อัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

นายสุนันท์ มนต์แก้ว
นายธวัชชัย นวเลิศปัญญา

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Productivity of Bored Pile Dry Process

Sunun Monkaew
Thawatchai Nawalerspunya

This Research in Funded by Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Year 2012

ชื่อเรื่อง อัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง
ผู้วิจัย นายสุนันท์ มนต์แก้ว
นายธวัชชัย นวเลิศปัญญา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ. 2555

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลิตภาพแรงงานของคนงานและศึกษาคุณภาพของงานที่ได้ โดยทำการศึกษางานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50 x 24.00 เมตร จำนวน 170 ต้น ของโครงการก่อสร้างอาคารแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร

ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งวงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ออกเป็นกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม คือ (1) กิจกรรมการย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ (2) กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง (3) กิจกรรมการลงเหล็กเสริม และ (4) กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง ผลการศึกษาพบว่า อัตราผลผลิตของงงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งมีค่าผลิตภาพแรงงานเฉลี่ยประมาณ 275.31 นาที/ต้น ในส่วนคุณภาพของงานผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ (1) คุณภาพของเสาเข็มเจาะ โดยทำการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยวิธี Seismic Integrity Testing ตามมาตรฐาน ASTM D 5882 00 พบว่า เสาเข็มอยู่ในสภาพสมบูรณ์ร้อยละ 95.30 อยู่ในสภาพบกพร่องเล็กน้อยร้อยละ 4.70 และ (2) ตำแหน่งของเสาเข็มเจาะ พบว่าเป็นไปตามค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้ร้อยละ 100 จากข้อมูลผลการศึกษาวิจัยดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการวางแผนการทำงาน การประมาณราคาค่าแรงงาน การตรวจสอบและติดตามความก้าวหน้าในการทำงานได้

Title	Productivity of Bored Pile Dry Process
Researcher	Sunun Monkaew
	Thawatchai Nawalerspunya
	Faculty of Engineering
	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Year	2012

Abstract

The purpose of this research is to study the Labor Productivity Rating of workers and the quality of work that has been done, by studying dry process bored pile, which is 0.50 x 24.00 meters in diameter, 170 piles at the construction of a building in Bangkok.

Researchers conducted a cycle closed system of dry process bored pile into the four activities are: (1) the movement of the drill into the bored pile position (2) the casing procedure (3) the reinforcement procedure, and (4) the pouring of the concrete and casing removal. The results showed that yield of dry process bored pile have an averaged Labor Productivity Rating about 275.31 minutes/pile. The quality of the research has been divided into two cases: (1) quality of bored pile, by testing the integrity of the pile by the Seismic Integrity Testing method, in the standards of ASTM D 5882-00, found that 95.30 percent of the piles were in perfect condition, and a slightly defective of 4.70 percent, and (2) the position of bored pile, found to be in accordance with allowable error of 100 percent. The results of the study can be utilized in work planning, estimating cost of labor, and monitoring and tracking the progress of the work.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัทประมวญมงคล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล บริษัทธงชัยชัพพลาย (1978) จำกัด บริษัทสแตนดาร์ด เพอร์ฟอร์แม้นซ์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บข้อมูล

คุณค่าอันเกิดจากงานวิจัยในครั้งนี้ ขอมอบแด่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ทุกท่าน

สุนันท์ มนต์แก้ว
ธวัชชัย นวเลิศปัญญา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 อัตราผลผลิต	3
2.2 การวัดผลิตภาพในงานก่อสร้าง	3
2.3 การศึกษาเวลาการทำงาน	4
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	7
3.1 ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะระบบแห้ง	7
3.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล	9
3.3 การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล	13
3.4 ขั้นตอนการสรุปผล	13
บทที่ 4 ผลการศึกษาอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง	14

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1 รายละเอียดของโครงการ	14
4.2 รายละเอียดของเสาเข็มเจาะที่ทำการศึกษา	14
4.3 ประสบการณ์ในการทำงาน	15
4.4 บทบาทหน้าที่ของคนงานทำเสาเข็มเจาะระบบแห้งที่ทำการศึกษา	15
4.5 ข้อมูลสภาพชั้นดิน	15
4.6 ผลการศึกษา	15
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	24
5.1 ผลการศึกษา	24
5.2 ข้อเสนอแนะ	24
บรรณานุกรม	26
ภาคผนวก 1 แปลนเสาเข็มของโครงการที่ศึกษา	28
ภาคผนวก 2 รายละเอียดของงานเสาเข็ม	30
ภาคผนวก 3 ข้อมูลสภาพชั้นดิน	32
ภาคผนวก 4 ผลการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	35
ภาคผนวก 5 ผลการตรวจสอบตำแหน่งของเสาเข็ม	42
ประวัติผู้วิจัย	49

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสภาวะที่ธุรกิจมีการแข่งขันที่รุนแรง การที่องค์กรจะอยู่รอดได้จะต้องมีการปรับปรุงหลายๆด้าน การปรับปรุงอัตราผลผลิตให้สูงขึ้น โดยใช้ทรัพยากรเท่าเดิมและคุณภาพงานเป็นที่ยอมรับได้ ทำให้มีโอกาสในการแข่งขันสูงรวมถึงผลกำไรที่มากขึ้นและระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเร็วขึ้นด้วย ในทำนองเดียวกันถ้าอัตราผลผลิตต่ำลงทำให้เสียโอกาสในการแข่งขัน การขาดทุน งานไม่แล้วเสร็จตามสัญญาทำให้อาจจะต้องเสียค่าปรับและภาพพจน์ขององค์กรอีกด้วย

ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร กำหนดให้งานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครใช้เสาเข็มเจาะสำหรับก่อสร้างเพื่อลดปัญหาต่างๆเช่น ลดความสั่นสะเทือนต่ออาคารข้างเคียง สะดวกในการทำงานในสถานที่ก่อสร้างที่คับแคบ เป็นต้น ซึ่งในการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างขนาดเล็กถึงขนาดปลานกลาง ส่วนใหญ่จะนิยมใช้เสาเข็มเจาะระบบแห้ง เนื่องจากทำงานได้สะดวก ค่าใช้จ่ายถูกกว่าเสาเข็มเจาะระบบเปียก ความลึกของเสาเข็มเจาะโดยทั่วไปอยู่ที่ระดับความลึก – 21.00 เมตร จากระดับดินเดิม ในกรณีที่สถานที่ก่อสร้างใกล้แม่น้ำการกำหนดความลึกที่ระดับดังกล่าวไม่เพียงพอเนื่องจากสภาพของชั้นดินที่แตกต่างกัน วิศวกรผู้ออกแบบส่วนใหญ่จะเลือกกำหนดระดับความลึกที่ระดับความลึก – 24.00 เมตร จากระดับดินเดิม การที่จะวางแผนหรือบริหารโครงการให้แล้วเสร็จตามสัญญาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆส่วน ปัจจัยทางด้านอัตราผลผลิตเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับต้นๆ หากหน่วยงานมีข้อมูลอัตราผลผลิตที่มีความน่าเชื่อถือเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยในการวางแผนและบริหารโครงการ จะทำให้การบริหารโครงการมีประสิทธิภาพและระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น ในความเป็นจริงข้อมูลอัตราผลผลิตในการทำงานก่อสร้างมีค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่จัดทำขึ้นมาใช้ภายในหน่วยงานยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ประกอบกับอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งส่วนใหญ่ที่มีอยู่เป็นอัตราผลผลิตที่ระดับความลึก – 21.00 เมตร ซึ่งหากนำอัตราผลผลิตดังกล่าวมาใช้สำหรับการวางแผนการทำงานของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งที่ระดับความลึก – 24.00 เมตร จะทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงมาก จากปัญหาและเหตุผลดังกล่าว การหาค่าอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ที่ระดับความลึก – 24.00 เมตร จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนการทำงาน การบริหารโครงการก่อสร้างต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการทำเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

2.2 ศึกษาผลิตภาพแรงงานและคุณภาพของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

เก็บข้อมูลอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ขนาด ø 0.50 ลึก 24.00 ม. ของโครงการก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ทราบถึงขั้นตอนและวิธีการทำเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

4.2 ทราบถึงผลิตภาพแรงงานและคุณภาพของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

4.3 นำข้อมูลอัตราผลผลิตที่ได้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการวางแผนการทำงาน การประมาณราคา การตรวจสอบและติดตามความก้าวหน้าในการทำงานของงานก่อสร้างในอนาคต

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ทำการทบทวน ศึกษา ตำรา เอกสาร งานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อจะได้นำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในเบื้องต้น ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับความหมายของอัตราผลผลิต การวัดผลิตภาพในงานก่อสร้าง การศึกษาเวลาในการทำงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อัตราผลผลิต (Productivity)

Oglesby [1] ได้ให้ความหมาย ไว้ว่า อัตราผลผลิตเป็นอัตราส่วนค่าคงที่ที่พอใจต่อปัจจัยด้านการผลิต

The Business Roundtable [2] ให้ความหมายว่า คืออัตราส่วนของจำนวนผลผลิตต่อจำนวนของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตนั้น สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$\text{ผลิตภาพ (Productivity)} = \frac{\text{จำนวนของผลผลิต}}{\text{ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต}} \quad \text{.....(1)}$$

2.2 การวัดผลิตภาพในงานก่อสร้าง แบ่งได้ 2 วิธี ดังนี้

2.2.1 การวัดผลิตภาพโดยวิธีทางตรง Drewin [3] กล่าวว่า เป็นการวัดผลิตภาพในการทำงานเปรียบเทียบกับชั่วโมงการทำงานที่ใช้สำหรับการทำงานนั้นๆกับปริมาณงานที่ทำได้จนแล้วเสร็จ จนทำให้สามารถทราบถึงต้นทุนค่าแรงงานที่แท้จริงได้

2.2.2 การวัดผลิตภาพโดยวิธีทางอ้อม เนื่องจากการวัดผลิตภาพโดยวิธีทางตรง ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง Oglesby[1] จึงได้เสนอวิธีการวัดผลิตภาพโดยวิธีทางอ้อมขึ้น โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการทำงาน แบ่งได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

ก) การประเมินหน้างาน (Field Ratings) เป็นการวัดผลิตภาพการทำงานของคนงานในการทำงานโดยแบ่งเป็น กิจกรรมสร้างงานและกิจกรรมไม่สร้างงาน จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาค่าสัดส่วนการทำงาน ซึ่งส่วนใหญ่ค่าสัดส่วนการทำงานไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 60

ข) การประเมินค่าอัตราผลผลิต (Productivity Ratings) เป็นการประเมินผลิตภาพการทำงานของคนงานอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งแบ่งกิจกรรมในการทำงานออกเป็น 3 กรณี คือ (1) กิจกรรมได้งาน เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานนั้นๆ (2) กิจกรรมสนับสนุน เป็นกิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานนั้นๆแต่จำเป็นต้องทำเพื่อให้งานสำเร็จ เช่น งานวางแนวสำหรับก่ออิฐผนัง เป็นต้น (3) กิจกรรมไม่ได้งาน เป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดผลผลิตใดๆเช่น การรอคอย การแก้ไขงาน การรอคอนกรีต เป็นต้น

2.2.3 การประเมินแบบ 5 นาที (5 - minute Ratings) เป็นวิธีการวัดผลิตภาพที่ได้ความถูกต้องน้อยกว่า 2 วิธีแรก แต่ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายน้อยกว่า เหมาะสำหรับผู้บริหารใช้สำหรับประเมินผลิตภาพที่หน้างาน ผลที่ได้จากการประเมินมีค่าเป็นสัดส่วนของกิจกรรมที่ได้งาน ซึ่งควรจะมีค่าสูงกว่าร้อยละ 50 ถึงจะยอมรับได้

2.3 การศึกษาเวลาการทำงาน (Time Study)

วิจิตร ตันทสุทธิ์ และคณะ [4] อธิบายว่าการศึกษาเวลา (Time Study) คือเทคนิคของการวัดผลงานเพื่อหาเวลาและอัตราการทำงานของงานย่อยภายใต้สภาวะอันหนึ่ง นอกจากนี้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในการหาค่าเวลาที่ควรได้ต่อการทำงานหนึ่ง ในระดับการทำงานที่เหมาะสม มีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 การประเมินค่าอัตราการทำงาน (Rating Time) คือ การเปรียบเทียบอัตราการทำงานของคนงานกับอัตราการทำงานมาตรฐานในสายตาของผู้ศึกษา รายละเอียดดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การประเมินค่าอัตราการทำงาน

อัตราการทำงาน	รายละเอียด
0	ไม่มีการดำเนินงาน
50	งานช้ามาก ทำงานชุ่มช่าม
75	มีการทำงานที่สม่ำเสมอ การทำงานยังต้องการคนคอยควบคุม
100	มีความกระตือรือร้นในการทำงาน ผลผลิตมีคุณภาพ ได้มาตรฐาน
125	งานดำเนินอย่างรวดเร็ว มีการทำงานที่เร็วกว่าปกติ
150	เร็วกว่าที่คาดการณ์ไว้มาก

2.3.2 เวลาที่วัดได้ (Observed Time) คือเวลาการทำงานของชุดคนงาน 1 ชุดต่อ 1 หน่วยงานย่อย การศึกษาหาค่าเวลาทำงาน สามารถหาได้จากการบันทึกสภาพการทำงานที่หน้างานเพื่อให้ทราบถึงปริมาณงานที่ทำได้และเวลาที่ใช้ โดยทั่วไปแล้วรูปแบบการบันทึกที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างมี 2 วิธี คือ บันทึกตามแบบพิมพ์การศึกษาเวลา (Time Study Sheet) และการบันทึกแบบวงรอบเวลา (Cycle Time) ซึ่งการบันทึกแบบวงรอบเวลานี้ จะนำมาใช้เฉพาะงานที่มีการทำงานแบบซ้ำๆกันโดยทำการสังเกต และจะทำการบันทึกเวลาการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งงานเสร็จสิ้น 1 รอบการทำงาน

2.3.3 การหาค่าเวลาพื้นฐาน(Basic Time) คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานได้ในปริมาณที่กำหนด ไม่รวมเวลาเผื่อจากการทำงาน ทั้งนี้จะคิดเฉพาะเวลาที่ถูกใช้ไปในการทำงานเท่านั้นและค่าที่ได้สามารถจะคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\text{ค่าเวลาพื้นฐาน} = \frac{\text{เวลาที่วัดได้} \times \text{เลขประเมิน}}{\text{มาตรฐานการประเมิน}} \quad \text{.....(2)}$$

2.3.4 ค่าเวลามาตรฐาน(Standard Time) การนำค่าเวลามาตรฐานนอกจากจะหาได้จากประสบการณ์ในการวิเคราะห์แล้ว ยังสามารถคำนวณได้จากการนำค่าเวลาพื้นฐาน (Basic Time) เวลาที่ใช้ในการพักผ่อน (Relaxation Allowances) และเวลาเผื่อเหตุสุดวิสัย (Contingency Allowances) นำมาคำนวณตามสมการที่ 3

ค่าเวลามาตรฐาน = ค่าเวลาพื้นฐาน + เวลาที่ใช้ในการพักผ่อน + เวลาเผื่อเหตุสุดวิสัย .....(3)

2.3.5 ค่าเวลาเผื่อสำหรับการพักผ่อนของคน (Relaxation Allowances) วิสูตร จิระดำเกิง [5] กล่าวว่า ในการทำงานใดๆก็ตาม แม้ว่าได้พยายามจัดวิธีการทำงานให้ดีที่สุดแล้วก็ตาม แต่คนงานก็ยังเกิดความเมื่อยล้าและเกิดความเครียดขึ้นได้ นอกจากนี้ยังต้องไปทำธุระส่วนตัว เช่น ไปห้องน้ำ ไปดื่มน้ำ หรือตามความจำเป็นต่างๆ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มเวลาเผื่อเข้าไปในเวลางานด้วย โดยทั่วไปเวลาเผื่อแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เวลาเผื่อคงที่ เช่น ทำกิจส่วนตัว และความล้า ส่วนอีกประเภทคือเวลาเผื่อแปรผัน เช่นเผื่อสำหรับความเครียดและสิ่งแวดล้อม เกณฑ์การพิจารณาหาค่าเวลาเผื่อสำหรับพักผ่อนที่นิยมใช้ทั่วไปคือวิธีของ Harris และ McCaffer ด้วยวิธีการพิจารณาหาค่าร้อยละของแต่ละตัวแปรย่อยของการทำงาน จากนั้นนำร้อยละการเผื่อที่ได้ในแต่ละตัวแปรมารวมกัน ทั้งนี้รวมถึงเวลาเผื่อคงที่ด้วย และเมื่อได้ร้อยละการเผื่อเวลารวมแล้ว จึงนำไปคูณกับค่าเวลาพื้นฐานการทำงาน

2.3.6 เวลาเผื่อเหตุสุดวิสัย (Contingency Allowances) วิสูตร จิระดำเกิง [5] กล่าวว่า ในการทำงานอาจมีอุปสรรคที่ไม่สามารถคาดได้ว่ามันจะเกิดขึ้น เช่น การปรับแก้เครื่องมือ เครื่องมือเสีย ภูมิอากาศไม่ดีและอื่นๆ สามารถเผื่อเวลาได้ในรูปร้อยละต่อเวลาทั้งหมด ซึ่งในแต่ละประเภทของการศึกษาอาจเผื่อค่าเวลาเกิดเหตุสุดวิสัยไม่เท่ากัน ปัจจัยที่เป็นเช่นนั้นเพราะโอกาสการเกิดเหตุสุดวิสัยจะแตกต่างกันไป ซึ่งแต่ละสถานที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม แต่โดยทั่วไปมักจะกำหนดให้เผื่อไว้ประมาณร้อยละ 0 ถึง 5 ของเวลาพื้นฐาน หรืออาจจะถึงร้อยละ 100 ของเวลาพื้นฐาน

2.3.7 อัตราผลผลิตมาตรฐาน(Productivity Standard) วิสูตร จิระดำเกิง [5] แนะนำว่าเมื่อได้เวลามาตรฐานที่เชื่อถือได้ ให้นำผลลัพธ์ดังกล่าวไปคำนวณหาค่าอัตราผลผลิตที่ควรจะทำได้ในแต่ละวัน โดยแสดงในรูปของอัตราผลผลิตต่อวันโดยทีมงานที่กำหนด ดังสมการที่ 4

$$\text{อัตราผลผลิตต่อวัน} = \frac{\text{ช่วงเวลาทำงานใน 1 วัน}}{\text{วงรอบเวลาของการก่อสร้างงาน 1 หน่วย}} \quad \text{.....(4)}$$

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 จิระวัฒน์ ดำริห์อนันต์ [6] ได้ทำการศึกษาการใช้เทคนิคการทำกระบวนการเลียนแบบในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการเทคอนกรีตพื้นโดยใช้เครื่องยิงคอนกรีต โดยทดลองใช้เครื่องยิงคอนกรีตหนึ่งเครื่องและสองเครื่อง เพื่อหาอัตราผลผลิตที่ทำได้รวมทั้งจำนวนรถบรรทุกคอนกรีตที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า อัตราผลผลิตมีค่าเฉลี่ยประมาณ 35 ลูกบาศก์เมตร / ชั่วโมง โดยใช้รถบรรทุกคอนกรีต 3 คัน และอัตราผลผลิต 40 ลูกบาศก์เมตร / ชั่วโมง โดยใช้รถบรรทุกคอนกรีต 4 คัน ตามลำดับ ซึ่งอัตราผลผลิตที่ได้ได้รวมถึงความล่าช้าเนื่องจากการตัด เปลี่ยนท่อเนื่องจากการอุดตัน การย้ายท่อเพื่อความเหมาะสมในการทำงานไว้แล้วด้วย

2.4.2 อาณัติ กิตติกุลเมธี [7] ได้ทำการศึกษาผลิตภาพแรงงานกิจกรรมตัดหัวเสาเข็มเจาะ ฐานราก เสา และพื้นในอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมการตัดหัวเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.60 เมตร และ 0.80 เมตร มีผลิตภาพแรงงานเท่ากับ 5.30 ชั่วโมง/ต้น และ 8.40 ชั่วโมง/ต้น ตามลำดับ กิจกรรมการเทคอนกรีตฐานราก มีผลิตภาพแรงงานเท่ากับ 0.60 ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร กิจกรรมเทคอนกรีตเสาชั้น 1 และชั้น 3 มีผลิตภาพแรงงานเท่ากับ 1.21 ชั่วโมง/

ลูกบาศก์เมตร และ 1.53 ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ กิจกรรมการเทคอนกรีตเสริมเหล็ก Flat Slab ชั้น 2 และชั้น 4 มีผลิตภาพแรงงานเท่ากับ 0.80 ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร และ 1.11 ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการควบคุมค่าใช้จ่ายและตรวจสอบความล่าช้าของการทำงานได้

2.4.3 สุภา ทองใหม่ [8] ได้ทำการศึกษาและจัดทำเวลาพื้นฐานงานตอกเสาเข็มโดยวิธีสมการสังเคราะห์ โดยเก็บข้อมูลเวลาของงานตอกเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 15 x 15 ซม. 20 x 20 ซม. 25 x 25 ซม. 30 x 30 ซม. และ 35 x 35 ซม. ที่ความยาวต่างๆกัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสร้างสัมการสังเคราะห์กิจกรรมต่างๆของงานตอกเสาเข็ม โดยค่าอัตราผลผลิตที่ได้มีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

2.4.4 Choromokos และ Mckee [9] ได้ทำการสำรวจการปรับปรุงผลผลิตในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 400 บริษัท ส่วนใหญ่พบว่ามีความพร้อมในการที่จะปรับปรุงผลผลิตให้สูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นด้านการวางแผนการทำงาน การติดต่อสื่อสาร การฝึกอบรม งานทางด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย

2.4.5 Teoh [10] ได้ทำการศึกษาอัตราผลผลิตของงานก่อสร้างในประเทศไทยเปรียบเทียบกับประเทศมาเลเซีย โดยทำการศึกษาอัตราผลผลิตของโครงการก่อสร้าง จำนวน 3 โครงการ เลือกกิจกรรมงานก่อสร้าง จำนวน 3 กิจกรรมงาน ได้แก่ (1) งานติดตั้งไม้แบบ (2) งานเหล็กเสริมคอนกรีต และ(3) งานคอนกรีต ผลการศึกษาพบว่า อัตราผลผลิตในการทำงานทั้ง 3 กิจกรรมงาน คนงานก่อสร้างของประเทศมาเลเซียมีอัตราผลผลิตที่สูงกว่าอัตราผลผลิตของคนงานประเทศไทย

2.4.6 Arditi และ Mochtar [11] ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงผลิตภาพในการทำงานก่อสร้างของประเทศอินโดนีเซีย แบ่งการสำรวจออกเป็น 2 ด้าน คือ (1) การสอบถามบริษัทผู้รับเหมาชั้นนำ พบว่า จะต้องมีการปรับปรุงอย่างมากในด้านการจัดซื้อจัดจ้าง การควบคุมค่าใช้จ่าย การส่งมอบงาน และด้านการบริหารจัดการ และ(2) การสอบถามบริษัทชั้นนำในด้านการออกแบบ พบว่า มีความกังวลในการใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในบทที่ 3 นี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ขั้นตอนการเก็บข้อมูล การตรวจสอบสถิติ และ การสรุปผล

3.1 ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

ในการทำเสาเข็มเจาะชนิดนี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์ค่อนข้างเล็กไม่ยุ่งยากเคลื่อนย้ายสะดวกไม่ต้องการบริเวณมากนัก อุปกรณ์หลักประกอบด้วย ขาหยั่ง 3 ขา ปลายบนติดรอกเดี่ยว ใช้เครื่องกว้านลมเป็นเครื่องจักรกลหนักในการเจาะ ยก ดึง หรือถอนปลอกเหล็ก ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะมีรายละเอียด ดังนี้ [12]

3.1.1 การจัดเครื่องมือเข้าศูนย์กลางเสาเข็มเจาะ โดยการปรับตั้ง 3 ขา ให้ได้แนวศูนย์กลางของเสาเข็มเจาะ เมื่อตรวจสอบถูกต้องแล้ว ตอกหลักยึดแท่นเครื่องมือให้แน่น แล้วใช้กระเช้าตอกนำเป็นรูลึกประมาณ 1.00 เมตร

3.1.2 การตอกปลอกเหล็กชั่วคราว ปลอกเหล็กชั่วคราวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50 เมตร แต่ละท่อนยาวประมาณ 1.00 เมตร ต่อกันด้วยระบบเกลียวในการทำงานจะตอกปลอกเหล็กผ่านชั้นดินอ่อน ซึ่งอยู่ด้านบนจนกระทั่งถึงชั้นดินแข็งปานกลาง เพื่อป้องกันการเคลื่อนพังของผนังรูเจาะในชั้นดินอ่อนและป้องกันน้ำใต้ดินไม่ให้ไหลซึมเข้าในรูเจาะอันจะเป็นผลให้คุณภาพของคอนกรีตไม่ดี ในการทำงานการตอกปลอกเหล็กชั่วคราวลงไปทีละท่อนจะมีการตรวจสอบตำแหน่งศูนย์กลางของเข็มและแนวดิ่งอยู่เสมอ เพื่อป้องกันมิให้เข็มเอียง

3.1.3 การเจาะ ในช่วงดินอ่อนจะใช้กระเช้าชนิดมีลิ้นปลายเก็บดินโดยใช้น้ำหนักของตัวมันเอง เมื่อกระเช้าถูกทิ้งลงไปในรูเจาะดินจะถูกอัดให้เข้าไปอยู่ในกระเช้าและจะไม่หลุดออกเพราะมีลิ้นกั้นอยู่ในเวลายกขึ้นมา ทำซ้ำกันเรื่อยๆจนดินถูกอัดเต็มกระเช้าจึงนำมาเทออก การเจาะจะดำเนินไปจนกระทั่งถึงชั้นดินแข็งปานกลาง จึงเปลี่ยนมาใช้กระเช้าชนิดไม่มีลิ้นที่ปลายเก็บต่อไปจนได้ความลึกที่ต้องการ นอกจากนั้นในระหว่างการขุดเจาะเอาดินขึ้น จะหมั่นตรวจสอบว่าผนังดินพังหรือยุบเข้าหรือไม่ โดยดูจากชนิดของดินซึ่งเก็บขึ้นมาควรจะต้องสอดคล้องกับความลึกและคล้ายคลึงกับเข็มต้นแรกๆถ้าตรวจพบว่าดินเกิดการเคลื่อนพังจะรีบแก้ไขในทันทีโดยตอกปลอกเหล็กชั่วคราวให้ลึกลงไปอีก

3.1.4 การตรวจสอบรูเจาะก่อนใส่เหล็กเสริม

ก) การวัดความลึก โดยวัดจากความยาวของสลิงรวมกับความยาวของกระเช้าตักดิน

ข) การตรวจสอบก้นหลุม ใช้สปอร์ตไล้ท์ส่องดูก้นหลุมว่ามีการยุบตัวเข้ามีน้ำซึมหรือไม่ ถ้ามีน้ำซึมที่บริเวณก้นหลุมจะเทคอนกรีตแห้งลงไปประมาณ 50 เซนติเมตรและกระทุ้งให้แน่นด้วยลูกตุ้มเหล็ก จากนั้นใช้ปูนทราย 1: 1: 5 เทลงไปประมาณ 30 – 50 เซนติเมตร

3.1.5 การใส่เหล็กเสริม

ก) ชนิดของเหล็กเสริม เหล็กเส้นกลมตามมาตรฐาน มอก. 20 – 2524 (SR 24) และเหล็กเส้นข้ออ้อยตามมาตรฐาน มอก. 24 – 2524 (SD 30)

ข) ขนาดและปริมาณเหล็กเสริม การต่อเหล็กใช้วิธีต่อทาบไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางและใช้ลวดผูกเหล็กผูกบิดให้แน่น

ค) การใส่เหล็กเสริม หย่อนเหล็กเสริมให้อยู่ตรงกลางของรูเจาะจนถึงระดับที่ต้องการและยึดให้แน่นหนาเพื่อที่ขณะเทคอนกรีตเหล็กเสริมจะไม่ขยับเขยื้อน

3.1.6 การเทคอนกรีต

ก) ชนิดของคอนกรีต คอนกรีตที่ใช้เป็นคอนกรีตผสมหน้างานหรือคอนกรีตผสมเสร็จ มีกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน เมื่อทดสอบโดยแท่งกระบอกขนาด 15 x 30 เซนติเมตร ไม่น้อยกว่า 210 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซีเมนต์ที่ใช้เป็นชนิดปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 และใช้ค่าความยุบตัวของคอนกรีตประมาณ 8 – 12 เซนติเมตร

ข) วิธีการเทคอนกรีต เมื่อรูเจาะได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เทคอนกรีตได้ จะรีบทำการเทคอนกรีตทันทีเพื่อไม่ให้รูเจาะอ่อนตัวหรือกระทบความชื้นในอากาศนานเกินไปจนสูญเสียแรงเฉือนได้ การเทคอนกรีตจะเทผ่านกรวย ปลายกรวยเป็นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 3.00 เมตร คอนกรีตจะหล่นลงตรงๆโดยไม่ปะทะกับผนังรูเจาะหรือเหล็กเสริมจะช่วยลดการแยกตัวของคอนกรีต

ค) วิธีทำให้คอนกรีตแน่น เมื่อทำการเทคอนกรีตถึงระดับ – 5.00 เมตร ถึง – 3.00 เมตร จากระดับดินปัจจุบันจะทำการอัดลมเพื่อให้คอนกรีตแน่นมากขึ้น

3.1.7 การถอนปลอกเหล็กชั่วคราว จะต้องเทคอนกรีตให้ระดับสูงกว่าปลอกเหล็กชั่วคราวพอสมควร จึงจะเริ่มถอดปลอกเหล็กขึ้น โดยปกติขณะถอดปลอกเหล็กจะต้องให้มีคอนกรีตอยู่ภายในปลอกเหล็กไม่น้อยกว่า 3 เมตร เพื่อป้องกันมิให้ชั้นดินอ่อนบีบตัวทำให้ขนาดเสาเข็มเจาะเปลี่ยนไป และป้องกันมิให้น้ำใต้ดินไหลซึมเข้ามาในรูเจาะก่อนที่จะถอดปลอกเหล็กชั่วคราวออกหมด จะต้องเติมคอนกรีตให้มีปริมาณเพียงพอและเผื่อคอนกรีตให้สูงกว่าระดับที่ต้องการประมาณ 30 – 75 เซนติเมตร ในกรณีที่หัวเสาเข็มอยู่ต่ำจากระดับดินปัจจุบัน เพื่อป้องกันมิให้หัวเสาเข็มที่ระดับที่ต้องการสกปรกเนื่องจากวัสดุหรือเศษดินร่วงหล่นลงไปภายหลังการถอนปลอกออกหมดแล้ว

3.1.8 การบันทึกรายงานการจัดทำเสาเข็ม จะทำการบันทึกผลการทำงาน ณ.สถานที่ก่อสร้าง มีรายละเอียดดังนี้

ก) หมายเลขกำกับเสาเข็ม

ข) วันที่เจาะ เวลาเริ่มเจาะ เวลาแล้วเสร็จในการเจาะ

ค) ระดับดิน ระดับตัดหัวเสาเข็ม ระดับความลึกปลายเสาเข็ม ความยาวของท่อเหล็กปลอกชั่วคราว

ง) ความคลาดเคลื่อนของศูนย์เข็ม และระยะเบี่ยงเบนของเสาเข็มในแนวดิ่ง

จ) รายละเอียดของชั้นดิน

ฉ) รายละเอียดเหล็กเสริมในเสาเข็มและปริมาณคอนกรีต

ช) อุปสรรคที่เกิดขึ้น หรือเหตุปกติต่างๆ

ซ) คำวินิจฉัย สั่งการ ของวิศวกรผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงานของเสาเข็มต้นนั้นๆ

3.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

3.2.1 วงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งวงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ออกเป็นกิจกรรมย่อยได้ 4 กิจกรรม ดังนี้

ก) กิจกรรมการย้ายชุดขุดเจาะ 3 ขา หลังจากขุดเจาะเสาเข็ม เทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวเสร็จแล้วคนงานจะทำการย้ายชุดขุดเจาะสามขาพร้อมเครื่องจักรสำหรับขุดเจาะเสาเข็มต้นต่อไป ปรับตั้งระดับสามขาจนได้แนวศูนย์กลางของเสาเข็มถูกต้อง ทำการยึดแท่นเครื่องมือให้แน่นพร้อมที่จะขุดเจาะ งานวิจัยในครั้งนี้จะไม่ทำการเก็บข้อมูลเสาเข็มต้นแรกที่เจาะ เนื่องจากเสาเข็มต้นแรกต้องสูญเสียเวลาสำหรับการติดตั้งและประกอบเครื่องจักร

ข) กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราว (Casings) ทำการขุดเจาะดินออกและลงปลอกเหล็กชั่วคราวป้องกันดินพังตามขั้นตอนและวิธีการทำงานของบริษัทที่รับจ้างทำเสาเข็มเจาะ โครงการที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้กำหนดให้ลงปลอกเหล็กชั่วคราวป้องกันดินพังตลอดความยาวของเสาเข็ม คือ ระยะ 24.00 เมตร จากนั้นทำการตรวจสอบความลึกของปลายหลุมเจาะและทำการตรวจสอบสภาพก้นหลุม

ค) กิจกรรมลงเหล็กเสริมคอนกรีต หลังจากขุดเจาะจนถึงระดับที่ต้องการและทำการตรวจสอบสภาพก้นหลุมและความลึกเสร็จแล้วจะทำการลงเหล็กเสริม โครงการที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้กำหนดให้ใส่เหล็กเสริม ขนาด DB 20 mm. SD 30 จำนวน 6 เส้น ยาว 23.00 เมตร และใช้เหล็กปลอก RB 6 mm. @ 0.20 เมตร ยาวตลอด โดยแบ่งความยาวของเหล็กเสริมออกเป็นสองท่อนต่อโดยวิธีการทาบ ใส่กรวยเทสำหรับเทคอนกรีต ยาวประมาณ 3.00 เมตร

ง) กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวป้องกันดินพัง เมื่อทำการเทคอนกรีตถึงระดับ– 5.00 เมตร ถึง – 3.00 เมตร.จากระดับดินปัจจุบันจะทำการอัดลมเพื่อให้คอนกรีตแน่นมากขึ้นจากนั้นจึงทำการเทคอนกรีตต่อจนถึงระดับที่ต้องการจนเสร็จเรียบร้อยและทำการถอนปลอกเหล็กชั่วคราวป้องกันดินพังออกทีละท่อนโดยใช้ความดันจากเครื่องอัดลมช่วยในการถอน ประมาณสองถึงสามปลอกจนเห็นว่าแรงฝืดระหว่างปลอกเหล็กกันดินพังกับดินเหลือน้อยแล้ว จึงสามารถดำเนินการถอนปลอกเหล็กชั่วคราวป้องกันดินพังโดยตรงได้ ทำกิจกรรมนี้จนเสร็จรายละเอียดวงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ดังรูปที่ 3.1

ย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งศูนย์กลางเสาเข็ม

ขุดเจาะและลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง

วัดความลึกหลุม เจาะและตรวจสอบสภาพก้นหลุม

ลงเหล็กเสริม

เทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพังออก

รูปที่ 3.1 วงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

จากขั้นตอนกิจกรรมการทำงานดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลแบบทางตรงและนำวิธีการเก็บข้อมูลแบบทางอ้อมโดยวิธีการประเมิน 5 นาที (5 - minute Ratings) มาประยุกต์ใช้ โดยจัดทำตารางบันทึกวงรอบการทำงานขึ้น รายละเอียดดดังตารางที่ 3.1 และทำการบันทึกข้อมูลโดยกล้องวีดีโอเพื่อช่วยในการตรวจสอบข้อมูลต่างๆในภายหลัง

ตารางที่ 3.1 การบันทึกการทำงาน

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	กิจกรรมงาน		
		เริ่ม	เสร็จ	เวลาที่ได้

3.2.2 เงื่อนไขต่างๆในการเก็บข้อมูล

ก) เวลาที่เก็บได้มีหน่วยเป็นนาที เศษของวินาทีหากน้อยกว่า 30 วินาทีให้ปัดเศษทิ้งและหากเศษของวินาทีมากกว่า 30 วินาทีให้ปัดเศษขึ้น

ข) การเก็บข้อมูลจะพิจารณาเฉพาะกิจกรรมที่ได้งานและงานที่สนับสนุนเท่านั้น ไม่รวมกิจกรรมที่ไม่ได้งาน เช่น การรอคอยคอนกรีต การแก้ไขเครื่องจักร การพักสูบบุหรี่ เป็นต้น รายละเอียดดังตารางที่ 3.2

ค) งานตัด ดัด และผูกเหล็กเสริม ซึ่งเป็นงานสนับสนุน จะไม่นำมารวม เนื่องจากทางผู้รับเหมาหลักเป็นผู้จัดเตรียมให้กับบริษัทที่รับจ้างทำเสาเข็มเจาะ

ง) การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นทางด้านผลิตแรงงานและคุณภาพงานที่ได้เป็นหลัก จึงไม่รวมเวลาเผื่อสำหรับการพักผ่อนและเวลาเผื่อสำหรับเหตุสุดวิสัย

จ) ระยะห่างของเสาเข็มต้นใหม่ที่จะทำการเจาะกับเสาเข็มต้นที่เพิ่งหล่อคอนกรีตแล้วเสร็จภายในเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง จะต้องไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็มต้นที่ใหญ่กว่าโดยวัดจากศูนย์กลางเสาเข็มเป็นเกณฑ์ [13]

ฉ) การเทคอนกรีต รถคอนกรีตสามารถเข้ามาเทคอนกรีตลงหลุมเจาะได้

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล จากข้อมูลที่ได้ สามารถวิเคราะห์ผลได้ 2 กรณี คือ

ก) ผลิตภาพแรงงานของคนงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง หาได้โดยการนำผลรวมค่าเฉลี่ยของแต่ละกิจกรรมย่อยในงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งหารด้วยปริมาณงานหนึ่งหน่วย ดังสมการที่ 5

$$\text{ผลิตภาพแรงงาน} = \frac{\text{ผลรวมค่าเฉลี่ยของแต่ละกิจกรรมย่อยในงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง}}{\text{ปริมาณงานหนึ่งหน่วย}} \quad \ldots\ldots (5)$$

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดกิจกรรมย่อยของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

ลำดับที่	รายละเอียด	ลักษณะการทำงาน		
		ได้งาน	สนับสนุน	ไม่ได้งาน
1	ย้ายตำแหน่งชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่ง		✓	
2	ตรวจสอบตำแหน่งเสาเข็ม		✓	
3	ขนปลอกเหล็ก		✓	
4	ลงปลอกเหล็กกันดินพัง	✓		
5	ตรวจสอบความลึก		✓	
6	ตรวจสอบก้นหลุม		✓	
7	ลงเหล็กเสริม	✓		
8	เทคอนกรีต	✓		
9	อัดลม		✓	
10	ถอนปลอกเหล็กกันดินพัง	✓		
11	ทำความสะอาดปลอกเหล็ก		✓	
12	เก็บปลอกเหล็ก		✓	
13	รอคอยคอนกรีต			✓
14	รอแก้ไขเครื่องจักร			✓
15	พักผ่อน			✓

ข) คุณภาพของงานที่ได้ แบ่งเป็น 2 กรณี คือ

1. คุณภาพของเสาเข็ม ทำตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Integrity Test ตามมาตรฐาน ASTM.D 5882 - 00 [14] ผลการตรวจสอบ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ผลการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Integrity Test

ลำดับที่	ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	ผลการตรวจสอบ
1	90 – 100 %	สมบูรณ์
2	80 – 89 %	บกพร่องเล็กน้อย
3	น้อยกว่า 80 %	บกพร่อง

2. ตำแหน่งของเสาเข็ม นำข้อมูลตำแหน่งของเสาเข็มที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เปรียบเทียบกับค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดจากจุดศูนย์กลางที่ยอมให้ ซึ่งวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

[13] กำหนดค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดจากจุดศูนย์กลางเสาเข็มที่กำหนดไว้ที่ระดับผิวดินเริ่มต้นเจาะได้ไม่เกิน 75 มม.ในทุกแกน

3.3 การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

วิเชียร เกตุสิงห์ [15] กล่าวว่า จำนวนของกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลมีคำถามที่มักจะถามกันว่าใช้จำนวนเท่าไรถึงจะพอเป็นตัวแทนประชากรได้ คำตอบคือ ยิ่งมากยิ่งดี ปัญหาจึงอยู่ที่ว่าจะใช้จำนวนน้อยที่สุดเท่าไรจึงจะพอเชื่อถือได้ ถ้าได้ตัวเลขแล้วการที่จะเลือกให้มากกว่าคงไม่ใช่ปัญหาแต่น้อยกว่าไม่ได้ ซึ่งจำนวนของกลุ่มประชากรหาได้ดังสมการที่ 6

$$n = \frac{N}{1 + ne^2} \quad \text{(เมื่อความเชื่อถือได้ของการเลือกตัวอย่าง = 95 \%)} \qquad \text{..... (6)}$$

เมื่อ ; n = จำนวนตัวอย่างหรือขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
N = จำนวนหน่วยทั้งหมดหรือขนาดของประชากร
e = ค่าน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดได้

โครงการที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50 x 24.00 เมตร จำนวน 170 ต้น หากต้องการค่าความเชื่อถือได้ของข้อมูลที่ระดับ 95 % ค่าความผิดพลาดที่ยอมให้ได้ 5 % จะต้องทำการเก็บข้อมูลอัตราผลผลิตของเสาเข็มอย่างน้อยที่สุดจำนวนกี่ต้น สามารถหาได้โดยการแทนค่าลงในสมการที่ 6 ได้ผลดังนี้

$$N = \frac{170}{1 + (170 \times 0.05^2)}$$

$$= 119.29 \text{ ต้น}$$

3.4 ขั้นตอนการสรุปผล

3.4.1 ผลิตภาพแรงงาน
3.4.2 คุณภาพของงานที่ได้
3.4.3 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทที่ 4
ผลการศึกษาอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

4.1 รายละเอียดของโครงการ เป็นโครงการก่อสร้างอาคารอเนกประสงค์พร้อมครุภัณฑ์ สูง 5 ชั้น ชั้นใต้ดิน 1 ชั้น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เสาเข็มเจาะระบบแห้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50 x 24.00 เมตร (รายละเอียดดังภาคผนวก 1) ผนังโดยทั่วไปก่ออิฐฉาบปูน มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 8,200 ตารางเมตร ระยะเวลาการก่อสร้าง 820 วัน มูลค่าโครงการ 146,300,000 บาท จำนวนคนงานโดยเฉลี่ยประมาณ 100 คน / วัน

รูปที่ 4.1 สถานที่ก่อสร้าง

4.2 รายละเอียดของงานเสาเข็มเจาะที่ทำการศึกษา จากแบบรูปและรายการของโครงการที่ทำการศึกษา วิศวกรผู้ออกแบบได้กำหนดรายละเอียดงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง (รายละเอียด ดังภาคผนวก 2) ไว้ดังนี้

4.2.1 ปลายเสาเข็มต้องอยู่ระดับเดียวกันตามความเหมาะสมของสภาพชั้นดิน โดยให้สามารถรับน้ำหนักบบรรทุกปลอดภัยได้ตามแบบ

4.2.2 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (มอก.) กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตทรงกระบอก ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 x 30 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน ต้องมีกำลังอัดประลัยไม่น้อยกว่า 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

4.2.3 เหล็กเสริมแกนของเสาเข็มเจาะให้ใช้เหล็กเสริมข้ออ้อย ชั้นคุณภาพ SD 30

4.2.4 ขณะเทคอนกรีตต้องใช้เครื่องลมอัดคอนกรีตในรูเจาะให้แน่น

4.2.5 ในกรณีที่การจัดทำเสาเข็มเจาะที่ระดับปลายเสาเข็มพบชั้นทรายและมีปริมาณน้ำใต้ดินแรงมาก ผู้รับจ้างต้องแก้ไขปรับสภาพการทำงานให้เหมาะสมโดยใช้วิธีการเทคอนกรีตไล่น้ำ ซึ่งผู้รับจ้างต้องเสนอเครื่องมือและวิธีการให้ผู้รับจ้างพิจารณาก่อนและเมื่อได้รับการอนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษรแล้วจึงจะดำเนินการได้

4.2.6 ผู้รับจ้างต้องลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง ตลอดความยาวของเสาเข็มที่เจาะ

4.2.7 เสาเข็มเจาะตามรายการที่กำหนดนี้ ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยวิธี Seismic Test ทุกต้น

4.2.8 ในกรณีที่วิศวกรผู้ออกแบบสงสัยว่าคอนกรีตที่ใช้เทเสาเข็มต้นใดต้นหนึ่งอาจมีคุณภาพไม่ได้ตามที่กำหนด วิศวกรผู้ออกแบบมีสิทธิ์สั่งให้ทำการเจาะเอาแท่งคอนกรีตของเสาเข็มต้นนั้นๆไปทำการทดสอบกำลังอัดได้

4.2.9 บริษัทที่รับจ้างทำเสาเข็มเจาะต้องมีรายงานผลการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็มเจาะมาแล้วไม่น้อยกว่า 25 งาน หรือมีผลการดำเนินการจัดทำเสาเข็มเจาะส่วนราชการมาแล้วไม่น้อยกว่า 3,000 ต้น

4.3 ประสบการณ์ในการทำงาน บริษัทที่รับจ้างทำเสาเข็มเจาะมีประสบการณ์การในการทำงานมาแล้วประมาณ 30 ปี ส่วนคนงานที่ทำงานเสาเข็มเจาะในโครงการที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ มีจำนวน 3 กลุ่ม อายุโดยเฉลี่ยประมาณ 35 ปี มีประสบการณ์ในการทำงานมาแล้วประมาณ 15 ปี

4.4 บทบาทหน้าที่ของคนงานทำเสาเข็มเจาะระบบแห้งที่ทำการศึกษา การทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ของโครงการที่ศึกษา ประกอบด้วย ชุดขุดเจาะและอุปกรณ์ประกอบ 1 ชุด คนงาน 4 คน/ชุด แต่ละคนมีบทบาทและหน้าที่ ดังนี้

4.4.1 หัวหน้าชุด ทำหน้าที่บังคับชุดเครื่องขุดเจาะ ร่วมตรวจสอบตำแหน่งของเสาเข็มเจาะที่จะขุดเจาะ

4.4.2 คนงาน คนที่ 2 และ3 ทำหน้าที่ลงปลอกเหล็ก ลงเหล็กเสริม เทคอนกรีต และถอนปลอกเหล็ก

4.2.3 คนงานคนที่ 4 ทำหน้าที่ขนปลอกเหล็กให้กับคนงานคนที่ 2 และ 3 ช่วยประคองการลงปลอกเหล็ก ช่วยลงเหล็กเสริม เก็บและทำความสะอาดปลอกเหล็ก

นอกจากนั้นคนงานทั้ง 4 คน ยังทำหน้าที่ร่วมกันในการย้ายชุดเครื่องขุดเจาะสำหรับการเข้าสู่ตำแหน่งศูนย์กลางของเสาเข็มต้นต่อไปด้วย

4.5 ข้อมูลของสภาพชั้นดิน จากผลการเจาะสำรวจชั้นดินของโครงการที่ศึกษา[16] จำนวน 2 หลุม ความลึก 35.00 เมตร ชั้นดินจากผิวดินเป็นชั้นดินเหนียวแข็งปานกลางถึงแข็งสีเทา ถึงความลึก 2.5 – 4.00 เมตร จากนั้นเป็นชั้นดินเหนียวอ่อนสีเทา ถึงความลึก 16.00 เมตร ลึกลงไปเป็นชั้นดินเหนียวแข็งปานกลางปนทรายสีเทา ถึงความลึก 17 50 เมตร จากนั้นเป็นชั้นดินเหนียวแข็งมากถึงแข็งดานสีน้ำตาลเทา ถึงความลึก 26.50 – 28.00 เมตร จึงเป็นชั้นทรายละเอียดสีเทาแน่นถึงแน่นมาก จนถึงสิ้นสุดหลุมเจาะที่ 35 .00 เมตร รายละเอียดดังภาคผนวก 3

4.6 ผลการศึกษา จากการเก็บข้อมูลการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ลงในตารางสำหรับเก็บข้อมูลที่ได้จัดทำขึ้นและการบันทึกด้วยกล้องวีดีโอ โดยผู้วิจัยได้แบ่งวงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งออกเป็นกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม คือ (1) กิจกรรมการย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ (2)

กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง (3) กิจกรรมการลงเหล็กเสริม และ(4) กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง ผลที่ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	กิจกรรมงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง				เวลารวม (นาที)
		ย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็ม	ลงปลอกเหล็กชั่วคราว	ลงเหล็กเสริม	เทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็ก	
1	82	21	165	15	60	261
2	172	30	180	14	50	274
3	152	20	149	16	55	240
4	85	25	184	12	50	271
5	176	24	167	17	46	254
6	155	19	188	17	50	274
7	81	30	147	18	45	240
8	151	21	185	15	50	271
9	169	32	170	14	65	281
10	80	34	160	15	66	275
11	150	30	189	19	55	293
12	175	24	155	17	63	259
13	84	31	191	17	45	284
14	164	34	147	19	60	260
15	170	28	199	21	53	301
16	78	35	170	14	65	284
17	148	30	188	16	63	297
18	173	30	156	14	45	245
19	83	27	167	19	45	258
20	163	35	195	17	50	297
21	171	24	171	18	51	264
22	77	26	164	14	65	269
23	147	30	186	15	46	277
24	166	34	160	17	55	266
25	75	20	180	16	50	266

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	กิจกรรมงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง				เวลารวม (นาที)
		ย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็ม	ลงปลอกเหล็กชั่วคราว	ลงเหล็กเสริม	เทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็ก	
26	145	24	172	19	47	262
27	168	30	169	17	46	262
28	44	33	185	14	60	292
29	132	30	194	16	49	289
30	163	25	173	14	51	263
31	79	36	164	19	47	266
32	149	30	182	17	52	281
33	167	28	181	17	50	276
34	43	31	172	19	45	267
35	146	30	164	21	55	270
36	161	35	193	16	46	290
37	76	27	200	19	51	297
38	128	35	160	17	47	259
39	158	29	155	16	43	243
40	42	35	180	14	45	274
41	131	20	171	15	55	261
42	162	34	167	13	54	268
43	37	28	155	12	47	242
44	127	15	198	14	42	269
45	160	30	179	17	44	270
46	35	20	201	16	48	285
47	123	28	188	15	45	276
48	165	24	190	17	55	286
49	41	33	179	17	55	284
50	130	20	198	14	49	281
51	159	30	166	15	60	271
52	40	29	189	13	47	278
53	121	27	195	13	56	291
54	164	25	200	17	59	301
55	38	24	188	16	50	278

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	กิจกรรมงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง				เวลารวม (นาที)
		ย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็ม	ลงปลอกเหล็กชั่วคราว	ลงเหล็กเสริม	เทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็ก	
56	129	34	191	19	47	291
57	137	33	178	19	42	272
58	34	30	186	12	46	274
59	126	30	169	15	44	258
60	133	27	182	17	45	271
61	39	28	190	15	48	281
62	124	17	198	17	58	290
63	138	24	176	14	52	266
64	31	33	184	16	49	282
65	120	31	205	16	60	312
66	134	22	167	14	49	252
67	36	36	180	16	58	290
68	125	30	196	12	44	282
69	141	26	188	15	47	276
70	29	19	190	15	56	280
71	118	33	165	17	59	274
72	139	27	184	18	47	276
73	25	30	173	17	58	278
74	117	19	169	17	52	257
75	144	29	160	16	49	254
76	30	24	158	12	44	238
77	115	30	174	14	55	273
78	142	18	181	12	46	257
79	28	29	198	12	48	287
80	122	24	188	14	59	285
81	135	30	195	17	44	286
82	33	23	190	16	57	286
83	116	20	184	15	50	269
84	140	32	195	15	47	289
85	26	34	186	19	45	284

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	กิจกรรมงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง				เวลารวม (นาที)
		ย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็ม	ลงปลอกเหล็กชั่วคราว	ลงเหล็กเสริม	เทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็ก	
86	74	30	174	18	58	280
87	136	19	180	19	52	270
88	32	31	161	15	48	255
89	119	36	159	14	55	264
90	143	30	180	14	57	281
91	23	29	193	12	45	279
92	72	24	160	12	47	243
93	114	27	188	15	56	286
94	19	32	174	14	44	264
95	71	20	163	14	59	256
96	112	29	159	16	48	252
97	24	31	188	15	52	286
98	69	20	174	18	58	270
99	111	27	166	17	50	260
100	22	34	195	15	47	291
101	65	28	150	14	42	234
102	109	33	182	15	49	279
103	27	30	194	15	55	294
104	70	27	160	19	59	265
105	105	25	175	13	47	260
106	20	27	189	19	60	295
107	68	31	184	15	49	279
108	110	27	200	15	56	298
109	16	24	188	16	47	275
110	73	25	176	18	44	263
111	108	19	169	14	58	260
112	18	27	183	18	53	281
113	66	29	195	13	62	299
114	113	26	202	17	58	303
115	21	19	186	12	45	262

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	กิจกรรมงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง				เวลารวม (นาที)
		ย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็ม	ลงปลอกเหล็กชั่วคราว	ลงเหล็กเสริม	เทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็ก	
116	62	37	169	18	49	273
117	106	30	176	15	61	282
118	13	22	184	15	56	277
119	67	34	170	17	49	270
120	102	31	185	14	47	277
121	17	18	193	12	55	278
122	59	31	200	16	63	310
123	107	24	188	13	49	274
124	11	28	194	16	55	293
125	64	35	169	18	48	270
126	99	26	175	14	53	268
127	10	23	185	16	56	280
128	57	40	196	18	61	315
129	63	35	194	18	54	301
130	104	29	175	17	49	270
131	14	27	182	17	60	286
132	60	30	190	13	55	288
133	97	32	167	15	49	263
134	7	22	180	17	51	270
135	56	27	204	14	48	293
136	100	19	167	19	50	255
137	12	28	189	15	62	294
138	58	31	194	15	54	294
139	96	27	166	18	49	260
140	5	30	174	13	58	275
141	53	27	189	13	53	282
142	101	32	198	16	45	291
143	15	28	172	17	57	274
144	54	18	183	15	49	265
145	94	26	195	15	61	297

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	กิจกรรมงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง				เวลารวม (นาที)
		ย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็ม	ลงปลอกเหล็กชั่วคราว	ลงเหล็กเสริม	เทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็ก	
146	8	33	176	18	53	280
147	61	27	189	13	48	277
148	98	24	198	19	44	285
149	4	20	176	15	52	263
150	55	27	160	16	56	259
151	93	19	179	17	60	275
152	9	24	187	14	47	272
153	50	28	196	14	53	291
154	91	29	200	15	49	293
155	2	27	189	17	51	284
156	52	32	169	16	61	278
157	88	30	188	14	45	277
158	6	21	195	18	53	287
159	46	28	164	14	58	264
160	49	18	176	16	49	259
161	92	30	169	16	49	264
162	90	26	188	17	57	288
163	45	15	192	17	61	285
164	1	29	199	14	55	297
165	87	24	180	15	46	265
166	95	19	189	17	54	279
167	48	32	165	16	59	272
168	89	28	197	12	48	285
169	3	27	184	14	55	280
170	47	24	173	15	60	272
ค่าเฉลี่ย		27.44	180.17	15.69	52.01	275.31

ข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สามารถวิเคราะห์ผล อัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ได้ดังนี้

4.6.1 กิจกรรมการขนย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุด 40 นาที / ต้น มีค่าผลิตภาพแรงงานต่ำสุด 15 นาที / ต้น ค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานของกิจ กรรมการขนย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 27.44 นาที / ต้น

4.6.2 กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุด 205 นาที / ต้น มีค่าผลิตภาพแรงงานต่ำสุด 147 นาที / ต้น ค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานของกิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าเฉลี่ยประมาณ 180.17 นาที / ต้น

4.6.3 กิจกรรมการลงเหล็กเสริม มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุด 21 นาที / ต้น มีค่าผลิตภาพแรงงานต่ำสุด 12 นาที / ต้น ค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานของกิจกรรมการลงเหล็กเสริม มีค่าเฉลี่ยประมาณ 15.69 นาที / ต้น

4.6.4 กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุด 66 นาที / ต้น มีค่าผลิตภาพแรงงานต่ำสุด 42 นาที / ต้น ค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานของกิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าเฉลี่ยประมาณ 52.01 นาที / ต้น

นอกจากนั้นจากการศึกษา ยังพบว่า กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าผลิตภาพแรงงานสูงสุด มีค่าเฉลี่ยประมาณ 180.17 นาที / ต้น กิจกรรมการลงเหล็กเสริม มีค่าผลิตภาพแรงงานต่ำสุด มีค่าเฉลี่ยประมาณ 15.69 นาที / ต้น

4.6.5 โดยสรุปอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งมีค่าผลิตภาพแรงงานโดยเฉลี่ยประมาณ 275 นาที / ต้น ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.6.7 นอกจากการประเมินผลิตภาพแรงงานในการทำงานแล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่จะละเลยไม่ได้คือการประเมินคุณภาพงาน ซึ่งคุณภาพงานต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลคุณภาพงาน 2 กรณี คือ

1. คุณภาพของเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ผลการเก็บข้อมูลรายละเอียด ดังภาคผนวก 4 ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มจำนวน 170 ต้นด้วยวิธี Seismic Integrity Test ตามมาตรฐาน ASTM.D 5882 - 00 [14] ผลการตรวจสอบ พบว่า เสาเข็มอยู่ในสภาพสมบูรณ์ จำนวน 162 ต้น คิดเป็นร้อยละ 95.30 และเสาเข็มอยู่ในสภาพบกพร่องเล็กน้อย จำนวน 8 ต้น คิดเป็นร้อยละ 4.70 รายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Integrity Test

ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	จำนวนเสาเข็ม (ต้น)	ร้อยละ
90 – 100 %	162	95.30
80 – 89 %	8	4.70
น้อยกว่า 80 %	0	0

2. ตำแหน่งของเสาเข็ม นำข้อมูลตำแหน่งของเสาเข็มที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มาเปรียบเทียบกับค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดจากจุดศูนย์กลางที่ยอมให้ ซึ่งวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [13] กำหนดค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดจากจุดศูนย์กลางเสาเข็มที่กำหนดไว้ที่ระดับผิวดินเริ่มต้นเจาะได้ไม่เกิน 75 มม.ในทุกแกน ผลการศึกษา พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน x มีค่าสูงสุด 64 มม. มีค่าต่ำสุด 10 มม. และค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y มีค่าสูงสุด 53 มม. มีค่าต่ำสุด 5 มม. โดยสรุปเสาเข็มเจาะทั้ง 170 ต้น เป็นไปตามค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้ร้อยละ 100 รายละเอียดดังภาคผนวก 5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลิตภาพแรงงานของคนงานและ ศึกษาคุณภาพของงานที่ได้ โดยทำการศึกษางานเสาเข็มเจาะแห้งระบบสามขา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50 x 24.00 เมตร จำนวน 170 ต้น ของโครงการก่อสร้างอาคารแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งวงรอบการทำงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งออกเป็นกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม คือ (1) กิจกรรมการย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ (2) กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง (3) กิจกรรมการลงเหล็กเสริม และ(4) กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง ผลการศึกษา พบว่า

ค่าผลิตภาพแรงงาน ของกิจกรรมย่อยทั้ง 4 กิจกรรม รายละเอียด ดังตารางที่ 4.1 มีค่าผลิตภาพแรงงานโดยเฉลี่ย ดังนี้ (1) กิจกรรมการขนย้ายชุดขุดเจาะเข้าสู่ตำแหน่งเสาเข็มเจาะ มีค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานประมาณ 27.44 นาที / ต้น (2) กิจกรรมการลงปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานประมาณ 180.17 นาที / ต้น (3) กิจกรรมการลงเหล็กเสริม มีค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานประมาณ 15.69 นาที / ต้น และ (4) กิจกรรมการเทคอนกรีตและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง มีค่าเฉลี่ยผลิตภาพแรงงานประมาณ 52.01 นาที / ต้น โดยสรุปอัตราผลผลิตของงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งมีค่าผลิตภาพแรงงานโดยเฉลี่ยประมาณ 275 นาที / ต้น ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

นอกจากการประเมินผลิตภาพแรงงานในการทำงานแล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่จะละเลยไม่ได้คือการประเมินคุณภาพงาน ซึ่งคุณภาพงานต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลคุณภาพงาน 2 กรณี คือ (1) คุณภาพของเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ผลการเก็บข้อมูล รายละเอียด ดังตารางภาคผนวก 4 ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Integrity Test ตามมาตรฐาน ASTM.D 5882 - 00 [14] ผลการตรวจสอบ พบว่า เสาเข็มอยู่ในสภาพสมบูรณ์ จำนวน 162 ต้น คิดเป็นร้อยละ 95.30 และเสาเข็มอยู่ในสภาพบกพร่องเล็กน้อย จำนวน 8 ต้น คิดเป็นร้อยละ 4.70 และ (2) ตำแหน่งของเสาเข็ม นำข้อมูลตำแหน่งของเสาเข็มที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มาเปรียบเทียบกับค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดจากจุดศูนย์กลางที่ยอมให้ ซึ่งวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [13] กำหนดค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดจากจุดศูนย์กลางเสาเข็มที่กำหนดไว้ที่ระดับผิวดินเริ่มต้นเจาะได้ไม่เกิน 75 มม.ในทุกแกน ผลการศึกษาตำแหน่งของเสาเข็มเจาะ พบว่าเป็นไปตามค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้ร้อยละ 100 รายละเอียด ดังตารางภาคผนวก 5

จากข้อมูลผลการศึกษาวิจัยดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการวางแผนการทำงาน การประมาณราคาค่าแรงงาน การตรวจสอบและติดตามความก้าวหน้าในการทำงานได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ปัจจัยทางด้านประสบการณ์การในการทำงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน เทคนิคและวิธีการทำงาน การจัดการที่หน้างาน รูปแบบของการจ้างงาน สภาพของชั้นดิน ปัจจัยต่างๆเหล่านี้ย่อมส่งผลต่อ

ค่าผลิตภาพแรงงานทั้งสิ้น ฉนั้นการที่จะนำข้อมูลค่าผลิตภาพแรงงานที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ควรมีการปรับแก้ค่าต่างๆให้เหมาะสมเพื่อจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การหาค่าผลิตภาพแรงงานการลงและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพังถึงระดับชั้นดินแข็งปานกลางเปรียบเทียบกับการหาค่าผลิตภาพแรงงานการลงและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพังตลอดความยาวของเสาเข็ม หรือการศึกษาค่าผลิตภาพแรงงานการลงและถอนปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพังทุกๆระยะ 1.00 เมตร เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างสมการสำหรับหาค่าผลิตภาพแรงงานต่อไป อย่างไรก็ตามผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายควรจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลของอัตราผลผลิตในการทำงานก่อสร้างเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการทำงานต่อไป

บรรณานุกรม

1. Clarkson, H. Oglesby. Henry W. Parker and Gregory, A. Howell. Productivity Improvement in Construction. USA : Mc Graw - Hill, 1989.
2. The Business Roundtable "Measuring Productivity in Construction," A Construction Industry Cost Effectiveness Project Report, ReportA-1, September 1982, Reprinted October 1991.
3. Dewin , F.J., Construction Productivity .New York : Elsevier, 1982.
4. วิจิตร ตันฑสุทธิ์, จรูญ มหิทราฟองกูล, ชูเวท ชาญสง่าเวช, และวันชัย ริจิรวนิช. การศึกษาการทำงาน. พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
5. วิสูตร จิระดำเกิง. การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 1 ปทุมธานี : สำนักพิมพ์วรรณกวี, 2546.
6. จิรวัฒน์ ดำริห์อนันต์. กรณีศึกษาการใช้เทคนิคการทำกระบวนการเลียนแบบในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการเทคอนกรีตพื้นโดยใช้เครื่องยิงคอนกรีต. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6. เพชรบุรี. 2543.
7. อาณัติ กิติกุลเมธี. การศึกษาผลิตภาพแรงงานของกิจกรรมการตัดหัวเสาเข็ม ฐานราก เสา และพื้นในอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.
8. สุภา ทองใหม่. การศึกษาและจัดทำเวลาพื้นฐานงานตอกเสาเข็มโดยวิธีสมการสังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยรังสิต, 2548.
9. Choromokos. Jr., and Mckee,K.E. Construction Productivity Improvement. Journal of Construction Division. 107 (1981) : 35-47.
10. Huat. Teoh Kheng. A Study of the Construction Productivity in Malaysia and Thailand. Master of Engineering, Asian Institute of Technology, 1984
11. Arditi.D., and Mochtar. K. Productivity improvement in the Indonesia construction industry. Journal of Construction Management and Economics. 107 (1996) : 13-24.
12. เอกสารแนะนำกรรมวิธีการทำเสาเข็มเจาะระบบแห้ง. บริษัทประมวลมงคล จำกัด.
13. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ. กรุงเทพฯ : 2546.
14. เอกสารรายงานผลการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะระบบแห้ง. โครงการก่อสร้างอาคารเอนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. บริษัท วรพลคอนซัลแตนท์ จำกัด. 2551.

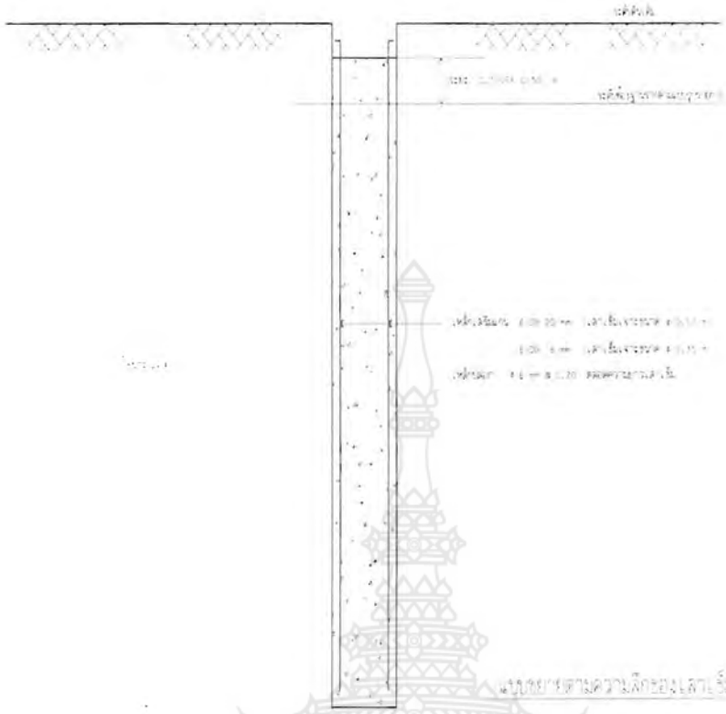
15. วิเชียร เกตุสิงห์. คู่มือการวิจัย : การวิจัยเชิงปฏิบัติ.เอกสารประกอบการสอนวิชาวิธีวิจัยขั้นสูง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2534.
16. เอกสารผลการเจาะสำรวจดิน. โครงการก่อสร้างอาคารเอนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. บริษัท วรพลคอนซัลแตนท์จำกัด. 2551.

ภาคผนวก 1

แปลน ตำแหน่งเสาเข็ม

ภาคผนวก 2

รายละเอียดงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง



ข้อกำหนดของงานเสาเข็มเจาะ

1. เสาเข็มต้องสูงระดับเดียวกัน ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นดิน โดยให้ความสำคัญกับน้ำหนักบรรทุกของสิ่งก่อสร้างเป็นหลัก
2. ใช้ปูนซีเมนต์ประเภท Portland cement type I (มอก.) กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีต
   ทรงกระบอก ขนาด 0.15x30 ซม. ที่อายุ 28 วัน ต้องมีกำลังอัดประลัยไม่น้อยกว่า 240 ksc
3. เหล็กเสริมตามของเสาเข็มเจาะ ให้ใช้เหล็กเส้นไม่น้อยกว่า SD30
4. ระยะหุ้มคอนกรีตสำหรับเหล็กเสริม ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ
5. ในกรณีที่การขุดเจาะเสาเข็มเจาะถึงระดับปลายเสาเข็มแล้วพบว่า ผลการทดสอบดินที่ปลายเสาเข็มไม่ผ่านเกณฑ์
   ผู้รับจ้างต้องเจาะสำรวจเพิ่มเติม จนกว่าจะได้ชั้นดินที่มีกำลังรับน้ำหนักปลายเสาเข็มได้ตามที่ต้องการ
   และวิศวกรที่ปรึกษาโครงการเห็นชอบ และเมื่อได้ความลึกที่เป็นชั้นดินที่มีกำลังรับน้ำหนักปลายเสาเข็มได้ตามที่ต้องการแล้ว จึงจะดำเนินการใส่
   เหล็กเสริมและเทคอนกรีตต่อไปได้ ทั้งนี้ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการนี้ทั้งสิ้น
6. เสาเข็มเจาะตามแบบที่กำหนดนี้ ผู้รับจ้างต้องเจาะให้ได้ความลึกปลายเสาเข็มไม่ตื้นกว่า 8m จากระดับ ทางเดิน
7. ในกรณีที่มีสิ่งกีดขวางอยู่ในระดับที่ต้องเจาะเสาเข็มลงไปผ่านหรือทะลุ ซึ่งไม่สามารถดำเนินการได้ ให้ทำการแจ้งวิศวกรผู้ควบคุมงาน
   มีสิทธิ์ที่จะให้ทำการเจาะเอาสิ่งกีดขวางนั้นออกไป หรือทำการทดสอบว่าสามารถใช้ได้ หรือให้ผู้รับจ้างดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง
8. บริษัทหรือผู้รับจ้างที่เข้าทำเสาเข็มเจาะ ต้องมีรายชื่อผลงานที่ทำมาแล้วในรอบ 5 ปี ที่ผ่านมาของบริษัทผู้รับจ้างเองไม่น้อยกว่า 10 ราย
   หรือ มีผลงานดำเนินการเข็มเจาะในโครงการเดียวกันไม่น้อยกว่า 1000 ต้น เช่น บริษัท ซีพีเอ็น จำกัด , บริษัท ฟิล์นไพล์ จำกัด
   บริษัท ล็อกไพล์ , บริษัท ซันไพล์ จำกัด หรือเทียบเท่า และจะต้องเสนอวิธีการปฏิบัติงานให้วิศวกรผู้ควบคุมงานตรวจสอบก่อนเริ่มงาน
   การใช้งานผู้รับจ้างรายใดที่ไม่ได้มาตรฐานแล้ว จะงดใช้งานทันที

ภาคผนวก 3

ข้อมูลสภาพชั้นดิน

SOIL BORING LOG

Borehole BH-1

Project มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร Location จังหวัดกรุงเทพมหานคร

Elevation of Ground ผิวดินเดิม Date Commenced Finished

Depth, m	Graphic Log	Soil Description	Sampling Method	Sample No.	Sample Depth, m	Recovery, m	Water Content, w, % (50 100) / Unit Weight, γ_t, t/m^3 (1.5 2.0)	Undrained Strength, s_u, t/m^2 (5.0 10.0) / SPT, N, Blows/ft (0 25 50 75)
		ดินเหนียวแข็ง (Stiff CLAY) สีเทา (Gray) (CH)	SS	1				(9)
		2.5	SS	2				(4)
5			ST	3				(2.12)
		ดินเหนียวอ่อน (Soft CLAY) สีเทา (Gray) (CH)	ST	4				(2.54)
10			SS	5				(2)
			SS	6				(2)
15			SS	7				(4)
		16.0	SS	8				(7)
		ดินเหนียวแข็งปานกลางปนทราย (Sandy Medium CLAY) สีเทา (Gray) (CL) 17.5	SS	9				(22)
20			SS	10				(36)
		ดินเหนียวแข็งมากถึงแข็งสาน (Very Stiff to Hard CLAY) สีน้ำตาล-เทา (Brown-Gray) (CL)	SS	11				(31)
			SS	12				(29)
			SS	13				(36)
25		26.5	SS	14				(57)
			SS	15			NP	(50/12 ซม.)
		ทรายละเอียด (Fine SAND) สีเทา (Gray) แน่นถึงแน่นมาก (Dense to Very Dense) (SM)	SS	16			NP	(62)
30			SS	17			NP	(38)
			SS	18			NP	(57)
			SS	19			NP	(63)
35			SS	20			NP	(55)
		สิ้นสุดหลุมเจาะ 34.95 เมตร						

SOIL BORING LOG

Borehole B11-2

Project มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร Location จังหวัดกรุงเทพมหานคร

Elevation of Ground ผิวดินเดิม Date Commenced Finished

Depth, m	Graphic Log	Soil Description	Sampling Method	Sample No.	Sample Depth, m	Recovery, m	Water Content, w, % (50, 100) / Unit Weight, g_t, t/m³ (1.5, 2.0)	Undrained Strength s_u, t/m² (5.0, 10.0) / SPT, N, Blows/ft (0, 25, 50, 75)
		ดินเหนียวแข็งปานกลาง (Medium CLAY) สีเทา (Gray) (CL)	SS	1				(7)
			SS	2				(7)
4.0								
5			ST	3				(5.19)
		ดินเหนียวอ่อน (Soft CLAY) สีเทา (Gray)	ST	4				(2.05)
10			SS	5				(3)
			SS	6				(4)
			SS	7				(3)
16.0								
17.5		ดินเหนียวแข็งปานกลางปนทราย (Sandy Medium CLAY) สีเทา (Gray) (CL)	SS	8				(16)
			SS	9				(36)
20			SS	10				(31)
			SS	11				(39)
		ดินเหนียวแข็งตาน (Hard CLAY) สีน้ำตาล-เทา (Brown-Gray) (CL)	SS	12				(36)
			SS	13				(51)
25			SS	14				(48)
28.0			SS	15				(42)
		ทรายละเอียด (Fine SAND) สีเทา (Gray) แน่นมาก (Very Dense) (SM)	SS	16			NP	(58)
			SS	17			NP	(50)
30			SS	18			NP	(52)
			SS	19			NP	(58)
35			SS	20			NP	(66)
		สิ้นสุดหลุมเจาะ 34.95 เมตร						

ภาคผนวก 4

ผลการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม

ตารางที่ ก.4 ผลการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Integrity Test

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	ผ่านเกณฑ์	ไม่ผ่านเกณฑ์
1	82	91	✓	
2	172	94	✓	
3	152	96	✓	
4	85	90	✓	
5	176	92	✓	
6	155	91	✓	
7	81	98	✓	
8	151	97	✓	
9	169	97	✓	
10	80	98	✓	
11	150	96	✓	
12	175	92	✓	
13	84	91	✓	
14	164	82	✓	
15	170	90	✓	
16	78	92	✓	
17	148	92	✓	
18	173	94	✓	
19	83	96	✓	
20	163	94	✓	
21	171	97	✓	
22	77	96	✓	
23	147	97	✓	
24	166	95	✓	
25	75	94	✓	
26	145	90	✓	
27	168	91	✓	
28	44	90	✓	
29	132	92	✓	
30	163	91	✓	
31	79	96	✓	

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	ผ่านเกณฑ์	ไม่ผ่านเก ณฑ์
32	149	94	✓	
33	167	92	✓	
34	43	91	✓	
35	146	95	✓	
36	161	97	✓	
37	76	84	✓	
38	128	91	✓	
39	158	93	✓	
40	42	95	✓	
41	131	95	✓	
42	162	92	✓	
43	37	90	✓	
44	127	92	✓	
45	160	93	✓	
46	35	96	✓	
47	123	95	✓	
48	165	96	✓	
49	41	86	✓	
50	130	90	✓	
51	159	94	✓	
52	40	96	✓	
53	121	97	✓	
54	164	96	✓	
55	38	95	✓	
56	129	95	✓	
57	137	92	✓	
58	34	91	✓	
59	126	91	✓	
60	133	91	✓	
61	39	90	✓	
62	124	94	✓	
63	138	96	✓	

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	ผ่านเกณฑ์	ไม่ผ่านเกณฑ์
64	31	96	✓	
65	120	95	✓	
66	134	83	✓	
67	36	95	✓	
68	125	92	✓	
69	141	98	✓	
70	29	97	✓	
71	118	96	✓	
72	139	96	✓	
73	25	93	✓	
74	117	94	✓	
75	144	93	✓	
76	30	95	✓	
77	115	92	✓	
78	142	90	✓	
79	28	91	✓	
80	122	94	✓	
81	135	96	✓	
82	33	84	✓	
83	116	96	✓	
84	140	92	✓	
85	26	91	✓	
86	74	93	✓	
87	136	94	✓	
88	32	93	✓	
89	119	92	✓	
90	143	91	✓	
91	23	90	✓	
92	72	96	✓	
93	114	94	✓	
94	19	94	✓	
95	71	93	✓	

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	ผ่านเกณฑ์	ไม่ผ่านเก ณฑ์
96	112	94	✓	
97	24	95	✓	
98	69	94	✓	
99	111	96	✓	
100	22	95	✓	
101	65	87	✓	
102	109	90	✓	
103	27	91	✓	
104	70	91	✓	
105	105	92	✓	
106	20	90	✓	
107	68	95	✓	
108	110	96	✓	
109	16	94	✓	
110	73	94	✓	
111	108	93	✓	
112	18	90	✓	
113	66	90	✓	
114	113	92	✓	
115	21	91	✓	
116	62	94	✓	
117	106	96	✓	
118	13	91	✓	
119	67	90	✓	
120	102	94	✓	
121	17	91	✓	
122	59	92	✓	
123	107	95	✓	
124	11	95	✓	
125	64	94	✓	
126	99	93	✓	
127	10	94	✓	

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	ผ่านเกณฑ์	ไม่ผ่านเกณฑ์
128	57	91	✓	
129	63	85	✓	
130	104	90	✓	
131	14	92	✓	
132	60	92	✓	
133	97	94	✓	
134	7	93	✓	
135	56	94	✓	
136	100	94	✓	
137	12	96	✓	
138	58	92	✓	
139	96	92	✓	
140	5	91	✓	
141	53	92	✓	
142	101	90	✓	
143	15	86	✓	
144	54	95	✓	
145	94	94	✓	
146	8	98	✓	
147	61	98	✓	
148	98	97	✓	
149	4	96	✓	
150	55	96	✓	
151	93	95	✓	
152	9	94	✓	
153	50	96	✓	
154	91	90	✓	
155	2	91	✓	
156	52	91	✓	
157	88	90	✓	
158	6	92	✓	
159	46	94	✓	

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	ผ่านเกณฑ์	ไม่ผ่านเกณฑ์
160	49	94	✓	
161	92	93	✓	
162	90	93	✓	
163	45	91	✓	
164	1	96	✓	
165	87	95	✓	
166	95	96	✓	
167	48	95	✓	
168	89	93	✓	
169	3	90	✓	
170	47	92	✓	

ภาคผนวก 5

ผลการตรวจสอบตำแหน่งของเสาเข็ม

ตารางที่ ก.5 ผลการตรวจสอบตำแหน่งของเสาเข็ม

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ผลการตรวจสอบตำแหน่ง		ค่าที่ยอมให้ (มม.)	หมายเหตุ
		แกน X	แกน Y		
1	82	20	27	75	
2	172	14	-5	75	
3	152	-12	10	75	
4	85	-41	-12	75	
5	176	19	24	75	
6	155	17	30	75	
7	81	-32	-19	75	
8	151	44	-27	75	
9	169	-23	36	75	
10	80	47	-29	75	
11	150	42	-31	75	
12	175	-51	29	75	
13	84	31	21	75	
14	164	-17	-24	75	
15	170	10	-19	75	
16	78	32	-20	75	
17	148	-41	36	75	
18	173	19	22	75	
19	83	24	-32	75	
20	163	-45	12	75	
21	171	-32	27	75	
22	77	-60	-29	75	
23	147	15	31	75	
24	166	-29	-40	75	
25	75	-32	19	75	
26	145	-18	27	75	
27	168	-30	-26	75	
28	44	34	31	75	
29	132	39	29	75	
30	163	40	-21	75	

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ผลการตรวจสอบตำแหน่ง		ค่าที่ยอมให้ (มม.)	หมายเหตุ
		แกน X	แกน Y		
31	79	-29	34	75	
32	149	-39	-37	75	
33	167	42	-19	75	
34	43	51	34	75	
35	146	20	18	75	
36	161	-29	34	75	
37	76	34	41	75	
38	128	-17	-31	75	
39	158	32	53	75	
40	42	-46	32	75	
41	131	10	-24	75	
42	162	-61	12	75	
43	37	-40	45	75	
44	127	36	-39	75	
45	160	19	34	75	
46	35	-30	24	75	
47	123	27	19	75	
48	165	-44	-40	75	
49	41	31	27	75	
50	130	19	-27	75	
51	159	-42	36	75	
52	40	36	17	75	
53	121	-27	34	75	
54	164	-24	-20	75	
55	38	30	42	75	
56	129	45	-50	75	
57	137	31	-40	75	
58	34	-40	37	75	
59	126	18	36	75	
60	133	24	-20	75	

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ผลการตรวจสอบตำแหน่ง		ค่าที่ยอมให้ (มม.)	หมายเหตุ
		แกน X	แกน Y		
61	39	32	27	75	
62	124	40	-36	75	
63	138	-36	-14	75	
64	31	-25	19	75	
65	120	64	-22	75	
66	134	29	27	75	
67	36	37	30	75	
68	125	-30	42	75	
69	141	-19	-29	75	
70	29	31	17	75	
71	118	36	20	75	
72	139	25	41	75	
73	25	-31	-27	75	
74	117	30	39	75	
75	144	30	29	75	
76	30	41	36	75	
77	115	-29	-36	75	
78	142	-40	50	75	
79	28	40	-15	75	
80	122	49	31	75	
81	135	-27	18	75	
82	33	41	-36	75	
83	116	36	24	75	
84	140	-41	36	75	
85	26	30	17	75	
86	74	-27	20	75	
87	136	-29	-34	75	
88	32	20	15	75	
89	119	-15	-51	75	
90	143	31	40	75	

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ผลการตรวจสอบตำแหน่ง		ค่าที่ยอมให้ (มม.)	หมายเหตุ
		แกน X	แกน Y		
91	23	51	-27	75	
92	72	41	31	75	
93	114	-29	-14	75	
94	19	27	-18	75	
95	71	-40	46	75	
96	112	36	24	75	
97	24	-42	-27	75	
98	69	-40	42	75	
99	111	31	15	75	
100	22	30	41	75	
101	65	27	20	75	
102	109	16	21	75	
103	27	53	-36	75	
104	70	61	22	75	
105	105	29	24	75	
106	20	34	-46	75	
107	68	30	18	75	
108	110	44	20	75	
109	16	-18	19	75	
110	73	-31	-42	75	
111	108	-29	26	75	
112	18	30	-41	75	
113	66	36	14	75	
114	113	-42	-5	75	
115	21	17	29	75	
116	62	20	-37	75	
117	106	29	14	75	
118	13	-35	-29	75	
119	67	30	22	75	
120	102	35	-41	75	

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ผลการตรวจสอบตำแหน่ง		ค่าที่ยอมให้ (มม.)	หมายเหตุ
		แกน X	แกน Y		
121	17	-60	19	75	
122	59	-36	52	75	
123	107	-40	-27	75	
124	11	36	35	75	
125	64	51	19	75	
126	99	-29	-42	75	
127	10	29	7	75	
128	57	-32	31	75	
129	63	40	24	75	
130	104	19	22	75	
131	14	-27	14	75	
132	60	36	-43	75	
133	97	-32	27	75	
134	7	42	19	75	
135	56	18	50	75	
136	100	-40	-36	75	
137	12	-36	29	75	
138	58	50	27	75	
139	96	-36	47	75	
140	5	-29	14	75	
141	53	29	-31	75	
142	101	19	27	75	
143	15	-25	36	75	
144	54	-19	-14	75	
145	94	42	-31	75	
146	8	31	8	75	
147	61	62	21	75	
148	98	22	-19	75	
149	4	26	31	75	
150	55	-29	40	75	

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

ลำดับที่	เสาเข็มต้นที่	ผลการตรวจสอบตำแหน่ง		ค่าที่ยอมให้ (มม.)	หมายเหตุ
		แกน X	แกน Y		
151	93	-10	29	75	
152	9	36	30	75	
153	50	19	18	75	
154	91	27	-31	75	
155	2	-29	-19	75	
156	52	-31	41	75	
157	88	42	30	75	
158	6	40	32	75	
159	46	-31	-22	75	
160	49	51	19	75	
161	92	22	-10	75	
162	90	19	22	75	
163	45	-20	31	75	
164	1	-29	60	75	
165	87	-41	-36	75	
166	95	24	32	75	
167	48	26	24	75	
168	89	29	41	75	
169	3	-40	-37	75	
170	47	51	32	75	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้วิจัย

สุนันท์ มนต์แก้ว

การศึกษา

ปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการบริหารงานก่อสร้าง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบัน

รับราชการ ตำแหน่งอาจารย์ กองนโยบายและแผน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ธวัชชัย นวเลิศปัญญา

การศึกษา

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบัน

รับราชการตำแหน่งอาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร