บทที่ 6

การทดสอบโครงสร้างจำลองของสะพานชนิดสเตรสริบบอน

6.1 โครงสร้างจำลอง

ได้ก่อสร้างโครงสร้างจำลองขนาดหน้าตัดกว้าง 50 เซนติเมตร ใช้แผ่นเหล็กหนา 0.1 เซนติเมตร พับเป็นหน้าตัดอย่างง่ายดังแสดงในรูปที่ 6.1 เพื่อทำหน้าที่เปรียบเทียบเสมือนแผ่นพื้นรองรับน้ำหนักบรรทุก โดยที่ปลายทั้งสองข้างถูกยึดแน่นไว้ จากนั้นใช้น้ำหนักถ่วงเพื่อเป็นเสมือนน้ำหนักแผ่นพื้นที่ทำด้วยคอนกรีตและเคเบิ้ลใช้แทนด้วยเส้นลวดชนิดอัดแรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น เรียงระยะห่างกัน 11.75 และ 8.25 เซนติเมตร การทดลองทำการแปรเปลี่ยนเฉพาะความยาวช่วง 4 ขนาด คือ 3, 5, 7 และ 9 เมตร โดยที่ความกว้างของแผ่นพื้น จำนวนเส้นลวดชนิดอัดแรงและแรงดึงที่ใช้คงที่ การวัดแรงดึงที่เปลี่ยนแปลงไปในเส้นลวดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกใช้ proving ring จำนวน 2 ตัว วัดที่เส้นลวดเส้นนอกแต่ละด้านของแผ่นพื้น ตามที่แสดงในรูปที่ 6.2

6.2 วัสดุและการประกอบ

แผ่นพื้นเหล็กพับ เป็นเหล็กโครงสร้างพับชั้นเดียวมีความกว้าง 50 เซนติเมตร หนา 1 มิลลิเมตร หน้าตัดแผ่นเหล็กพับแสดงในรูปที่ 6.1

เส้นลวดอัดแรงใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น โดยมีคุณสมบัติของความเค้น - ความเครียด ดังแสดงในรูปที่ 6.3 ซึ่งมีค่าแรงประลัยสูงสุดประมาณ 18,300 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร มีค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่นเท่ากับ 2.02×10^6 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

Proving ring ใช้แบบ WYKEAM FARRANCE ENG. LTD. ขนาดที่สามารถวัดแรงได้ 2000 และ 5000 กิโลกรัม calibration curve ได้แสดงไว้ในรูปที่ 6.4

การวัดการหย่อนตัวใช้ dial gages พร้อมขาตั้ง (magnetic holder) อ่านค่าการเคลื่อนที่ได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

การดึงลวดอัดแรงใช้เครื่องดึงไฮดรอลิค รูปเครื่องมือแสดงไว้ในรูปที่ 6.5

เครื่องบันทึกการสั่นใช้วัดด้วยเครื่องมือ Transducer-Recorder การแสดงการติดตั้งอุปกรณ์แสดงไว้ในรูปที่ 6.6

น้ำหนักบรรทุกใช้แท่งคอนกรีต 2 ขนาด น้ำหนักแท่งละ 22.70 กิโลกรัม และ 28.75 กิโลกรัม โดยการใช้แท่งคอนกรีตหนักแท่งละ 22.70 กิโลกรัม เป็นน้ำหนักถ่วง และชนิดหนัก 28.75 กิโลกรัม ใช้เป็นน้ำหนักบรรทุกจร

การประกอบโครงสร้างจำลองโดยใช้แผ่นเหล็กพับแต่ละแผ่นต่อชนกันแล้วเชื่อมด้วยไฟฟ้า การยึดปลายแผ่นพื้นกับโครงแท่นด้วยการเชื่อมกับแผ่นเหล็กหนา 1 เซนติเมตร จำนวน 5 แผ่นตั้งเรียงระยะเท่ากันโดยที่แผ่นเหล็กเหล่านี้เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร โดยที่แท่งเหล็กนี้ถูกรั้งไว้กับโครงแท่น การอ้างอิงระยะความยาวของโครงสร้างจำลองนับจากศูนย์กลางของแท่งเหล็กนี้ รูปที่ 6.7 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์นี้ โครงแท่นยึดแน่นกับพื้นรางเหล็กซึ่งขันด้วยสลักเกลียวเพื่อไม่ให้เกิดการขยับตัวขณะมีแรงอัดไว้ ส่วนด้านข้างของแผ่นเหล็กพับเจาะรูทะลุตลอดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12 มิลลิเมตรห่างกันเป็นระยะ 25 เซนติเมตร ด้วยการใช้เหล็กเส้นกลมร้อยทะลุรูแผ่นเหล็กพับนี้เพื่อให้ร้อยลวดอัดแรง (ดูรูปที่ 6.1 ประกอบ) รั้งเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรนี้ หิ้วแผ่นเหล็กพับขึ้นเมื่อมีความตึงในเส้นลวดเกิดขึ้น

ลักษณะการติดตั้ง proving ring เพื่อวัดแรงในเส้นลวด แสดงในรูปที่ 6.8 จากรูป 6.2 เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกวางบนโครงสร้างจำลอง proving ring จะรับแรงอัดเนื่องจากใช้ proving ring ในการวัดแรงเพียง 2 ตัว ลวดชนิดอัดแรงอีกสองเส้นที่เหลือร้อยทะลุผ่านรูที่เจาะบนคาน Wide flange ซึ่งยันไว้กับโครงแท่น ส่วนการจับลวดชนิดอัดแรงไว้ด้วยลิ่มที่อัดในกระบอกกรวย (grips) ดังแสดงในรูปที่ 6.9 คาน wide flange ที่รับแรงกดจากการอัดแรงนั้น การแอ่นตัวจะไม่เกิน 0.10 เซนติเมตร จากขนาดของแรงดึงในการทดลองที่กำหนดไว้

ในรูปที่ 6.10 ใช้ proving ring ขนาดรับแรงกดได้ 2,000 กิโลกรัมมาวัดแรงในเส้นลวด การวัดการหย่อนตัวใช้แผงแผ่นกระดาษกราฟตั้งในแนวดิ่ง โดยให้ชิดเส้นลวดมากที่

สุดแต่ไม่ให้ขวางการเคลื่อนที่อย่างอิสระตามแนวดิ่งของเส้นลวดอัดแรงนี้ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6.1 โดยขั้นต้นอัดแรงเส้นลวดขนาดที่ทำให้เกิดการหย่อนตัวในอัตรา L/100 จากผลการทดลองให้ค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 4 ถึง 12 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับการคำนวณซึ่งแสดงว่าวิธีการทดลองและอุปกรณ์ใช้ได้ดี

6.3 วิธีการทดลอง

6.3.1 การทดลองน้ำหนักบรรทุกสแตติค

เมื่อตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ดึงลวดอัดแรงด้วยแรงขั้นต้น แต่ละเส้นด้วยแรง 250 กิโลกรัม จากนั้นปรับเครื่องไฮดรอลิค ดึงลวดจนกระทั่งแต่ละเส้นมีแรง 1,300 กิโลกรัม ที่ลวดอัดแรง 4 เส้นรวมกันเป็นแรง 5,200 กิโลกรัมจากนั้นบันทึกแรงและการหย่อนตัวถ่วงน้ำหนักขนาด 22.70 กิโลกรัมทุกระยะ 1 เมตร วางแท่งคอนกรีตด้านยาววางพาดตามขวางของแผ่นเหล็กพับเต็มช่วงความยาว ดังรูปที่ 6.6 บันทึกแรงและการหย่อนตัว การหย่อนตัววัดด้วย dial gages 6 ตัว โดยไว้ที่แต่ละด้านของแผ่นเหล็กพับที่ขอบในของแผ่นเหล็กพับนี้ ณ ตำแหน่งระยะต่าง ๆ ตามที่แสดงผลการทดลองในตารางที่ 7.1 ถึง 7.8 ค่าการหย่อนตัวที่วัดได้จากสองด้านของแผ่นเหล็กนำค่ามาเฉลี่ยกัน ส่วนน้ำหนักถ่วงรวมน้ำหนักแผ่นเหล็กพับและน้ำหนักเคเบิ้ลรวมกันหนัก 30.80 กิโลกรัม/เมตร ซึ่งเปรียบเสมือนน้ำหนักของแผ่นพื้นในสะพานชนิดคอนกรีตสเตรสริบบอนและแทนเคเบิ้ลด้วยลวดชนิดอัดแรง การทดลองใส่น้ำหนักบรรทุก 28.75 กิโลกรัม/เมตร จนเต็มช่วงความยาว บันทึกค่าของแรงดึงในเส้นลวดและการหย่อนตัวที่เพิ่มขึ้น การทดลองแปรความยาวช่วงที่ 3, 5, 7 และ 9 เมตร ตามลำดับ ที่แรงดึงรวมประมาณ 5,200 กิโลกรัม

6.3.2 การทดลองน้ำหนักบรรทุกเยื้องศูนย์สแตติค

โดยการใช้แท่งคอนกรีตหนัก 28.75 กิโลกรัมวางชิดขอบแผ่นเหล็กพับที่ถูกถ่วงน้ำหนักไว้แล้ว กึ่งกลางแท่งคอนกรีต (จุดศูนย์ถ่วงของน้ำหนัก) 28.75 กิโลกรัมนี้ห่างจุดศูนย์ถ่วงของหน้าตัดแผ่นพื้นเสมือน เป็นระยะเท่ากับ 0.1350 เมตร คิดเป็นโมเมนต์บิดเท่ากับ 28.75x0.1350 หรือ 3.88 กิโลกรัม-เมตร วางน้ำหนักเยื้องศูนย์นี้เป็นระยะตามยาวแผ่นพื้นเป็นระยะ 3 เมตร ห่างกันแท่งละ 1 เมตร บันทึกแรงและการหย่อนตัว ทดลอง

แปรความยาวช่วงที่ 3, 6, 7 และ 9 เมตร ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 7.9

6.3.3 <u>การทดสอบการสั่นของโครงสร้างจำลอง</u>

ทำการทดลองโดยใช้แรงดึง 1,000, 2,000, 4,000 และ 5,200 กิโลกรัม โดยที่แผ่นเหล็กพับถูกถ่วงด้วยน้ำหนัก 22.70 กิโลกรัม/เมตร การบันทึกการสั่นโดยการตั้ง Transducer บนแผ่นเหล็กพับ การวัดการสั่นของโครงสร้างวัดที่กึ่งกลางช่วงของความยาว การทดลองใช้แท่งคอนกรีตวางบนแผ่นเหล็กพับ เป็นจังหวะของแรงกระแทกโครงสร้างจำลองจะเกิดการสั่นตามแนวดิ่ง การบันทึกการสั่นในระยะที่เป็นปลายช่วงคลื่นที่เป็น free vibration ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 7.10