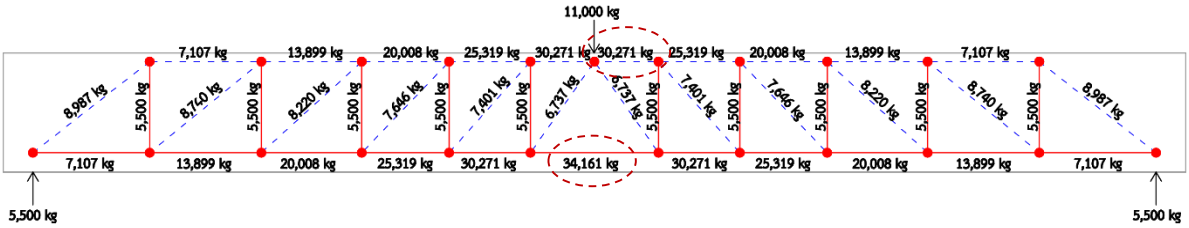
บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงการนำข้อมูล Strain gauge จากการทดสอบคานคอนกรีตอัดแรงมาวิเคราะห์โมเดล Strut and tie ของคานที่มีช่องเปิดและไม่มีช่องเปิด ตลอดจนการสรุปผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบและข้อเสนอแนะหากมีการนำไปศึกษาครั้งต่อไป

5.1 วิเคราะห์แบบจำลอง

5.1.1 คานคอนกรีตอัดแรงที่ไม่มีช่องเปิด

จากการเสนอโมเดล Strut and tie สำหรับคานคอนกรีตอัดแรงที่ไม่มีช่องเปิด ตามหัวข้อ 4.3.1 สามารถนำค่าความเครียดที่เกิดขึ้นในขณะที่คานเกิดการวิบัติ ดังแสดงในรูปที่ 5.1.1 มาตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองได้ ดังนี้



รูปที่ 5.1.1 ตำแหน่ง Strain gauge ที่ใช้พิจารณากับแบบจำลอง

<u>การพิจารณาแรงดึงบริเวณกึ่งกลางด้านล่างของคาน</u>

1. ความเครียดของลวดอัดแรง ขณะที่คานเกิดการวิบัติมีค่าเท่ากับ 0.012146 จากรูปที่ 4.2.3 เทียบเท่ากับหน่วยแรง 18,270 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถแปลงเป็นแรงดึงได้เท่ากับ 18,035 กิโลกรัม (18,270 kg/cm^2 x 0.9871 cm^2)

2. ความเครียดของเหล็กเสริมรับแรงดึง ขณะที่คานเกิดการวิบัติมีค่าเท่ากับ 0.00387 จากรูปที่ 4.2.5 เทียบเท่ากับหน่วยแรง 5,850 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถแปลงเป็นแรงดึงได้เท่ากับ 13,221 กิโลกรัม (5,850 kg/cm^2 x 1.13 cm^2 x 2 เส้น)

ดังนั้น จะได้ผลรวมของแรงดึง เท่ากับ 31,256 กิโลกรัม

<u>การพิจารณาแรงอัดบริเวณกึ่งกลางด้านบนของคาน</u>

1. ความเครียดของผิวคอนกรีตขณะที่คานเกิดการวิบัติ มีค่าเท่ากับ 0.001485 จากรูปที่ 4.2.8 เทียบเท่ากับหน่วยแรง 293 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถแปลงเป็นแรงอัด ได้เท่ากับ 26,090 กิโลกรัม (0.85 x 293 kg/cm^2 x 2.91 cmx 2 x 18 cm)

2. ความเครียดของเหล็กเสริมรับแรงอัดขณะที่คานเกิดการวิบัติ มีค่าเท่ากับ -0.000875 จากรูปที่ 4.2.6 เทียบเท่ากับหน่วยแรง 1,850 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถแปลงเป็นแรงอัดได้เท่ากับ 4,181 กิโลกรัม (1,850 kg/cm^2 x 1.13 cm^2 x 2 เส้น)

ดังนั้น จะได้ผลรวมของแรงอัดเท่ากับ 30,271 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบคานเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Strut and Tie ของคานคอนกรีตอัดแรงที่ไม่มีช่องเปิด สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 5.1.1

คานคอนกรีตอัดแรง ที่ไม่มีช่องเปิด	แรงที่เกิดขึ้นจาก โมเดล Strut and tie (กิโลกรัม)	แรงที่เกิดขึ้นจาก ผลการทดสอบคาน (กิโลกรัม)	ความ คลาดเคลื่อน (%)
แรงดึงบริเวณกึ่งกลางด้านล่าง ของคาน	34,161	31,256	8.5
แรงอัดบริเวณกึ่งกลางด้านบน ของคาน	30,271	30,271	0.0

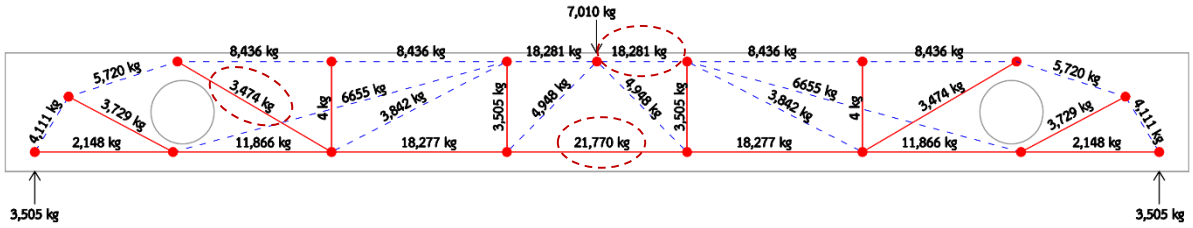
ตารางที่ 5.1.1 การเปรียบเทียบข้อมูลโมเดล Strut and tie กับผลการทดสอบคาน

จากตารางการเปรียบเทียบข้อมูลโมเดล Strut and tie กับผลการทดสอบคานพบว่า แรงดึงบริเวณกึ่งกลางด้านล่างของคาน โดยแรงที่เกิดขึ้นจากโมเดล เท่ากับ 34,161 กิโลกรัม ในขณะที่ข้อมูลจากทดสอบได้ เท่ากับ 31,256 กิโลกรัมซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 8.5 % จะเห็นว่าค่าความเครียดที่ Strain gauge บันทึกข้อมูลขณะทดสอบอาจมีความคลาดเคลื่อนจากการติดตั้งที่ตำแหน่งผิวเหล็กและลวดอัดแรงที่เป็นลักษณะเกลียวอาจวัดค่าได้ไม่แม่นยำ หรือแม้แต่แรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีต (Bond) ที่ส่งผลต่อการยึดของเหล็กเสริมและลวดอัดแรง ทำให้ Strain gauge อ่านค่าได้ไม่แม่นยำเท่าที่ควร เมื่อเทียบกับการทดสอบวัสดุพื้นฐาน

ส่วนแรงอัดบริเวณกึ่งกลางด้านบนของคาน โดยแรงที่เกิดขึ้นจากโมเดล เท่ากับ 30,271 กิโลกรัม ในขณะที่ค่าความเครียดที่ Strain gauge สามารถบันทึกข้อมูลขณะทดสอบได้ เท่ากับ 30,271 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 0.0 % จะเห็นว่าค่าจากการพิจารณาโมเดลที่ออกแบบมีความใกล้เคียงและสอดคล้องกับผลการทดสอบ

5.1.2 คานคอนกรีตอัดแรงที่มีช่องเปิด

จากการเสนอโมเดล Strut and tie สำหรับคานคอนกรีตอัดแรงที่ไม่มีช่องเปิด ตามหัวข้อ 4.3.2 สามารถนำค่าความเครียดที่เกิดขึ้นในขณะที่คานเกิดการวิบัติ ดังแสดงในรูปที่ 5.1.2 มาตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองได้ ดังนี้



รูปที่ 5.1.2 ตำแหน่ง Strain gauge ที่ใช้พิจารณากับแบบจำลอง

<u>การพิจารณาแรงดึงบริเวณกึ่งกลางด้านล่างของคาน</u>

1. ความเครียดของลวดอัดแรงขณะที่คานเกิดการวิบัติ มีค่าเท่ากับ 0.00668 จากรูปที่ 4.2.11 เทียบเท่ากับหน่วยแรง เท่ากับ 14,050 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถแปลงเป็นแรงดึงได้เท่ากับ 13,869กิโลกรัม (14,050 kg/cm^2 x 0.9871 cm^2)

2. ความเครียดของเหล็กเสริมรับแรงดึงบริเวณกึ่งกลางด้านล่างของคานขณะที่คานเกิดการวิบัติ มีค่าเท่ากับ 0.001387 จากรูปที่ 4.2.13 เทียบเท่ากับหน่วยแรง เท่ากับ 2,875 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถแปลงเป็นแรงดึง ได้เท่ากับ 6,498กิโลกรัม (2,875 kg/cm^2 x 1.13 cm^2 x 2 เส้น)

ดังนั้น จะได้ผลรวมของแรงดึงที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านล่างของคาน เท่ากับ 20,367 กิโลกรัม

<u>การพิจารณาแรงอัดบริเวณกึ่งกลางด้านบนของคาน</u>

1. ความเครียดของผิวคอนกรีตขณะที่คานเกิดการวิบัติ มีค่าเท่ากับ 0.000784 จากรูปที่ 4.2.16 เทียบเท่ากับหน่วยแรง 185 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถแปลงเป็นแรงอัด ได้เท่ากับ 16,474 กิโลกรัม (0.85 x 185 kg/cm^2 x 2.91 cmx 2 x 18 cm)

2. ความเครียดของเหล็กเสริมรับแรงอัดขณะที่คานเกิดการวิบัติ มีค่าเท่ากับ -0.000361 จากรูปที่ 4.2.14 เทียบเท่ากับหน่วยแรง 800 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถแปลงเป็นแรงอัดได้เท่ากับ 1,808 กิโลกรัม (800 kg/cm^2 x 1.13 cm^2 x 2 เส้น)

ดังนั้น จะได้ผลรวมของแรงอัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบนของคาน เท่ากับ 18,282 กิโลกรัม

<u>การพิจารณาแรงดึงบริเวณใกล้กับช่องเปิด</u>

1. แรงดึงแนวทแยงจะพิจารณาจาก 10 เปอร์เซ็นต์ของกำลังดึงที่คอนกรีตสามารถรับได้ ซึ่งกำลังดึงของคอนกรีต มีค่าเท่ากับ 3,481 กิโลกรัม (0.1 x 313 kg/cm^{2}x 18 cm x 6.18 cm)

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบคานเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Strut and Tie ของคานคอนกรีตอัดแรงที่มีช่องเปิด สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 5.1.2

คานคอนกรีตอัดแรง ที่ไม่มีช่องเปิด	แรงที่เกิดขึ้นจาก โมเดล Strut and tie (กิโลกรัม)	แรงที่เกิดขึ้นจาก ผลการทดสอบคาน (กิโลกรัม)	ความ คลาดเคลื่อน (%)
แรงดึงบริเวณกึ่งกลางด้านล่าง ของคาน	21,770	20,367	6.4
แรงอัดบริเวณกึ่งกลางด้านบน ของคาน	18,281	18,282	0.005
แรงดึงแนวทแยงบริเวณ ใกล้กับช่องเปิด	3,474	3,481	0.2

ตารางที่ 5.1.2 การเปรียบเทียบข้อมูลโมเดล Strut and tie กับผลการทดสอบคาน

จากตารางการเปรียบเทียบข้อมูลโมเดล Strut and tie กับผลการทดสอบคานพบว่า แรงดึงบริเวณกึ่งกลางด้านล่างของคาน โดยแรงที่เกิดขึ้นจากโมเดล เท่ากับ 21,770 กิโลกรัม ในขณะที่ค่าความเครียดที่ Strain gauge สามารถบันทึกข้อมูลขณะทดสอบได้ เท่ากับ 20,367 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 6.4 % จะเห็นว่าค่าความเครียดที่ Strain gauge บันทึกข้อมูลขณะทดสอบอาจมีความคลาดเคลื่อนจากการติดตั้งที่ตำแหน่งผิวเหล็กและลวดอัดแรงที่เป็นลักษณะเกลียว อาจวัดค่าได้ไม่แม่นยำ หรือแม้แต่แรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีต (Bond) ที่ส่งผลต่อการยึดของเหล็กเสริมและลวดอัดแรง ทำให้ Strain gauge อ่านค่าได้ไม่แม่นยำเท่าที่ควร เมื่อเทียบกับการทดสอบวัสดุพื้นฐาน

ส่วนแรงอัดบริเวณกึ่งกลางด้านบนของคาน โดยแรงที่เกิดขึ้นจากโมเดล เท่ากับ 18,281 กิโลกรัม ในขณะที่ค่าความเครียดที่ Strain gauge สามารถบันทึกข้อมูลขณะทดสอบได้ เท่ากับ 18,282 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 0.005 % จะเห็นว่าค่าจากการพิจารณาโมเดลที่ออกแบบมีความใกล้เคียงและสอดคล้องกับผลการทดสอบ

ส่วนแรงดึงแนวทแยงบริเวณใกล้กับช่องเปิดโดยแรงที่เกิดขึ้นจากโมเดล เท่ากับ 3,474 กิโลกรัม ในขณะที่ค่าความเครียดที่ Strain gauge สามารถบันทึกข้อมูลขณะทดสอบได้ เท่ากับ 3,481 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 0.2 % จะเห็นว่าค่าจากการพิจารณาโมเดลที่ออกแบบมีความใกล้เคียงและสอดคล้องกับผลการทดสอบ

5.2 สรุปผลการทดสอบ

1. Strut and tie model สำหรับคานคอนกรีตอัดแรงที่ไม่มีช่องเปิด ขนาด 0.40x0.18x4.00 เมตร สามารถสร้างแบบจำลองได้โดยอ้างอิงโครงข้อหมุนชนิด Howe Truss มีขอบเขตด้านบนจากผิวคาน 2.91 เซนติเมตร ขอบเขตด้านล่างจากผิวคาน 6.5 เซนติเมตร โดยท่อนรับแรงอัดแนวทแยงบริเวณกึ่งกลางคานมีมุมเท่ากับ 54.7 องศา จากนั้นมุมจะลดลง 48, 46, 42 และ 39 องศา ตามลำดับจนถึงจุดรองรับจะมีมุมเท่ากับ 37.7 องศา จึงจะทำให้แรงภายในที่เกิดขึ้นมีความสองคล้องกับผลการทดสอบมากที่สุด

2. Strut and tie model สำหรับคานคอนกรีตอัดแรงที่มีช่องเปิด ขนาด 0.40x0.18x4.00 เมตร สามารถสร้างแบบจำลองได้โดยอ้างอิงโครงข้อหมุนผสมระหว่าง Howe Truss และ Fan Truss โดยมีขอบเขตด้านบนจากผิวคาน 2.91 เซนติเมตร ขอบเขตด้านล่างจากผิวคาน 6.5 เซนติเมตร บริเวณกึ่งกลางคานจะอ้างอิงโครงข้อหมุนชนิด Howe Truss ซึ่งท่อนรับแรงอัดแนวทแยงจะมีมุมเท่ากับ 45.1 องศา จากนั้นจะใช้โครงข้อหมุนชนิด Fan Truss ในการกระจายแรงอัดแนวทแยงจากผิวบนไปสู่ผิวล่างและมีความลึกของท่อนรับแรงดึงแนวทแยงบริเวณช่องเปิด เท่ากับ 6.18 เซนติเมตร จึงจะทำให้แรงภายในที่เกิดขึ้นมีความสองคล้องกับผลการทดสอบมากที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการติดตั้งstrain gauge เพิ่มเพื่อให้ได้ข้อมูลในการวิเคราะห์แม่นยำขึ้นหรืออาจศึกษาพิจารณาหาวิธีการวัดค่าหน่วยการยืดหดด้วยวิธีอื่นที่มีความแม่นยำมากกว่านี้

2. ในการทดสอบดังกล่าวอาจจะไม่ถูกต้องทั้งหมดเนื่องจากในแบบจำลองยังไม่ได้พิจารณาผลของการอัดแรงในลวดอัดแรงในขั้นต้น จึงต้องมีการปรับปรุงโมเดลเพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องใกล้เคียงกับการถ่ายแรงในคานจริงมากยิ่งขึ้น