บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1แบบจำลองและการเตรียมตัวอย่างทดสอบ

3.1.1แบบจำลองตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบในงานวิจัยนี้เป็นแบบจำลองขนาดเท่าของจริง (Full-Scale Model) จากต้นแบบโครงสร้างแผ่นพื้นท้องเรียบที่มีช่วงเสาเท่ากับ 5.00ม.และมีน้ำหนักบรรทุกจร 400 kgf/m^2 แบบจำลองจะอยู่บริเวณหัวเสาและรับโมเมนต์ลบและเป็นช่วงเสาภายใน ล้อมรอบด้วยจุดดัดกลับซึ่งจะห่างจากขอบเสาประมาณ 1/6ของช่วงเสา[21] ก็จะได้ตัวอย่างทดสอบมีขนาด 2.00X2.00 ม. มีความหนา 0.18 ม. และมีเสาตอม่อขนาด 0.25X0.25 ม.อยู่ตรงกลางแผ่นพื้น สำหรับขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดนั้นในทางปฏิบัตินั้นตำแหน่งและขนาดอาจจะเป็นไปได้หลายรูปแบบ แต่ในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้มีขนาด 0.15X0.15 ม. จำนวน 2 ช่องวางชิดหัวเสา

ความหนาของแผ่นพื้นจะถูกกำหนดให้มีขนาดค่อนข้างบางเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อที่จะชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของหมุดรับแรงเฉือนเมื่อใช้ติดตั้งในแผ่นพื้นที่ค่อนข้างบาง แต่ความหนาของแผ่นพื้นตัวอย่างทดสอบจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าที่กำหนดใน ACI 9.5.3.2

การออกแบบตัวอย่างทดสอบนั้นจะพยายามออกแบบให้เกิดการวิบัติด้วยการเฉือนทะลุ จึงต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการวิบัติด้วยแรงดัด ถ้าพิจารณาตัวอย่างทดสอบเป็นเหมือนกับแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมจตุรัสมีแรงกดกระทำตรงกลางสามารถคำนวณโดยใช้ Johansen's Yeild Line Theory[22] ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก. การประมาณค่ากำลังแรงเฉือนทะลุของตัวอย่างทดสอบในขั้นต้นนั้นจะใช้สมการของ A.Ghali และคณะ(ภาคผนวก ก. หัวข้อ ก.4.2.1) ปริมาณหมุดรับแรงเฉือนที่ใช้จะประมาณโดยใช้น้ำหนักบรรทุกจรดังเช่นกับที่กำหนดแบบจำลอง จำนวนของหมุดต่อแถบที่ใช้นอกจากจะกำหนดตามผลการคำนวณแล้วยังต้องกำหนดให้หมุดตัวสุดท้ายล้อมรอบบริเวณของช่องเปิด เพื่อที่จะสังเกตุลักษณะการถ่ายแรงเฉือนเข้าสู่เสา

ระยะห่างของหมุดรับแรงเฉือนในขั้นต้นนั้นจะพิจารณาว่ามุมการแตกร้าวในแนวทแยงเท่ากับ 45^{o}[16] ดังนั้นหมุดรับแรงเฉือนตัวแรกและระยะห่างระหว่างหมุดในแถบเดียวกันจะกำหนดให้ห่างกันไม่เกิน d/2

3.1.2การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

จำนวนของตัวอย่างทั้งหมด 3 ตัวอย่างคือ S1,S2 และ S3 ตัวอย่าง S1 ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือนเพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบ ส่วน S2,S3 จะมีเหล็กเสริมรับแรงเฉือนปริมาณเท่ากันแต่การจัดวางรอบหัวเสาจะแตกต่างกันดูรูปที่ 14และ15 Abel A.,Elgabry และ A.Ghali[19] ก็ได้ให้คำแนะนำและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางหมุดรับแรงเฉือนเอาไว้ พื้นที่หน้าตัดรวมของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนที่ใช้เท่ากับ 40.529 ตรซม. หมุดรับแรงเฉือนตัวแรกจัดให้วางห่างจากหัวเสาเป็นระยะ 6.00 ซม.เช่นเดียวกันทั้งสองตัวอย่าง ความเครียดที่เกิดขึ้นในเหล็กรับแรงเฉือนภายใต้น้ำหนักบรรทุกกระทำสามารถวัดได้โดยติด Electrical Strain Gage ขนาด 10 มม.ที่ตัวหมุดแต่เนื่องจากการจัดวางหมุดอยู่ในลักษณะสมมาตรจะวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นในหมุดบางตัวก็จะสามารถประมาณค่าเปรียบเทียบได้ ซึ่งตัวอย่าง S2 จะติดตั้งที่หมุด a1,a2,a3,a4,b1,b2,b3 และ b4 ส่วนตัวอย่าง S3 จะติดตั้งที่หมุด c1,c2,c3,c4,d1,d2,d3,และ d4 การติดตั้งจะต้องสามารถกันน้ำด้วย ลักษณะและตำแหน่งของการติดตั้ง Electrical Strain Gage เช่นนี้ก็เพื่อตรวจสอบว่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในหมุดที่วางชิดช่องเปิดจะแตกต่างกับบริเวณอื่นอย่างไร

การวางเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัดในที่นี้จะกำหนดระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก 2.50 ซม.ซึ่งใช้กันทั่วไป ในกรณีที่แนวเหล็กเสริมผ่านช่องเปิดก็จะขยับหลบ ที่ขอบของตัวอย่างทดสอบจะเจาะช่องสำหรับสอดเหล็กเส้นที่ทำหน้าที่เหมือนจุดรองรับโดยรอบ

3.2คุณสมบัติของวัสดุ

3.2.1 คอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้เป็นคอนกรีตผสมเสร็จ ซีเมนต์ประเภท 3 ทรายแม่น้ำและหินย่อยขนาดไม่เกิน 20 มม. คอนกรีตที่อายุ 28 วันมีค่ากำลังอัดประลัยไม่น้อยกว่า 280 kgf/cm^2 แต่ละตัวอย่างจะใช้คอนกรีตโม่เดียวกันทั้งหมด การเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทดสอบกำลังอัดประลัยใช้แบบหล่อมาตรฐานรูปทรงกระบอก∅15x30 ซม.จำนวน 9 ตัวอย่างและทดสอบกำลังกดพร้อมกันกับการทดสอบแผ่นพื้นตัวอย่าง

3.2.2เหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัด

เหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัดเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. ชั้นคุณภาพSD40 ค่ากำลังที่จุดคลากและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริมหาได้โดยการทดสอบแรงดึงของท่อนเหล็กตัวอย่างที่ติด Electrical Strain Gage ขนาด 10 มม. จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดก็จะสามารถประมาณค่ากำลังที่จุดคลากเท่ากับ4139ksc.และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นได้1748000 ksc.

3.2.3เหล็กเสริมรับแรงเฉือน

รายละเอียดของหมุดรับแรงเฉือนที่เหมาะสมที่ได้จากการวิจัยที่ผ่านมา[17),(18),(19)] ในรายละเอียดนั้นหัวหมุดอาจจะเป็นรูปวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจตุรัสก็ได้และจะต้องมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 10 เท่าของพื้นที่ลำตัวหมุดซึ่งจะเพียงพอสำหรับที่จะทำให้เกิดการยืดเหนี่ยวที่เพียงพอที่จะทำให้ตัวหมุดที่มีค่า f_{ys}=4100 ksc.สามารถที่จะพัฒนาหน่วยแรงจนถึงจุดคลากได้ เมื่อหัวหมุดและแผ่นเหล็กยึดล่างของหมุดรับแรงเฉือนมีความหนาสม่ำเสมอ ความหนาของแผ่นเหล็กนี้ควรจะมากกว่า $\frac{\varnothing}{2}$ ซึ่ง $\varnothing$ เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของหมุด ความหนาที่รอยต่อของลำตัวหมุดจะต้องมากกว่า $\frac{2}{3}\varnothing$ ความกว้างของแผ่นเหล็กยึดล่างจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 2.5$\varnothing$ (ดูรูปที่ 12)

เหล็กเสริมรับแรงเฉือนที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็นหมุดรับแรงเฉือน (Stud Rails)ประกอบไปด้วยลำตัวหมุด ส่วนหัวและแผ่นเหล็กซึ่งส่วนหัวและลำตัวจะเป็นชิ้นส่วนเดียวกันแล้วนำมาประกอบกับแผ่นเหล็กโดยวิธีการเชื่อม สำหรับงานวิจัยนี้จะประกอบจากโรงงานโดยได้รับการสนับสนุนจากบริษัท เดฮา(ประเทศไทย) จำกัดซึ่งเป็นตัวแทนจำหน่ายหมุดรับแรงเฉือน (Stud Rails)ในประเทศไทย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหมุดที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 1.27 ซม.วางห่างกัน 6.00ซม. รายละเอียดแสดงในรูปที่ 13 และตารางที่3

กำลังที่จุดคลากและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นหาได้โดยการทดสอบแรงดึงเช่นเดียวกันกับเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัด ติด Electrical Strain Gage ขนาด 10 มม.ที่ลำตัวหมุด จากความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดก็จะได้ค่ากำลังที่จุดคลากเท่ากับ 4100 ksc. ค่าความเครียดที่จุดคลากเท่ากับ 0.005 และโมดูลัสความยืดหยุ่นของหมุดเท่ากับ 1821383ksc. ข้อมูลจากนี้จะใช้ประมาณค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในหมุดบางตัวได้

3.3การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบและวิธีการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบไปด้วยโครงคอนกรีตแข็งในระนาบพร้อมกับเหล็กข้ออ้อยขนาดเส้นผ่าศูนกลาง 25 มม.จำนวน 16 เส้นเพื่อใช้เป็นจุดรองรับตลอดขอบของตัวอย่างโดยที่ปลายบนจะกลึงเกลียวและมีแผ่นเหล็กเป็นตัวยึด การใส่น้ำหนักจะใช้ Hydraulic Jack และ Load Cell วางที่ด้านล่างของแผ่นพื้นและตอม่อ โดยทิศทางของแรงจะกระทำดันขึ้น โครงคอนกรีตแข็งในระนาบจะถูกออกแบบให้มีความแข็งแรงเพียงพอ การวัดค่าการแอ่นตัวของตัวอย่างจะวัดกึ่งกลางแผ่นพื้นโดยติดตั้ง Dial gage ที่กึ่งกลางแผ่นพื้น 1 ตัว และโดยรอบตามตำแหน่งของจุดรองรับอีก 4ตัวซึ่งจะวัดค่าการยืดตัวของที่รองรับซึ่งจะนำมาคำนวณหาการแอ่นตัวที่จุดกึ่งกลางของแผ่นพื้นได้

ขณะเดียวกันก็จะสังเกตุการเกิดรอยร้าวที่เกิดขึ้นพร้อมกับสเก็ตแนวแตกร้าว การเกิดรอยร้าวในแนวทแยงสามารถสังเกตุได้ในบริเวณช่องเปิด จากนั้นเพิ่มน้ำหนักจนกระทั่งถึงจุดประลัยและบันทึกข้อมูลต่อไปเพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมภายหลังการวิบัติ