บทที่ 5

การทดสอบแบบจำลองของบันได

ในการวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุกของบันไดและความเป็นไปได้ของการใช้วิธีวิเคราะห์โดยประมาณแบบโครงข้อแข็งในสามมิติ และแบบแผ่นพื้นพับในการออกแบบ"บันได" ได้สร้างแบบจำลอง ทำด้วยเหล็กแผ่นเชื่อมขึ้นรูปเป็นบันได และทำการทดลองวัดค่าการเคลื่อนที่และความเครียดของแบบจำลองภายใต้น้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอในแนวดิ่ง เพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธี

5.1 การสร้างแบบจำลองของ "บันได"

เหล็กแผ่นซึ่งใช้ประกอบขึ้นเป็นแบบจำลองตัดด้วยเครื่องตัดเหล็กแบบใบมีด และไสแต่งขอบของเหล็กแต่ละแผ่นทิ้งไปข้างละ 5 มิลลิเมตรโดยประมาณเพื่อขจัดขอบที่เสียหายจากการตัด ประกอบขึ้นรูปโดยอาศัยเหล็กแผ่นหนา 9 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่น ซึ่งไสพร้อมกันให้ได้มุม 144 องศา เพื่อใช้เป็นแบบยึดเหล็กแผ่นที่ประกอบเป็นพื้นบันไดและชานพักแต่ละข้างให้ได้มุม 36 องศา และใช้การเชื่อมไฟฟ้าในการต่อเหล็กแผ่นเข้าด้วยกันเป็นรูป "บันได" ที่พื้นดินก่อนนำขึ้นไปเชื่อมติดกับโครงเหล็กรองรับซึ่งแทนที่รองรับแบบยึดแน่น ในการเชื่อมใช้วิธีเชื่อมสลับซ้าย-ขวา และสลับบน-ล่าง เพื่อลดการเปลี่ยนรูปเนื่องจากการเชื่อม มิติของแบบจำลองเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จแสดงในตารางที่ 5.1

5.2 วัสดุและการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

เหล็กแผ่นที่ใช้เป็นเหล็กโครงสร้าง ซึ่งมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ได้จากการทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM A-370-78 ของแท่งทดสอบที่มีความยาวเกจ (gauge length) 200 มิลลิเมตร จำนวนสามแท่ง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.2 และมีค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 2.05×10^6 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

การวัดการเคลื่อนที่ใช้เกจแบบหน้าปัทม์ (dial gauge) พร้อมขาตั้ง (magnetic holder) ยึดติดกับโครงเหล็กฉากซึ่งตั้งแยกจากตัวแบบจำลองและโครงเหล็กรองรับในตำแหน่งตามที่แสดงในรูปที่ 5.1 โดยมีรายละเอียดของเกจแต่ละตัวแสดงในตารางที่ 5.3

การวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นที่ผิวเหล็กของแบบจำลองใช้เกจวัดความเครียดชนิดไฟฟ้า (electrical strain gauge) แบบแกนเดียว (uniaxial) รุ่น KFD-5-C1-11 ยี่ห้อ KYOWA มีความต้านทานไฟฟ้า 120 โอห์ม ค่าเกจแฟคเตอร์ (gauge factor) 2.11 ทำด้วยฟอยล์คอปเปอร์-นิเกิล (Cu-Ni foil) มีความยาวเกจ 5 มิลลิเมตร ความกว้าง 2.2 มิลลิเมตร แผ่นเกจทำด้วยโพลีอิไมค์ (polyimide) ยาว 10 มิลลิเมตร กว้าง 3.5 มิลลิเมตร ติดด้วยไซยาโนอะคริเรท (cyanoacrylate) ชนิด CC-15A ยี่ห้อ KYOWA และเคลือบตัวเกจด้วยสารบิวทิลรับเบอร์ (butyl rubber) ชนิด C-5 ยี่ห้อ KYOWA ตามคำแนะนำของผู้ผลิต[14] บนผิวบนและล่างของแบบจำลองในตำแหน่งตามที่แสดงในรูปที่ 5.2 ในการต่อเกจวัดความเครียดชนิดไฟฟ้าทั้งหมดเข้าเครื่องอ่าน (strain indicator) ใช้ระบบครึ่งวงจร (half bridge) ซึ่งมีเกจ dummy ที่ติดบนแท่งทดสอบแรงดึงของแผ่นเหล็กที่ใช้ทำแบบจำลอง เพื่อช่วยหักล้างผลอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นในอากาศระหว่างการทดลอง

เครื่องอ่านความเครียด เป็นเครื่องอ่านความเครียดชนิดไฟฟ้า (electrical strain indicator) รุ่น SM-60D ยี่ห้อ KYOWA สามารถอ่านค่าความเครียดได้สูงสุด $30,500 \times 10^{-6}$ เซนติเมตร/เซนติเมตร และต่ำสุด $-29,500 \times 10^{-6}$ เซนติเมตร/เซนติเมตร มีความละเอียด 10×10^{-6} เซนติเมตร/เซนติเมตร (1 ขีด) ค่าเกจแฟคเตอร์คงที่เป็น 2.00 และใช้คู่กับกล่องสวิทช์และปรับสมดุลย์ (switching & balancing box) รุ่น SS 24R ยี่ห้อ KYOWA มีช่องสำหรับต่อเกจ 24 ช่อง มีปุ่มปรับความต้านทานของเกจได้เป็น 60, 120, 350 และ 500 โอห์ม สามารถต่อเกจได้เป็น 1, 2 และ 4 เกจ

น้ำหนักบรรทุกแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอแทนด้วยน้ำหนักบรรทุกแบบจุด จำนวน 41 จุด โดยการเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร จำนวน 4 แถว ๆ ละ 4 รู บนพื้นบันได แต่ละข้าง และรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร จำนวน 3 แถว ๆ ละ 3 รู บนชานพักบันไดให้แต่ละรูที่เจาะบนพื้นบันไดและชานพักบันได ครอบคลุมพื้นที่ในแต่ละส่วนเท่า ๆ กัน และถ่วงน้ำหนักโดยใช้ลวดสลิงร้อยผ่านรูที่เจาะและให้กดลงบนแผ่นยางดันรูปจัตุรัสกว้าง 2 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร เพื่อกระจายน้ำหนักกดบนแผ่นพื้นแต่ละแผ่น ลวดสลิงแขวนต่อลงมาในลักษณะของวิฟเพิลทรี (WHIFFLE TREE) ตามที่แสดงในรูปที่ 5.3 เพื่อยึดกับอุปกรณ์ถ่วงน้ำหนักแบบคานดีดคานงัดจำนวน 3 ชุด สำหรับพื้นบันไดบน, พื้นบันไดล่าง และชานพักบันได

อุปกรณ์ถ่วงน้ำหนักตามที่แสดงในรูปที่ 5.4 ประกอบด้วยเหล็กแผ่นหนา 6 และ 8 มิลลิเมตร เชื่อมเป็นรูปตัวที (T) กลับหัว ปลายหนึ่งยึดกับที่รองรับซึ่งยึดติดกับพื้นห้องทดลอง มีรูเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรที่ระยะห่างจากที่รองรับประมาณ 10 เซนติเมตร เพื่อใช้ร้อยลวดสลิงที่เป็นตัวถ่วงน้ำหนักให้แก่แบบจำลอง และใช้การเลื่อนน้ำหนักถ่วง ซึ่งเป็นก้อนเหล็กซึ่งมีน้ำหนักคงที่ไปตามรางเลื่อนเพื่อเพิ่มแรงดึงในลวดสลิง โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงที่เพิ่มขึ้น กับตำแหน่งของน้ำหนักถ่วงได้จากการทำการทดลองเลื่อนน้ำหนักถ่วงไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนรางเลื่อน พร้อมกับบันทึกแรงดึงในลวดสลิงซึ่งร้อยผ่านรูเจาะและผูกติดกับแผ่นเหล็กหนา 25 มิลลิเมตร ซึ่งกดลงบน proving ring ยี่ห้อ WYKEAM FARRANCE ขนาดรับแรงกด 1000 กิโลกรัม ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดึงในลวดสลิง กับตำแหน่งของน้ำหนักถ่วงห่างจากที่รองรับเป็นเส้นตรง

5.3 <u>วิธีการทดลอง</u>

ในการทดลองประกอบด้วยการถ่วงน้ำหนักลงบนพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของบันไดดังต่อไปนี้คือ

1) น้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอเฉพาะบนพื้นบันไดบน

2) น้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอเฉพาะบนชานพัก

3) น้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอเฉพาะบนพื้นบันไดล่าง

4) น้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอบนพื้นบันไดบนและล่าง

5) น้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอเต็มพื้นที่แบบจำลอง และวัดค่าความเครียดและการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นในตัวแบบจำลอง โดยที่ในแต่ละกรณีข้างต้นมีลำดับในการถ่วงน้ำหนักดังนี้คือ

ก) ในกรณีที่ 1 ถึง 3 ถ่วงน้ำหนักให้เกิดน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอบนระนาบราบ ขนาด 500, 800, 1,200 และ 1,600 กิโลกรัม/ตารางเมตร ตามลำดับ

ข) ในกรณีที่ 4 และ 5 ถ่วงน้ำหนักให้เกิดน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอบนระนาบราบขนาด 500, 800, 1100 และ 1400 กิโลกรัม/ตารางเมตรตามลำดับ