O-EN09

การพัฒนาเครื่องมือทดสอบแรงอัดดินแบบสามแกนโดยใช้ระบบมอเตอร์แทนระบบมือหมุน

Development of Triaxial Compression Test Machineby using Motor System instead of Manual Control

ชูศักดิ์ คีรีรัตน์[1] ,อนุมัติ วงษ์สวรรค์[2]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล 77110

[2]บริษัท เอสทีดีไซด์แอนด์คอนสตรั๊คชั่น จำกัด หัวหิน ประจวบคีรีขันธ์77110

E-mail: qg49850084@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือทดสอบแรงอัดดินแบบสามแกน โดยประยุกต์ใช้เครื่องกดที่ใช้ระบบการควบคุมอัตราการกดด้วยระบบมือหมุนมาทดแทนเครื่องกดระบบไฮโดรลิคที่เสียหาย เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมซึ่งมีราคาสูงและเป็นการนำวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด ราคาไม่แพง มาประยุกต์เข้ากับวงจรไฟฟ้า โดยยึดหลักเศรษฐกิจพอเพียง และได้ออกแบบการจัดวางรวมทั้งรูปลักษณ์ของเครื่องกดให้สามารถใช้งานได้ง่าย ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าเครื่องมือทดสอบที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้ตามหลักการทำงานของชุดเครื่องมือทดสอบเดิมและมีความเสถียรในการกดตัวอย่างดิน อีกทั้งเมื่อนำมาใช้ในการทดสอบแรงอัดสามแกนแบบไม่อัดตัวไม่ระบายน้ำกับตัวอย่างดินเหนียวกรุงเทพที่เก็บได้จากสนาม พบว่าค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนที่ได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ทั่วไป ดังนั้นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง

คำสำคัญ:เครื่องทดสอบแรงอัดแบบสามแกน;ระบบมอเตอร์;การทดสอบแบบไม่อัดตัวไม่ระบายน้ำ

1. บทนำ

การทดสอบแรงอัดแบบสามแกน (Triaxial Test) เป็นการทดสอบหนึ่งในห้องปฏิบัติการ (LaboratoryTesting) ที่สำคัญทางด้านวิศวกรรมปฐพี และเป็นการทดสอบในรายวิชาปฏิบัติการทดสอบปฐพีกลศาสตร์ ซึ่งเป็นรายวิชาบังคับที่ต้องเรียนในหลักสูตรวิศวกรรมโยธา การทดสอบดังกล่าวต้องใช้เครื่องกดตัวอย่างดิน (Compression Machine) แต่เนื่องจากระบบไฮดรอลิกและระบบควบคุมของเครื่องกดตัวอย่างดินเกิดการชำรุดเสียหายทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ซึ่งส่งผลทำให้การเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการทดสอบปฐพีกลศาสตร์มีความไม่สมบูรณ์ โดยเครื่องกดตัวอย่างดินได้เคยถูกส่งซ่อมระบบไฮโรอลิคแล้วซึ่งต้องใช้งบประมาณค่อนข้างมากและต้องรอเป็นระยะเวลานานด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้มีแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องกดตัวอย่างดินที่มีอยู่ซึ่งเป็นระบบมือหมุนให้เป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการประยุกต์การควบคุมการกดด้วยระบบรอบการหมุนของมอเตอร์แทนระบบการกดแบบไฮดรอลิก โดยมุ่งเน้นการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้โดยทั่วไปในท้องตลาด และการพัฒนาครั้งนี้จะรวมถึงการออกแบบตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์และแผงวงจรใหม่ อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาต่อไปในอนาคต

2.วิธีการศึกษา

2.1วัสดุและอุปกรณ์การศึกษาครั้งนี้ใช้วัสดุอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

1.อุปกรณ์ควบคุมเครื่องกดตัวอย่างดินดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย

1.1อุปกรณ์ควบคุมอัตราความเร็วรอบการกดต่อนาที สามารถควบคุมอัตราความเร็วรอบตั้งแต่ 1-212 รอบต่อนาที การใช้งานโดยการหมุนปรับเหมือนกับการปรับระดับเสียงในเครื่องเสียง

1.2สวิตช์ควบคุมการเครื่องที่ขึ้นลงของเครื่องกดตัวอย่างดิน เป็นสวิตช์สามทาง เมื่อต้องการกดตัวอย่างดินให้เลื่อนสวิตช์ไปทางซ้ายมือจะแสดงไฟสถานะสีเขียว เมื่อเลื่อนสวิตช์กลับมาตรงกลางเป็นการหยุดการกด และเมื่อต้องการนำตัวอย่างดินออกให้เลื่อนสวิตช์ไปทางขวามือจะแสดงไฟสถานะสีแดง

1.3จอแสดงผลจำนวนรอบการกดต่อนาที ซึ่งจะสัมพันธ์กับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ จอแสดงผลนี้สามารถแสดงผลได้ตั้งแต่0-9999 รอบต่อนาที ใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัดรอบจากตัวมอเตอร์ เมื่อปรับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบจอแสดงผลจะแสดงจำนวนตัวเลขรอบต่อนาทีโดยใช้เวลาในคำนวณจำนวนรอบต่อนาทีประมาณ 5 วินาที

1.4 สวิตช์ปิด-เปิดเครื่องกดดินโดยสวิตช์จะเป็นตัวจ่ายกระแสไฟ 220 V. ให้กับวงจรไฟฟ้า โดยเมื่อไฟสถานะสีแดงแสดงที่ตัวสวิตช์แสดงว่าวงจรไฟฟ้าพร้อมทำงาน โดยมีฟิวส์ต่อคร่อมไว้เพื่อใช้ตัดกระแสไฟฟ้าเมื่อกระแสไฟฟ้าลัดวงจรหรือมีความผิดพลาดของวงจรเกิดขึ้น

รูปที่ 1 อุปกรณ์ควบคุมเครื่องกดตัวอย่างดิน

2.เครื่องกดตัวอย่างดิน เป็นเครื่องทดสอบระบบมือหมุนดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 เครื่องกดตัวอย่างดิน

3.มอเตอร์ควบคุมการกด ใช้สำหรับขับเคลื่อนเฟืองเพื่อให้เครื่องกดเคลื่อนที่ขึ้นและลง ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 มอเตอร์ควบคุมการกด

4.ลิมิตสวิชต์สำหรับควบคุมขอบเขตการเลื่อนขึ้นและลงดังรูปที่4

รูปที่ 4 ลิมิตสวิชต์

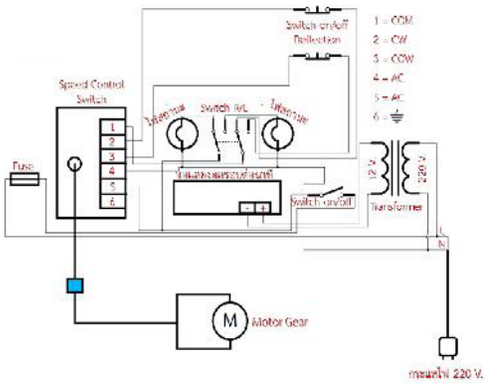
2.2ขั้นตอนการศึกษา

1.ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือทดสอบแรงอัดแบบแกน จากเอกสารการทดสอบที่เกี่ยวข้อง [1,2,3] ซึ่งอธิบายวิธีการทดสอบแรงอัดแบบสามแกนสามารถทดสอบทั้งรูปแบบซิงเกิ้นสเตจและมัลติสเตจ

2.ตรวจสอบความพร้อมในการใช้งานของอุปกรณ์ประกอบชุดเครื่องมือทดสอบแรงอัดแบบสามแกนและปรับปรุงให้พร้อมใช้งานดังรูปที่ 5

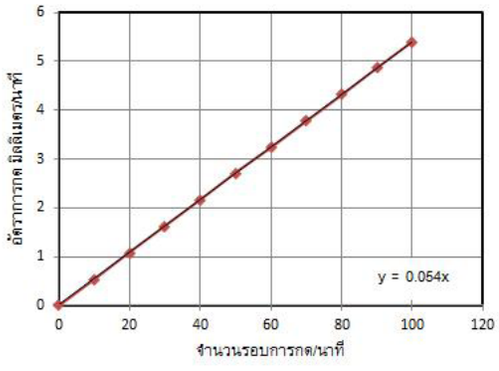
รูปที่ 5 อุปกรณ์ประกอบชุดเครื่องมือทดสอบแรงอัดแบบสามแกน

3.ออกแบบระบบการทำงานของวงจรควบคุมจำนวนรอบของมอเตอร์ที่จะต่อเข้ากับเครื่องกดตัวอย่างดินดังรูปที่ 6 และทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อควบคุมและแสดงผลการทดสอบ



รูปที่ 6 ระบบการทำงานของวงจรควบคุมจำนวนรอบของมอเตอร์ที่จะต่อเข้ากับเครื่องกดตัวอย่างดิน

4.ดำเนินการทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์และอัตราการกดตัวอย่างดิน เพื่อใช้สำหรับกำหนดจำนวนรอบในการทดสอบตามอัตราการกดที่ต้องการ



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์และอัตราการกดตัวอย่างดิน

5.ดำเนินการทดสอบแรงอัดแบบสามแกนเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องกดตัวอย่างดินที่พัฒนาขึ้น โดยมีขั้นตอนการใช้งานเครื่องกดดินที่พัฒนาขึ้น ดังต่อไปนี้

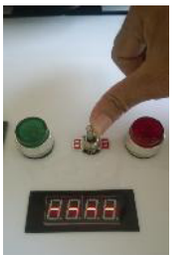
5.1เมื่อเตรียมตัวอย่างดินเรียบร้อยและนำตัวอย่างดินมาวางบนแท่นทดสอบแล้ว เปิดสวิตช์เครื่องกดดินโดยจะต้องทำการรอการเซตวงจรการวัดรอบประมาณ 5 วินาที สังเกตได้จากหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 เปิดสวิตช์เครื่องกดดิน

5.2 ปรับรอบการกดให้ตามมาตรฐานการทดสอบให้ได้ 0.05 นิ้วต่อนาที ซึ่งจะตรงกับจำนวนรอบของมอเตอร์ 24 รอบต่อนาที ดังรูปที่ 9

รูปที่ 9การปรับความเร็ว

5.3 เลือกดันสวิตช์ไปทางด้านซ้ายเพื่อกำหนดให้แท่นกดตัวอย่างเลื่อนขึ้น เป็นการเพิ่มน้ำหนักกดให้กับตัวอย่างดิน ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเลือกทิศทางการทำงานของเครื่องกดดิน

5.4 ดำเนินการกดตัวอย่างดินจนกระทั่งตัวอย่างดินวิบัติ ดังรูปที่ 11 แล้วจึงดันสวิชต์ไปทางด้านซ้ายเพื่อให้เครื่องกดดินถอนน้ำหนักกระทำ

รูปที่ 11 การวิบัติของตัวอย่างดิน

5.5ดำเนินการหาค่าพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่ได้จาการทดสอบโดยนำไปเปรียบเทียบกับค่าทั่วไปที่แนะนำโดยผู้วิจัยท่านอื่น

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การทดสอบแรงอัดแบบสามแกนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการทดสอบแบบไม่มีการอัดตัวและไม่มีการระบายน้ำออก (UU-Test) ใช้ตัวอย่างดินเหนียวกรุงเทพจากบริษัท เจ แอล พี เอ็นจิเนียริ่ง เซอร์วิส จำกัด โครงการก่อสร้างถนนลาดปลาเค้า มีปริมาณความชื้นเฉลี่ย 41.90 เปอร์เซ็นต์ ที่ความลึก 9.00 เมตร ถึง 9.50 เมตร โดยมีรูปแบบการทดสอบ 2รูปแบบดังนี้

1.1 ตัวอย่างดินในสภาพไม่อิ่มตัววิธีการทดสอบแบบชิงเกิลสเตจซึ่งใช้จำนวนตัวอย่างดิน3 ตัวอย่าง โดยใช้ดินตัวอย่างชนิดเดียวกัน [4]สำหรับผลการทดสอบดังตารางที่ 1เมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินพบว่ามีค่าหน่วยแรงยึดเกาะ (Cohesion, c) เท่ากับ 0.512 ตัน/ตร.ม. และมุมเสียดทานภายในของดิน (Internal Friction Angle, ϕ) เท่ากับ 1.234 องศา

ตารางที่ 1 รายละเอียดผลการทดสอบแบบชิงเกิลสเตจ

รายละเอียด	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
แรงดันด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	10	20	30
แรงดันเบี่ยงเบนสูงสุด (ตัน/ตร.ม.)	1.52	1.89	2.40

1.2 ตัวอย่างดินในสภาพอิ่มตัว วิธีการทดสอบแบบมัลติสเตจซึ่งใช้ตัวอย่างดินเพียง 1 ตัวอย่าง แต่สามารถหาค่าพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้ [4] โดยใช้ตัวอย่าดินชนิดเดียวกับตัวอย่างดินในข้อ 3.1 สำหรับผลการทดสอบดังตารางที่ 2เมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินพบว่ามีค่าหน่วยแรงยึดเกาะเท่ากับ 0.533 ตัน/ตร.ม. และมุมเสียดทานภายในของดินเท่ากับ 0 องศา

ตารางที่ 2 รายละเอียดผลการทดสอบแบบมัลติสเตจ

รายละเอียด	ตัวอย่างดิน		
แรงดันด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	10	20	30
แรงดันเบี่ยงเบนสูงสุด (ตัน/ตร.ม.)	0.91	1.12	1.35

1.3 ผลการทดสอบทั้งสองรูปแบบเป็นไปตามทฤษฎีการทดสอบแรงอัดสามแกน โดยสำหรับดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำค่าพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนจะมีค่าทั้งหน่วยแรงยึดเกาะ และมุมเสียดทานภายในในขณะที่เมื่อทดสอบกับตัวอย่างดินอิ่มตัวด้วยน้ำค่าพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนจะมีเฉพาะค่าทั้งหน่วยแรงยึดเกาะเท่านั้นและเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทั่วไปที่แนะนำโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์[4]พบว่า อยู่ในช่วงที่ค่าได้ถูกแนะนำไว้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

ชนิดดิน	หน่วยแรงยึดเกาะ (กก./ตร.ซม.)	มุมเสียดทานภายใน (องศา)
ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ	0.05 – 0.15	0 – 10°
ดินตัวอย่าง (ซิงเกิ้นสเตจ)	0.0512	1.234
ดินตัวอย่าง (มัลติสเตจ)	0.0533	0

4.สรุปผล

การทำงานของเครื่องกดตัวอย่างดินที่ปรับปรุงจากเครื่องกดตัวอย่างดินแบบใช้ระบบมือหมุนเป็นเครื่องกดตัวอย่างดินแบบใช้ระบบมอร์เตอร์เป็นไปตามวัตถุประสงค์ สามารถใช้งานได้สะดวกทดแทนเครื่องกดตัวอย่างดินที่ชำรุดได้ ผลที่ได้จากการทดสอบแรงอัดแบบสามแกนให้ค่าที่สอดคล้องกับค่าแนะนำจากนักวิจัยท่านอื่น แสดงให้แน่ใจว่าเครื่องกดตัวอย่างดินที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้สามารถใช้งานได้จริง อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินการเป็นเงิน 8,500 บาทเมื่อเปรียบเทียบกับการซ่อมแซมระบบไฮดรอลิกพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างน้อย 3 เท่า และยังสามารถแก้ไขได้เอง เนื่องจากระบบไม่ซับซ้อน ซึ่งเป็นการประหยัดเวลา รวมถึงยังสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไปข้างหน้า

5.เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติเทพ เฟื่องขจร,2552, การประดิษฐ์เครื่องกดทดสอบหินในสามแกนจริง. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[2] พลากร พีรภาคย์,2547, การทดสอบการกดกรวดขนาดเล็กในเครื่องมือทดสอบแรงอัดสามแกน. วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมโยธาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์หมาวิทยาลัย.

[3] จารุวรรณ รสเกษร,2547,การศึกษาระบบการทำงานของเครื่องมือทดสอบแรงอัดสาม แกนที่แสดงผลโดยระบบคอมพิวเตอร์. ปริญญานิพนธ์ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[4] Head, K. H., 1986,Manual of Soil Laboratory Testing Volume 3: Effective Stress Tests First Edition. London, Pentech Press.

[5] เชิดพันธุ์ อมรกุล, สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์,“การทดสอบแรงแรงอัดสามแกน)”www.gerd.eng.ku.ac.th/cai/ch14/ch014.htm [22 เมษายน2557].