กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตเสริมเหล็กรูปทรงกระบอกที่ได้จากการเจาะแก่น

COMPRESSIVE STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE IN CORING CYLINDER SPECIMENS

สุธี ขำเปรื่องเดช (Sutee Khumprungdej)[1]

อิทธิพร ศิริสวัสดิ์ (Ittiporn Sirisawat)[2]

ไพรัตน์ สุขเหลือง (Pairat Suklueng)[3]

[1] นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์),

e-mail: ittiporn@swu.ac.th

[3]หัวหน้าแผนกวิจัยและตรวจทดลอง กองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ กองบัญชาการสนับสนุนทหารอากาศ

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบต่างๆ ของตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ได้จากการเจาะแก่น โดยทำการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ได้จากการเจาะแก่น ซึ่งทำการเจาะที่เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว โดยเป็นชิ้นตัวอย่างที่เหล็กเสริมแตกต่างกัน 15 แบบ และคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริม 1 แบบ ซึ่งชิ้นตัวอย่างคอนกรีตมีขนาดความกว้าง 15 นิ้ว ยาว 15 นิ้ว และความลึก 6 นิ้ว โดยที่ชิ้นตัวอย่างมีระยะห่างของการเสริมเหล็กแตกต่างกันไป คือ 2 นิ้ว 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว และระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กของเหล็กเสริมต่างกันที่ 1 นิ้ว 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว ซึ่งจะมีการเสริมเหล็กชั้นเดียว และมีการเสริมเหล็กสองชั้นที่ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก 1 นิ้ว 2 นิ้ว โดยรูปแบบในการเจาะนั้นมีทั้งหมด 12 รูปแบบ และเมื่อเจาะออกมาแล้วจะได้ชิ้นตัวอย่างทั้งหมด 126 ก้อน ผลการทดลองพบว่าค่ากำลังรับแรงอัดของระยะห่างเหล็กเสริม 6 นิ้ว มีค่ามากกว่าค่ากำลังรับแรงอัดของระยะห่างเหล็กเสริม 4 นิ้ว 2 นิ้ว ในกรณีที่วางเหล็กเสริมในลักษณะเดียวกัน ส่วนการเปรียบเทียบค่าร้อยละของน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักรูปทรงกระบอกพบว่า ร้อยละของน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักรูปทรงกระบอกที่มาก จะมีค่ากำลังรับแรงอัดน้อยกว่าร้อยละของน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักรูปทรงกระบอกที่น้อย ในชิ้นตัวอย่างเดียวกัน

คำสำคัญ: กำลังรับแรงอัด คอนกรีตเสริมเหล็ก การเจาะแก่น

ABSTRACT: The objective of the study is to determine the compressive strength of reinforced concrete cylinder coring specimens. The specimens had a diameter 3 inches and had different 15 reinforcement patterns as well as no reinforcement. The specimens were obtained by coring 15” x 15” x 6” slabs with different reinforcement spacing 2 inches, 4 inches and 6 inches and different concrete covering as 1 inches, 2 inches and 3 inches. Two cases of covering were 1 inches and 2 inches. A total of 12 cases of reinforcement patterns were tested on 126 specimens. The result showed that the compressive strength of concrete with spacing 6 inches was higher than concrete spacing 4 inches and 2 inches. Also specimens with higher percentage of steel weight to specimen weight had compressive strength than those with lower of steel weight to weight of cylindrical lower specimens.

KEYWORDS: Compressive Strength, Reinforced Concrete, Coring

1. บทนำ

ในการประเมินกำลังของคอนกรีตในปัจจุบันของโครงสร้างที่มีปัญหาโดยทั่วไปมีการทดสอบหลักอยู่สองวิธีคือ การทดสอบแบบไม่ทำลายและแบบทำลาย โดยการทดสอบแบบไม่ทำลาย เช่น การทดสอบรีบาวน์แฮมเมอร์, อุลตร้าโซนิกพัลส์เวโลซิตี้, การทดสอบคลื่นกระแทก เป็นต้น จะทำให้ได้ค่ากำลังของคอนกรีตในระดับหนึ่ง เมื่อค่าในการทดสอบแบบไม่ทำลายอาจไม่ชัดเจน จึงควรมีการทดสอบแบบทำลายเพื่อให้เกิดความมั่นใจ ซึ่งในการศึกษานี้เป็นการทดสอบแบบทำลายด้วยวิธีการเจาะแก่น (Coring Test) ซึ่งในสภาพโครงสร้างจริงในสนามยากจะหลีกเลี่ยงจากเจาะแก่นไม่ให้เจอเหล็กเสริมโดยจะหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมแบบต่างๆของตัวอย่างจากการเจาะแก่นรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว โดยมีการวางลักษณะของเหล็กเสริมแตกต่างกันไปเพื่อหาผลกระทบต่อค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

2. วัตถุประสงค์

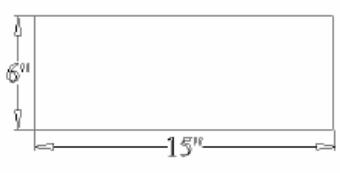
เปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้จากการกดทดสอบก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ได้จากการเจาะแก่นว่าสอดคล้องตามมาตรฐานกำหนดหรือไม่ ศึกษาผลกระทบของเหล็กเสริมในชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอกต่อกำลังอัดของคอนกรีต และเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดชิ้นตัวอย่างของรูปทรงกระบอกที่ได้จากการเจาะแก่นโดยการวางเหล็กรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยใช้ขนาดของก้อนตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม กว้าง 15 นิ้ว ยาว 15 นิ้ว สูง 6 นิ้ว มีเหล็กเสริมในก้อนตัวอย่างรวม 15 แบบแตกต่างกันออกไป ซึ่งขนาดของตัวอย่างที่ได้จากการเจาะแก่นคอนกรีตมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว รวมทั้งหมด 126 ก้อน

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

3.1 ก้อนตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างของการเจาะแก่น

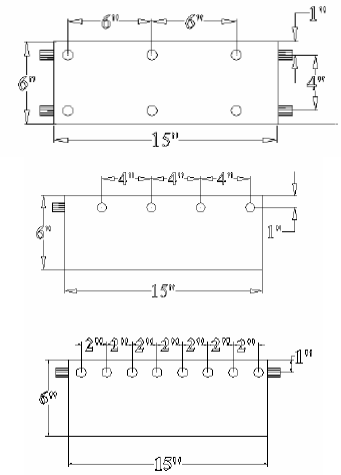
ก้อนตัวอย่างที่นำมาเจาะแก่นเป็นคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมทั้งหมด 15 แบบ และก้อนตัวอย่างไม่มีเหล็กเสริม 1 ชิ้น ดังรายการนี้

3.1.1 ก้อนตัวอย่างคอนกรีตไม่มีเหล็กเสริม ขนาดหัวเจาะคอนกรีต 3 นิ้ว เจาะที่ความลึก 6 นิ้ว จำนวน 6 ก้อน (เจาะได้เฉพาะรูปแบบที่ 12)



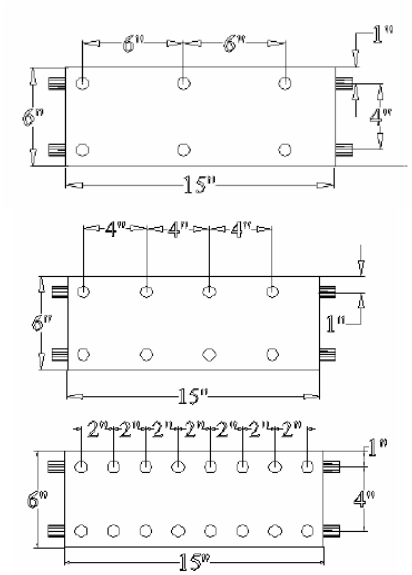
ภาพที่ 1 รูปตัวอย่างคอนกรีตไม่มีเหล็กเสริม

3.1.2 ก้อนตัวอย่างคอนกรีตแบบมีเหล็กเสริม 1 ชั้น มีระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก (Covering) 1, 2 และ 3 นิ้ว ระยะห่างของการเสริมเหล็ก 6, 4 และ 2 นิ้ว ใช้ขนาดหัวเจาะคอนกรีต 3 นิ้ว เจาะที่ความลึก 6 นิ้ว จำนวน 24 ก้อน



ภาพที่ 2 ตัวอย่างคอนกรีตแบบเสริมเหล็ก 1 ชั้น ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก1 นิ้ว

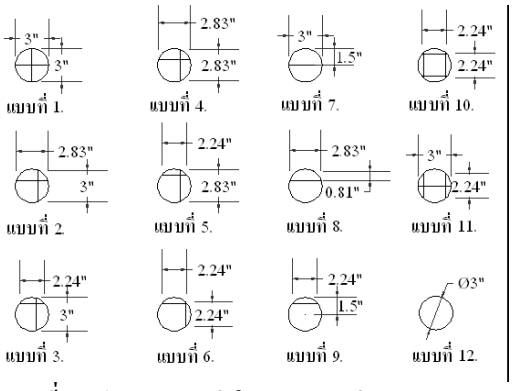
3.1.3 ก้อนตัวอย่างคอนกรีตแบบมีเหล็กเสริม 2 ชั้น มีระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก 1 และ 2 นิ้ว ระยะห่างของการเสริมเหล็ก 6, 4 และ 2 นิ้ว ขนาดหัวเจาะคอนกรีต 3 นิ้ว เจาะลึก 6 นิ้ว จำนวน 24 ก้อน



ภาพที่ 3 ตัวอย่างคอนกรีตแบบมีเหล็กเสริม 2 ชั้น ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก 1 นิ้ว

3.2 การวางรูปแบบในการเจาะแก่น

ก้อนตัวอย่างเป็นคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมขนาด 9 มิลลิเมตรทั้งหมดรวม 15 แบบต่างกันออกไปข้างต้น โดยมีการเสริมเหล็กที่ระยะห่างและระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กที่ต่างกันรวมถึงก้อนตัวอย่างที่ไม่มีเหล็กเสริมอีก 1 ชิ้น ซึ่งได้กำหนดวางรูปแบบตำแหน่งในการเจาะแก่นให้แตกต่างกันออกไป ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 รูปแบบตำแหน่งในการเจาะแก่น

3.3 การเจาะแก่นแท่งคอนกรีต

ทำการเคลียร์พื้นที่ สำหรับเป็นสถานที่ในการเจาะแท่งตัวอย่างทดสอบ ก่อนยกแท่งตัวอย่างทดสอบมาวางในบริเวณที่ทำการเจาะ ทำการตั้งระดับน้ำที่แท่งตัวอย่างที่ใช้ในการเจาะ นำเครื่องเจาะแก่น (Coring Testing Machine) ขนาด 8 แรงม้าใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงเบนซิน สามารถใช้งานในสนามได้ มาติดตั้งพร้อมทำการตั้งระดับน้ำเพื่อให้หัวเจาะคอนกรีตเจาะลงไปในลักษณะแนวดิ่ง เจาะแท่งตัวอย่างโดยใช้หัวเจาะขนาด 3 นิ้ว ใช้เวลาประมาณ 15 นาทีต่อหนึ่งตัวอย่าง

ภาพที่ 5 การเจาะแก่นตัวอย่างคอนกรีต

ภาพที่ 6 แท่นตัวอย่างคอนกรีตที่ได้จากการเจาะแก่น

3.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีต

หลังทำการเจาะแท่งตัวอย่างทดสอบเสร็จในแต่ละชิ้นทำการนำไปบ่มในน้ำสะอาดทันทีเพื่อรักษาความชื้นของแท่งคอนกรีตให้เป็นไปตามธรรมชาติมากที่สุด โดยขณะทำการบ่มให้รักษาระดับความสูงของน้ำให้ท่วมตัวอย่างคอนกรีตและนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตขึ้นจากน้ำก่อน 1 วัน ก่อนถึงกำหนดการทดสอบ โดยนำตัวอย่างที่ได้มาชั่งน้ำหนัก วัดขนาดและเคลือบผิวปลายก่อนนำไปทดสอบกำลังโดยใช้เครื่องทดสอบกำลังอัด (Universal Testing Machine) ขนาด 500 kN ปฏิบัติตาม

มาตรฐานทดสอบ ASTM C 39 [1] โดยวางแท่งตัวอย่างในแนวตั้งและให้อยู่จุดศูนย์กลางแท่งทดสอบทำการเดินเครื่องทดสอบจนกระทั่งแท่นตัวอย่างวิบัติพร้อมจดบันทึกแรงกดที่ได้

ภาพที่ 7 ตัวอย่างคอนกรีตที่ได้จากการเจาะแก่น

4. ผลการศึกษา

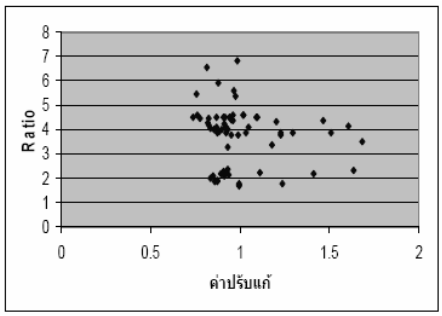
ในการศึกษาค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมแบบต่างๆ ของตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ได้จากการเจาะแก่นซึ่งได้ข้อมูลผลการทดลองต่างๆ นำมาแยกวิเคราะห์ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

4.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตเทียบกับร้อยละของน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอก

4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตเทียบกับของน้ำหนักเหล็กในรูปแบบเดียวกัน

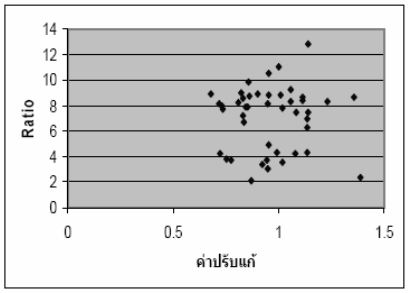
4.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตในรูปแบบเดียวกันที่ระยะห่างของเหล็กเสริมต่างกัน

ก่อนนำข้อมูลที่ได้ไปหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกกับค่าปรับแก้ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเพื่อสะดวกในการนำไปพิจารณาใช้งานได้จริง

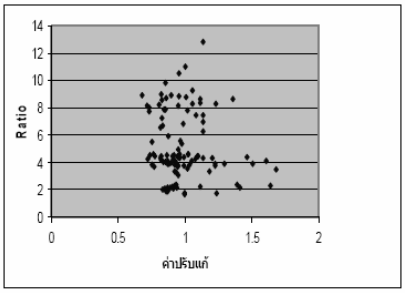


ภาพที่ 8 กราฟการหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกกับค่าปรับแก้ของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะแก่นโดยเสริมเหล็ก 1 ชั้น

จากภาพที่ 8 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกกับค่าปรับแก้กำลังของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะโดยค่าน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกมีค่าอยู่ที่ 1.67 ถึง 12.79 และมีค่าปรับแก้อยู่ที่ 0.67 ถึง 1.68



ภาพที่ 9 กราฟการหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกกับค่าปรับแก้ของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะแก่นโดยเสริมเหล็ก 2 ชั้น



ภาพที่ 10 กราฟรวมความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกกับค่าปรับแก้ของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะแก่น

จากภาพที่ 9 เป็นกราฟการหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกกับค่าปรับแก้ของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะโดยเสริมเหล็ก 1 ชั้นโดยค่าน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกมีค่าอยู่ที่ 1.67 ถึง 6.82 และมีค่าปรับแก้อยู่ที่ 0.73 ถึง 1.68 และจากภาพที่ 10 เป็นกราฟการหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกกับค่าปรับแก้ของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะโดยเสริมเหล็ก 2 ชั้นโดยค่าน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกมีค่าอยู่ที่ 2.16 ถึง 12.79 และมีค่าปรับแก้อยู่ที่ 0.67 ถึง 1.38 ซึ่งจากกราฟจะพบว่ากลุ่มค่าที่ได้ค่อนข้างจะกระจายซึ่งเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ในรูปสมการใดๆ แล้วอาจจะไม่เหมาะสม สาเหตุที่ทำให้ค่ามีความแปรปรวนอาจจะเนื่องมาจากเมื่อเจาะพบเจอเหล็กจะทำให้ชิ้นตัวอย่างที่เจาะมีรอยเกลียวไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากแรงต้านของการเจาะตัวเนื้อเหล็กกับเนื้อคอนกรีตมีค่าต่างกันมากซึ่งอาจจะต้องเพิ่มค่าทางสถิติเพื่อให้เกิดความแน่นอนมากยิ่งขึ้น ในกรณีนำค่าปรับแก้ที่ได้เทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ในอดีตพบว่า [3]

$$\text{ค่าปรับแก้} = 1.0 + 1.5\,(h \cdot \Phi r / L \cdot \Phi c) \quad (1)$$

ค่าปรับแก้ที่แนะนำในการใช้ดังสมการที่ 1 นั้น มีปัจจัยที่พิจารณาค่าปรับแก้เฉพาะมิติของตัวอย่าง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริม และระยะห่างของเหล็กถึงผิวบน ในกรณีที่เหล็กเสริมอยู่ในแกนตั้งฉากกับทิศการเจาะแก่นเท่านั้น และเมื่อนำมาลองใช้ในผลการทดสอบนี้จะมีค่าปรับแก้เฉลี่ยเท่ากับ 1.03 ซึ่งแตกต่างกับสภาพความเป็นจริงที่พบในการทดสอบ

จากข้อมูลทั้งหมดที่ทดสอบนั้น อาจสรุปได้ว่าระยะห่างของเหล็กเสริม ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก รูปแบบการวางเหล็ก รวมถึงจำนวนชั้นของเหล็กเสริมมีผลโดยรวมต่อค่ากำลังรับแรงอัด ซึ่งในบางชิ้นตัวอย่างที่ไม่สมบูรณ์อาจจะทำให้ค่าที่กดทดสอบที่ได้มามีความแปรปรวนโดยรูปแบบความเสียหายของตัวอย่างที่สมบูรณ์เมื่อกดทดสอบจะได้ค่ากำลังรับแรงอัดที่มีความแปรปรวนน้อยกว่า

5. วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

5.1 ในการศึกษาค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมแบบต่างๆ ของตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ได้จากการเจาะแก่นซึ่งได้ผลการทดสอบคือ

5.1.1 ค่าร้อยละของน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกที่มากจะมีค่ากำลังรับแรงอัดน้อยกว่าค่าร้อยละของน้ำหนักเหล็กต่อน้ำหนักทรงกระบอกที่น้อยในชิ้นตัวอย่างเดียวกัน

5.1.2 ค่ากำลังอัดรับแรงอัดของระยะห่างเหล็กเสริม 6 นิ้ว มีค่ามากกว่าระยะห่างเหล็กเสริม 4 นิ้ว และ 2 นิ้ว ในกรณีที่วางเหล็กเสริมในลักษณะเดียวกัน

5.1.3 ค่ากำลังรับแรงอัดของระยะหุ้มเหล็กเสริมที่ระยะ 3 นิ้ว มีค่ามากกว่า 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ในกรณีที่วางรูปแบบเหล็กเสริมในลักษณะเดียวกัน

5.1.4 ในการเปรียบเทียบชั้นเหล็กเสริม ผลของการเสริมเหล็ก 1 ชั้น จะมีค่ากำลังอัดรับแรงอัดมากกว่าการเสริมเหล็ก 2 ชั้น ในกรณีที่วางรูปแบบเหล็กเสริมในลักษณะเดียวกัน

5.1.5 รูปแบบเหล็กเสริมที่มีลักษณะการวางเหล็กใกล้จุดศูนย์กลางทั้ง 2 แกนของชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอก จะมีค่ากำลังอัดรับแรงอัดมากกว่ารูปแบบเหล็กเสริมที่มีลักษณะการวางเหล็กห่างจากจุดศูนย์กลางทั้ง 2 แกนของชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอก

5.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

ควรมีการเจาะแก่นทดสอบรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้วและ 6 นิ้วเพื่อให้ค่าของปริมาณเหล็กและปริมาณคอนกรีต เป็นตัววัดค่าผลกระทบมากกว่าการเจาะทดสอบรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว เพียงอย่างเดียวที่อาจจะเป็นเสมือนการตั้งใจเสริมเหล็กเพื่อเพิ่มความแข็งแรง เนื่องจากขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางที่ค่อนข้างเล็ก รวมถึงปัญหาด้านเทคนิคในการเจาะ กล่าวคือเมื่อเจาะพบเจอเหล็กจะทำให้ชิ้นตัวอย่างที่เจาะมีรอยเกลียวไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากแรงต้านของการเจาะตัวเนื้อเหล็ก

กับเนื้อคอนกรีตมีค่าต่างกันมาก ซึ่งควรระวังในการเจาะชิ้นตัวอย่างโดยไม่ควรให้ชิ้นตัวอย่างเป็นเกลียวมิฉะนั้นจะทำให้ตัวอย่างที่ได้มีค่ากำลังรับแรงอัดที่ผิดพลาดรวมทั้งน้ำหนักของเหล็กที่ได้จากการเจาะที่ได้จะมีค่าไม่ใกล้เคียงกันนักในรูปแบบการเจาะลักษณะเดียวกัน และควรมีการศึกษาค่าที่จะใช้ปรับแก้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้จากการเจาะเมื่อเจอเหล็กเสริมให้มีข้อมูลทางสถิติที่น่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น เพื่อเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานให้เป็นมาตรฐานเดียว

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ กองบัญชาการสนับสนุนทหารอากาศที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือเจาะแก่น และขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ บุคลากร เจ้าหน้าที่ และข้อมูลต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] American Society for Testing and Materials, 2001. Annual Book of ASTM Standards,. Volume 04.01 and 04.02, West Conshohocken, U.S.A.

[2] เกียรติศักดิ์ ศรีลาเลิศ และสุธี ขำเปรื่องเดช, 2549. การศึกษาค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมแบบต่างๆ ของตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ได้จากการเจาะ. ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนค-รินทรวิโรฒ (องครักษ์), นครนายก.

[3] J.H. Bungey, S.G. Millard. , 1994. Testing of Concrete in Structures. London : Blackie Academic & Professional.