# การประยุกต์ใช้เสาเข็มเหล็กในงานโครงสร้างพื้นฐาน
# Application of steel piles in infrastructure works

**นพดล ชูคง[1], สราวุธ จริตงาม[2,*] เชิงชาย ทิพย์วีรกุล[3] ประเสริฐ ธรรมมนุญกุล[4] และ สมเกียรติ ชูแสงสุข[5]**

*[1,2,3] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา*
*[3] บริษัท เอสเอ็มซีซี (ประเทศไทย) จำกัด (SMCC)*
*[4] บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด*
*[5] วิศวกรและประธานคลีนิกช่าง. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์*
**Corresponding author; E-mail address: jaritngam@gmail.com*

## บทคัดย่อ

เสาเข็มเหล็กถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการก่อสร้างฐานรากของโครงสร้างพื้นฐานหลายโครงการในไทยเช่น เสาไฟถนนแบบสูง ป้ายจราจร ฐานรากถนนและกำแพง เป็นต้น การออกแบบที่โดดเด่นทำให้ลักษณะการรับน้ำหนักของเสาเข็มเหล็กซับซ้อนกว่าเสาเข็มทั่วไปมาก เสาเข็มเหล็กมีข้อดีคือความสามารถในการรับน้ำหนักสูง การใช้งานที่หลากหลาย การติดตั้งเสาเข็มที่รวดเร็ว ไม่มีเสียงรบกวนและไม่สั่นสะเทือน บทความนี้จะนำเสนอแนวคิดในการออกแบบและพฤติกรรมการรับน้ำหนักของฐานรากเสาเข็มเหล็กในโครงการก่อสร้างรูปแบบต่างๆ การวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะการรับน้ำหนักของฐานรากของเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มแบบทั่วไปจากการตรวจสอบภาคสนาม ผลการศึกษาพบว่าในฐานรากแบบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของเสาเข็มเท่ากันเสาเข็มเหล็กจะมีความสามารถในการรับน้ำหนักสูงสุดของสูงกว่าเสาเข็มแบบทั่วไป

คำสำคัญ: เสาเข็มเหล็ก, โครงสร้างพื้นฐาน, เสาไฟถนนแบบสูง, ป้ายจราจร, การตรวจสอบภาคสนาม

## Abstract

Steel piles are widely used in the foundation construction of many infrastructure projects in Thailand, such as tall street light poles, traffic signs, road foundations and walls, etc. The distinctive design makes the load-bearing characteristics of steel piles much more complex than those of ordinary piles. The advantage of steel piles is that they can support heavy loads. A variety of applications can be installed quickly. Both noise and vibration are absent. This article presents the design concepts and load-bearing behavior of steel pile foundations in various construction projects. A comparative analysis of the foundation load-bearing characteristics of steel piles and conventional piles from field inspection. The results of the study showed that in foundations with the same diameter and length of piles, steel piles had a higher maximum load-bearing capacity than conventional piles.

Keywords: Steel Piles, Infrastructure, Tall Street Light Poles, Traffic Signs, and Field Inspections

## 1. คำนำ

ในการติดตั้งเสาเข็มแบบทั่วไปในสภาพพื้นที่บริเวณการทางต่างๆ เช่น ข้างถนน เกาะกลาง ไหล่ทาง ที่มีการติดตั้งเสาเข็มคอนกรีตอาจจะส่งผลกระทบต่อการจราจรทางถนน,ก่อให้เกิดมลพิษทางเสียง มลพิษทางอากาศ และใช้เวลาในการทำงานนานพอสมควร

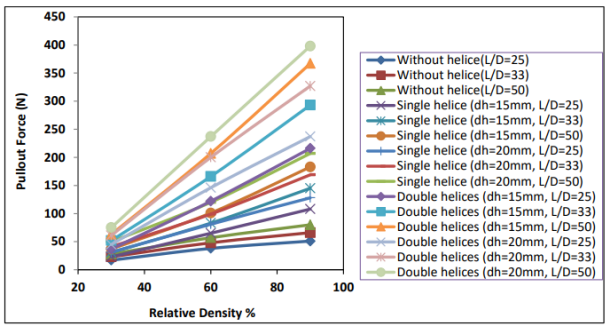
เนื่องจากในปัจจุบันมีนวัตกรรมเสาเข็มที่เรียกว่า “เสาเข็มเหล็ก” เป็นนวัตกรรมที่สามารถช่วยแก้ปัญหาต่างๆในการติดตั้งเช่น สภาพพื้นที่ ความรวดเร็วในการติดตั้ง เนื่องจากเสาเข็มเหล็กมีใบเกลียวรูปทรงกรวย (Fin) โดยรอบ จึงช่วยในการยึดเกาะดิน ในขณะที่เข็มเหล็กกำลังติดตั้งลงไปในชั้นดิน ซึ่งจะทำให้ดินเบียดกันและเข้าไปยึดเกาะระหว่างใบเกลียว และสิ่งนี้ทำให้เข็มเหล็กสามารถรับแรงกด แรงถอน และแรงผลัก [3]

ดังนั้นจึงมีการเปรียบเทียบว่า ถ้าเปลี่ยนมาใช้เสาเข็มเหล็กแทนที่เสาเข็มแบบทั่วไปจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านการทำงานต่างๆและปัญหาในด้านมลพิษต่างๆ จึงเกิดเป็นที่ของการวิจัยในเรื่องการประยุกต์ใช้เสาเข็มเหล็กในงานโครงสร้างพื้นฐาน จะเปรียบเทียบการใช้เสาเข็มเหล็กกับเสาเข็มแบบทั่วไปจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านการทำงานและลดปัญหาในด้านมลพิษต่างๆ

## 2. ทบทวนวรรณกรรม

*2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเสาเข็มเหล็ก*

ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของเสาเข็มสี่เหลี่ยมจัตุรัสรุ่น 5x5 มม.$^2$ ที่ฝังอยู่ในดินทราย ชั้นดินทรายความหนา 400 มม. ถูกบดอัดเป็นชั้นย่อย 4 ชั้นในภาชนะเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มม. ชั้นดินทรายอัดแน่นเป็นสามความหนาแน่นสัมพัทธ์ 30%, 60% และ 90% การทดสอบแบบจำลองดำเนินการกับเสาเข็มเหล็กยาว 100 มม. 200 มม. และ 300 มม. และเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียว 15 มม. และ 20 มม. นอกจากนี้ยังใช้เสาเข็มเกลียวเดียวและเสาเข็มเกลียวคู่สำหรับกองเหล่านี้ การศึกษานี้พบว่าแรงดึงของเสาเข็มเหล็กเพิ่มขึ้นตามความลึกของการฝังที่เพิ่มขึ้นในชั้นทรายความหนาแน่นสัมพัทธ์ของดินทรายเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวและจำนวนแผ่นเกลียว แรงดึงที่เพิ่มขึ้นของเสาเข็มสกรูคือ 22–40% และ 41–70% เมื่อความหนาแน่นสัมพัทธ์ของดินทรายเปลี่ยนจากสถานะหลวมเป็นสถานะหนาแน่นตามลำดับ[1]




**รูปที่ 1** ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับความหนาแน่นสัมพัทธ์ของเสาเข็มเหล็กแบบต่างๆ[1]

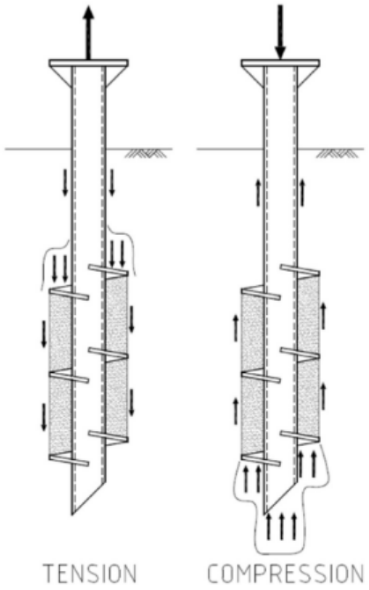
ต่อมาได้ทำการตรวจสอบการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบสามมิติของพฤติกรรมของเสาเข็มเหล็กอยู่ภายใต้การโหลดทรายในแนวตั้งและด้านข้างรวมกัน ในการตรวจสอบ ความยาวของเสาเข็มเหล็กและเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเฮลิคอล(Helical plate)จะแตกต่างกันไปตามเสาเข็มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางแกนตายตัว ในขณะที่เสาเข็มต้องรับน้ำหนักตามแนวแกนและด้านข้างรวมกัน เปรียบเทียบผลกับเสาเข็มเพลาตรงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางแกนเท่ากัน ผลการวิเคราะห์พบว่าแรงอัดในแนวดิ่งทำให้ความสามารถด้านข้างของเสาเข็มเหล็กพิ่มขึ้น ในขณะที่แรงยกในแนวดิ่งทำให้ความสามารถด้านข้างลดลงเล็กน้อย ข้อเสียของความสามารถด้านข้างที่ได้รับการปรับปรุงนี้คือ เสาเข็มเหล็กจะมีโมเมนต์ดัดที่สูงกว่า สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่าเมื่อใช้เสาเข็มเหล็กสำหรับฐานรากนอกชายฝั่ง การใช้งานโครงสร้างควรได้รับการออกแบบเพื่อรักษาแรงอัดตามแนวแกนบนเสาเข็ม และต้องมีการประเมินโมเมนต์ดัดที่เหนี่ยวนำอย่างเพียงพอเมื่อตัดสินใจเลือกส่วนโครงสร้างที่เหมาะสม [2]

และได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของแบบจำลองเสาเข็มแข็งแบบกลม (10 มม.) ที่ฝังอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อนที่ปกคลุมชั้นดินทราย ชั้นทรายหนา 200 มม. ถูกบดอัดในภาชนะเหล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. เป็นสี่ชั้นย่อย ชั้นดินทรายอัดแน่นที่ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 70% ดินเหนียวอ่อนหนา 300 มม. ที่มี กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (undrained shear strength , Cu ) 30 kPa ถูกบดอัดเป็นชั้นย่อย 6 ชั้นที่ชั้นล่างสุดที่เป็นทราย การทดสอบแบบจำลองดำเนินการด้วยเสาเข็มเหล็กที่มีความยาว 300 มม. 350 มม. และ 400 มม. และเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียว 30 มม. นอกจากนี้ยังใช้เสาเข็มเกลียวเดียว,เสาเข็มเกลียวคู่และอัตราส่วนระยะห่าง (spacing ratio , S/Dh) ระหว่าง spacing และเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นเกลียว (diameters of helical plate , Dh) ที่แตกต่างกันสำหรับเสาเข็มเหล่านี้ และได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเสาเข็มเหล็กกับเสาเข็มธรรมดา (ไม่มีเกลียว) การศึกษานี้เปิดเผยว่าการแนะนำเสาเข็มเกลียวคู่ช่วยเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักในดินเหนียวอ่อนได้มากถึง (4-8) % เมื่อเทียบกับเสาเข็มเกลียวเดี่ยว ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าลักษณะการทำงานของเสาเข็มเหล็กขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเรขาคณิตของเสาเข็มเป็นหลักตามความสามารถในการรับแรงอัดของเสาเข็มเหล็กขึ้นอยู่กับความยาวฝังอัตราส่วนระยะห่าง (S/Dh) และจำนวนแผ่นเฮลิคอล. [3]

การพัฒนาของเศรษฐกิจของประเทศในประเทศของเรา การก่อสร้างทางหลวงจึงรวดเร็วขึ้นเรื่อยๆ มีการสร้างทางหลวงหลายระดับ ระยะทางของทางหลวงเพิ่มขึ้น และรถครอบครัวยังคงเพิ่มขึ้น ทางหลวงในระบบการขนส่งที่ครอบคลุม ทางเศรษฐกิจของประเทศมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ ด้วยการพัฒนาอย่างรวดเร็วของการก่อสร้างทางหลวง ทำให้เกิดมลภาวะและปัญหาต่างๆ เช่น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบอย่างต่อเนื่อง [4]

มีการเสนอวิธีการอนุมานเพื่อประเมินสถานะสูงสุดของพื้นดิน (plunging) อย่างไรก็ตาม ในกรณีของเสาเข็มเหล็กการเสียรูปของเกลียวสามารถลดความสามารถในการรับน้ำหนักที่ปลาย ในการศึกษาปัจจุบันวิธีการคาดการณ์เช่น Chin-Kondner และ Decourt ถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบการบ่งชี้การเสียรูปของแผ่นเกลียวจากข้อมูลการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มเหล็ก ความสามารถในการคาดการณ์ของความจุตลับลูกปืนปลายสุดยังได้รับการตรวจสอบที่การทรุดตัวเท่ากับ 10% ของเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวและที่สถานะต้านทานการพุ่ง แบบจำลองขนาดการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ภายใต้สภาพพื้นดินที่หนาแน่นถูกเลือกเพื่อให้ได้สถานะต้านทานการพรวดพราด จากผลการทดสอบพบว่าวิธีการวางแผนแบบ Decourt สามารถบ่งชี้ถึงการเสียรูปของแผ่นเกลียวได้ มีการเสนอวิธีการแก้ไขในวิธีการ Decourt ของการลงจุดเพื่อประเมินโหลดขีดจำกัดเกลียว นอกจากนี้ ยังสังเกตได้จากการวิเคราะห์การคาดการณ์ว่าจะเป็นการดีกว่าหากเลือกความสามารถในการรองรับตลับลูกปืนที่ปลายสุดจากเส้นโค้งของแบบจำลองที่คาดการณ์ไว้ที่การทรุดตัวเท่ากับ 10% ของเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียว มีการเสนอปัจจัยการลดลงตามผลการทดสอบโหลดเพื่อให้สามารถควบคุมการคาดการณ์ของวิธีการประมาณค่าที่ 10% ของเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวได้ [5]

การศึกษาการออกแบบเสาเข็มเหล็กที่รับแรงตามแนวแกน ด้วยการรวบรวมบทความที่เกี่ยวข้องทั้งหมดเกี่ยวกับการออกแบบเสาเข็มเหล็ก การเปรียบเทียบและความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นซึ่งท้ายที่สุดจะเกี่ยวข้องกับความพยายามในการออกแบบเสาเข็มที่เกี่ยวข้องในอนาคตครอบคลุมแนวทางการออกแบบร่วมสมัยในการตอกเสาเข็มและความสัมพันธ์ที่ตามมาระหว่างพารามิเตอร์การออกแบบทางธรณีเทคนิคต่างๆ การตรวจสอบนี้เน้นที่เสาเข็มตามแนวแกนที่รับแรงกดในแนวดิ่งและแรงดึงในดินทั้งที่มีเนื้อดินเหนียวและไม่เกาะตัวกัน ด้วยการวิเคราะห์อย่างเข้มงวดของวิธีการออกแบบที่ใช้การได้ทั้งหมด โดยสัมพันธ์กับความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มแบบเกลียว การเปรียบเทียบจะทำระหว่างวิธีการออกแบบที่แตกต่างกัน และความสนใจนำมาสู่ความต้องการการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทรุดตัวของเสาเข็มแบบเกลียว เพื่อให้สามารถ การออกแบบที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น [6]




**รูปที่ 2** เสาเข็มเหล็กรับแรงดึงและแรงอัดตามแนวแกนตามลำดับ[6]

*2.2 เสาเข็มเหล็ก*

เสาเข็มเหล็กคือระบบฐานรากสำเร็จรูปที่ผลิตมาจากเหล็กกล้า หรือเหล็กแผ่นรีดร้อน โดยผ่านกระบวนการป้องกันสนิม (Hot dip Galvanized) ซึ่งผสานเข้ากับเนื้อเหล็กกล้าโดยตรง จึงช่วยเพิ่มอายุการใช้งานให้ยาวนานมากกว่า 30 ปีขึ้นไป

เสาเข็มเหล็กมีลักษณะเป็นแท่งและมีอัตลักษณ์พิเศษด้วยใบเกลียวรูปทรงกรวย หรือที่เรียกว่า “FIN” ซึ่งจะช่วยยึดเกาะพื้นดิน และสร้างความสมดุลในการรับน้ำหนัก รวมไปถึงเพิ่มแรงกด และแรงถอนให้กับเสาเข็ม โดยตัวเข็มเหล็ก จะทำหน้าที่คอยยึดระหว่างโครงสร้างอาคารกับผิวดินเหนือชั้นดินดานเป็นหลัก

*2.3 ชนิดของเสาเข็มเหล็ก*

*2.3.1 เสาเข็มเหล็ก ประเภท N (ขนาดเล็ก)*

เสาเข็มเหล็กประเภท N คือ เสาเข็มเหล็กขนาดเล็ก เหมาะสำหรับงานโครงสร้างลักษณะเบา เช่น การประกอบติดตั้งระบบท่อวางบนพื้น, งานปรับความสูงพื้นที่, รั้ว, โซล่าฟาร์ม, เสาไฟขนาดเล็ก, ป้ายบอกทาง หรือเฉลียง ฯลฯ

จุดเด่นของเสาเข็มเหล็กประเภท N มีน้ำหนักเบา ขนาดกะทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายไปติดตั้งในพื้นที่แคบ ๆ ได้ด้วยคนเพียง 2-3 คน ในเวลาที่รวดเร็วเพียง 30 นาที

ข้อมูลจำเพาะของเสาเข็มเหล็กประเภท N

1. ความสูง : 0.6 – 2 m
2. เส้นผ่าศูนย์กลาง : 42 – 76 mm
3. แรงกด : ค่าสูงสุดที่รับได้ 3,500 kg
4. แรงถอน : ค่าสูงสุดที่รับได้ 2,500 kg
5. แรงผลัก : ค่าสูงสุดที่รับได้ 1,300 kg

*2.3.2 เสาเข็มเหล็ก ประเภท F (ขนาดกลาง)*

เสาเข็มเหล็กประเภท F คือ เสาเข็มเหล็กขนาดกลาง เหมาะสำหรับลักษณะงานโครงสร้างที่มีฟุตติ้งในตัว หรือเหมาะสำหรับงานที่ขึ้นโครงสร้างต่อจากเสาเข็มเหล็กได้ทันที รวมถึงโครงสร้างที่มีลักษณะใหญ่ขึ้น เช่น บ้าน 2 ชั้น, อาคารน็อคดาวน์, โครงสร้างอาคารแบบต่างๆที่สูงไม่เกิน 2 ชั้น, รั้วชนิดต่างๆ หรืองานต่อกับคอนกรีต

จุดเด่น: เสาเข็มเหล็กประเภท F มีเพลทหัวเสาแบบทรงกลมแบนที่สามารถยกโครงสร้างมาตั้ง หรือขึ้นโครงสร้างต่อได้ทันที โดยสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดถึง 20 ตัน/ต้น

ข้อมูลจำเพาะของเสาเข็มเหล็กประเภท F

1. ความสูง : 1.2 - 3 m
2. เส้นผ่าศูนย์กลาง : 76 - 220 mm
3. แรงกด : ค่าสูงสุดที่รับได้ 20,000 kg
4. แรงถอน : ค่าสูงสุดที่รับได้ 9,000 kg
5. แรงผลัก : ค่าสูงสุดที่รับได้ 4,500 kg

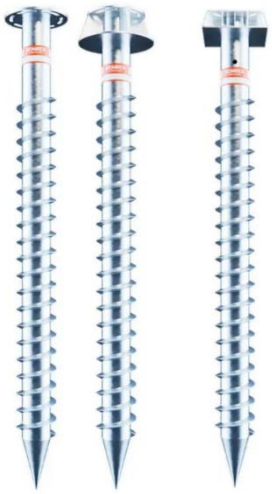
*2.3.3 เสาเข็มเหล็ก ประเภท FS (ขนาดกลาง)*

เสาเข็มเหล็กประเภท FS คือ เสาเข็มเหล็กขนาดกลาง โดยรวมจะมีลักษณะใกล้เคียงเสาเข็มเหล็กประเภท F แต่จะมีรูปแบบเพลทหัวเสาที่แตกต่าง อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในด้านการรับแรงผลัก และแรงถอนได้ดีกว่า เหมาะสำหรับงานโครงสร้างที่มีฟุตติ้งในตัว หรือเหมาะสำหรับงานที่ขึ้นโครงสร้างต่อจากเสาเข็มเหล็กได้ทันที เช่น บ้าน หรืออาคารน็อคดาวน์, โครงสร้างอาคารสูงไม่เกิน 2 ชั้น, งานเสาไฟ, เสา CCTV ฯลฯ

จุดเด่น: เสาเข็มเหล็กประเภท FS มีเพลทหัวเสาแบบสี่เหลี่ยมแบน ที่สามารถยกโครงสร้างมาตั้ง หรือขึ้นโครงสร้างต่อได้ทันที นอกจากนี้ ยังมีศักยภาพในการรับแรงผลัก และแรงถอนที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ข้อมูลจำเพาะของเสาเข็มเหล็กประเภท FS

1. ความสูง : 1.2 – 3 m
2. เส้นผ่าศูนย์กลาง : 68 – 220 mm
3. แรงกด : ค่าสูงสุดที่รับได้ 20,000 kg
4. แรงถอน : ค่าสูงสุดที่รับได้ 15,000 kg
5. แรงผลัก : ค่าสูงสุดที่รับได้ 10,000 kg



(1) (2)

**รูปที่ 3** ตัวอย่างเสาเข็มเหล็กประเภท F (1) และประเภท FS (2) ตามลำดับ

*2.3.4 เสาเข็มเหล็ก ประเภท D (ขนาดใหญ่)*

เสาเข็มเหล็กประเภท D คือ เสาเข็มเหล็กขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับงานโครงสร้างขนาดใหญ่ตั้งแต่ 4 ชั้นลงมา เช่น บ้าน อาคารประเภทต่างๆ โรงงาน เสาไฟขนาดใหญ่ หรือป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ เป็นต้น

จุดเด่น: เสาเข็มเหล็กประเภท D มีเพลทหัวเสาแบบทรงกลมแบนพร้อมครีบที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการรับแรงกด ทำให้สามารถรองรับโครงสร้างที่ใหญ่กว่าเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถขึ้นโครงสร้างต่อจากเพลทหัวเสาเข็มได้ทันที และมีขีดความสามารถในการรับน้ำหนักได้มากถึง 100 ตันต่อต้น และมีความยาวสูงสุด 34 เมตร (ความยาวลงลึกไปถึงชั้นดินดาน)

ข้อมูลจำเพาะของเสาเข็มเหล็กประเภท D

1. ความสูง : 6 – 34 m
2. เส้นผ่าศูนย์กลาง : 76 – 220 mm
3. แรงกด : ค่าสูงสุดที่รับได้ 100,000 kg
4. แรงถอน : ขึ้นอยู่กับลักษณะชั้นดิน
5. แรงผลัก : ขึ้นอยู่กับลักษณะชั้นดิน

*2.4 ส่วนประกอบของเสาเข็มเหล็ก*

1. หน้าแปลน (Flange) หน้าแปลน โดยเข็มเหล็กจะมีหน้าแปลนเสริมมาให้ในตัว ข้อดีของหน้าแปลนคือสามารถเชื่อมต่อกับโครงสร้างด้านบนได้ทันทีหลังการติดตั้งโดยไม่ต้องทำเพิ่ม

2. เส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter) ขนาดความกว้างของตัวเสาเข็มเหล็กที่ผันแปรไปตามรุ่นและความต้องการในการรองรับน้ำหนัก

3. เกลียว (Fin) เกลียวรอบข้างของเสาเข็มเหล็กที่ทำหน้าที่ยึดเกาะชั้นดิน สร้าง Skin Friction หรือแรงเสียดทานที่เกิดจากผิวด้านข้างของเสาเข็มกับดิน และเพิ่มการรับแรงกด/แรงถอน

4. เหล็กกัลวาไนซ์ (Galvanized Steel) เหล็กกัลวาไนซ์ที่ทำเสาเข็มเหล็กต้องผ่านกระบวนการ Hot-Dip Galvanized ที่มีความหนามากกว่า 100 ไมครอน ซึ่งถือเป็นวิธีการป้องกันการเกิดสนิมในเหล็กได้ดีที่สุดและเป็นที่ยอมรับมากที่สุด (ช่วยยืดอายุการใช้งานอย่างน้อย 50 ปี)

*2.5 วิธีการติดตั้งเสาเข็มเหล็ก*

แบ่งได้ 3 รูปแบบดังนี้

1.วิธีการติดตั้งแบบ HAND DRILL วิธีนี้ใช้แรงงานในการติดตั้งด้วยเทคนิคการหมุนแกนเจาะเพียง 2 คน ซึ่งเป็นวิธีการติดตั้งที่ให้ความกระชับและความรวดเร็วในการทำงาน เหมาะสำหรับสภาพพื้นที่แคบๆ หรือ พื้นที่หน้างานที่กระแสไฟฟ้าเข้าไม่ถึง และสามารถติดตั้งได้ตั้งแต่เสาเข็มเหล็กขนาดเล็ก ไปจนถึงขนาดกลางบางประเภท

2.วิธีการติดตั้งแบบ HAND DRIVE วิธีนี้ใช้เครื่องหมุนแกนเจาะไฟฟ้าแบบบังคับมือ โดยใช้แรงงานในการควบคุมเพียง 2 คน ซึ่งเป็นวิธีการติดตั้งที่ให้ความสะดวกรวดเร็ว เหมาะสำหรับหน้างานทุกพื้นที่ สามารถติดตั้งได้ตั้งแต่เสาเข็มเหล็กขนาดเล็ก ไปจนถึงขนาดกลาง

3.วิธีการติดตั้งแบบ MACHINE DRIVE การติดตั้งด้วยวิธีนี้เป็นการใช้เครื่องเจาะกำลังสูง หรือ ที่เรียกว่ารถ MDG โดยใช้แรงงานในการควบคุม 2-3 คน วิธีการติดตั้งแบบ MACHINE DRIVE เป็นวิธีการติดตั้งที่ให้ความสะดวกและรวดเร็ว แต่เหมาะสำหรับหน้างานที่มีพื้นที่เทียบเท่าขนาดรถหกล้อเล็กขึ้นไป ซึ่งสามารถติดตั้งเข็มเหล็กได้ทุกขนาดทุกประเภท

*2.6 ประโยชน์ของเสาเข็มเหล็ก*

1. เสาเข็มเหล็กเป็นระบบฐานรากที่มีการติดตั้งรวดเร็วในสภาพพื้นที่ปกติ และในพื้นที่แคบ โดยใช้เวลาเจาะ 30-60 นาทีต่อต้น จึงทำให้การดำเนินงานเสร็จเร็วกว่าการติดตั้งเสาเข็มแบบทั่วไป โดยสามารถดำเนินงานโครงสร้างต่อจากงานฐานรากได้ทันที

2. งานติดตั้งฐานรากที่เป็นเสาเข็มเหล็กนั้น ใช้ทรัพยากรแรงงานในการติดตั้งเพียง 2-3 คน ไม่ว่าจะเป็นการใช้แรงคน หรือเครื่องจักรในการติดตั้ง ซึ่งสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าแรงในการทำงาน

3. เสาเข็มเหล็กเป็นระบบฐานรากที่ติดตั้งด้วยวิธีการเจาะลงไปในชั้นดิน ซึ่งจะช่วยลดขั้นตอนที่มีความยุ่งยากของการติดตั้งเสาเข็มแบบทั่วไป เช่น การเปิดหน้าดิน, การเข้าแบบหล่อคอนกรีต, การใช้เหล็กเส้น หรือการทำความสะอาดหน้างาน จึงทำให้ไม่มีค่าใช้จ่ายส่วนนี้เพิ่ม

4. ไม่มีแรงสั่นสะเทือนในระหว่างการติดตั้ง มลภาวะทางเสียง และมลภาวะทางอากาศในขณะที่ติดตั้งอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับเสาเข็มแบบทั่วไป

**รูปที่ 4** การติดตั้งเสาเข็มเหล็กของบริษัท เข็มเหล็ก จำกัด

*2.7 ข้อดีและข้อเสียของเสาเข็มเหล็ก*

ข้อดีของเสาเข็มเหล็ก มีดังนี้

1. ความคุ้มค่าในด้านเวลา และค่าใช้จ่าย
2. การลดเศษดิน หรือ เศษปูนหน้างาน
3. การลดมลภาวะทางเสียง
4. การลดปัญหาเรื่องแรงสั่นสะเทือน และการเคลื่อนตัวของดิน
5. ความสะดวกรวดเร็วในการเคลื่อนย้าย และติดตั้งด้วยเวลาที่กระชับมากขึ้น
6. ความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ข้อเสียของเสาเข็มเหล็ก มีดังนี้

1. ไม่สามารถใช้ในดินทำให้เกิดการกัดกร่อนของโลหะอย่างรวดเร็ว
2. ราคาเมื่อเทียบกับเสาเข็มคอนกรีต ราคาจะสูงกว่า

## 3. วิธีการดำเนินการติดตั้งเสาเข็มเหล็กและการทดสอบ

*3.1 การเตรียมอุปกรณ์หรือศึกษาวิธีการติดตั้งของเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มแบบทั่วไปตามไซต์งานต่างๆ*

การเตรียมการเพื่อที่ศึกษาระบบการทำงานตามสถานที่ก่อสร้าง ได้แสดงในรูปที่ 5 การติดตั้งและเป็นการรวบรวมข้อมูลเพื่อในไปใช้การวิเคราะห์ต่างๆ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มคอนกรีต ซึ่งจะใช้เสาเข็มเสาเข็มแบบทั่วไปขนาด 22 x 22 ซม. ความยาว 2 เมตร จำนวน 1 ต้น เสาเข็มเหล็กประเภท N ขนาด 7.6 x 7.6 ซม. ความยาว 2 เมตร จำนวน 1 ต้น และ เสาเข็มเหล็กประเภท FS ขนาด 22 x 22 ซม. ความยาว 2 เมตร จำนวน 1 ต้น

*3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล*

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะแบ่งข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย 1) วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น อาทิเช่น ปัญหาในการติดตั้งเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มคอนกรีต 2) วิเคราะห์การทดสอบและประเมินเรื่องของประสิทธิภาพของเสาเข็มเหล็กในด้านต่างๆ เช่น ความรวดเร็วในการติดตั้ง ความแข็งแรงของเสาเข็มเหล็ก การก่อให้เกิดมลพิษในระหว่างการติดตั้ง

*3.3 วิเคราะห์ปัญหาในการติดตั้งเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มแบบทั่วไป*

จากข้อมูลจะมีปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นปัญหาการติดตั้ง ระยะเวลาในการทำงาน ปัญหาการจราจร ปัญหาเหล่านี้อาจก่อให้เกิดมลพิษต่างๆ เช่น มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นข้อแตกต่างได้ชัดเจนขึ้น

**รูปที่ 5** การติดตั้งเสาไฟฟ้าโดยใช้เสาเข็มเหล็กเป็นฐานราก

*3.4 วิเคราะห์ข้อมูลความสามารถการรับกำลังของเสาเข็มแต่ละประเภท*

วิเคราะห์ความสามารถการรับกำลังของเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มแบบทั่วไปจะใช้วิธีการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มด้วยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static load Test) ดังรูปที่ 6 เป็นการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มที่หน้างานจริง เพื่อตรวจสอบกับน้ำหนักบรรทุกที่กำหนดไว้จากรายการคำนวณว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร การทดสอบแบบนี้เป็นการทดสอบที่มีความน่าเชื่อถือมาก เพราะเป็นการทดสอบที่หน้างานกันจริง ๆ ทำให้สามารถตัดตัวแปรที่อาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบออกไป [5]

**รูปที่ 6** การทดสอบน้ำหนักบรรทุกของเข็มเหล็กด้วยวิธีสถิตยศาสตร์

*3.5 วิเคราะห์การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของเสาเข็ม*

การประเมินในเรื่องของประสิทธิภาพของเสาเข็มเหล็กจะประเมินจากการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ผ่านมา นำมาเปรียบเทียบข้อมูลและข้อดีข้อเสียของเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มคอนกรีต [3] อาทิเช่น ความรวดเร็วในการติดตั้ง ความแข็งแรงของเสาเข็มเหล็ก ความปลอดภัยในการติดตั้ง และก่อให้เกิดมลพิษ

**ตารางที่ 1** ตัวอย่างผลการทดสอบและค่าต่างๆของเสาเข็มคอนกรีตและเสาเข็มเหล็กประเภท N และ FS

| ชนิด / ค่าของเสาเข็ม | เสาเข็ม คสล. | เสาเข็มเหล็กรุ่น N | เสาเข็มเหล็ก รุ่น FS |
|---|---|---|---|
| ขนาด | □ 22 x 22 cm | 7.6 cm | 22 cm |
| Length (m) | 2-3 | 2-3 | 2-3 |
| Load (T) | 15-20 | 3.5 | 20 |

## 4. ผลการทดสอบ

4.1 จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบของเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มแบบทั่วไปในด้านต่างๆ พบว่าในฐานรากแบบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของเสาเข็มเท่ากันเสาเข็มเหล็กจะมีความสามารถในการรับน้ำหนักสูงสุดสูงกว่าเสาเข็มแบบทั่วไปเนื่องจากมีลักษณะเป็นแท่งและมีอัตลักษณ์พิเศษด้วยใบเกลียวรูปทรงกรวย หรือที่เรียกว่า “FIN” ซึ่งจะช่วยยึดเกาะพื้นดิน และสร้างความสมดุลในการรับน้ำหนัก รวมไปถึงเพิ่มแรงกด และแรงถอนให้กับเสาเข็มเหล็ก

4.2 การติดตั้งเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มแบบทั่วไปพบว่า เสาเข็มเหล็กติดตั้งได้อย่างรวดเร็วกว่าเสาเข็มแบบทั่วไป โดยใช้เวลาเจาะ 30-60 นาทีต่อต้น จึงทำให้การทำงานเสร็จเร็วกว่าการติดตั้งเสาเข็มแบบทั่วไป โดยสามารถทำงานโครงสร้างต่อจากงานฐานรากได้ทันที

4.3 ด้านสิ่งแวดล้อม ในการติดตั้งเสาเข็มเหล็กจะไม่มีแรงสั่นสะเทือนในระหว่างการติดตั้ง มลภาวะทางเสียง มลภาวะทางอากาศในขณะที่ติดตั้งอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับเสาเข็มแบบทั่วไป และลดเศษดินหรือเศษปูนในขณะการติดตั้งเสาเข็มเหล็ก

## 5.บทสรุป

5.1 จากข้อมูลในการวิเคราะห์การทดสอบและประเมินเรื่องของประสิทธิภาพของเสาเข็มเหล็กในด้านต่างๆพบว่า การใช้เสาเข็มเหล็กมีความรวดเร็ว โครงสร้างเสาเข็มมีความแข็งแรงขึ้นเนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำเสาเข็มเหล็กมีความแข็งแรง เมื่อเทียบกับเสาเข็มแบบทั่วไปพบว่ามีความปลอดภัยในการติดตั้ง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานวิศวกรรมการทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ผลการศึกษาปัญหาในการติดตั้งเสาเข็มเหล็กพบว่าลดปัญหาระหว่างการทำงานและลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ทั้งยังใช้เป็นกรณีศึกษาเพื่อเป็นแนวทางนำเสาเข็มเหล็กไปใช้ในการติดตั้งป้ายและเสาไฟฟ้าจากหน่วยงานกรมทางหลวง หน่วยงานราชการ หรือหน่วยงานเอกชนต่างๆ

5.3 ข้อจำกัดต่างๆของเสาเข็มเหล็ก คือ

1. ไม่สามารถใช้ในดินที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนของโลหะอย่างรวดเร็ว
2. ราคาเมื่อเทียบกับเสาเข็มแบบทั่วไป ราคาจะสูงกว่า
3. ในการติดตั้งเสาเข็มเหล็กต้องใช้คนงานเฉพาะทางหรือคนงานที่มีความเชี่ยวชาญเท่านั้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณหน่วยงานและบุคคลที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนดังต่อไปนี้ บริษัท เอสเอ็มซีซี (ประเทศไทย) จำกัด (SMCC) และบริษัท เข็มเหล็ก จำกัด

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] Abbase, H. O. (2017). Pullout capacity of screw piles in sandy soil. *Journal of Geotechnical Engineering*, *4*(1), 8-12.

[2] Al-Baghdadi, T. A., Brown, M. J., Knappett, J. A., & Al-Defae, A. H. (2017). Effects of vertical loading on lateral screw pile performance. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Geotechnical Engineering, 170(3), 259-272.

[3] Abbas, H. O., & Ali, O. K. (2020). Parameters affecting screw pile capacity embedded in soft clay overlaying dense sandy soil. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 745, No. 1, p. 012117). IOP Publishing

[4] Jiao, P., Zhang, H., & He, K. (2015, November). The environmental problems of highway construction. In *5th International Conference on Civil Engineering and Transportation* (pp. 1357-1360). Atlantis Press.

[5] Malik, A. A., Kuwano, J., Tachibana, S., & Maejima, T. (2016). Interpretation of screw pile load test data using extrapolation method in dense sand. *GEOMATE Journal*, *10*(19), 1567-1574.

[6] Mohajerani, A., Bosnjak, D., & Bromwich, D. (2016). Analysis and design methods of screw piles: A review. *Soils and Foundations*, *56*(1), 115-128.