

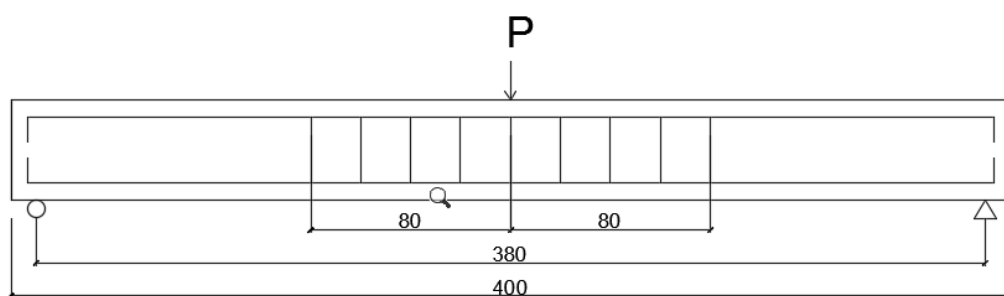
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการเตรียมชิ้นงานทดสอบซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดชิ้นทดสอบ ขั้นตอนการหล่อชิ้นทดสอบ ทั้งคานคอนกรีตอัดแรงที่ไม่มีช่องเปิดและคานคอนกรีตอัดแรงที่มีช่องเปิด ตลอดจนการทดสอบโดยจะกล่าวถึงการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของเหล็กเสริมและคอนกรีต และวิธีการทดสอบคานคอนกรีตอัดแรงทั้งที่ไม่มีช่องเปิดและคานคอนกรีตอัดแรงที่มีช่องเปิด ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

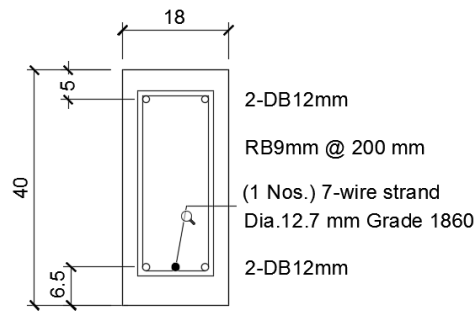
3.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

3.1.1 รายละเอียดชิ้นทดสอบ

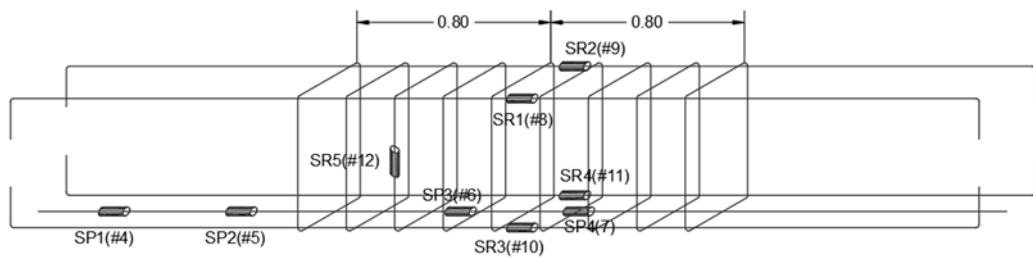
1. คานคอนกรีตอัดแรงที่ไม่มีช่องเปิด มีขนาดความกว้าง 18 ซม. ลึก 40 ซม. และยาว 400 ซม. มีระยะห่างจุดรองรับ 380 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3.1.1 โดยคานจะเสริมเหล็กบนด้วย DB12 mm. จำนวน 2 เส้น เหล็กล่าง DB12 mm. จำนวน 2 เส้น และลวดอัดแรง 7-wire strand Dia.12.7 mm. Grade 1860 จำนวน 1 เส้น โดยที่เหล็กปลอกใช้เป็นเหล็ก RB9 mm.@0.20 m บริเวณ 80 ซม. วัดจากกึ่งกลางคานออกทั้งสองด้าน ดังแสดงในรูปที่ 3.1.2 ส่วนการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าการทดสอบ จะติดตั้ง Strain gauge ที่เหล็กเสริมและผิวคานโดยที่เหล็กเสริมจะติดตั้งที่ลวดอัดแรงทั้งหมด 4 Sets ที่ตำแหน่ง SP1(#4), SP2(#5), SP3(#6), SP4(#7) ติดตั้งที่เหล็กเสริม DB12 mm. 4 Sets ที่ตำแหน่งเหล็กบน SR1(#8), SR2(#9) เหล็กล่าง SR3(#10), SR4(#11) ติดตั้งที่เหล็กปลอก RB9 mm. 1 Sets ที่ตำแหน่ง SR5(#12) ดังแสดงในรูปที่ 3.1.3 และที่ผิวคานจะติดตั้ง Strain gauge ทั้งหมด 14 Sets ที่ตำแหน่ง SC1(#13), SC2(#14), SC3(#15), SC4(#16), SC5(#17), SC6(#18), SC7(#19), SC8(#20), SC9(#21), SC10(#22), SC11(#23), SC12(#24) ดังแสดงในรูปที่ 3.1.4



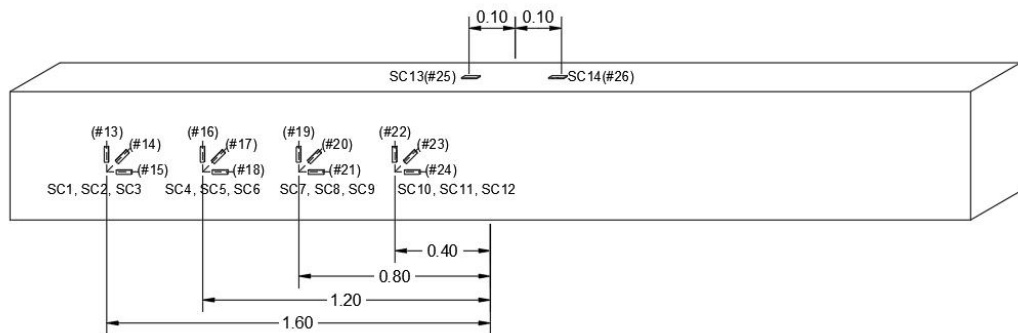
รูปที่ 3.1.1 รายละเอียดคานที่ไม่มีช่องเปิด



รูปที่ 3.1.2 การเสริมเหล็กคานที่ไม่มีช่องเปิด



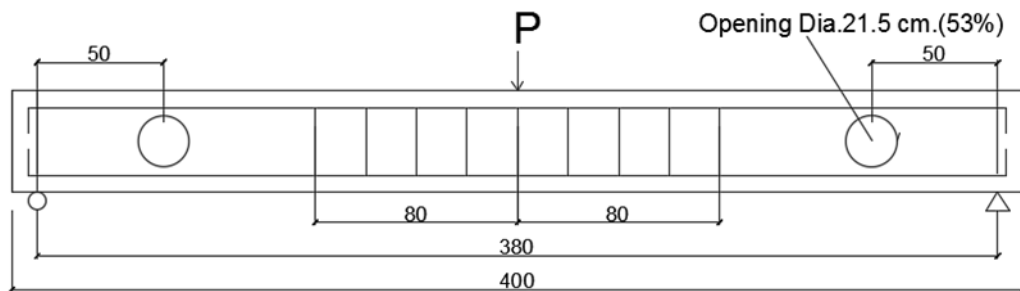
รูปที่ 3.1.3 การติด Strain gauge ที่เหล็กเสริม



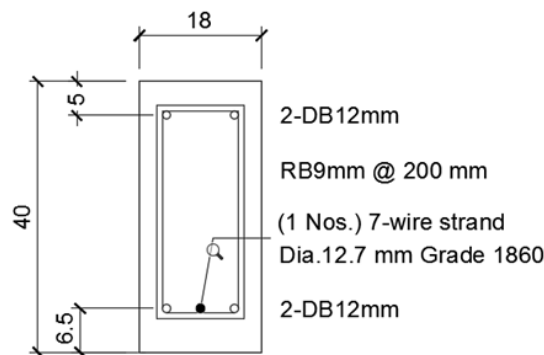
รูปที่ 3.1.4 การติด Strain gauge ที่ผิวคาน

2. คานคอนกรีตอัดแรงที่มีช่องเปิด มีขนาดความกว้าง 18 ซม. ลึก 40 ซม. และ ยาว 400 ซม. มีระยะห่างจตุรรองรับ 380 ซม. และมีช่องเปิดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 21.5 ซม. ที่ตำแหน่ง 50 ซม. จากจตุรรองรับทั้งสองด้าน ดังแสดงในรูปที่ 3.1.5 โดยคานจะเสริมเหล็กบนด้วย DB12 mm. จำนวน 2 เส้น เหล็กล่าง DB12 mm. จำนวน 2 เส้น และลวดอัดแรง 7-wire strand Dia.12.7 mm. Grade 1860 จำนวน 1 เส้น เหล็กปลอกใช้เป็นเหล็ก RB9 mm.@0.20 m.บริเวณ 80 ซม. วัดจากกึ่งกลางคานออกทั้งสองด้าน ดังแสดงในรูปที่ 3.1.6 ส่วนการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าการทดสอบจะติดตั้ง Strain gauge ที่เหล็กเสริมและผิวคาน โดยที่เหล็กเสริมจะติดตั้งที่ลวดอัดแรงทั้งหมด 4 Sets

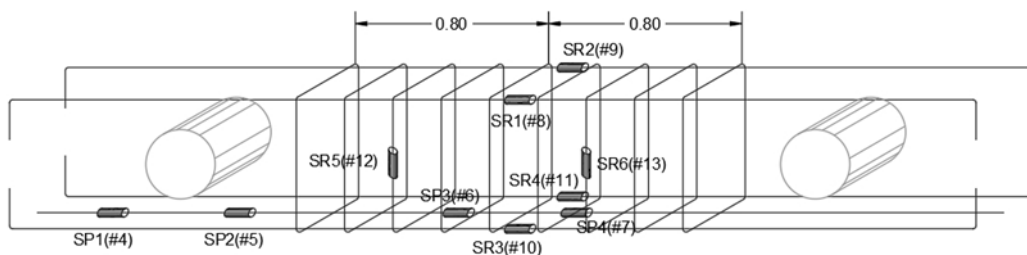
ที่ตำแหน่ง SP1(#4), SP2(#5), SP3(#6), SP4(#7) ติดตั้งที่เหล็กเสริม DB12 mm. 4 Sets ที่ตำแหน่งเหล็กบน SR1(#8), SR2(#9) เหล็กล่าง SR3(#10), SR4(#11) ติดตั้งที่เหล็กปลอก RB9 mm. 1 Sets ที่ตำแหน่ง SR5(#12) ดังแสดงในรูปที่ 3.1.7 และที่ผิวคานจะติดตั้ง Strain gauge ทั้งหมด 20 Sets ที่ตำแหน่ง SC1(#14), SC2(#15), SC3(#16), SC4(#17), SC5(#18), SC6(#19), SC7(#20), SC8(#21), SC9(#22), SC10(#23), SC11(#24), SC12(#25), SC13(#26), SC14(#27), SC15(#28), SC16(#29), SC17(#30), SC18(#31), SC19(#32), SC20(#33) ดังแสดงในรูปที่ 3.1.8



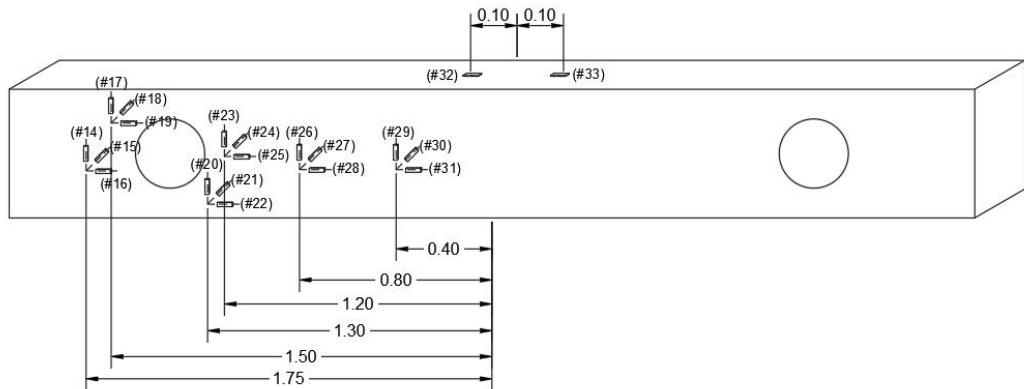
รูปที่ 3.1.5 รายละเอียดคานที่มีช่องเปิด



รูปที่ 3.1.6 การเสริมเหล็กคานที่ไม่มีช่องเปิด



รูปที่ 3.1.7 แสดงตำแหน่งติดตั้ง Strain gauge



รูปที่ 3.1.8 การติด Strain gauge ที่ผิวคาน

3.1.2 ขั้นตอนการหล่อขึ้นทดสอบ

1. หล่อคานคอนกรีตอัดแรงที่ไม่มีช่องเปิดโดยเริ่มเข้าแบบคานพร้อมติดตั้งค้ำยันของคาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1.9 จากนั้นลำเลียงคอนกรีตเข้ามาเทในแบบคานที่เตรียมไว้ และใช้เครื่องจี้คอนกรีต ระหว่างที่เทคอนกรีตไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.1.10 และรูปที่ 3.1.11 หลังจากเทคอนกรีตจนเต็มแบบ ปาดแต่งหน้าผิวคานให้เรียบ ดังแสดงในรูปที่ 3.1.12 หลังจากนั้นนำแบบหล่อทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. เพื่อมาเก็บตัวอย่างลูกปูนไปใช้ในการทดสอบหาค่ากำลังอัด ของคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 3.1.13 และรูปที่ 3.1.14 หลังจากทดสอบหาค่ากำลังอัดของคอนกรีต ได้ค่าตามที่ออกแบบไว้ที่ 280 ksc. จึงสามารถถอดแบบคานและคลายแรงดึงพร้อมทั้งตัดลวดอัดแรง ดังแสดงในรูปที่ 3.1.15 และรูปที่ 3.1.16 จากนั้นวัดค่าการหดตัวของ Strain gauge ที่เหล็กเสริม พร้อมบันทึกผล



รูปที่ 3.1.9 การเข้าแบบและติดตั้งค้ำยันคาน



รูปที่ 3.1.10 การขนย้ายคอนกรีต



รูปที่ 3.1.11 การจี้คอนกรีตระหว่างหล่อคาน



รูปที่ 3.1.12 การแต่งผิวหน้าคาน



รูปที่ 3.1.113 การเตรียมแบบหล่อ



รูปที่ 3.1.14 การหล่อลูกปูน



รูปที่ 3.1.15 การคลายแรงดึงลวดอัดแรง



รูปที่ 3.1.16 การตัดลวดอัดแรง

2. หล่อคานคอนกรีตอัดแรงที่มีช่องเปิดโดยเริ่มเข้าแบบคานติดตั้งท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 21.5 ซม. ที่ตำแหน่ง 60 ซม. จากขอบคานทั้งสองด้านเพื่อทำเป็นช่องเปิด จากนั้นติดตั้งค้ำยันของคาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1.17 จากนั้นลำเลียงคอนกรีตเข้ามาเทในแบบคานที่เตรียมไว้ และใช้เครื่องจี้คอนกรีตระหว่างที่เทคอนกรีตไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.1.18 หลังจากเทคอนกรีตจนเต็มแบบปาดแต่งหน้าผิวคานให้เรียบ ดังแสดงในรูปที่ 3.1.19 จากนั้นนำแบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. เพื่อมาเก็บตัวอย่างลูกปูนไปใช้ในการทดสอบหาค่ากำลังอัดของคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 3.1.20 หลังจากทดสอบหาค่ากำลังอัดของคอนกรีตได้ค่าตามที่ออกแบบไว้ที่ 280 ksc. จึงสามารถถอดแบบคานและคลายแรงดึงพร้อมทั้งตัดลวดอัดแรง ดังแสดงในรูปที่ 3.1.21 และรูปที่ 3.1.22 จากนั้นวัดค่าการหดตัวของ Strain gauge ที่เหล็กเสริมพร้อมบันทึกผล



รูปที่ 3.1.17 การติดตั้งค้ำยัน



รูปที่ 3.1.18 การจี้คอนกรีตระหว่างหล่อคาน



รูปที่ 3.1.19 การแต่งผิวหน้าคาน



รูปที่ 3.1.20 การหล่อลูกปูน



รูปที่ 3.1.21 การคลายแรงดึงลวดอัดแรง



รูปที่ 3.1.22 การตัดลวดอัดแรง

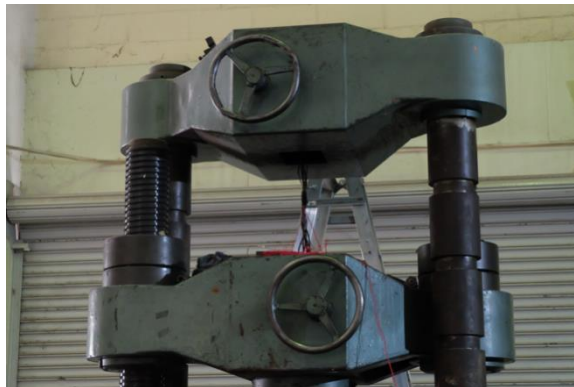
3.2 การทดสอบ

3.2.1 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน

1. การทดสอบเหล็กเสริม ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ชนิด คือ เหล็ก DB12 mm., RB9 mm. และลวดอัดแรง 7-wire strand Dia.12.7 mm. Grade 1860 อย่างละ 3 ตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.2.1 และรูปที่ 3.2.2 จะทำการทดสอบด้วยวิธี Tensile Test โดยอ้างอิงมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials (ASTM)

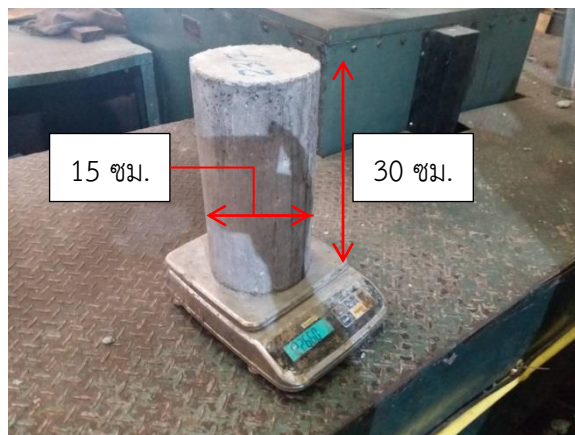


รูปที่ 3.2.1 การติดตั้ง Strain gauge ที่เหล็กเสริม



รูปที่ 3.2.2 การทดสอบ Tensile Test

2. การทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต จะทดสอบคอนกรีตแบบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. โดยอ้างอิงมาตรฐานการทดสอบของ American Society for Testing and Materials (ASTM) ดังแสดงในรูปที่ 3.2.3 และรูปที่ 3.2.4 โดยแบ่งการทดสอบเป็น 3 ครั้ง อายุคอนกรีตที่ 8, 14 และ 28 วัน ครั้งละ 3 ตัวอย่าง



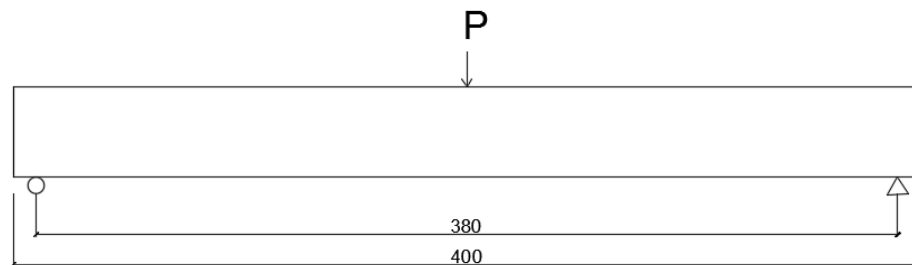
รูปที่ 3.2.3 ขนาดของลูกปูน



รูปที่ 3.2.4 การทดสอบลูกปูน

3.2.2 วิธีทดสอบคานคอนกรีตอัดแรง

1. ทดสอบคานที่ไม่มีช่องเปิดจะทำการทดสอบแบบ Center-Point Loading ดังแสดงในรูปที่ 3.2.5 เริ่มการทดสอบโดยการติดตั้งคานกับเครื่องทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.2.6 จากนั้นปล่อยน้ำหนักจาก 0 กก. เพิ่มน้ำหนักขึ้นทีละ 300 กก. ในขณะที่ทดสอบสังเกตรอยร้าวที่เกิดขึ้นจากแรงกดบนผิวคอนกรีต แล้วลากเส้นตามรอยร้าวและจดบันทึกค่าน้ำหนักที่ทำให้เกิดรอยร้าว ดังแสดงในรูปที่ 3.2.7 และรูปที่ 3.2.8 ทดสอบไปเรื่อย ๆ จนคานเกิดการวิบัติและค่าน้ำหนักไม่มีการเพิ่มขึ้นแล้วนำค่าที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์หาขนาดและทิศทางของแรงที่เกิดในคาน



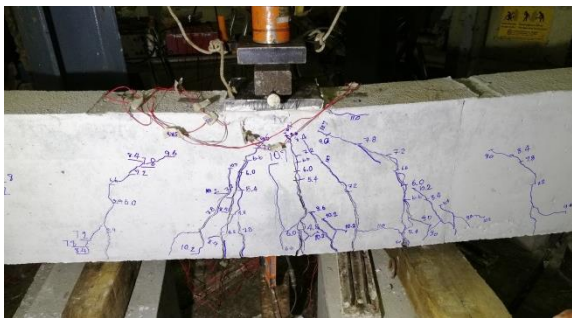
รูปที่ 3.2.5 การทดสอบคานที่ไม่มีช่องเปิด



รูปที่ 3.2.6 การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ

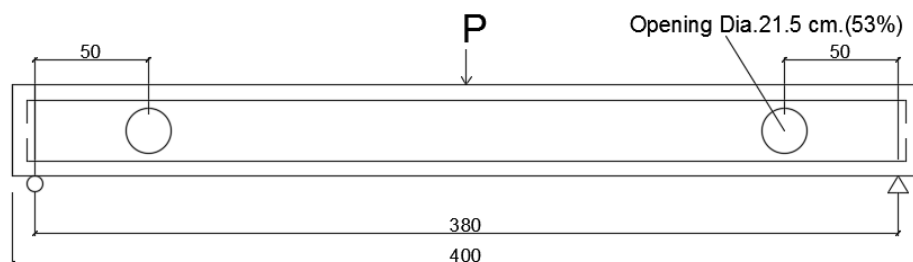


รูปที่ 3.2.7 รอยร้าวบนผิวคาน



รูปที่ 3.2.8 การจดบันทึกรอยร้าว

2. ทดสอบคานที่มีช่องเปิดที่จะทำการทดสอบแบบ Center-Point Loading ดังแสดงในรูปที่ 3.2.9 เริ่มการกดทดสอบโดยการติดตั้งคานกับเครื่องทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.2.10 จากนั้นปล่อยน้ำหนักจาก 0 กก. เพิ่มน้ำหนักขึ้นทีละ 100 กก. ในขณะที่ยกทดสอบสังเกตรอยร้าวที่เกิดขึ้นจากแรงกดบนผิวคอนกรีต แล้วลากเส้นตามรอยร้าวและจดบันทึกค่าน้ำหนักที่ทำให้เกิดรอยร้าวที่คานดังแสดงในรูปที่ 3.2.11 และรูปที่ 3.2.12 ทดสอบไปเรื่อย ๆ จนคานเกิดการวิบัติและค่าน้ำหนักไม่มีการเพิ่มขึ้น แล้วนำค่าที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์หาขนาดและทิศทางของแรงที่เกิดในคาน



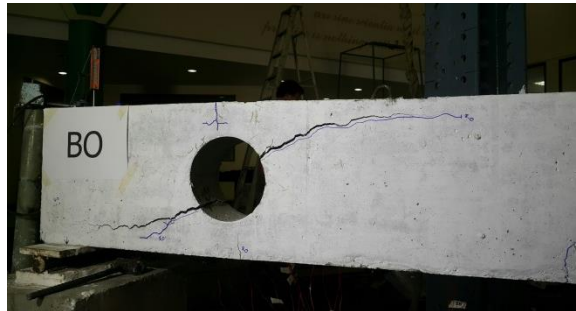
รูปที่ 3.2.9 การทดสอบคานที่มีช่องเปิด



รูปที่ 3.2.10 การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ



รูปที่ 3.2.11 รอยร้าวบนผิวคาน



รูปที่ 3.2.12 การจดบันทึกรอยร้าว