หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การตรวจสอบพฤติกรรมของโครงสร้าง เวีย เรนดีลด้วยการทดลอง

4.1 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติการทดลอง

การวิเคราะห์ทางทฤษฎีที่ใช้ในการหาค่าแรงและระยะการ เคลื่อนที่บนส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างโดยทั่ว ๆ ไปแล้วถือว่าวัสดุที่นำมาใช้ทำโครงสร้างมีคุณสมบัติทางฟิสิคส์ เหมือนกันตลอดทั้งโครงสร้าง แต่ใน เชิงปฏิบัติไม่สามารถกระทำให้ เป็นไปตามทฤษฎีได้ ดังนั้น จึงจำ เป็นจะต้องมีการตรวจสอบพฤติกรรมดังกล่าวด้วยการทดลอง เพื่อที่จะศึกษาถึงข้อแตกต่างที่ เกิดขึ้นและ เป็นข้อชี้แนะหรือข้อควรระมัดระวังในการคำนวณออกแบบ โดยทั่วไปโครงสร้าง เวีย เรนดีลที่นิยมใช้ เป็นชนิดที่ทำด้วยคอนกรีต เสริม เหล็กและทำด้วย เหล็กซึ่งการทดลอง เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมจะใช้โครงสร้างที่ทำจากวัสดุทั้งสองชนิดดังกล่าว

พฤติกรรมของโครงสร้างที่ทำการตรวจสอบด้วยการทดลองมีดังนี้ คือ

1. ความ เครียดที่ เกิดขึ้นบนส่วนของโครงสร้าง เมื่อมีน้ำหนักบรรทุก
2. ระยะโก่งที่ เกิดขึ้นที่จุดต่อของโครงสร้าง เมื่อมีน้ำหนักบรรทุก

ตำแหน่งที่ทำการวัดค่าดังกล่าวสำหรับโครงสร้าง เวีย เรนดีลที่ทำด้วยคอนกรีต เสริม เหล็ก เป็นไปตามรูปที่ 4.1 และ 4.2 และสำหรับโครงสร้างที่ทำด้วย เหล็กรูปตัว I เป็นไปตามรูปที่ 4.3

ลักษณะการกระทำของน้ำหนักบรรทุกสำหรับโครงสร้าง เวีย เรนดีลที่ทำการทดลอง เพื่อตรวจสอบพฤติกรรม แบ่งออก เป็น 4 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 น้ำหนักกระทำแบบสมมาตรตามรูปที่ 4.2 สำหรับโครงสร้างที่ทำด้วยคอนกรีต เสริม เหล็กและ เพิ่มน้ำหนักจนกระทั่งโครงสร้างวิบัติ

กรณีที่ 2 น้ำหนักกระทำแบบสมมาตร (Symmetric Loading) โดยมีน้ำหนักบรรทุกตามรูปที่ 4.4 และมีวัฏจักรการเพิ่มลดของน้ำหนักอยู่ในช่วงขนาดน้ำหนักบรรทุกใช้งาน

กรณีที่ 3 น้ำหนักกระทำแบบอสมมาตร (Anti Symmetric Loading) โดยมีน้ำหนักบรรทุกตามรูปที่ 4.5 และมีวัฏจักรการเพิ่มลดของน้ำหนักบรรทุกอยู่ในช่วงขนาดน้ำหนักบรรทุกใช้งาน

กรณีที่ 4 การกระทำแบบสมมาตรมีน้ำหนักบรรทุกตามรูปที่ 4.6 จนกระทั่งโครงสร้างพังทลาย

สำหรับกรณีที่ 2 ถึงกรณีที่ 4 เป็นน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ทดสอบโครงสร้างที่ทำด้วยเหล็กรูปตัว I

4.2 การออกแบบโครงสร้างจำลอง

โครงสร้างจำลองที่นำมาทดสอบย่อส่วนจากโครงสร้างจริง โดยมีอัตราส่วน 1:4 จากวิธีการวิเคราะห์มิติ (Dimensional Analysis) จะได้ความสัมพันธ์ตามตารางที่ 4.1 ซึ่งมีรายละเอียดสำหรับโครงสร้างทั้งสองชนิด คือ

โครงสร้างที่ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กมีรายละเอียดตามรูปที่ 4.7

โครงสร้างที่ทำด้วยเหล็กรูปตัว I มีรายละเอียดตามรูปที่ 4.8

4.3 วิธีการทดลอง

4.3.1 การติดตั้งเครื่องมือทดสอบ การติดตั้งเครื่องมือทดสอบแบ่งการกระทำของน้ำหนักบรรทุกเป็น 4 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิกซ์ตามรูปที่ 4.2 เพื่อให้เกิดน้ำหนักบรรทุกเป็นแบบ 4 จุด

I 18171161

กรณีที่ 2 ติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิกซ์ตามรูปที่ 4.4

กรณีที่ 3 ติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิกซ์ตามรูปที่ 4.5

กรณีที่ 4 ติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิกซ์ตามรูปที่ 4.6

4.3.2 เครื่องมือที่ใช้ เครื่องมือที่ใช้มีดังนี้

เกจวัดระยะทาง (Dial Gage) พร้อมขายึดจำนวน 10 ตัว เพื่อวัดระยะโก่งของจุดต่อของโครงสร้างดังรูปที่ 4.13

เกจวัดความเครียด จำนวน 12 ตัว เพื่อวัดความเครียดที่เกิดขึ้นบนส่วนโครงสร้างดังรูปที่ 4.9

เครื่อง Strain Indicator Model SM-60D และเครื่อง Switching and Balancing Box Model SS-24R ใช้อ่านค่าความเครียดจากเกจวัดความเครียด

เครื่องมือที่ใช้ในการทำให้เกิดน้ำหนักบรรทุกคือ แม่แรงไฮดรอลิกซ์ ขนาด 10 ตัน และ 30 ตัน

* โครงสร้างเหล็กสำหรับป้องกันการเคลื่อนที่ทางด้านข้างที่ได้จัดทำขึ้นมีรายละเอียดตามรูปที่ 4.33

4.3.3 คุณสมบัติของวัสดุ คุณสมบัติของวัสดุที่ได้จากการทดลองมีค่าดังนี้

เหล็ก ϕ 12 มม. (จากการทดสอบแรงดึง)

F_y = 2560 กก/ซม.^{2}

F_u = 3490 กก/ซม.^{2}

E_s = 2.025×10^6 กก/ซม.^{2}

เหล็กรูปตัว I (จากการทดสอบแรงดัด)

ขนาด 100 มม. x 50 มม. x 6.5 มม. x 4.5 มม. x 8.5 กก/ม.

F_y = 3550 กก/ซม.^{2}

E_s = 2.038×10^6 กก/ซม.^{2}

คอนกรีต (จากการทดสอบแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐาน)

ปูนซิเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 3

หิน (วัสดุหยาบ) ขนาด 3/8"

อัตราส่วนผสมปูนซิเมนต์ต่อทรายต่อหินเท่ากับ 1:1.8:2.39 โดยน้ำหนัก

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำต่อปูนซิเมนต์เท่ากับ 0.55 และ w = 2.435 ตัน/ม.^{3}

ความต้านทานแรงอัดประลัยเฉลี่ย = 356.0 กก/ซม.^{2} และ E_c = 306015.8 กก/ซม.^{2}

4.3.4 วิธีการทดสอบ

กรณีที่ 1 ติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิกซ์ตามรูปที่ 4.2 เพื่อให้เกิดน้ำหนักบรรทุก P กระทำกับโครงสร้าง 4 จุด และเพิ่มน้ำหนักกระทำที่แม่แรงขึ้นทีละ 200 กก. พร้อมกัน ซึ่งในการนี้จะเกิดน้ำหนักบรรทุก P เพิ่มขึ้นทีละ 100 กก. ตามรูปที่ 4.15

กรณีที่ 2 ติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิกซ์ตามรูปที่ 4.4 โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกและลดน้ำหนักบรรทุกโดยวัฏจักรตามรูปที่ 4.16

กรณีที่ 3 ติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิกซ์ตัวเดียวที่ตำแหน่งตามรูปที่ 4.5 โดยเพิ่มและลดน้ำหนักบรรทุก P โดยมีวัฏจักรตามรูปที่ 4.17

กรณีที่ 4 ติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิกซ์ตัวเดียวเพื่อทำให้เกิดน้ำหนักบรรทุก P ตามรูปที่ 4.6 โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุก P ทีละ 200 กก. ตามรูปที่ 4.18 ไปจนกระทั่งโครงสร้างพินิติ

เมื่อมีการเพิ่มหรือลดน้ำหนักบรรทุกในแต่กรณีก็บันทึกระยะเคลื่อนที่ของจุดต่อจากเกจวัดระยะทางและบันทึกความเครียดจากเครื่องอ่านความเครียดสถิต ซึ่งค่าต่าง ๆ ที่บันทึกมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.2 ถึงตารางที่ 4.9

4.4 ผลการทดลอง

1. โครงสร้างเวียเรนดีลที่ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตามรูปที่ 4.21 แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักกระทำเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าความเครียดที่ได้จากการทดลอง แต่ไม่เป็นปฏิภาคโดยตรงในช่วงน้ำหนักบรรทุกมีค่าน้อยและมีลักษณะของความสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน เมื่อตำแหน่งที่ทำการวัดสมมาตรกัน

รูปที่ 4.29 แสดงถึงความสัมพันธ์ของการเพิ่มของระยะโก่ง เมื่อน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้น ซึ่งจากกราฟดังกล่าวจะเห็นว่าในช่วงแรก ๆ นั้น ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งที่ทำการวัดมีมุมของความลาดมากแล้วจึงลดลง เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกกระทำเพิ่มขึ้นและตามรูปที่ 4.25 แสดงให้เห็นว่าระยะโก่งที่เกิดขึ้นของจุดต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มน้ำหนักใกล้เคียงกัน

2. โครงสร้างเวียเรนดีลที่ทำด้วยเหล็กรูปตัว I

ตามรูปที่ 4.22 ถึง 4.24 ลักษณะที่เกิดขึ้นให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าความเครียดมากกว่าผลการทดลองของโครงสร้างที่ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตามรูปที่ 4.30 ถึง 4.32 แสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกอัตราการเพิ่มของระยะโก่งมีค่าน้อยจึงเป็นผลให้มุมของความลาดในช่วงแรกมีค่ามากแล้วจึงลดลงเมื่อน้ำหนักบรรทุกมากขึ้น และตามรูปที่ 4.26 ถึง 4.28 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของระยะโก่งกับน้ำหนักบรรทุกที่จุดต่าง ๆ ในแต่ละกรณีให้ความสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน

จากการทดลองของโครงสร้างทั้งสองชนิดจะเห็นได้ว่าโครงสร้างที่ทำด้วยเหล็กรูปตัว I ให้ค่าความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นมากกว่าโครงสร้างที่ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.5 ลักษณะการวิบัติของโครงสร้าง

โครงสร้างที่ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กเกิดรอยร้าวที่น้ำหนักบรรทุก P มีค่าเท่ากับ 300 กก. และวิบัติที่น้ำหนักบรรทุก P เท่ากับ 1600 กก. ดังแสดงในรูปที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 ลักษณะของการแตกร้าวที่จุดต่อและส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างตามรูปที่ 4.34 พบว่า ส่วนมากการแตกร้าวของส่วนโครงสร้างเกิดเนื่องจากโมเมนต์ดัดบนด้านรับแรงดึงของหน้าตัดที่จุดต่อจะมีการแตกร้าวบนส่วนโครงสร้างก็เฉพาะส่วนโครงสร้าง I, J สำหรับการทดลองในกรณีนี้ไม่มีการเสียเสถียรภาพทางด้านข้างจากการค้ำยัน โดยโครงสร้างเหล็กที่ได้จัดทำขึ้นในขณะทำการทดลองจนโครงสร้างวิบัติ

โครงสร้างที่ทำด้วยเหล็ก การวิบัติเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของจุดต่อโครงสร้างเมื่อจุดต่อบนส่วนของโครงสร้างนั้นมีโมเมนต์ดัดกระทำมาก ๆ จนโครงสร้างเกิดการวิบัติขึ้น และจากการทดลองถึงแม้จะมีการค้ำยันโดยโครงสร้างเหล็กที่ได้จัดทำขึ้นก็ตาม การเคลื่อนที่ทางด้านข้างก็ยังมีมากดังรูปที่ 4.35 ซึ่งก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โครงสร้างเกิดการวิบัติเร็วขึ้น โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงของความเครียดที่อ่านได้ในช่วงวิบัติจะมีค่ามากสำหรับการทดลองกรณีที่ 4 ดังกราฟรูปที่ 4.24a และ 4.24d การวิบัติเกิดที่น้ำหนักบรรทุก P = 2400 กก.