ไม้ไผ่แทนเหล็กเสริมในเสาคอนกรีตและใช้เปลือกไม้ไผ่แทนเหล็กปลอกเดี่ยว ได้เปรียบเทียบผลการทดลองกับกำลังน้ำหนักประลัยที่คำนวณจากทฤษฎีซึ่งมีอยู่ 2 วิธี วิธีแรกอาศัย CEB Stress-Strain Curve ของคอนกรีต วิธีที่สองอาศัย Idealized Bi-Linear

Stress - Strain Curve ของคอนกรีต ส่วน Stress - Strain Curve ของไม้ไผ่ในสองวิธีข้างต้นถือว่าเป็นเส้นตรง

ในกรณีของเสาที่รับน้ำหนักตามแกน ค่าน้ำหนักประลัยที่คำนวณจากสูตรทั้งสองวิธีจะให้ค่าสอดคล้องกับน้ำหนักประลัยที่ได้ จากการทดลอง ส่วนในกรณีของเสาที่รับน้ำหนักเยื้องศูนย์น้อย ไม่เกินเศษหนึ่งส่วนสิบของความกว้างของเสา ค่าน้ำหนักประลัยที่คำนวณจากสูตรวิธีแรกจะให้ค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองมากกว่าค่าที่คำนวณจากสูตรวิธีที่สอง อย่างไรก็ตามวิธีแรกค่อนข้างช้าและยุ่งยากมาก Abu Sadeque จึงแนะนำให้ใช้สูตรวิธีที่สอง ในการคำนวณน้ำหนักประลัยของเสาคอนกรีตเสริมด้วยไม้ไผ่

ไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองคือ ไผ่รวก (ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ Thyrsostachys Oliveri Gamble) เนื่องจากรับแรงดึงและแรงกดได้สูง

2.3.1 สมมุติฐานเบื้องต้น

สมมุติฐานข้างล่างนี้กำหนดขึ้นมาเพื่อใช้กับเสาคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับน้ำหนักตามแกนและน้ำหนักเยื้องศูนย์รอบแกนสมมาตร (Axis of Symmetry)

1. พิจารณาเฉพาะโมเมนต์และแรงตามแนวแกนที่กระทำบนระนาบของความสมมาตร (Plane of Symmetry) เท่านั้น

2. Stress - Strain Curve ของคอนกรีตและไม้ไผ่แสดงไว้ในรูปที่ (57) และ (58) ตามลำดับ

3. การกระจายของความเครียดที่หน้าตัดของเสาเป็นเส้นตรงที่ทุกค่าน้ำหนักบรรทุก

4. ให้ถือว่าไม้ไผ่เสริมตามยาวอยู่ในแนวตรงและยังคงอยู่ในแนวตรงจนกระทั่งเสารับน้ำหนักถึงค่าวิกฤต (Crtitcal Buckling Load)

5. คอนกรีตไม่รับแรงดึง

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

Stress-Strain Curve ของคอนกรีตรับแรงอัดแสดงไว้ในรูปที่ (57) ได้จากสมการที่กำหนดโดย European Concrete Committee คือ

$$f = E_c \cdot \varepsilon \left(1 - \frac{\varepsilon}{2\varepsilon_o}\right) \qquad (1)$$

เมื่อ ε คือความเครียดของคอนกรีตที่หน่วยแรง f

ε_o คือความเครียดของคอนกรีตที่กำลังอัดประลัย f'_c

$E_c = 2f'_c/\varepsilon_o$ คือแทนเจ้นท์โมดูลัสของคอนกรีต

ในกรณีรับแรงดึง ใช้สัญลักษณ์ f_{cr} แทน f'_c และ ε_{cr} แทน ε_u ในรูปที่ (57) ε_u คือความเครียดประลัยของคอนกรีตเมื่อรับแรงอัด

Stress-Strain Curve ของไม้ไผ่แสดงไว้ในรูปที่ (58) ซึ่ง f_{by}, ε_{by} และ E_b แทนหน่วยแรงประลัย, ความเครียดประลัย และโมดูลัสยืดหยุ่นตามลำดับ

2.3.2 <u>น้ำหนักประลัยที่เสาสั้นปลอกเดี่ยวรับได้</u> (วิธีที่ 1)

ก. <u>เสาสั้นปลอกเดี่ยวรับน้ำหนักตามแกน</u> (Concentrically Loaded)

สำหรับเสาสั้นปลอกเดี่ยวเสริมด้วยไม้ไผ่รับน้ำหนักตามแกน แสดงไว้ในรูปที่ (59) ถ้าความเครียดของคอนกรีตที่พิบัติ ε น้อยกว่า ε_o ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักประลัยและความเครียดแสดงได้ดังนี้

$$\frac{P_o}{btf'_c} = p\frac{f_b}{f'_c} + (1-p)\left(\frac{2\varepsilon}{\varepsilon_o} - \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon_o{}^2}\right) \qquad (2)$$

ซึ่ง P_o คือ น้ำหนักที่อัดตามแกน

b คือ ความกว้างของหน้าตัดเสา

t คือ ความลึกของหน้าตัดเสา

p คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่เสริมตามยาวต่อพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเสา

$f_b = E_b \cdot \varepsilon$

f_b คือ หน่วยแรงในไม้ไผ่

E_b คือ โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่เมื่อรับแรงอัด

ε คือ ความเครียดของคอนกรีต

ข. <u>เสาสั้นปลอกเดี่ยวพิบัติรับแรงอัด</u> (Failing in Compression)

พิจารณาเสาสั้นปลอกเดี่ยวเสริมด้วยไม้ไผ่ที่หน้าตรงกันข้ามถูกกระทำบนระนาบของความสมมาตร (Plane of Symmetry) ดังแสดงไว้ในรูปที่ (60) ให้คำนวณรับน้ำหนักประลัยได้จากสมการดังนี้

$$\frac{P_u}{bdf'_c} = \frac{(t/d)}{3k^2}\left[3k^2 - (t/d)^2\right] + pn(t/d)\left(\frac{2k - d'/d - 1}{k}\right) \quad (3)$$

$$\frac{P_u e}{bd^2 f'_c} = \frac{(t/d)}{3k^2}\left[3k^2 - (t/d)^2\right]\left[\frac{12k^3 - 6k^2(t/d) - 4k(t/d)^2 + 3(t/d)^3}{12k^2 - 4(t/d)^2} - (k + d'/d - t/d)\right] + pn(t/d)\left(\frac{k - d'/d}{k}\right)(1 - d'/d) \quad (4)$$

เมื่อ P_u = น้ำหนักประลัย

$p = (A_b + A'_b)/bt$

$n = E_b/E_c$

e = ระยะจากจุดที่น้ำหนักกดถึงศูนย์กลางของไม้ไผ่ A'_b

จากสมการที่ (3) และ (4) คำนวณหาค่า P_u และ k ได้

ค. <u>เสาสั้นปลอกเดี่ยวที่รับแรงดึง</u> (Failing in Tension)

จากรูปที่ (61) คำนวณหาน้ำหนักประลัยได้จากสมการดังนี้

$$\frac{P_u}{bdf'_c} = \frac{\lambda_b K^2}{3(1-K)^2}\left[3(1-K)-\lambda_b K\right] + \frac{pE_b(t/d)\varepsilon_{by}}{2f'_c}\left(\frac{2K - d'/d - 1}{1 - K}\right) \quad (5)$$

$$\frac{P_u e}{bd^2 f'_c} = \frac{\lambda_b K^2}{12(1-K)^2}\left[(12-4K)(1-K)-\lambda_b K\,(4-K)\right] + \frac{pE_b(t/d)\varepsilon_{by}}{2f'_c}\left(\frac{K-d'/d}{1-K}\right)(1-d/d)$$

เมื่อ $\lambda_b = \varepsilon_{by}/\varepsilon_o$ (6)

ε_{by} คือความเครียดประลัยของไม้ไผ่

ε_o คือความเครียดของคอนกรีตที่กำลังอัดประลัย f'_c

จากสมการ (5) และ (6) คำนวณหา P_u และ K ได้

ง. <u>เสาสั้นปลอกเดี่ยวที่สภาวะสมดุลย์</u> (Balanced Condition)

ที่สภาวะสมดุลย์ขอบริมสุดของคอนกรีตที่รับแรงอัดจะมีความเครียดเป็น ε_o ในขณะเดียวกันที่ความเครียดในไม้ไผ่ถึงจุดประลัย ε_{by} จากรูปที่ (62) คำนวณหาค่า P_b ได้จากสมการ

$$P_b = \frac{2}{3bX_b f'_c} + \frac{p}{2}\,bt\,E_b\,\varepsilon_{by}\left(\frac{2X_b - d' - d}{d - X_b}\right) \quad (7)$$

$$P_b \cdot e_b = \frac{2}{3bX_b f'_c(d-3/8X_b)} + \frac{p}{2}\,btE_b\varepsilon_{by}\left(\frac{X_b - d'}{d - x_b}\right)(d - d') \quad (8)$$

เมื่อ $X_b = \dfrac{\varepsilon_o d}{\varepsilon_o+\varepsilon_{by}}$ (9)

จากสมการที่ (7) และ (8) คำนวณหาค่า P_b และ e_b ได้

2.3.3 <u>วิธีประมาณหาน้ำหนักประลัยที่เสาสั้นปลอกเดี่ยวรับได้</u> (วิธีที่ 2)

การคำนวณหาน้ำหนักประลัยของเสาเสริมด้วยไม้ไผ่จากสูตรวิธีที่ 1 ค่อนข้างซ้ำซ้อนยุ่งยากและน่าเบื่อ จึงแนะนำให้ใช้วิธีประมาณในวิธีที่ 2 ในการออกแบบขั้นต้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงสมมุติฐานเกี่ยวกับคอนกรีตและไม้ไผ่ ส่วนนอกนั้นยังคงเดิมคือ

1. Stress-Strain Curve ของคอนกรีตเป็น Bi-Linear Curve ดังแสดงไว้ในรูปที่ (63)

2. Stress-Strain Curve ของไม้ไผ่เมื่อรับแรงดึงเหมือนกับเมื่อรับแรงอัด แต่ให้ใช้ค่าหลังในการวิเคราะห์

ก. <u>เสาสั้นปลอกเดี่ยวรับน้ำหนักตามแกน</u>

คำนวณหาค่าน้ำหนักกดประลัย P_o ตามแกน ได้จากสมการ

$$\frac{P_o}{btf'_c} = p\frac{f_{by}}{f'_c} + (1 - p) \qquad (10)$$

เมื่อ f_{by} คือ กำลังอัดประลัยของไม้ไผ่

ข. <u>เสาสั้นปลอกเดี่ยวรับน้ำหนักเยื้องศูนย์ที่สภาวะสมดุลย์</u>

ในวิธีนี้ที่สภาวะสมดุลย์ ขอบริมสุดของคอนกรีตที่รับแรงอัดจะมีความเครียดเป็น ε_u ในขณะที่ความเครียดในไม้ไผ่เนื่องจากแรงดึงถึงจุดประลัย ε_{by} หรือความเครียดในไม้ไผ่เนื่องจากแรงดึงและแรงอัดถึงจุดประลัยพร้อมกันคอนคอนกรีต จากรูปที่ (64)

ในกรณีแรก เมื่อ $\varepsilon_c = \varepsilon_u$, $\varepsilon_b < \varepsilon_{by}$, $\varepsilon'_b = \varepsilon_{by}$

$$X_b = \frac{\varepsilon_u d}{\varepsilon_u + f_{by}/E_b} \qquad (11)$$

ในกรณีหลัง เมื่อ $\varepsilon_c < \varepsilon_u$, $\varepsilon_b = \varepsilon_{by}$, $\varepsilon'_b = \varepsilon_{by}$

$$X_b = \frac{d + d'}{2} \tag{12}$$

ให้ $\beta = \frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_o} = 2.5$

$$\bar{X} = \frac{X_b}{3}\left[\frac{\beta + (\beta-1)/\beta + (\beta-1)\beta^2}{(2\beta-1)/\beta}\right] \tag{13}$$

คำนวณหาค่า P_b และ e_b ได้จากสมการ

$$P_b = f'_c b X_b (2\beta-1)/2\beta + A_b(E_b\varepsilon_b - f'_c) - A'_b f_{by} \tag{14}$$

$$P_b \cdot e_b = f'_c b X_b \left(\frac{2\beta-1}{2\beta}\right)(d-d''-\bar{X}) + d''\left[A_b(E_b\varepsilon_b - f'_c) + A'_b f_{by}\right] \tag{15}$$

ถ้าน้ำหนักเยื้องศูนย์ประลัย P_u มีค่ามากกว่าน้ำหนักที่สภาวะสมดุลย์ P_b หรือถ้าระยะเยื้องศูนย์ e' น้อยกว่าค่าสมดุลย์ e_b ให้ออกแบบเสารับน้ำหนักโดยมีแรงอัดเป็นหลักการคำนวณหาค่า P_u เมื่อเสาพิบัติรับแรงอัด โดยอาศัยรูปที่ (65) เป็น Load-Moment Interaction Diagram ของเสา

จากสมการของสามเหลี่ยมคล้ายในรูปที่ (65)

$$\frac{P_o - P_u}{P_o - P_b} = \frac{P_u e'}{P_b e_b} \tag{16}$$

หาค่า P_u ได้

$$P_u = \frac{P_o}{1 + \left[\frac{P_o}{P_b} - 1\right]\frac{e'}{e_b}} \tag{17}$$

สมการที่ (17) หาค่า P_u เมื่อ e' น้อยกว่าหรือเท่ากับ e_b ค่า P_o, P_b, e_b หาได้จากสมการ (10), (14), (15) ตามลำดับ

ก. เสาสั้นปลอกเกี่ยวพิบัติรับแรงกึ่ง

ถ้าน้ำหนักเยื้องศูนย์ประลัย P_u มีค่าน้อยกว่าค่าน้ำหนักที่สภาวะสมดุลย์ P_b หรือระยะเยื้องศูนย์ e' มีค่ามากกว่า e_b ให้ออกแบบโดยมีแรงกึ่งเป็นหลัก จากรูปที่ (66) คำนวณหาค่า P_u ได้จากสมการ (18) และ (19)

$$P_u = f'_c bKd\ (2\beta-1)/2\beta + \frac{P}{2}bt\left[E_b\varepsilon_{by}\left(\frac{2K-d'/d-1}{1-K}\right)- f'_c\right] \qquad (18)$$

$$P_u.\ e = f'_c bKd\left(\frac{2\beta-1}{2\beta}\right)(d-\bar{X})+ \frac{P}{2}bt\left[E_b\varepsilon_{by}\left(\frac{K-d'/d}{1-K}\right)- f'_c\right](d-d') \qquad (19)$$

เมื่อ

$$\bar{X} = \frac{Kd}{3}\left[\frac{\beta+ (\beta-1)/\beta +(\beta-1)/\beta^2}{(2\beta-1)/\beta}\right] \qquad (20)$$

2.3.4 ข้อกำหนดปลอกเกี่ยวสำหรับเสา

ปลอกเสริมมีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตแตกออกทางด้านข้างและป้องกันไม่ให้ไม้ไผ่เสริมตามยาวโก่งหักก่อนที่เสาจะรับน้ำหนักถึงจุดประลัย และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักของเสาคอนกรีต นอกจากนี้ยังช่วยยึดไม้ไผ่เสริมตามยาวให้อยู่กับที่ในขณะที่เทคอนกรีตหล่อเสา

Abu Sadeque ได้ดัดแปลง Criteria ในการออกแบบปลอกเสาคอนกรีตเสริมเหล็กของ Bresler and Gilbert มาใช้กับเสาคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ดังนี้

Modified Criteria I

เพื่อที่จะให้แกนคอนกรีตมีกำลังสูงสุด ปลอกจะต้องมีระยะห่างเท่ากับหรือน้อยกว่าสองเท่าของระยะแกนคอนกรีตของเสา

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

Modified Criteria II

เพื่อป้องกันไม่ให้ไม้ไผ่เสริมตามยาวโก่งหักที่หน่วยแรงต่ำกว่ากำลังอัดประลัยของไม้ไผ่ ปลอกจะต้องมีระยะห่างไม่เกินระยะ l กำหนดโดยสมการ

$$l = d^* \sqrt{\frac{C\pi^2 E_b}{8f_{by}}} \qquad (21)$$

เมื่อ

d^* = เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของลำไม้ไผ่

C = สัมประสิทธิ์การยึดปลาย = 2

E_b = โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่เมื่อรับแรงอัด

f_{by} = หน่วยแรงประลัยของไม้ไผ่รับแรงอัด

Modidied Criteria III

เพื่อป้องกันไม้ไผ่เสริมตามยาวไม่ให้โก่งหักเนื่องจาก Stiffness ของปลอกไม่เพียงพอ ปลอกจะต้องมีระยะห่างไม่เกินระยะ l, กำหนดโดยสมการ

$$l = d^* \left(\frac{3\pi^5 E_b\, t'b'}{4A'E'_b}\right)^{1/3} \qquad (22)$$

เมื่อ

E'_b = โมดูลัสยืดหยุ่นของปลอก

t' = ความหนาของลำไม้ไผ่

b' = ความยาวประสิทธิผลของปลอก

A' = พื้นที่หน้าตัดประสิทธิผลของปลอก

ค่า A' และ b' หาได้จากรูปที่ (67) เมื่อ A_t คือพื้นที่หน้าตัดจริง ๆ ของปลอก

ในการออกแบบระยะห่างของปลอกไม้ไผ่ในเสาคอนกรีตเสริมด้วยไม้ไผ่ให้ใช้ค่าที่น้อยที่สุด จาก Criteria ทั้งสาม

2.3.5 ข้อแนะนำในการออกแบบและหลักในการก่อสร้าง

1. ไม้ไผ่ที่เสริมตามยาวในเสาคอนกรีตต้องใช้ไม้ไผ่ทั้งลำที่ตัดและปล่อยทิ้งให้แห้ง (Dry and Seasoned) เป็นเวลา 3 – 4 อาทิตย์ ก่อนนำมาใช้งาน หากจำเป็นต้องใช้ไม้ไผ่ที่ไม่แห้ง (Unseasoned and Untreated) ในกรณีนี้ต้องใช้ซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็ว เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการแตกร้าวของคอนกรีตในภายหลัง เนื่องจากการขยายตัวของไม้ไผ่เสริมตามยาว

2. ปลายข้างใหญ่และข้างเล็กของลำไม้ไผ่ต้องวางสลับกัน เพื่อให้มีพื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่เฉลี่ยเท่ากันตลอดความยาวของเสาคอนกรีต

3. อัตราส่วนสูงสุดของพื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่ที่ใช้ต่อพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเสาประมาณ 5 %

4. ปลอกทำด้วยเปลือกไม้ไผ่ใช้เป็นตัวเสริมทางขวาง (Lateral Reinforcement) สำหรับปลอกที่ใช้ที่รู้ขนาด ระยะห่างของปลอกต้องเลือกค่าที่น้อยที่สุดจาก Modified Criteria I ถึง III และสำหรับเสารับน้ำหนักตามแกน ระยะห่างของปลอกที่ปลายทั้งสองข้างจะเป็น $\frac{1}{2}$ ของระยะห่างปกติ และให้ใช้ระยะห่างนี้ไปถึง $\frac{1}{4}$ ของความยาวเสาจากปลายแต่ละข้าง

5. ต้องมีความหนาของคอนกรีตหุ้มไม้ไผ่อย่างน้อยที่สุด 3.5 เซนติเมตรจากผิวของไม้ไผ่เสริมตามยาว

6. เนื่องจากการใช้เปลือกไม้ไผ่ทำเป็นปลอกเดี่ยวของเสา การงอปลอกให้ได้ 90° ทำได้ยาก ไม้ไผ่มักจะแตกที่ผิวเสียก่อน จึงแนะนำให้จัดไม้ไผ่เสริมตามยาวอยู่ในลักษณะวงกลมแทนที่จะเป็นสี่เหลี่ยม เพื่อที่จะได้ปลอกเดี่ยวในลักษณะกลมง่ายแก่การงอไม้ไผ่