การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี

ชัยยศ คำมี
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วย พีแอลซีโดยดำเนินการสร้าง และประเมินค่าเพื่อหาความเหมาะสมของเครื่องฯ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ ผู้เชี่ยวชาญ 20 ท่านตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับความเหมาะสมของการใช้งานเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ฯ ที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบการใช้งานจริงในการนับการตอกเสาเข็มเทียบความถูกต้องกับการนับของคน และแบบสอบถามความเหมาะสมของการใช้งาน วิธีดำเนินการวิจัยหลังจากการสร้างเครื่องมือมีการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ โดยการสาธิตการทำงานเป็นเวลา 90 นาทีเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการวิจัย พบว่าเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ฯ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงในระดับมาก ($\overline{X}$= 4.42) ในการทดสอบระบบตรวจจับวัดแรงอัตราเร่งในระยะห่างระหว่างตัวตรวจจับกับเสาเข็มในระยะต่างๆตั้งแต่0.50-5เมตร โดยทดสอบระยะต่าง ๆ ระยะละ 5 ครั้งรวม 50 ครั้ง พบว่าที่ระยะ 0.50-4.50 เมตร สามารถตรวจจับการทำงานได้ถูกต้อง 100% แต่ในระยะห่าง 5 เมตร ถูกต้องเพียง 40% สำหรับการทดสอบการทำงานของตัวตรวจจับโฟโต้สวิตซ์ ที่ระยะห่างต่าง ๆ ตั้งแต่ 1-10 เมตร จำนวน 50 ครั้งพบว่าที่ระยะ 1-9 เมตรทำงานได้ถูกต้อง 100% แต่ในระยะห่าง 10 เมตร ถูกต้องเพียง 20% การนำเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ฯ ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ไปใช้กับการตอกเสาเข็มจริง จำนวน 60 ต้น พบว่าการทดลองมีความถูกต้อง 100% ส่วนข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญคือเป็นนวัตกรรมด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่ดีมาก และควรพัฒนาเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องนับจำนวน โบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี, โบว์เคาท์, พีแอลซี

The Construction andPerformance of Counting the Pile Blow Count Controlled by PLC

Chaiyos Commee
Department of Electrical and Electronics Engineering, Faculty of Industrial Technology, Loie Rajabhat University

Abstract

This study aimed to construct and measure the performance of the pile blow count counting machine controlled by PLC, and assess its suitability. The participants of the study were 20 experts in building construction and pile-driven. The instruments of the study were the pile blow count counting machine controlled by PLC, and the suitability questionnaire. The performance of the counting machine was measure by comparing with people counting. For the suitability, the participants would see its 90 minute of demonstration performance and measure its suitability. The data was analyzed using statistical method to see the suitability's mean scores and standard deviation. The results revealed that the counting machine had high suitability ($\overline{\mathbf{X}}$ = 4.42) which meant it can be practically used. For the sensor system, it was assessed by measuring the performance at different distance between the accelerometer and pile ranged from 0.50 – 4.50 meters. Each distance was measured 5 times which was 50 times in total, and it showed that the sensor system was 100% accurate at 0.50 to 4.50 meters, but was 40% accurate at 5 meters. For the photo switch sensor, its performance was measured in different distance ranged from 1 to 10 meters. Each distance was measured 5 times which was 50 times in total. It showed that the photo switch system was 100% accurate at 1 to 9 meters, but was 20% accurate at 10 meters. Finally, the completed machine was tested at 100% accurate distance with 60 piles, and was examined and counted by the pile-driven experts. It showed a 100% accurate of its performance. Moreover, the experts suggested that it was the outstanding development of engineering skill, and it should be further developed to be the model for commerce.

Keywords: The pile blow count counting machine controlled by PLC, blow count, PLC

1. บทนำ

จากเหตุการณ์ความเสียหายเนื่องจากอาคารที่พักอาศัยและสิ่งปลูกสร้างถล่มในประเทศไทย ได้สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินอย่างมหาศาล โดยที่เหตุการณ์ตึกถล่มที่สำคัญ ตัวอย่างเช่น ได้เกิดโศกนาฏกรรมเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2536 อาคารโรงแรมรอยัลพลาซ่า จังหวัดนครราชสีมาถล่ม ทำให้มีผู้เสียชีวิตถึง 137 คน และบาดเจ็บอีก 227 คน โดยที่การถล่มครั้งนี้ถือเป็น 1 ใน 5 ของความรุนแรงที่สุดในโลกรองจากการถล่มของห้างสรรพสินค้าซัมซุง ประเทศเกาหลีใต้เกิดวันที่ 19 มิถุนายน 2538 ทำให้มีผู้เสียชีวิตถึง 502 คน และการถล่มของตึกราพลาซ่า ประเทศบังคลาเทศ ที่ทำให้มีผู้ชีวิตจำนวนยอดทะลุ 1,000 คน เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556

นอกจากเหตุการณ์อาคารที่พักอาศัยและสิ่งปลูกสร้างถล่มดังกล่าว ยังมีเหตุการณ์ถล่มขณะกำลังก่อสร้างที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ยกตัวอย่าง เช่นในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2556 เกิดเหตุการณ์อาคารสูง 4 ชั้น ซึ่งกำลังก่อสร้าง ที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ถล่ม ทำให้มีผู้เสียชีวิตทันที 3 คน และภายหลังมีผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นอีก 3 คน ถัดมาในวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2558 เกิดเหตุการณ์อาคารก่อสร้างโครงการสถาบันการแพทย์จักรีนฤบดินทร์ คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการถล่มทำให้มีผู้เสียชีวิตถึง 10 คนและมีผู้บาดเจ็บอีกจำนวนมากนอกจากนั้นยังมีเหตุการณ์อาคารพาณิชย์ U Place Condotel ความสูง 6 ชั้น ที่ซอยรังสิต คลองหก จังหวัดปทุมธานี เกิดพังถล่มในวันที่ 11 สิงหาคม 2557 ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิต 16 คนและเหตุการณ์อื่นๆอีกมากมายสอดคล้องกับสิทธิพล สุรอังกูรสุเมธ ประเวศ วรารัตน์และตุลา นพพันธ์ [1] วิจัยเรื่อง“อันตรายและมาตรการความปลอดภัยในงานเสาเข็มเจาะ” (Hazards & Safety In Bored Piling Works) โดยศึกษาเกี่ยวกับอันตรายจากเสาเข็มจากการก่อสร้างประเภทต่าง ๆ เพื่อให้องค์กรเกี่ยวกับการก่อสร้างมาหามาตรการความปลอดภัยมาใช้เช่นเดียวกับ นรินทร์ บุญเหลือและศรัญญู พานชมพู [2] วิจัยเรื่อง “ความปลอดภัยในงานตอกเสาเข็มแบบตุ้มกระแทก” (Study of Safety in Pile Driving by Dropped Hammer) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเกี่ยวกับความปลอดภัยในการตอกเสาเข็มโดยใช้เครื่องตอกเสาเข็มแบบตุ้มกระแทกการวางแผนงานความปลอดภัยในงานตอกเสาเข็มมีความสำคัญคือจะช่วยลดหรือป้องกันการเกิดสูญเสียได้

ทั้งนี้พบว่าสาเหตุของการถล่มมีสาเหตุหลายประการ โดยสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การวางรากฐานหรือการตอกเสาเข็มของอาคารใหม่ไม่ได้มาตรฐานนั่นเองซึ่งจะเห็นได้ว่างานฐานรากโดยเฉพาะงานตอกเสาเข็มงานก่อสร้างเป็นส่วนที่สำคัญยิ่งที่ต้องพึงระวังอย่างสูงในงานตอกเสาเข็ม หากทำโดยประมาทจะส่งผลให้งานอื่น ๆ ล่าช้าและเกิดความเสียหายต่องานก่อสร้างอย่างมากดังคำกล่าวที่ว่า “การวางฐานรากที่ดี เสมือนงานได้เสร็จไปเกือบครึ่ง” นั้น หากนำมาใช้กับงานตอกเสาเข็มแล้วจะส่งผลให้งานการก่อสร้างทั้งหมดจะรุดหน้าไปได้อย่างรวดเร็วซึ่งมีบุคคลพยายามแก้ปัญหาดังกล่าวโดยภัค ธีระแนวและศุภศิลป์ กุลเม็ง [3] ได้ศึกษาและออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบฐานรากเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง (Computer Program for Pile Footing Reinforced Concrete Design (Strength Design Method: SDM)) เพื่อช่วยให้การคำนวณการออกแบบฐานรากเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กและรวมไปถึงการออกแบบเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงให้มีความรวดเร็วและถูกต้องยิ่งขึ้นซึ่งโครงงานนี้สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กจะยึดหลักตามมาตรฐาน ว.ส.ท.1008-38 พ.ศ. 2538 และสำหรับการออกแบบเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงจะยึดหลักตาม มาตรฐาน มอก.396-2524เป็นหลักเป็นต้น

สาเหตุของการตอกเสาเข็มที่ไม่ได้มาตรฐานเกิดจาก 2 ปัจจัยหลักคือ 1) คุณภาพของตัวเสาเข็มเองโดยที่สาเหตุของการที่เสาเข็มไม่ได้คุณภาพเกิดจากสาเหตุหลายประการดังนี้คือ (1) การออกแบบไม่ถูกต้อง (2) การขนส่งเสาเข็ม (3) การควบคุมคุณภาพการผลิต และอายุของเสาเข็มที่ไม่ได้ตามกำหนดทำให้เกิดปัญหาดังนี้คือเสาเข็มแตกร้าว หัวเสาเข็มแตกหรือบิ่นและเหล็กเสริมรับแรงอัด (Prestressing Steel) ไม่ไปสุดที่ปลายเสาเข็มทำให้เกิดแรงเค้น (Stress) มากเกินไปที่บริเวณหัวเสาเข็มสอดคล้องกับณรงค์ ทัศนนิพันธ์ ทรงศักดิ์ วิสุทธิ พิทักษ์กุลและสุเมธ ประเวศวรารัตน์ [4] วิจัยเรื่องปัญหาในงานเสาเข็มเจาะที่เกิดจาก

คุณภาพคอนกรีต (Problems in Bored Piling Works Caused by Improper Concrete Mixed)ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นที่คอนกรีตจากกระบวนการผลิตเสาเข็มเจาะซึ่งระบุคุณสมบัติสำคัญของคอนกรีตที่จะใช้สำหรับผลิตเสาเข็ม เช่นเดียวกับ ภัคพงศ์ ศรีวรรณวิทย์ นทีรัตนชูวงค์ และจรุง หิรัญอ่อน [5] วิจัยเรื่องการควบคุมคุณภาพเสาเข็มระบบเจาะแห้งโดยเครื่องเจาะแบบสามขา (Quality Control of Dry Process Bored Piles Excavated by Tripod Rig) 2) ปัญหาการตอกเสาเข็มเกิดจากกระบวนการในการตอกเสาเข็มเกิดจากหลายสาเหตุดังนี้คือ (1) เสาเข็มเอียง (2) เสาเข็มหนีศูนย์ (3) เสาเข็มไม่ได้ Tip มีสาเหตุมาจากไม่มีข้อมูลการสำรวจโครงสร้างดิน (Structure Subsurface Investigation) ซึ่งสอดคล้องกับวีรพงษ์ ขวัญเซ่ง ก่อโชค จันทวรางกูร และสุทธิชาติ ศรลัมพ์ [6] วิจัยเรื่องการควบคุมการตอกเสาเข็มตามหลักสมดุลพลังงาน (Pile Driving Control by The principle of Energy Balance) เพื่อควบคุมงานตอกเสาเข็มให้มีคุณภาพ

ในส่วนของคุณภาพของเสาเข็มนั้นสามารถแก้ไขได้โดยการควบคุมกระบวนการผลิตให้มีคุณภาพและกระบวนการตรวจสอบคุณภาพสินค้าที่ได้มาตรฐานก่อนจำหน่ายสินค้า (Q.C.) ซึ่งเป็นหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ผลิตสินค้า และสาเหตุที่สำคัญในการตอกเสาเข็มคือเสาเข็มไม่ได้โบว์เคาท์ (Blow Count) เพราะต้องเกี่ยวข้องกับทั้ง (1) ลักษณะของดินในบริเวณที่ตอกเสาเข็ม (2) เครื่องมือสำหรับนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็ม และ (3) ผู้ควบคุมในการตอกเสาเข็ม พื้นที่ของชั้นดินมีลักษณะเปลี่ยนแปลงมากมีสาเหตุมาจากเกณฑ์ที่กำหนด (Criteria) ที่ต่างกันส่วนใหญ่ที่มาจากไดนามิค ฟอร์มูลา (Dynamic Formula) และความผิดปกติของชั้นดินที่ไม่มีการเจาะนำ (Soil Boring) ในส่วนของการควบคุมกระบวนการตอกเสาเข็มที่เกิดจาก ผู้ควบคุมงานตอกเสาเข็มไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากความยากลำบากในการตอกเสาเข็มจากสิ่งรบกวนต่างๆเช่น การตั้งศูนย์ของเสาเข็ม,ควันที่เกิดขึ้นจากการตอกเสาเข็ม,เสียงดังจากการตอกเสาเข็ม,ความร้อนของอากาศขณะตอกเสาเข็ม,ความสั่นสะเทือนของดินในขณะตอกเสาเข็ม และสุดท้ายคือการขาดแคลนเครื่องมือในการตรวจสอบการนับจำนวนการตอกเสาเข็ม 10 ฟุตสุดท้ายที่เรียกว่า ลาสเทนโบล์ว (Last Ten Blow) ที่ได้มาตรฐาน โดยที่สาเหตุต่างๆเหล่านี้ส่งผลให้การควบคุมการนับจำนวนครั้ง มีความคลาดเคลื่อนส่งผลให้จำนวนโบล์วเคาท์ไม่ตรงตามที่ต้องการส่งผลให้การทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มทั้งการทดสอบแบบสเตติก (Static Pile Load Test) และการทดสอบแบบไดนามิค (Dynamic Load Test) ไม่ผ่าน ส่งผลเสียทำให้ฐานรากของอาคารไม่แข็งแรงทำให้ต้องแก้ไขโดยการตอกเข็มแซมใหม่ทำให้เสียทั้งค่าใช้จ่ายและเวลาซึ่งหากผลของการตรวจสอบการรับน้ำหนักไม่มีความน่าเชื่อถือและไม่มีประสิทธิภาพจะส่งผลต่อการรับน้ำหนักของอาคารในอนาคตซึ่งอาจเป็นสาเหตุหลักในการพังถล่มของตึกในที่สุด เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบจำนวนครั้งของการตอกเสาเข็ม 10 ฟุตสุดท้าย หรือลาสท์เทนโบล์วหรือโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มยังไม่เคยมีการผลิตในเชิงพาณิชย์

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมา แนวทางที่ผู้วิจัยนำมาใช้เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดกับชีวิตและทรัพย์สินในการตอกเสาเข็มที่ไม่ได้โบล์วเคาท์คือ การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องนับจำนวนการตอกเสาเข็มที่ควบคุมด้วยพีแอลซีโดยเครื่องมือที่สร้างขึ้นนี้เป็น”นวัตกรรมใหม่”เนื่องจากยังไม่มีผู้ใดผลิตขึ้นมาใช้งานและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์มาก่อน นอกจากใช้ในงานการตอกเสาเข็มแล้วยังสามารถใช้เป็นเครื่องต้นแบบสำหรับผู้เรียนสำหรับนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในรายวิชา โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิคส์ (วศ.บ) หรือบุคคลที่สนใจในการพัฒนาในการสร้างเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ในอนาคตต่อไป สอดคล้องกับ สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์ [7] การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งข้าวเกรียบปลาเป็นการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งข้าวเกรียบปลา ผลของการวิจัยสรุปได้ว่า เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องด้านอุณหภูมิ และเวลา ในการอบอยู่ในเกณฑ์ดีเหมาะที่จะใช้สำหรับผู้ประกอบการอบแห้งข้าวเกรียบปลาโดยที่เครื่องนับจำนวนการตอกเสาเข็มที่สร้างขึ้นนอกจากจะสามารถนำมาใช้งานได้จริงทดแทนการทำงานของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้วยังจะเป็น

เครื่องต้นแบบของการพัฒนาเพื่อใช้งานในเชิงพาณิชย์อย่างเต็มประสิทธิภาพต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามวิธีการและลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี

2.1.2 ออกแบบโครงสร้างและเขียนแบบวงจรเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี

2.1.3 ดำเนินการสร้างและทดลองเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี

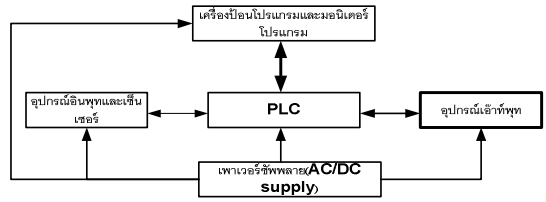
2.1.4 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1.5 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

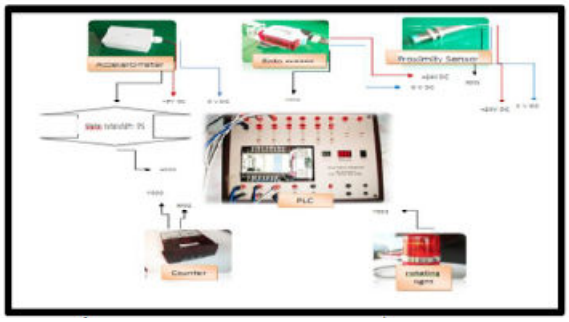
2.1.6 ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1.7 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

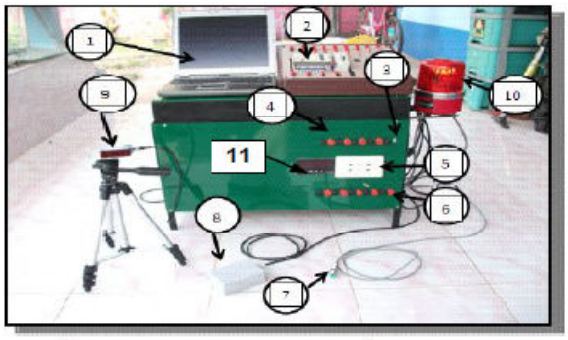
2.2 เครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี



ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่อง



ภาพที่ 2 แสดงรายการอุปกรณ์เครื่อง



ภาพที่ 3 ภาพส่วนประกอบของเครื่อง

เครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีซึ่งมีอุปกรณ์ทำหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์ใช้สำหรับป้อนโปรแกรม, มอนิเตอร์โปรแกรมและควบคุมการทำงานของพีแอลซี

2. พีแอลซีใช้สำหรับรับโปรแกรมควบคุมการทำงานจากเครื่องคอมพิวเตอร์สัญญาณจากอินพุทจากเซนเซอร์วัดแรงอัตราเร่งพรอกซิมิตี้สวิตซ์และโฟโต้สวิตซ์มาประมวลผลตามเงื่อนไขของโปรแกรมการทำงานของเครื่องแล้วส่งสัญญาณออกทางเอาท์พุท

3. โวลลุ่มปรับความไวของเซนเซอร์วัดแรงอัตราเร่งใช้สำหรับปรับแต่งความไวเซนเซอร์วัดแรงอัตราเร่งให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่อง

4. อินพุทยูนิตของเครื่องฯ ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับพีแอลซี

5. ปลั๊กไฟ 220โวลต์เอซี. ใช้สำหรับเป็นไฟจ่ายให้กับพีแอลซีและคอมพิวเตอร์

6. เอาท์พุทยูนิตของเครื่องฯ ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับพีแอลซี

7. พรอกซิมิตี้สวิตซ์ใช้สำหรับตรวจจับการตอกเสาเข็มในส่วนที่มีด้ามจับเป็นเหล็กในกรณีที่เซนเซอร์วัดแรงอัตราเร่งมีปัญหานับไม่ครบ

8. เซนเซอร์วัดแรงอัตราเร่งใช้สำหรับตรวจจับการสั่นสะเทือนขณะตอกเสาเข็ม

9. โฟโต้สวิตซ์ (Photo Switch) พร้อมขาตั้งระดับใช้สำหรับการตรวจจับระดับของแต่ละฟุตของ10 ฟุตสุดท้ายของการตอกเสาเข็มที่เส้นเครื่องหมายกำหนดไว้บนเสาเข็มสำหรับการทำงานครั้งละ 1 ฟุต

10. ไฟเตือน (Warning Light) ใช้สำหรับเตือนเมื่อการตอกได้ระดับที่ต้องการหรือตามเงื่อนไขที่ตั้งค่าไว้

11. เคาท์เตอร์ นับจำนวนการตอกเสาเข็ม

3. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี โดยที่ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพการทำงานตามรายการในตารางการทดสอบก่อนจากนั้นจึงนำไปทดลองการทำงานกับการตอกเสาเข็มจริง จำนวน 60 ต้น และเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องการประเมินความเหมาะสมทางกายภาพของเครื่อง จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล และอธิบายผลต่อไปโดยมีลำดับการทดสอบและทดลองการทำงานของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี ดังต่อไปนี้ คือ1) ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเซนเซอร์วัดแรงอัตราเร่ง (Accelerometer)2) ทดสอบการทำงานของตัวรับสัญญาณของโฟโต้สวิตซ์ (Photo Switch) 3) ทดลองการทำงานของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี

ตารางที่ 1 การทดสอบการนับด้วยเซนเซอร์วัดแรงอัตราเร่ง (Accelerometer) ที่ระยะห่างต่างๆ

การทดลองครั้งที่	จำนวนการตอก	ระยะห่างเซนเซอร์กับเสาเข็ม (เมตร)	จำนวนที่นับได้	สรุป	
				ได้	ไม่ได้
1	50	0.50	50	✓	
2	50	1	50	✓	
3	50	1.50	50	✓	
4	50	2	50	✓	
5	50	2.50	50	✓	
6	50	3	50	✓	
7	50	3.50	50	✓	
8	50	4	50	✓	
9	50	4.50	50	✓	
10	50	5	20		✓
รวม	500		470	450	50

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบการรับสัญญาณของโฟโต้สวิตซ์ (Photo Switch)

การทดลองครั้งที่	ระยะห่างเซนเซอร์กับเสาเข็ม (เมตร)	ผลการทำงาน	สรุป	
			ได้	ไม่ได้
1	1	ผ่าน	✓	
2	2	ผ่าน	✓	
3	3	ผ่าน	✓	
4	4	ผ่าน	✓	
5	5	ผ่าน	✓	
6	6	ผ่าน	✓	
7	7	ผ่าน	✓	
8	8	ผ่าน	✓	
9	9	ผ่าน	✓	
10	10	ไม่ผ่าน		✓
รวม	10	ผ่าน	9	1

การทดลองการนับด้วยเซนเซอร์วัดแรงอัตราเร่ง (Accelerometer) ผลการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ไม่สามารถนับจำนวนการตอกเสาเข็มได้ตามเงื่อนไข ได้ทำการปรับค่าไวเบรชั่น (Vibration) ให้มีค่าอยู่ในขอบเขตประมาณ 25 แล้วทำการทดลอง โดยที่ผลการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

สรุปผลการทดสอบ: ผลการทดสอบสามารถตรวจเช็คระดับได้ ตามที่ออกแบบไว้ การทดสอบการรับสัญญาณของโฟโต้สวิตซ์ คิดเป็น 100 %

ตารางที่ 3 ตัวอย่างตารางการทดลองการตอกเสาเข็มจริงต้นที่1-5 (จาก 60 ต้น)

ต้นที่		1		2		3		4		5	
จำนวนครั้งที่ตอกนับต่อ 30 ซม.	ความยาวเสาเข็มเหนือพื้นดิน , ม.	คน	เครื่อง	คน	เครื่อง	คน	เครื่อง	คน	เครื่อง	คน	เครื่อง
ฟุต ที่											
1	2.70 - 3.00	28	28	29	29	39	39	38	38	35	35
2	2.40 - 2.70	35	35	32	32	48	48	48	48	39	39
3	2.10 - 2.40	41	41	39	39	57	57	59	59	42	42
4	1.80 - 2.10	47	47	48	48	66	66	70	70	46	46
5	1.50 - 1.80	52	52	59	59					50	50
6	1.20 - 1.50	63	62	67	67					59	59
7	0.90 - 1.20									66	66
8	0.60 - 0.90										
9	0.30 - 0.60										
10	0.00 - 0.30										
ผลการทดลอง			✓		✓		✓		✓		✓

สรุปผลการทดลอง: ผลการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คิดเป็นค่าเฉลี่ย การนับการตอกเสาเข็มคิดเป็น 100 %

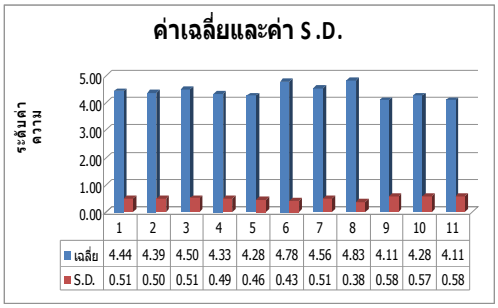
3.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี

ผลจากการสาธิตการใช้งานเพื่อประเมินความเหมาะสมทั้งหมด 20 ฉบับ ได้เสนอในรูปแบบของแผนภูมิประกอบคำบรรยายโดยแบ่งผลการประเมินความเหมาะสมออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ผลแบบประเมินความเหมาะสมของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ฯ

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ข้อเสนอแนะอื่นๆ ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ฯ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี ค่าเฉลี่ยและค่า S.D.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
เฉลี่ย	4.44	4.39	4.50	4.33	4.28	4.78	4.56	4.83	4.11	4.28	4.11
S.D.	0.51	0.50	0.51	0.49	0.46	0.43	0.51	0.38	0.58	0.57	0.58

ภาพที่ 4 ความเหมาะสมของเครื่องฯ

1. การออกแบบเครื่องนับจำนวนฯ
2. วัสดุที่ใช้ในการผลิตมีอยู่ทั่วไปหาได้ง่าย
3. ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ
4. ความแข็งแรง ทนทาน ของชิ้นส่วนอุปกรณ์
5. ความสะดวกในการควบคุมการทำงานของเครื่อง
6. ความปลอดภัยในการใช้งาน
7. การแจ้งเตือนเมื่อครบจำนวนมีความเหมาะสม
8. ความสะดวกในการติดตั้งและการใช้งาน
9. ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษา
10. ความเหมาะสมในการเป็นต้นแบบเพื่อพัฒนาต่อยอด
11. ความสมบูรณ์ของเครื่องฯ

จากภาพที่ 4 ระดับค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.78 และต่ำสุด 4.10 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดคืออยู่ระหว่างมากถึงมากที่สุดโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระดับมากได้แก่ การออกแบบเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีมีค่าเฉลี่ย 4.44 วัสดุที่ใช้ในการผลิตมีอยู่ทั่วไปหาได้ง่ายมีค่าเฉลี่ย 4.39 ความแข็งแรง ทนทาน ของชิ้นส่วนอุปกรณ์มีค่าเฉลี่ย 4.33 ความสะดวกในการควบคุมการทำงานของเครื่องฯมีค่าเฉลี่ย 4.28 มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเก็บการเก็บรักษามีค่าเฉลี่ย 4.11 ความเหมาะสมในการใช้เป็นสื่อการสอน มีค่าเฉลี่ย 4.28 ความสมบูรณ์ของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีมีค่าเฉลี่ย 4.11

ระดับมากที่สุดได้แก่ ความสะดวกในการติดตั้งและการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.83 ความปลอดภัยในการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.78 สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้มีค่าเฉลี่ย 4.56 ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ มีค่าเฉลี่ย 4.50

สรุปความเหมาะสมของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้อยู่ในเกณฑ์มาก ซึ่งหมายความว่าเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงในการนับการตอกเสาเข็มมาก

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินข้อเสนอแนะอื่นๆ ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องฯมีดังนี้

1. ควรจัดทำคู่มือประกอบการใช้งาน
2. เป็นการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่ดีมาก และควรมีการพัฒนาเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการพาณิชย์ต่อไป

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบและทดลองใช้เครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีได้มีการทดสอบระบบตรวจจับ (Sensor) โดยทดสอบการทำงานของตัวตรวจจับวัดแรงอัตราเร่งที่การวางในระยะห่าง

ระหว่างตัวตรวจจับกับเสาเข็มในระยะต่างๆ ตั้งแต่ 0.50-5 เมตรโดยทดสอบระยะละ5 ครั้งรวม 50 ครั้ง พบว่า ระยะ 0.50-4.50 เมตร สามารถตรวจจับการทำงานได้ถูกต้อง 100 % สำหรับในระยะห่าง 5 เมตรสามารถตรวจจับความถูกต้อง 40% สำหรับการทดสอบการทำงานของตัวตรวจจับโฟโต้สวิตซ์ โดยการทดสอบการตรวจจับความถูกต้องของการทำงานที่ระยะห่างต่างๆ ตั้งแต่ 1-10 เมตร ระยะละ 5 ครั้ง จำนวน 50 ครั้ง พบว่าการทดสอบที่ระยะ 1-9 เมตร ทำงานถูกต้อง 100% แต่ในระยะห่าง 10 เมตร ทำงานได้ถูกต้อง 20% ในการทดลองการนำเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีที่สร้างแล้วไปทดลองใช้กับการตอกเสาเข็มจริงโดยตั้งตัวตรวจจับในระยะที่ทำงานในในระยะที่ถูกต้อง 100% จำนวน 60 ต้น โดยการตรวจสอบกับการนับโดยช่างเทคนิคที่มีความเชี่ยวชาญในการตอกเสาเข็ม พบว่าการทดลองมีความถูกต้อง 99.66% และมีการแจ้งเตือนด้วยเสียงและสัญญาณไซเรนได้ถูกต้องแม่นยำหลังจากครบจำนวนที่ตั้งค่าไว้ และในการทดลองทุกครั้งสามารถมอนิเตอร์การทำงานของโปรแกรมได้ตลอดเวลาพร้อมทั้งสามารถเปลี่ยนแปลงจำนวนการตั้งค่าของจำนวนครั้งของการเตือนได้ระหว่างการทำงานได้

จากการทดลองใช้เครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี พบว่าสามารถทำได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ในส่วนของการประเมินความเหมาะสมของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีครั้งนี้ มีผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องดังนี้

ระดับค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของเครื่องมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.78 และต่ำสุด 4.10 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดคืออยู่ระหว่างมากถึงมากที่สุดโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระดับมากได้แก่ การออกแบบเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี มีค่าเฉลี่ย 4.44 วัสดุที่ใช้ในการผลิตมีอยู่ทั่วไปหาได้ง่ายมีค่าเฉลี่ย 4.39 ความแข็งแรง ทนทาน ของชิ้นส่วนอุปกรณ์มีค่าเฉลี่ย 4.33 ความสะดวกในการควบคุมการทำงานของเครื่องมีค่าเฉลี่ย 4.28 ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเก็บรักษามีค่าเฉลี่ย 4.11 ความเหมาะสมในการใช้งานจริงในการตอกเสาเข็ม มีค่าเฉลี่ย 4.28 ความสมบูรณ์ของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีมีค่าเฉลี่ย 4.11

สรุปความเหมาะสมของเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้อยู่ในเกณฑ์มาก สามารถสรุปความเหมาะสมโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้อยู่ในเกณฑ์มาก ซึ่งหมายความว่าเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงในการนับการตอกเสาเข็มในระดับมาก

ระดับมากที่สุดได้แก่ มีความสะดวกในการติดตั้งและการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.83 มีความปลอดภัยในการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.78 สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้มีค่าเฉลี่ย 4.56 ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ มีค่าเฉลี่ย 4.50

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินข้อเสนอแนะอื่นๆ ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์ การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซี

เป็นการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่ดีมากและควรมีการพัฒนาต่อยอดเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการพาณิชย์ต่อไป

5. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการสร้าง เครื่องนับจำนวนโบว์เคาท์การตอกเสาเข็มควบคุมด้วยพีแอลซีพบว่ามีจุดที่ต้องพัฒนาปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นดังต่อไปนี้

5.1 ควรจะมีการเพิ่มเติมในส่วนของสูตรการคำนวณเกี่ยวกับการตอกเสาเข็ม ในการพัฒนาครั้งต่อไป

5.2 ควรจะมีการเพิ่มฟังก์ชันของการนับการตอกเสาเข็มเพื่อให้ใช้งานทดแทนบุคลากรในการทำงานต่อไปในอนาคต

5.3 ควรจะมีการพัฒนาให้มีลักษณะการใช้งานได้อย่างหลากหลายในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัวของผู้วิจัย ที่ได้ให้กำลังใจในทุกด้านตลอดมา และคณะครู อาจารย์ของผู้วิจัยทั้งในอดีตและปัจจุบันทุกท่าน ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ

และคำปรึกษา พร้อมสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่อุดหนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ ความดีที่เกิดขึ้นในผลงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งเป็นต้นสังกัดของผู้วิจัยและผู้มีส่วนร่วมทุกท่าน

7. References

[1] S. Suraangkul,S. Prawetwarraratand T. Noppapun“Hazards & Safety In Bored Piling Works” Academic Meeting of Engineeringof 1999 byEngineering Institute of Thailand under Royal Patronageat Queen Sirikit National Convention Center., 1-2 November, 1999.

[2] N.bounleurand S.Panshompoo “Study of Safety in Pile Driving by Dropped Hammer”Civil Engineering Project. Bachelor of Engineering degree program Department of Civil Engineering. Burapauniversity, 2009.

[3]P.Teeranaewand S.kullamoeng “Computer Program for Pile Footing Reinforced Concrete Design (Strength Design Method: SDM)” Civil Engineering Project.Department of Structural Engineering Chiang Mai University, 2010.

[4] N. Thasnanipan, S. wisuttipitakkuland S.prawetwararat“Problems in Bored Piling Works Caused by Improper Concrete Mixed”The 7th National Conference of Civil Engineering Chulalongkorn University 17-18 May 2001.

[5] P.Sriwannavit,N. Rattanachuwong and J. Hiranong “Quality Control of Dry Process Bored Piles Excavated by Tripod Rig” The 7th National Conference of Civil Engineering Chulalongkorn University 17-18 May 2001.

[6] V. kaunseng,K. Jantawarangkuland S. Sonralum “Pile Driving Control by The principle of Energy Balance” The 13rd National Conference of Civil Engineering Kasetsart University 14-16 May 2008.

[7] S. Suttiyapipat“Development and efficiency of fish cracker oven” PNUJ 7(1) 2015.