รหัสบทความ SEITS 67

การปรับปรุงกระบวนการผลิตเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

Improvement of dry pile production process

อานุภาพ ยศกิ่งบุญส่ง[1], จำรัส แก้วมั่น[1], วัฒนา แดงวิจิตร[1]
ชัยพล ผ่องพลีศาล[2], ชานนท์ มูลวรรณ[2], สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[3]

[1] นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
[2] อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
[3] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงกระบวนการทำงานในการผลิตเสาเข็มเจาะระบบแห้งด้วยการเพิ่มเครื่องมือประเภท TRIPOD RIG (เครื่องเจาะแบบสามขา) คือ ลงปลอกเหล็กป้องกันชั้นดินอ่อน แล้วเจาะดินภายในปลอกเหล็กออกโดยใช้ (Bucket) จนได้ระดับที่ต้องการภายใต้เงื่อนไขของเวลาในการทำงานก่อสร้างอาคารสำนักงาน 5 ชั้น มีเสาเข็ม 86 ต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.60 เมตร ลึก 24.00 เมตร แผนงาน 50 วันทำการ เมื่อทำงานได้ 25 วัน ผลงานสำเร็จ 24 ต้น คิดเป็น 27.90% ปริมาณที่ต้องปรับปรุงจำนวน 62 ต้น คิดเป็น 72.10% มีผลกระทบต่อด้านความสำเร็จ ไม่เป็นไปตามแผนและค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น จึงประยุกต์เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการและตรวจสอบผลผลิตภาพงานก่อสร้าง การศึกษาเวลาการทำงานและวิเคราะห์ต้นทุน เป็นแนวทางการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตเชิงทดลองเสาเข็มเจาะระบบแห้งเกี่ยวกับกิจกรรมย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง กิจกรรมการลงเหล็กเสริม กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง และทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยวิธี Seismic Integrity Testing ผลการทดลองพบว่า อัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง มีมาตรฐานเวลาแรงงานโดยเฉลี่ย 279.37 นาที/ต้น ระยะเวลาในการผลิตลดลง 49.02% และต้นทุนในการผลิตลดลง 6.27% จากข้อมูลสามารถนำไปใช้ทางด้านการวางแผนการทำงาน การประมาณราคาค่าแรงงานการตรวจสอบและติดตามความก้าวหน้าในการทำงานได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คำสำคัญ : เสาเข็มเจาะระบบแห้ง ; อัตราผลผลิต ; การวิเคราะห์ต้นทุน ; ผลิตภาพแรงงาน ; อัตราผลตอบแทน

Abstract

This research aims to improve the working process of dry bored pile production by adding a TRIPOD RIG type tool (three-legged drilling rig) which is a steel casing to protect the soft soil layer. Then drill the soil inside the steel casing using a drill (Bucket) until the desired level. Under the conditions of working hours in the construction of a 5-storey office building with 86 piles, diameter 0.60 m, depth 24.00 m, work plan 50 working days, after 25 days of work, 24 finished works, representing 27.90%, amount to be renovated 62 early accounted for 72.10%, had an impact on the success of non-planned and increased costs Therefore, the application of industrial engineering techniques in the field of construction and visual inspection results has been applied. working time study and cost analysis It is a method for reducing costs and increasing the productivity of dry pile drilling experiments. Activities to move the drilling set into the bored pile position Temporary steel casing activity to prevent soil collapse Reinforcing activities of concrete pouring and removal of temporary steel sleeves to prevent soil collapse and test the completeness of the piles by using the Seismic Integrity Testing method. The results showed that the yield of dry bored pile work the average labor time standard was 279.37 minutes/ton, 49.02% reduction in production time and 6.27% reduction in production costs. Labor cost estimation, monitoring and tracking of work progress. at 95% confidence level

Keywords : dry pile drilling system; yield rate; cost analysis; labor productivity; rate of return;

1. บทนำ (Introduction)

การทำเสาเข็มทุกประเภทต้องทำให้ถูกขั้นตอนและกระบวนการทำงานเพื่อให้ได้เสาเข็มที่สมบูรณ์และได้ค่ารับภาระน้ำหนักของอาคารแต่ละขนาดตามที่ได้ออกแบบ ในกรณีที่ไม่ดำเนินการตามขั้นตอนที่ถูกต้องอาจมีความเสี่ยงที่เสาเข็มไม่สมบูรณ์ทำให้เป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้อาคารนั้น ๆ เพื่อให้การใช้งานเสาเข็มเป็นไปโดยคำนึงถึงการใช้ประโยชน์สูงสุด การเจาะเสาเข็มและการตรวจสอบเสาเข็ม จึงต้องเน้นการควบคุมคุณภาพและการทำงานในปัจจัยกระบวนการผลิตเป็นสำคัญนอกจากคุณภาพแล้ว การที่องค์กรจะอยู่รอดได้ต้องมีการปรับปรุงอัตราผลผลิตให้สูงขึ้นโดยใช้ทรัพยากรเท่าเดิมระยะเวลาแล้วเสร็จเร็วขึ้น เพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันและผลกำไรที่สูงขึ้น

ในการทำเสาเข็มเจาะแบบแห้งนั้น จะมีข้อจำกัด คือ ไม่อาจวางปลายเสาเข็มในชั้นทรายที่มีน้ำ และไม่สามารถเจาะผ่านชั้นทรายที่มีน้ำที่มีความหนามากกว่า 4 เมตรได้ หรือในชั้นดินเหนียวปนทรายหรือตะกอนทรายปนมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากจะมีแรงดันของน้ำ ซึ่งจะทำให้น้ำไหลเข้าสู่หลุมเจาะผ่านชั้นดินได้ตลอดเวลา ส่งผลให้เสาเข็มเจาะสูญเสียสภาพ และส่งผลให้เสาเข็มสูญเสียความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกที่ดีได้โครงการก่อสร้างที่พบปัญหาในส่วนงานเข็มเจาะที่คล้ายๆ กันก็จะมีการแก้ปัญหาในรูปแบบที่แตกต่างหรือใกล้เคียงกัน และผลจากการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการในโครงการนี้ ผลที่ได้สามารถส่งงานเสาเข็มได้ตามแผนเวลาและค่าใช้จ่ายยังอยู่ในงบประมาณ

การศึกษาโครงงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานที่ล้าช้า ในงานเสาเข็มเจาะแบบแห้ง ศก.0.60 เมตร ลึก 24 เมตร จากอุปสรรคปัญหาพื้นที่ของโครงการเนื่องจากชั้นดินถมที่มีคอนกรีต ภัยธรรมชาติ กำหนดวันที่เจ้าของโครงการให้หยุดงานโดยไม่เพิ่มวันทำงาน ซึ่งทางบริษัทได้มีแผนงานการขุดเจาะเสาเข็มอย่างน้อย 2 ต้น/วัน โดยมีเสาเข็มทั้งหมด 86 ต้น ใช้เวลาดำเนินการ 50 วัน นับจากเริ่มโครงการพบปัญหาในกระบวนการทำงานทำให้เกิดความล้าช้ากว่าแผน โดยการเก็บข้อมูลปัญหาตั้งแต่

วันที่ 1 เมษายน – 25 เมษายน 2561 ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลได้นั้นมีการเจาะเสาเข็มได้จำนวน 24 ต้น จึงได้ปรับปรุงกระบวนการทำงานโดยการเพิ่มชุด TRIPOD RIG (เครื่องเจาะแบบสามขา) 1 ชุด

ทั้งนี้ ในสภาวะการแข่งขันทางด้านธุรกิจที่รุนแรงองค์กรจะอยู่รอดได้จะต้องมีการปรับปรุงหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปรับปรุงอัตราผลผลิตให้สูงขึ้น โดยใช้ทรัพยากรเท่าเดิมและคุณภาพงานเป็นที่ยอมรับได้ทำให้มีโอกาสในการแข่งขันสูงรวมถึงผลกำไรที่มากขึ้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการทำเสาเข็มเจาะระบบแห้งและการศึกษาผลิตภาพแรงงานและคุณภาพของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ซึ่งมีผลต่อการวางแผนการทำงาน การประมาณราคา และการตรวจสอบและติดตามความก้าวหน้าในการทำงานของงานก่อสร้างอาคารที่มีประสิทธิภาพ ในอนาคตการเพิ่มเครื่องมือประเภท TRIPOD RIG (เครื่องเจาะแบบสามขา) เพื่อให้ได้ปริมาณเสาเข็มเจาะตามจำนวนของโครงการและตามแผนงานในสัญญาและค่าใช้จ่ายยังอยู่ในงบประมาณ

โครงการนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตเสาเข็มเจาะระบบแห้ง โดยเทคนิคการวางแผนและควบคุมการผลิต การวิเคราะห์ต้นทุนลดเวลา พัฒนาทีมงานเป็นระบบลดความสับสนในการทำงานแต่ละขั้นตอนผลิตเสาเข็มเจาะให้ได้คุณภาพ

2. วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

2.1 ศึกษาข้อมูลและสภาพปัญหา

1) ปัญหาจากดินถมเดิมที่เป็นคอนกรีตทำกระบวนการเจาะเสาเข็มใช้เวลานาน ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานไม่เป็นไปตามแผนงาน

2) ปัญหาข้อจำกัดในการเจาะเสาเข็มแต่ละต้นที่ต้องมีระยะห่าง 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง เกิดความล่าช้าในการทำงานแบบเร่งด่วน

2.2 ศึกษาขั้นตอนการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งเพื่อกำหนดสถานีการทำงานหลักที่จะทำการวิจัย

1) การจัดเครื่องมือเข้าศูนย์กลางเสาเข็มเจาะ โดยการปรับตั้ง TRIPOD RIG (เครื่องเจาะแบบสามขา) ให้ได้แนวศูนย์กลางของเสาเข็มเจาะ เมื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วตอกหลักยึดแท่นเครื่องมือให้แน่น แล้วใช้กระเช้าตอกนำเป็นรูลึกประมาณ 1.00 เมตร

2) การตอกปลอกเหล็กชั่วคราว ปลอกเหล็กชั่วคราวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.60 เมตร แต่ละท่อนยาวประมาณ 1.00 เมตร ต่อกันด้วยระบบเกลียวในการทำงานด้วยวิธีการตอกปลอกเหล็กผ่านชั้นดินอ่อน ซึ่งอยู่ด้านบนจนกระทั่งถึงชั้นดินแข็งปานกลางเพื่อป้องกันการเคลื่อนพังของผนังรูเจาะในชั้นดินอ่อน และป้องกันน้ำใต้ดินไม่ให้ไหลซึมเข้าในรูเจาะเป็นผลให้คุณภาพของคอนกรีตไม่ดี ในการทำงานการตอกปลอกเหล็กชั่วคราวลงไปทีละท่อน มีการตรวจสอบตำแหน่งศูนย์กลางของเข็มและแนวดิ่งอยู่เสมอเพื่อป้องกันไม่ให้เข็มเอียง

3) การเจาะในช่วงดินอ่อนใช้กระเช้าชนิดมีลิ้นปลายเก็บดินโดยใช้น้ำหนักของตัวมันเอง เมื่อกระเช้าถูกหย่อนลงไปในรูเจาะดินจะถูกอัดให้เข้าไปอยู่ในกระเช้าและดินไม่หลุดออกเพราะมีลิ้นกั้นอยู่ในเวลายกขึ้นมาทำซ้ำเรื่อย ๆ จนดินถูกอัดเต็มกระเช้าจึงนำมาเทออก การเจาะดำเนินไปจนกระทั่งถึงชั้นดินแข็งปานกลาง จึงเปลี่ยนมาใช้กระเช้าชนิดไม่มีลิ้นที่ปลายเก็บต่อไปจนได้ความลึกที่ต้องการ นอกจากนั้นในระหว่างการขุดเจาะเอาดินขึ้น ต้องคอยตรวจสอบว่าผนังดินพังหรือยุบเข้าหรือไม่ โดยดูจากชนิดของดิน ซึ่งเก็บขึ้นมาควรจะต้องสอดคล้องกับความลึกและคล้ายคลึงกับเข็มต้นแรก ๆ ถ้าตรวจพบว่าดินเกิดการเคลื่อนพังจะรีบแก้ไขในทันที โดยตอกปลอกเหล็กชั่วคราวให้ลึกลงไปอีก

4) การตรวจสอบรูเจาะก่อนใส่เหล็กเสริม

- การวัดความลึกโดยวัดจากความยาวของสลิงรวมกับความยาวของกระเช้าตักดิน

- การตรวจสอบก้นหลุม ใช้สปอร์ตไล้ท์ส่องดูก้นหลุมว่ามีการยุบตัวเข้า มีน้ำซึมเข้าหรือไม่ ถ้ามีน้ำซึมที่บริเวณก้นหลุม จะเทคอนกรีตแห้งลงไปประมาณ 50 เซนติเมตร และกระทุ้งให้แน่นด้วยลูกตุ้มเหล็ก จากนั้นใช้ปูนทราย 1 : 1 : 5 เทลงไปประมาณ 30 - 50 เซนติเมตร

5) การใส่เหล็กเสริม

- ชนิดของเหล็กเสริม เหล็กเส้นกรมตามมาตรฐาน มอก. 20-2524 (SR 24) และเหล็กเส้นข้ออ้อยตามมาตรฐาน มอก. 24-2524 (SD 30)

- ขนาดและปริมาณเหล็กเสริม การต่อเหล็กใช้วิธีต่อทาบไม่น้อยกว่า 40 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางและใช้ลวดผูกเหล็กผูกบิดให้แน่น

- การใส่เหล็กเสริม หย่อนเหล็กเสริมให้อยู่ตรงกลางของรูเจาะจนถึงระดับที่ต้องการและยึดให้แน่นหนาเพื่อขณะเทคอนกรีตเหล็กเสริมจะไม่ขยับเขยื้อน

6) การเทคอนกรีต

- ชนิดของคอนกรีต คอนกรีตที่ใช้เป็นคอนกรีตผสมหน้างานหรือคอนกรีตผสมเสร็จ มีกำลังอัดประลัย ที่ 28 วัน เมื่อทดสอบโดยแท่งกระบอกขนาด 15x30 เซนติเมตร ไม่น้อยกว่า 240 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซีเมนต์ที่ใช้เป็นชนิดปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 และใช้ค่าความยุบตัวของคอนกรีต ประมาณ 8 - 10 เซนติเมตร

- วิธีการเทคอนกรีต เมื่อรูเจาะได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เทคอนกรีตได้จะรีบทำการเทคอนกรีตทันที เพื่อไม่ให้รูเจาะอ่อนตัว หรือกระทบความชื้นในอากาศนานเกินไปจนสูญเสียแรงเฉือนได้ การเทคอนกรีตจะเทผ่านกรวยปลายกรวยเป็นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง15 เซนติเมตร ยาว 3.00 เมตร คอนกรีตจะหล่นลงตรง ๆ โดยไม่ปะทะกับผนังรูเจาะ หรือเหล็กเสริมจะช่วยลดการแยกตัวของคอนกรีต

- วิธีทำให้คอนกรีตแน่น เมื่อทำการเทคอนกรีตถึงระดับ 5.00 เมตร ถึง 3.00 เมตร จากระดับดินปัจจุบันจะทำการอัดลมเพื่อให้คอนกรีตแน่นมากขึ้น

7) การถอนปลอกเหล็กชั่วคราว จะต้องเทคอนกรีตให้ระดับสูงกว่าปลอกเหล็กชั่วคราวพอสมควร จึงจะเริ่มถอดปลอกเหล็กขึ้น โดยปกติขณะถอดปลอกเหล็กต้องให้มีคอนกรีตอยู่ภายในปลอกเหล็กไม่น้อยกว่า 3 เมตร เพื่อป้องกันมิให้ชั้นดินอ่อนบีบตัว ทำให้ขนาดเสาเข็มเจาะเปลี่ยนไปและป้องกันมิให้น้ำใต้ดินไหลซึมเข้ามาในรูเจาะก่อนที่จะถอดปลอกเหล็กชั่วคราวออกหมด ต้องเติมคอนกรีตให้มีปริมาณเพียงพอและเผื่อคอนกรีตให้สูงกว่าระดับ ที่ต้องการประมาณ 30 - 75 เซนติเมตร ในกรณีที่หัวเสาเข็มอยู่ต่ำจากระดับดินปัจจุบัน เพื่อป้องกันไม่ให้หัวเสาเข็มที่ระดับที่ต้องการสกปรกเนื่องจากวัสดุหรือเศษดินร่วงหล่นลงไปภายหลังการถอนปลอกออกหมดแล้ว

8) การบันทึกรายงานการจัดทำเสาเข็ม จะทำการบันทึกผลการทำงาน ณ สถานที่ก่อสร้าง มีรายละเอียด ดังนี้

- หมายเลขกำกับเสาเข็ม
- วันที่เจาะ เวลาเริ่มเจาะ เวลาแล้วเสร็จในการเจาะ
- ระดับดิน ระดับตัดหัวเสาเข็ม ระดับความลึกปลายเสาเข็ม ความยาวของท่อเหล็กปลอกชั่วคราว
- ความคลาดเคลื่อนของศูนย์เข็ม และระยะเบี่ยงเบนของเสาเข็มในแนวดิน
- รายละเอียดของชั้นดิน
- อุปสรรคที่เกิดขึ้น หรือเหตุปกติต่าง ๆ
- คำวินิจฉัย สั่งการ ของวิศวกรผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงานของเสาเข็มต้นนั้น

2.3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

1) วงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งวงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ออกเป็นกิจกรรมย่อยได้ 4 กิจกรรม ดังนี้

- กิจกรรมการย้ายชุดขุดเจาะ 3 ขา หลังจากขุดเจาะเสาเข็ม เทคอนกรีตและถอดปลอกเหล็กชั่วคราวเสร็จแล้ว คนงานจะทำการย้ายชุดขุดเจาะ 3 ขา พร้อมเครื่องจักรสำหรับขุดเจาะเสาเข็มต้นต่อไป ปรับตั้งระดับ 3 ขา จนได้แนวศูนย์กลางของเสาเข็มถูกต้อง ทำการยึดแท่นเครื่องมือให้แน่น พร้อมที่จะขุดเจาะ งานวิจัยในครั้งนี้จะไม่ทำการจัดเก็บข้อมูลเสาเข็มต้นแรกที่เจาะ เนื่องจากเสาเข็มต้นแรกต้องสูญเสียเวลาสำหรับการติดตั้งและประกอบเครื่องจักร

ภาพที่ 2.1 ย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งศูนย์กลางเสาเข็ม

- กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวทำการขุดเจาะดินออกและลงปลอกเหล็กชั่วคราวป้องกันดินพังตามขั้นตอนและวิธีการทำงานของบริษัทที่รับจ้างทำเสาเข็มเจาะ โครงการที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้กำหนดให้ลงปลอกเหล็กชั่วคราวป้องกันดินพังตลอดความยาวของเสาเข็ม คือ ระยะ 24.00 เมตร จากนั้นทำการตรวจสอบความลึกของปลายหลุมเจาะและทำการตรวจสอบสภาพก้นหลุม

ภาพที่ 2.2 การขุดเจาะและลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง

- กิจกรรมนำเหล็กเสริมคอนกรีตลงหลุมเจาะ หลังจากขุดเจาะถึงระดับที่ต้องการ และทำการตรวจสอบสภาพก้นหลุมและความลึกเสร็จแล้วทำการลงเหล็กเสริม โครงการที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้กำหนดให้ใส่เหล็กเสริม ขนาด DB 16 mm. SD 30 จำนวน 8 เส้น ยาว 23.00 เมตร และใช้เหล็กปลอก RB 9 mm. @ 0.20 เมตร ยาวตลอดโดยแบ่งความยาวของเหล็กเสริมออกเป็นสองท่อน ต่อโดยวิธีการทาบ

ภาพที่ 2.3 การนำเหล็กเสริมคอนกรีต ลงหลุมเจาะ

- กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวป้องกันดินพัง เมื่อทำการเทคอนกรีตถึงระดับ 5.00 เมตร ถึง 3.00 เมตร จากระดับดินปัจจุบันจะทำการอัดลมเพื่อให้คอนกรีตแน่นมากขึ้น จากนั้นจึงทำการเทคอนกรีตต่อจนถึงระดับที่ต้องการจนเสร็จเรียบร้อยและทำการถอนปลอกเหล็กชั่วคราว ป้องกันดินพังออกทีละท่อนโดยใช้ความดันจากเครื่องอัดลมช่วยในการถอนประมาณสองถึงสามปลอก จนเห็นว่าแรงฝืดระหว่างปลอกเหล็กกันดินพังกับดินเหลือน้อยแล้ว จึงสามารถดำเนินการถอนปลอกเหล็กชั่วคราวป้องกันดินพังโดยตรงได้ ทำกิจกรรมนี้จนเสร็จ

ภาพที่ 2.4 การเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพังออก

ตารางที่ 2.1 ตารางบันทึกเวลาการทำงาน

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	กิจกรรมงาน		
		เริ่ม	เสร็จ	เวลาที่ได้
6	81	7:30	11:30	240
10	19	7:35	11:59	264
23	69	7:30	12:05	270
60	30	13:15	17:13	238

ที่มา : บริษัท เอ็นเอสทีแอนด์วี เข็มเจาะ

จากขั้นตอนกิจกรรมการทำงานดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลแบบทางตารางและนำวิธีการเก็บข้อมูลแบบทางอ้อมโดยวิธีการประเมิน 5 นาที (5-minute Ratings) มาประยุกต์ใช้โดยจัดทำตารางบันทึกวงรอบการทำงานขึ้น

3. ผลการวิจัย (Results)

ข้อมูลการผลิตเสาเข็มเจาะระบบแห้ง บันทึกในตารางสำหรับเก็บข้อมูลที่ได้จัดทำขึ้น โดยผู้วิจัยได้แบ่งวงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งออกเป็นกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม คือ (1) กิจกรรมการย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ (2) กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง (3) กิจกรรมการนำเหล็กเสริมลงหลุมเจาะ (4) กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง ผลที่ได้ดังนี้

3.1 กิจกรรมการขนย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุด 40นาที/ต้น มีค่าผลิตภาพแรงงานต่ำสุด 15 นาที/ต้น ค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานของกิจกรรมการขนย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 27.61 นาที/ต้น

3.2 กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุด 205 นาที/ต้น มีค่าผลิต

ภาพแรงงานต่ำสุด 147 นาที/ต้น ค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานของกิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าเฉลี่ยประมาณ 182.94 นาที/ต้น

3.3 กิจกรรมการนำเหล็กเสริมลงหลุมเจาะ มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุด 21 นาที/ต้น มีค่าผลิตภาพแรงงานต่ำสุด 12 นาที/ต้น ค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานของกิจกรรมการลงเหล็กเสริม มีค่าเฉลี่ยประมาณ 15.50 นาที/ต้น

3.4 กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุด 66 นาที/ต้น มีค่าผลิตภาพแรงงานต่ำสุด 42 นาที/ต้น ค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานของกิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าเฉลี่ยประมาณ 53.32 นาที/ต้น

จากการศึกษาพบว่า กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุดมีค่าเฉลี่ยประมาณ 182.94 นาที/ต้น กิจกรรมการลงเหล็กเสริม มีค่าผลิตภาพแรงงานต่ำสุด มีค่าเฉลี่ยประมาณ 15.50 นาที/ต้น

โดยสรุปอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง มีค่าผลิตภาพแรงงานโดยเฉลี่ยประมาณ 275 นาที/ต้น

จากการประเมินผลิตภาพแรงงานในการทำงานแล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่จะละเลยไม่ได้ คือ การประเมินคุณภาพงาน ซึ่งคุณภาพงานต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลคุณภาพงาน 2 กรณี คือ

คุณภาพของเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ผลการเก็บข้อมูลรายละเอียด ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มจำนวน 86 ต้น ด้วยวิธี Seismic Integrity Test ตามมาตรฐาน ASTM.D 5882-00 [2] ผลการตรวจสอบ พบว่าเสาเข็มอยู่ในสภาพสมบูรณ์ จำนวน 86 ต้น คิดเป็นร้อยละ 90.69 และเสาเข็มอยู่ในสภาพบกพร่องเล็กน้อย จำนวน 8 ต้น คิดเป็นร้อยละ 9.31 รายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Integrity Test

ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	จำนวนเสาเข็ม (ต้น)	ร้อยละ
90 - 100%	78	90.69
80 - 89%	8	9.31
น้อยกว่า 80%	0	0

จากตารางที่ 3.1 ตำแหน่งของเสาเข็ม นำข้อมูลตำแหน่งของเสาเข็มที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มาเปรียบเทียบกับค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดจากจุดศูนย์กลางที่ยอมให้ ซึ่งวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [4] กำหนดค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดจากจุดศูนย์กลางเสาเข็มที่กำหนดไว้ที่ระดับผิวดินเริ่มต้นเจาะได้ไม่เกิน 75 มม. ในทุกแกน ผลการศึกษาพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน x มีค่าสูงสุด 64 มม. มีค่าต่ำสุด 10 มม. และค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y มีค่าสูงสุด 53 มม. มีค่าต่ำสุด 5 มม. โดยสรุปเสาเข็มเจาะทั้ง 86 ต้น เป็นไปตามค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้ ร้อยละ 100

ตารางที่ 3.2 อัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

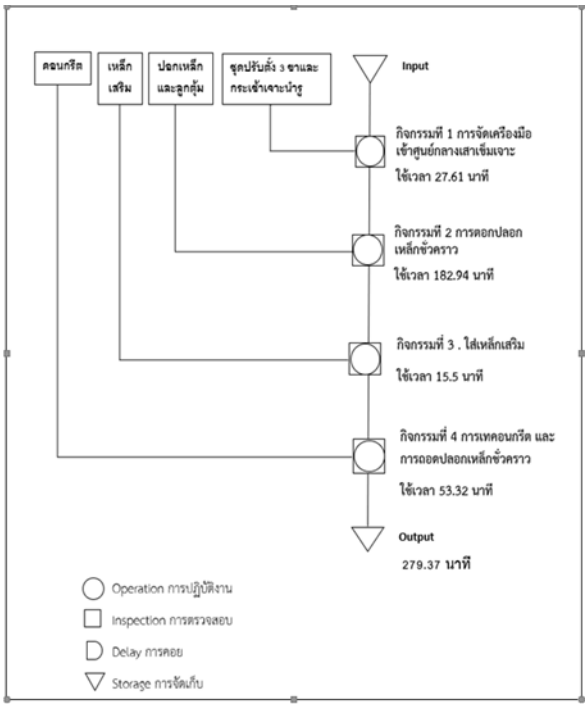
ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	กิจกรรมงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง				เวลารวม (นาที)
		ย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็ม	ลงปลอกเหล็กชั่วคราว	ลงเหล็กเสริม	เทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็ก	
1	1	30	173	17	58	278
2	2	33	185	14	60	292
3	8	37	169	18	49	273
4	9	35	170	14	65	284
5	10	32	169	16	61	278
6	11	30	147	18	45	240
9	23	25	184	12	50	271
10	13	32	174	14	44	264
11	3	31	172	19	45	267
12	4	20	180	16	50	266
13	5	31	188	15	52	286
14	14	34	186	19	45	284
15	15	35	194	18	54	301
16	17	34	195	15	47	291
17	6	24	187	14	47	272
18	7	30	190	13	55	288
19	18	24	180	15	46	265
20	37	18	183	15	49	265
21	36	21	165	15	60	261
22	34	27	189	19	60	295
23	33	20	174	18	58	270
24	30	35	180	14	45	274
25	35	24	188	16	47	275
26	32	30	194	15	55	294
27	26	27	189	13	53	282
28	23	27	183	18	53	281
29	25	24	188	16	50	278
30	27	27	167	19	45	258
31	26	19	186	12	45	262
32	24	19	189	17	54	279
33	29	27	189	13	48	277
34	34	22	184	15	56	277
35	21	31	200	16	63	310
36	20	15	192	17	61	285
37	19	18	193	12	55	278
38	22	34	170	17	49	270
39	45	29	198	12	48	287
40	46	28	194	16	55	293
41	42	27	160	19	59	265

ตารางที่ 3.2 อัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	กิจกรรมงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง				เวลารวม (นาที)
		ย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็ม	ลงปลอกเหล็กชั่วคราว	ลงเหล็กเสริม	เทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็ก	
42	44	28	190	15	48	281
43	47	23	185	16	56	280
44	43	27	200	19	51	297
45	48	35	169	18	48	270
46	49	28	196	14	53	291
47	54	27	182	17	60	286
48	53	28	155	12	47	242
49	50	40	196	18	61	315
50	51	22	180	17	51	270
51	54	19	190	15	56	280
52	55	28	150	14	42	234
53	61	28	189	15	62	294
54	56	20	201	16	48	285
55	60	31	191	17	45	284
56	57	30	174	13	58	275
57	58	30	174	18	58	280
58	59	29	189	13	47	278
59	80	28	172	17	57	274
60	81	24	158	12	44	238
61	77	25	176	18	44	263
62	71	33	176	18	53	280
63	76	20	163	14	59	256
64	78	28	164	14	58	264
65	75	20	176	15	52	263
66	72	32	165	16	59	272
67	79	36	180	16	58	290
68	74	29	195	13	62	299
69	73	31	194	15	54	294
70	69	33	184	16	49	282
71	66	27	189	17	51	284
72	67	30	186	12	46	274
73	70	27	160	16	56	259
74	68	21	195	18	53	287
76	62	33	179	17	55	284
77	63	31	161	15	48	255
78	65	36	164	19	47	266
79	86	18	176	16	49	259
80	85	29	199	14	55	297
81	83	24	173	15	60	272
82	33	23	190	16	57	286
83	72	24	160	12	47	243
84	80	34	160	15	66	275
85	3	27	184	14	55	280
86	56	27	204	14	48	293
ค่าเฉลี่ย	27.61	182.94	15.5	53.32	279.37	ค่าเฉลี่ย

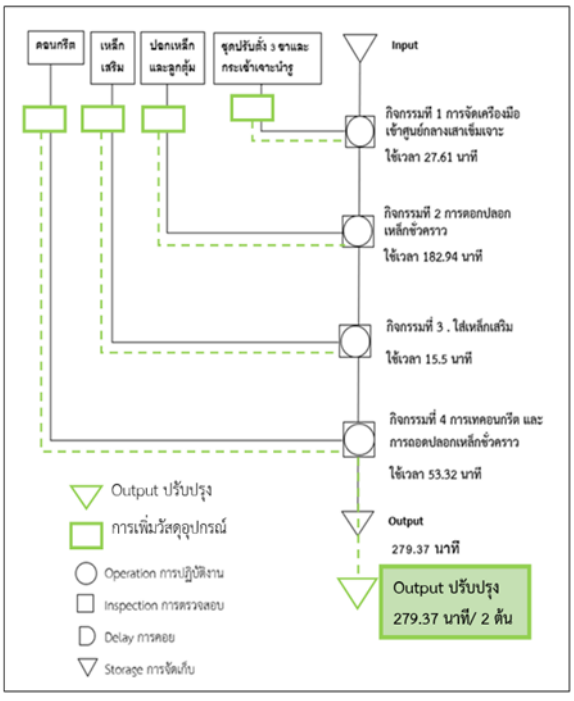
จากข้อมูลตารางที่ 3.2 สามารถวิเคราะห์ผล อัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ได้ดังนี้

จากการเก็บข้อมูลการทำเสาเข็มเจาะระบบแห้ง โดยการแบ่งวงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งออกเป็นกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม คือ (1) กิจกรรมการย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ (2) กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง (3) กิจกรรมการลงเหล็กเสริม และ (4) กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง



ภาพที่ 3.1 Outline Process chart ก่อนการปรับปรุง

วิเคราะห์ต้นทุน จากอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง มีค่าผลิตภาพแรงงานโดยเฉลี่ยประมาณ 279.37 นาที/ต้น



ภาพที่ 3.2 Outline Process chart หลังการปรับปรุง

วิเคราะห์ต้นทุนหลังการปรับปรุง จากอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง มีค่าผลิตภาพแรงงานโดยเฉลี่ยประมาณ 279.37 นาที/2 ต้น

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

จากการศึกษาพบว่า กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุดมีค่าเฉลี่ยประมาณ 182.94 นาที/ต้น กิจกรรมการการลงเหล็กเสริม มีค่าผลิตภาพแรงงานต่ำสุด มีค่าเฉลี่ยประมาณ 15.50 นาที/ต้น

1 = กิจกรรมการขนย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ

2 = กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง

3 = กิจกรรมการนำเหล็กเสริมลงหลุมเจาะ

4 = กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง

5 = ค่าเฉลี่ยผลรวมของกิจกรรมที่ 1 ถึง 4

3.5 วิเคราะห์ต้นทุน

3.5.1 วิเคราะห์ต้นทุน จากอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง มีค่าผลิตภาพแรงงานโดยเฉลี่ยประมาณ 279.37 นาที/ต้น วิเคราะห์ข้อมูลได้ ดังนี้

ระยะเวลาในการผลิต 279.37 นาที/ต้น x 86 ต้น =24,025.82 นาที = 400.43 ชั่วโมง ระเวลาในการทำงานทั่วไป 1 วัน = 8 ชั่วโมง ใช้ระเวลาในการผลิตทั้งหมด 400.43/8= 50.05 วัน หรือ 51 วัน

ต้นทุนการผลิต = ต้นทุนวัสดุ+ต้นทุนแรงงาน+ค่าโสหุ้ย (1,591,000+72,000+150,000+34,400) + (11,000(51)) + (20,000)= 2,428,000 บาทอัตราการลงทุนที่แท้จริง = {2,428,000/3,500,000}x100 = 69.37% อัตราผลกำไร = 30.63%

ตารางที่ 3.3 ต้นทุนในการผลิตก่อนการปรับปรุง

รายการ	แบบเสาเข็มเจาะระบบแห้ง		
	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	รวม
ค่าวัสดุ	86 ต้น	18,500 บาท/ต้น	1,591,000 บาท
ค่าแรงงาน	8 คน	1,375 บาท/คน	11,000 บาท/วัน
ค่าขนย้ายดิน	600 รอบ	120 บาท/รอบ	72,000 บาท
ค่าทดสอบการรับน้ำหนัก	1 ต้น	150,000 บาท/ต้น	150,000 บาท
ค่าทดสอบความสมบูรณ์	86 ต้น	400 บาท/ต้น	34,400 บาท
ค่าโสหุ้ย			20,000 บาท
รายรับ			3,500,000 บาท

3.5.2 วิเคราะห์ต้นทุนหลังการปรับปรุง จากอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง มีค่าผลิตภาพแรงงานโดยเฉลี่ยประมาณ 279.37 นาที/2ต้น วิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

ระยะเวลาในการผลิต 279.37 นาที/2ต้น x 86 ต้น

= (279.37X86) / 2 = 12,012.91 นาที

= 200.22 ชั่วโมง

ระเวลาในการทำงานทั่วไป 1 วัน= 8 ชั่วโมง ใช้ระเวลาในการผลิตทั้งหมด 200.22/8 = 25.02 วัน หรือ 26 วัน

ต้นทุนการผลิต = ต้นทุนวัสดุ+ต้นทุนแรงงาน+ค่าโสหุ้ย

= (1,591,000+55,000+72,000+150,000+34,400) + (11,000(26)) + (20,000) = 2,208,400 บาท อัตราการลงทุนที่แท้จริง= {2,208,400/3,500,000}x100 = 63.1%

อัตราผลกำไร = 36.9%

4. การอภิปราย (Discussion)

โดยสรุปอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง มีค่าผลิตภาพแรงงานโดยเฉลี่ยประมาณ 275 นาที/ต้น ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1. การประเมินผลิตภาพแรงงานในการทำงานแล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่จะละเลยไม่ได้ คือ การประเมินคุณภาพงาน ซึ่งคุณภาพงานต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลคุณภาพงาน 2 กรณี คือ

- คุณภาพของเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ผลการเก็บข้อมูลรายละเอียด ดังภาคผนวก 3 ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มจำนวน 86 ต้น ด้วยวิธี Seismic Integrity Test ตามมาตรฐาน ASTM.D 5882-00 [15] ผลการตรวจสอบพบว่า เสาเข็มอยู่ในสภาพสมบูรณ์ จำนวน 86 ต้น คิดเป็น

ร้อยละ 90.69 และเสาเข็มอยู่ในสภาพบกพร่องเล็กน้อย จำนวน 8 ต้น คิดเป็นร้อยละ 9.31

- ตำแหน่งของเสาเข็ม นำข้อมูลตำแหน่งของเสาเข็มที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มาเปรียบเทียบกับค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดจากจุดศูนย์กลางที่ยอมให้ ซึ่งวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [3] กำหนดค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดจากจุดศูนย์กลางเสาเข็มที่กำหนดไว้ที่ระดับผิวดินเริ่มต้นเจาะได้ไม่เกิน 75 มม. ในทุกแกน ผลการศึกษาพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน x มีค่าสูงสุด 64 มม. มีค่าต่ำสุด 10 มม. และค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y มีค่าสูงสุด 53 มม. มีค่าต่ำสุด 5 มม. โดยสรุปเสาเข็มเจาะทั้ง 86 ต้น เป็นไปตามค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้ ร้อยละ 100

2. ลดเวลาการทำงาน วิเคราะห์ได้ว่ากิจกรรม การตอกปลอกเหล็กชั่วคราว (CASING) และการเจาะการใส่ Casing ใช้ระยะเวลาสูงสุด ทำให้เกิดการรอคอยในกิจกรรมต่อไป และพนักงานบางส่วนมีการว่างงาน เป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตใช้ระยะเวลาในการทำงานนานเกินความจำเป็น จึงมีแนวทาง การแก้ไข

3. เมื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางการเพิ่มผลผลิตที่มากกว่าโดยการเพิ่มทรัพยากรที่น้อยกว่าแนวทางการเพิ่มผลิตภาพ จะได้กระบวนการผลิตและผลผลิตรูปแบบปรับปรุงแสดงให้เห็นว่าใช้ระยะเวลาการผลิต 279.37 นาที/2 ต้น

5. สรุปผล (Conclusion)

อัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง มีค่าผลิตภาพแรงงานโดยเฉลี่ยประมาณ 279.37 นาที/ต้น ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตใช้ระยะเวลาในการผลิตลดลง 49.02% และต้นทุนในการผลิตลดลง 6.27% ของอัตราผลตอบแทน ในส่วนคุณภาพของเสาเข็มอยู่ในสภาพสมบูรณ์ร้อยละ 90.69 อยู่ในสภาพบกพร่องเล็กน้อยร้อยละ 9.31 จากข้อมูลผลการศึกษาวิจัยดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการวางแผนการทำงาน การประมาณราคาค่าแรงงานการตรวจสอบและติดตามความก้าวหน้าในการทำงานได้

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ปริญญานิพนธ์เรื่องการศึกษาอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลือแนะนำจากหลายท่านผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชานนท์ มูลวรรณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ
อาจารย์ชัยพล ผ่องพลีศาล
อาจารย์สมภพ ทิมดิษฐ์ และทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจนทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จและสมบูรณ์

สุดท้ายคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัว ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตที่ช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์สถานที่ นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีกหลายท่านซึ่งผู้เขียนไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด จึงขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] เอกสารแนะนำกรรมวิธีการทำเสาเข็มเจาะระบบแห้ง บริษัทประมวลมงคล จำกัด.

[2] เอกสารขั้นตอนการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยวิธี Seismic Test. กรุงเทพมหานคร : บริษัท บี.บี.เค ไพล์ เทสติ้ง จำกัด. 2561.

[3] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ. กรุงเทพมหานคร : มปท. 2546.

[4] วิเชียร เกตุสิงห์. คู่มือการวิจัย : การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เอกสารประกอบการสอนวิชาวิธีวิจัยขั้นสูง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2534.

[5] สุนันท์ มนต์แก้ว และ ธวัชชัย นวเลิศปัญญา. อัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง. งานวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2555.

[6] จิรวัฒน์ ดำริห์อนันต์. กรณีศึกษาการใช้เทคนิคการทำกระบวนการเลียนแบบในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการเทคอนกรีตพื้น โดยใช้เครื่องยิงคอนกรีต. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6. เพชรบุรี. 2543.

[7] อาณัติ กิติกุลเมธี. การศึกษาผลิตภาพแรงงานของกิจกรรมการตัดหัวเสาเข็ม ฐานราก เสา และพื้นในอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.

[8] สุภา ทองใหม่. การศึกษาและจัดทำเวลาพื้นฐานงานตอกเสาเข็มโดยวิธีสมการสังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธามหาวิทยาลัยรังสิต, 2548

[9] เอกสารรายงานการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะระบบแห้ง โครงการก่อสร้างอาคารเอนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. บริษัทวรพลคอนซัันแตนท์ จำกัด, 2551.