

การประยุกต์ใช้เสาเข็มสกรูสำหรับเสาป้ายจราจรเพื่อลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง Application of Screw Piles for traffic sign poles to reduce carbon footprint in the construction industry

สรารุณ จิตงาม^{1,*} นครินทร์ ศรีสุวรรณ² เชิงชาย ทิพย์วีรกุล³ ประเสริฐ ธรรมมณูกุล⁴ สุรัส วาฤทธิ⁴ และ สมเกียรติ ชูแสงสุข⁵

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา

² สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

³ บริษัท เอสเอ็มซีซี (ประเทศไทย) จำกัด (SMCC)

⁴ บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด

⁵ วิศวกรและประธานคลินิกช่าง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

*Corresponding author; E-mail address: jaritngam@gmail.com

บทคัดย่อ

เสาป้ายจราจรมีความสำคัญมากในการควบคุมและช่วยให้การเดินทางบนท้องถนนเป็นไปอย่างปลอดภัย งานฐานรากเสาเข็มของป้ายจราจรส่วนใหญ่จะเลือกใช้เสาเข็มคอนกรีตโดยจะติดตั้งโดยการตอกเสาเข็ม ซึ่งจะทำให้เกิดเสียงดัง และในบางโครงการที่มีข้อจำกัดของพื้นที่จะทำให้เกิดความล่าช้าได้ บทความนี้จะนำเสนอการใช้เสาเข็มสกรูในการก่อสร้างฐานรากของโครงสร้างเสาป้ายจราจร เนื่องจากเสาเข็มสกรูมีข้อดีคือ มีความสามารถในการรับน้ำหนักสูง การติดตั้งเสาเข็มสกรูสามารถทำได้รวดเร็ว ไม่มีเสียงรบกวนและไม่มีการสั่นสะเทือน การวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะการรับน้ำหนักของฐานรากของเสาเข็มสกรูและเสาเข็มแบบทั่วไปจากการเก็บข้อมูลภาคสนาม ผลการศึกษาพบว่าในการเปลี่ยนมาใช้ฐานรากของเสาเข็มสกรูจะประหยัดเวลาติดตั้ง ลดเสียงรบกวน และมีความสามารถในการรับน้ำหนักสูงสุดของสูงกว่าเสาเข็มแบบทั่วไป นอกจากนี้ฐานรากเสาเข็มสกรูสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และสามารถรีไซเคิลได้ 100% เมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน ยังช่วยลดความจำเป็นในการใช้คอนกรีต ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโครงสร้างได้อย่างมาก และลดปริมาณงานขุดดินออกจากสถานที่ก่อสร้างได้

คำสำคัญ: เสาเข็มสกรู, เสาป้ายจราจร, การตรวจสอบภาคสนาม, คาร์บอนฟุตพริ้นท์

Abstract

Traffic sign poles are very important for controlling and ensuring safe travel on the roads. The foundation work for traffic sign poles mostly uses concrete piles, which are installed by driving piles, causing loud noise. In some projects with space constraints, this can lead to delays. This article presents the use of steel piles in constructing the foundations of traffic sign

structures, as steel piles have the advantage of high load-bearing capacity. The installation of steel piles can be done quickly, with no noise and no vibrations. A comparative analysis of the load bearing characteristics of the foundations of steel piles and conventional piles based on field data collection shows that switching to steel pile foundations saves installation time, reduces noise, and has a higher maximum load-bearing capacity than conventional piles. Additionally, steel pile foundations can be easily moved and are 100% recyclable at the end of their lifespan. This also helps reduce the need for concrete, significantly lowering the carbon dioxide emissions of the structure and reducing the amount of earth excavation from the construction site.

Keywords: Steel Piles, Traffic Sign Poles, Field Inspections, Carbon Footprint

1. คำนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด เนื่องจากการใช้วัสดุก่อสร้างหลัก ๆ เช่น คอนกรีตและเหล็ก ซึ่งกระบวนการผลิตวัสดุเหล่านี้ต้องใช้พลังงานจำนวนมากและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เข้าสู่ชั้นบรรยากาศ ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยรวม การลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอุตสาหกรรมนี้จึงเป็นความท้าทายที่สำคัญในการพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต

หนึ่งในโครงการที่สามารถใช้เป็นตัวอย่างในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์คือการติดตั้งเสาป้ายจราจร แม้ว่าโครงการนี้จะมีขนาดเล็ก แต่ก็มีความสำคัญโดยตรงต่อการเลือกวัสดุในการก่อสร้าง การใช้เสาเข็มสกรูแทนเสาเข็มคอนกรีตในการติดตั้งเสาป้ายจราจรจึงเป็นแนวทางที่มี

ศักยภาพในการลดการปล่อยคาร์บอน และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานก่อสร้าง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เสาป้ายจราจร

เสาเข็มสกรูได้รับการพัฒนาเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยเฉพาะในโครงการที่ต้องการโครงสร้างที่แข็งแรง ทนทาน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น โครงการติดตั้งเสาเข็มสกรู [1] การใช้เหล็กรีไซเคิลในการผลิตเสาเข็มสกรูกลายเป็นแนวทางสำคัญในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เนื่องจากกระบวนการผลิตเหล็กรีไซเคิลใช้พลังงานน้อยกว่าการผลิตจากแร่เหล็กใหม่ [2] ทั้งยังช่วยลดการขุดแร่จากธรรมชาติ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรง [3]

เสาเข็มสกรูมีความแข็งแรงและทนทานต่อแรงดันได้ดี โดยสามารถรับน้ำหนักได้เทียบเท่าหรือมากกว่าเสาเข็มคอนกรีต [4] อีกทั้งกระบวนการผลิตยังปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าการผลิตคอนกรีตอย่างมีนัยสำคัญ [5]

ข้อได้เปรียบอีกประการของเสาเข็มสกรูคือความรวดเร็วในการติดตั้ง ไม่จำเป็นต้องเทคอนกรีตหรือรอให้คอนกรีตแข็งตัว จึงช่วยย่นระยะเวลาการก่อสร้างและสามารถใช้งานได้ทันที [6] ทั้งนี้ การผลิตเหล็กจากเศษรีไซเคิลสามารถลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนลงได้มากถึง 60% เมื่อเทียบกับการผลิตจากแร่ใหม่ [7]

การใช้เหล็กรีไซเคิลในงานติดตั้งเสาเข็มสกรูจึงไม่เพียงช่วยลดต้นทุนวัสดุ แต่ยังเพิ่มประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมในกระบวนการก่อสร้างโดยรวม [8] เสาเข็มสกรูมีความทนทานต่อการกัดกร่อนและสภาพอากาศที่รุนแรงมากกว่าคอนกรีต ส่งผลให้มีอายุการใช้งานยาวนานและลดความถี่ในการบำรุงรักษา [9] นอกจากนี้ กระบวนการติดตั้งที่รวดเร็วช่วยลดผลกระทบต่อจราจรและสภาพแวดล้อมในบริเวณก่อสร้าง [4]

อย่างไรก็ตาม การใช้เสาเข็มสกรูก็ยังมีข้อจำกัด เช่น ต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าในบางกรณี เนื่องจากต้องใช้เหล็กที่มีคุณภาพสูงและกระบวนการควบคุมคุณภาพที่เข้มงวด [10]

ในอนาคต คาดว่าเสาเข็มสกรูจะได้รับการพัฒนาให้ตอบโจทย์การใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น การวิจัยด้านวัสดุเคลือบป้องกันการกัดกร่อน และการปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตเหล็กรีไซเคิลจะมีบทบาทสำคัญในการลด

ต้นทุน เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน และส่งเสริมให้เกิดการใช้งานในวงกว้างมากขึ้น [11]

2. ทบทวนวรรณกรรม

เสาเข็มสกรูเป็นวัสดุที่ได้รับการพัฒนาให้มีความทนทานและสามารถรองรับน้ำหนักได้ดี ซึ่งมีข้อดีสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะเมื่อใช้เหล็กรีไซเคิลในการผลิตเสาเข็ม การใช้เหล็กรีไซเคิลช่วยลดการใช้วัสดุใหม่ เช่น เหล็กที่ได้จากการขุดเหมือง และช่วยลดพลังงานที่ใช้ในการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กที่ได้จากกระบวนการหลอมใหม่

กระบวนการผลิตเหล็กรีไซเคิลมีการใช้พลังงานต่ำกว่าการผลิตเหล็กจากแร่เหล็ก เนื่องจากไม่ต้องทำการหลอมแร่เหล็กจากแหล่งธรรมชาติ ซึ่งช่วยลดการปล่อยก๊าซและการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณการขุดแร่และการผลิตเหล็กใหม่ การใช้เหล็กรีไซเคิลยังช่วยลดปริมาณขยะจากอุตสาหกรรม และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

เสาเข็มสกรูเป็นทางเลือกที่ช่วยลดการใช้คอนกรีตและลดของเสียจากกระบวนการก่อสร้าง เนื่องจากวัสดุเหล็กสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เกือบ 100% และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน นอกจากนี้ การติดตั้งเสาเข็มสกรูยังสามารถทำได้รวดเร็ว ลดระยะเวลาการก่อสร้าง และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [12] การศึกษาจำนวนมากพบว่าเสาเข็มสกรูมีคุณสมบัติในการรับน้ำหนักได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับเสาเข็มคอนกรีตแบบเดิม อีกทั้งยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือนำไปใช้ในโครงการอื่น ๆ หลังจากการรื้อถอน

2.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านวิศวกรรมและโครงสร้าง

เสาเข็มสกรูมีความยืดหยุ่นในการติดตั้งและปรับเปลี่ยนได้ง่ายกว่าเสาเข็มคอนกรีต โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ดินอ่อน ซึ่งการใช้เสาเข็มสกรูในกรณีนี้สามารถช่วยเพิ่มความมั่นคงของโครงสร้างได้ดี นอกจากนี้ เสาเข็มสกรูยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเนื่องจากไม่ต้องใช้คอนกรีต ซึ่งเป็นวัสดุที่มีส่วนสำคัญในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง [13] ในขณะที่เสาเข็มคอนกรีตเมื่อหมดอายุการใช้งานจะกลายเป็นขยะก่อสร้างที่ต้องใช้ทรัพยากรในการกำจัด ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [14] ในทางกลับกัน เสาเข็มสกรูสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้และมีความยั่งยืนมากกว่าในการจัดการหลังการใช้งาน

2.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและกระบวนการก่อสร้าง โดยเฉพาะในกรณีของคอนกรีต ซึ่งเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างที่มีส่วนสำคัญในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) อย่างมาก [13] การเลือกใช้วัสดุที่มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำ เช่น เหล็กที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การใช้เสาเข็มสกรูในงานติดตั้งเสาป้ายจราจรหรือโครงสร้างอื่น ๆ นับเป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เนื่องจากสามารถติดตั้งได้รวดเร็วกว่าเสาเข็มคอนกรีตถึง 30-50% ซึ่งช่วยลดต้นทุนในการใช้แรงงานและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญ [12] โดยเสาเข็มคอนกรีตต้องใช้เวลาในการเตรียมพื้นที่และรอให้คอนกรีตเซตตัว ซึ่งทำให้กระบวนการก่อสร้างมีความล่าช้า

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การใช้เสาเข็มสกรูสำหรับงานฐานรากเสาป้ายจราจรนับเป็นนวัตกรรมใหม่ในวงการก่อสร้าง โดยเฉพาะในประเทศไทย ซึ่งวิศวกรและผู้ใช้งานส่วนใหญ่ยังคงนิยมใช้ฐานรากรูปแบบดั้งเดิม นั่นคือ เสาเข็มคอนกรีตแบบตอก (Driven Concrete Pile) ที่มีการใช้งานมาอย่างยาวนานและแพร่หลาย ด้วยเหตุนี้ บทความฉบับนี้จึงมุ่งเน้นการเปรียบเทียบลักษณะการรับน้ำหนักและประสิทธิภาพของฐานรากระหว่างเสาเข็มสกรูและเสาเข็มคอนกรีต โดยพิจารณาในหลายมิติ ทั้งด้านวิศวกรรมและโครงสร้าง ได้แก่ วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างฐานรากของโครงสร้างเสาป้ายจราจร วิธีการติดตั้ง ความสามารถในการรับน้ำหนัก ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ต้นทุนรวมของกระบวนการก่อสร้าง และสำหรับการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเสาเข็มทั้งสองประเภท บทความนี้ได้ใช้หลักของวัฏจักรชีวิตของวัสดุ (Life Cycle Assessment: LCA) มาใช้เป็นกรอบในการวิเคราะห์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต การขนส่ง การติดตั้ง การใช้งาน ตลอดจนการรื้อถอนหรือการรีไซเคิลวัสดุ เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของเสาเข็มแต่ละประเภท

3.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเสาเข็มคอนกรีต

การผลิตคอนกรีตเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก โดยเฉพาะจากกระบวนการเผาปูนซีเมนต์ ซึ่งก่อให้เกิด CO₂ ในปริมาณสูง [13]

การผลิตคอนกรีตถือเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ โดยเฉพาะในกระบวนการเผาปูนซีเมนต์ ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซ CO₂ ในปริมาณที่สูง และเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [13] การปล่อยคาร์บอนจากการผลิตคอนกรีตเฉลี่ยสามารถแสดงได้ในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงค่าการปล่อย CO₂ ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตและการใช้งานคอนกรีต

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงการปล่อยก๊าซ CO₂ ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตคอนกรีต ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้คอนกรีตในโครงการก่อสร้างต่าง ๆ และเพื่อพัฒนาแนวทางลดการปล่อยคาร์บอนในอนาคต

ตารางที่ 1 ค่าการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของวัสดุเสาเข็มคอนกรีต [13]

ขั้นตอนการผลิต	ปริมาณการปล่อย CO ₂ (kgCO ₂ / m ³)	หมายเหตุ
การผลิตปูนซีเมนต์	800 – 1,200	ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและวัสดุที่ใช้
การขนส่งวัสดุ	100 – 200	ปริมาณการปล่อย CO ₂ ขึ้นอยู่กับระยะทางขนส่ง
การผสมและการติดตั้ง	100 – 200	รวมถึงพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตและติดตั้ง
การรื้อถอนและการรีไซเคิล	10 – 30	การรีไซเคิลวัสดุสามารถช่วยลดการปล่อย CO ₂

3.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเสาเข็มสกรู

เหล็กเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรม โดยแม้ว่าในกระบวนการผลิตเหล็กจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) อยู่บ้าง แต่เหล็กมีข้อได้เปรียบสำคัญคือสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้เกือบ 100% ซึ่งช่วยลดความจำเป็นในการใช้ทรัพยากรใหม่และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว [15]

ตารางที่ 2 ค่าการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยของวัสดุเสาเข็มสกรู [15]

วัสดุ	ปริมาณการปล่อย CO ₂ (kgCO ₂ / m ³)
เหล็กกล้าผลิตใหม่	1.8 – 2.0
เหล็กกล้ารีไซเคิล	0.5 – 0.6

จากข้อมูลใน ตารางที่ 2 แสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเหล็กกล้ารีไซเคิลที่ใช้ในการผลิตเสาเข็มสกรู ซึ่งอยู่ในช่วง 0.5–2.0 kgCO₂ ต่อกิโลกรัมของวัสดุ โดยพิจารณาเสาเข็มสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร และความยาว 10 เมตร ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 500–800 กิโลกรัม จะมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมประมาณ:

$$\text{ขั้นต่ำ: } 500 \text{ kg} \times 0.5\text{--}6 \text{ kgCO}_2/\text{kg} = 250\text{--}300 \text{ kgCO}_2$$

$$\text{สูงสุด: } 800 \text{ kg} \times 1.8\text{--}2.0 \text{ kg CO}_2/\text{kg} = 1140\text{--}1600 \text{ kg CO}_2 \text{ (ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต)}$$

อย่างไรก็ตาม หากใช้ เหล็กกล้ารีไซเคิลคุณภาพสูง ซึ่งมีค่าการปล่อย CO₂ เฉลี่ยอยู่ในช่วงล่างของสเกล (0.5 kgCO₂/kg) จะทำให้เสาเข็มสกรูขนาดดังกล่าวมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำเพียง 250–300 kgCO₂ เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่าเสาเข็มคอนกรีตที่มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงกว่าหลายเท่าตัวเมื่อพิจารณาจากปริมาตรและวัสดุที่ใช้ [13]

4. ผลการศึกษา

ในการติดตั้งเสาเข็มคอนกรีตแบบทั่วไป มักนิยมใช้วิธีการตอกเสาเข็มตามที่แสดงใน รูปที่ 2 โดยการติดตั้งเสาป้ายจราจรจะต้องอาศัยการหล่อฐานคอนกรีต ซึ่งมักใช้ แบบหล่อคอนกรีต ดังแสดงใน รูปที่ 3 กระบวนการนี้จำเป็นต้องมีการ ขุดดินเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับฐานราก ส่งผลให้เกิดเศษวัสดุเศษดิน และความสกปรกสะสมบริเวณใกล้เคียงตามแนวก่อสร้าง ดังแสดงใน

รูปที่ 4 ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในการจราจรชั่วคราวในระหว่างการดำเนินงาน [16]

ในทางตรงกันข้าม การใช้เสาเข็มสกรู (Screw Piles) ในการติดตั้งเสาป้ายจราจรแสดงให้เห็นถึง ความแตกต่างที่ชัดเจนในด้านกระบวนการติดตั้ง โดยสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ด้วยการ หมุนเสาเข็มให้จมลงในดิน โดยใช้เครื่องจักรเฉพาะทาง ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งไม่จำเป็นต้องขุดดินหรือใช้คอนกรีตในการหล่อฐานรากแต่อย่างใด ดังแสดงในรูปที่ 6 ทำให้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดระยะเวลาก่อสร้าง และลดปริมาณของเสียจากหน้างานได้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ เสาเข็มสกรูยังสามารถประยุกต์ใช้กับงานติดตั้งป้ายจราจรขนาดใหญ่ โดยเฉพาะในพื้นที่ข้างถนนหรือพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านเวลาและพื้นที่ทำงาน ดังแสดงใน รูปที่ 7 ถึง 10 เสาเข็มประเภทนี้สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี และผ่านการทดสอบตามมาตรฐานวิศวกรรม เช่น การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุก (Load Test) ซึ่งสามารถยืนยันความแข็งแรงและความปลอดภัยของโครงสร้างได้ตามข้อกำหนด



รูปที่ 2 การตอกเสาเข็มคอนกรีต



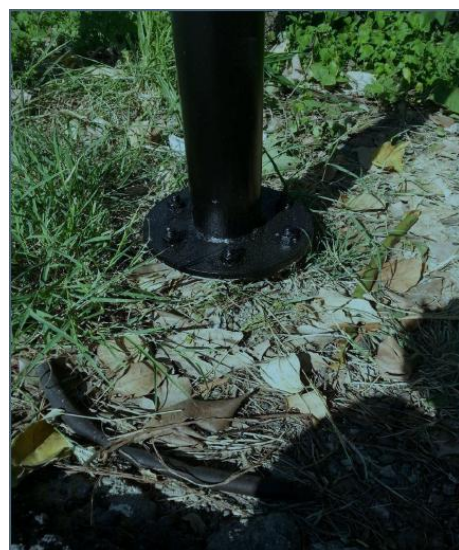
รูปที่ 3 การติดตั้งแบบหล่อของฐานเสาป้ายจราจรของเสาเข็มคอนกรีต [16]



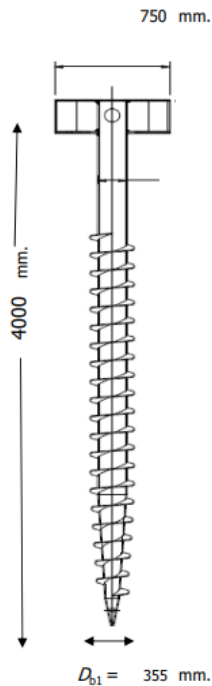
รูปที่ 4 การขุดเพื่อติดตั้งฐานเสาไฟฟ้าของเสาเข็มคอนกรีตทำให้เกิดสิ่งสกปรกบริเวณไหล่ทาง [16]



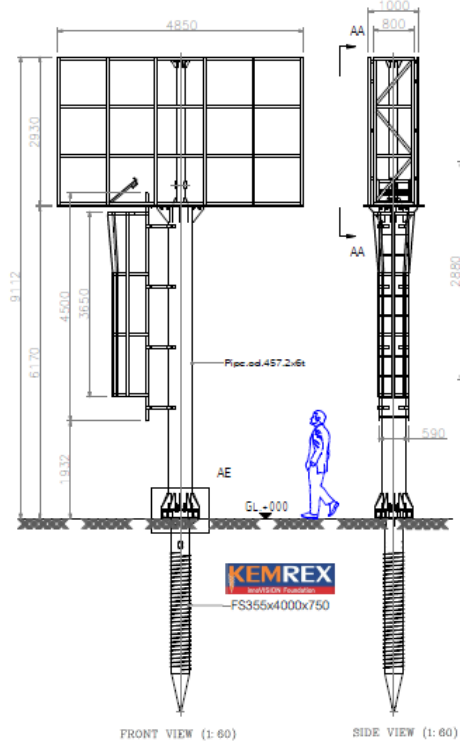
รูปที่ 5 การติดตั้งเสาเข็มสกรูบริเวณไหล่ทางข้างถนน



รูปที่ 6 การติดตั้งฐานเสาป้ายจราจรของเสาเข็มสกรูไม่ต้องใช้แบบหล่อคอนกรีต



รูปที่ 7 เสาเข็มสกรู FS355



รูปที่ 10 นวัตกรรมฐานรากเสาเข็มสกรูสำหรับป้ายขนาดใหญ่



รูปที่ 8 การติดตั้งเสาเข็มสกรูขนาดใหญ่ FS355



รูปที่ 9 การติดตั้งป้ายขนาดใหญ่โดยใช้นวัตกรรมฐานรากเสาเข็มสกรู

4.1 ผลการเปรียบเทียบเสาเข็มสกรูกับเสาเข็มคอนกรีต

เสาเข็มสกรูและเสาเข็มคอนกรีตเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างฐานรากของโครงสร้าง แต่มีความแตกต่างกันในหลายด้าน เช่น วิธีการติดตั้ง ความสามารถในการรับน้ำหนัก ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และต้นทุน โดยตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบด้านวิศวกรรมและโครงสร้างเสาเข็มสกรูกับเสาเข็มคอนกรีต

คุณสมบัติ	เสาเข็มสกรู	เสาเข็มคอนกรีต
วัสดุ	เหล็กกล้าเคลือบสังกะสีหรือพ่นสีกันสนิม	คอนกรีตเสริมเหล็ก
วิธีการติดตั้ง	หมุนลงดินโดยไม่ต้องตอก	ตอกหรือเจาะแล้วเทคอนกรีตลงในหลุม
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	ลดการสั่นสะเทือนและเสียงรบกวน	อาจทำให้ดินโดยรอบได้รับผลกระทบจากแรงสั่นสะเทือน
การรับน้ำหนัก	ดีในดินอ่อนและดินที่มีแรงเสียดทานต่ำ	ดีในดินแข็งและดินเหนียวที่มีแรงเสียดทานสูง
ความสะดวกในการติดตั้ง	ใช้เครื่องมือติดตั้งได้รวดเร็ว	ใช้เครื่องตอกหรือต้องขุดหลุมก่อนติดตั้ง
ต้นทุน	สูงกว่า แต่ลดค่าแรงและเวลาติดตั้ง	ถูกกว่าในแง่ของวัสดุ แต่ค่าแรงและเวลาติดตั้งมากกว่า
ความสามารถในการรีไซเคิล	สามารถถอดออกและนำกลับมาใช้ใหม่ได้	ไม่สามารถรีไซเคิลได้ง่ายและก่อให้เกิดของเสียจากการรื้อถอน
อายุการใช้งาน	50-100 ปี (ขึ้นอยู่กับการป้องกันสนิม)	มากกว่า 50 ปี (ขึ้นอยู่กับคุณภาพคอนกรีตและสภาพดิน)

4.2 ผลการเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเสาเข็มสกรูและเสาเข็มคอนกรีต

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบเสาเข็มสกรู และเสาเข็มคอนกรีต โดยใช้กรณีศึกษาของ โครงการก่อสร้างแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ระหว่างเสาเข็มสกรู รุ่น KEMREX W114x21000 ความยาว 21 เมตร จำนวน 23 ต้น และเสาเข็มคอนกรีต ขนาด 0.22x0.22 เมตร ยาว 21 เมตร ใน 3 หัวข้อ ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเสาเข็มความยาว 21 เมตร ร้อยละของการรีไซเคิลได้ และอายุการใช้งาน โดยการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเสาเข็มทั้งสองประเภทได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเสาเข็มคอนกรีต

ช่วง	CFP ทั้งโครงการ (kgCO ₂)	ร้อยละ	CFP/ต้น (kgCO ₂)
การได้มาซึ่งวัตถุดิบและการผลิต	11047.78	44.47	480.34
การกระจายสินค้าและขนส่งเครื่องจักร	189.93	0.76	8.26
การใช้งานและขุดดิน	1279.53	5.15	55.63
การกำจัดซาก	12327.31	49.62	535.97
CFP 114X21000 ต่อ 23 ต้น	24844.55	kgCO ₂	
CFP 114X21000 ต่อ 1 ต้น	1080.20 kgCO ₂		

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเสาเข็มสกรู

ช่วง	CFP ทั้งโครงการ (kgCO ₂)	ร้อยละ	CFP/ต้น (kgCO ₂)
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	15786.02	90.50	686.35
การผลิต	520.32	2.98	22.62
การกระจายสินค้า	19.69	0.11	0.86
การใช้งานและติดตั้ง	558.79	3.20	24.30
การกำจัดซาก	558.79	3.20	24.30
CFP 114X21000 ต่อ 23 ต้น	17443.61	kgCO ₂	
CFP 114X21000 ต่อ 1 ต้น	758.42 kgCO ₂		

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเสาเข็มสกรูกับเสาเข็มคอนกรีต

ประเภทเสาเข็ม	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCO ₂)	รีไซเคิลได้ (%)	อายุการใช้งาน (ปี)
เสาเข็มคอนกรีต	1080.20	10-20	30-50
เสาเข็มสกรู	758.42	90-100	50-100

จากการวิเคราะห์วงจรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) พบว่าเสาเข็มสกรูมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 758.42 kgCO₂ ขณะที่เสาเข็มคอนกรีตมีค่าอยู่ที่ประมาณ 1080.20 kgCO₂ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเสาเข็มสกรูปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าประมาณ 30% และมีศักยภาพในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโครงการก่อสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญ

เสาเข็มสกรูซึ่งผลิตจากเหล็กกล้ามีคุณสมบัติในการรีไซเคิลได้สูง โดยเฉลี่ยสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ประมาณ 95% [17, 18] ขณะที่เสาเข็มคอนกรีตสามารถรีไซเคิลได้เพียง 30-40% เท่านั้น โดยวัสดุหลักที่นำกลับมาใช้ได้คือเหล็กเส้น ส่วนคอนกรีตมักถูกใช้เป็นวัสดุรองพื้นหรือวัสดุมวลกลับ ซึ่งมีมูลค่าต่ำกว่า

เสาเข็มคอนกรีตมีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 50 ปี ในสภาพแวดล้อมมาตรฐาน [19] ขณะที่เสาเข็มสกรูมีอายุการใช้งานประมาณ 30-50 ปี ขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัสดุและการป้องกันการกัดกร่อน เช่น การเคลือบสารกันสนิม [18] แม้ว่าเสาเข็มคอนกรีตจะมีอายุใช้งานที่ยาวนานกว่าเล็กน้อย แต่เสาเข็มสกรูมีข้อได้เปรียบในด้านความสามารถในการรื้อถอนและนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเหมาะกับการออกแบบตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)

โดยสรุป เสาเข็มสกรูมีความได้เปรียบในด้านความยั่งยืน (sustainability) ทั้งในแง่ของการปล่อยคาร์บอนที่ต่ำกว่า และอัตราการรีไซเคิลวัสดุที่สูงกว่า แม้ว่าอายุการใช้งานจะใกล้เคียงหรือสั้นกว่าเล็กน้อย การเลือกใช้เสาเข็มในแต่ละโครงการจึงควรพิจารณาทั้งด้านวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อมร่วมกัน [20, 21]

5. สรุปผลการศึกษา

การใช้เสาเข็มสกรูในโครงการติดตั้งป้ายจราจรไม่เพียงแต่ช่วยลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ แต่ยังเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินโครงการอย่างยั่งยืน โดยการใช้เหล็กรีไซเคิลช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินโครงการ การศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องได้แสดงให้เห็นถึงข้อดีของการใช้เสาเข็มสกรูในงานติดตั้งเสาป้ายจราจร แต่ยังมีข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา เช่น ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นและความทนทานในบางสภาพแวดล้อม

จากการศึกษาพบว่าเสาเข็มสกรูสามารถลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการประเมินว่าเสาเข็มสกรูช่วยลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ประมาณ 30-50% เมื่อเทียบกับเสาเข็มคอนกรีต และยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เกือบ 100% ซึ่งช่วยลดของเสียจากกระบวนการผลิตและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวม

การติดตั้งเสาเข็มสกรูที่รวดเร็วช่วยให้กระบวนการก่อสร้างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดการใช้แรงงานและทรัพยากร ส่งผลให้โครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจสูงขึ้น แนวทางการพัฒนาต่อไปควรเน้นที่การพัฒนาวัสดุเคลือบป้องกันการกัดกร่อนและเพิ่มประสิทธิภาพการนำสูกกลับมาใช้ใหม่ให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรมีการพัฒนามาตรฐานและข้อกำหนดที่ส่งเสริมการใช้เสาเข็มสกรูในงานก่อสร้างมากขึ้น เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งในด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Liu, Y., Zhang, J., & Wang, F. (2019). Sustainability assessment of recycled steel in structural applications. *Journal of Structural Engineering*, 45(7), 354–365.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002271](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002271)
- [2] Hodgson, P., Martin, S., & Pollard, P. (2015). Reducing carbon footprints in the construction industry: The role of recycled materials. *Environmental Science & Technology*, 49(4), 1728–1735. <https://doi.org/10.1021/es5056568>
- [3] Cao, D., Lee, S., & Choi, J. (2018). Sustainability in construction: A review of environmental impact reduction strategies. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(8), 1–9.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001462](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001462)
- [4] Zhang, M., Chen, X., & Guo, J. (2017). Comparison of steel and concrete pile foundations in urban areas: A practical review. *International Journal of Civil Engineering*, 15(2), 87–94.
<https://doi.org/10.1007/s40940-017-0555-x>
- [5] Hassani, A., Ziaei, F., & Patel, S. (2020). Environmental impacts of concrete and steel: A comparative study in construction projects. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 29(3), 225–240.
<https://doi.org/10.1080/14597085.2020.1757973>
- [6] Tuan, L. S., & Tu, T. H. (2017). Application of steel piles in traffic sign installation: A case study. *Transportation Research Journal*, 10(2), 123–130.
<https://doi.org/10.1016/j.tr.2017.07.004>
- [7] European Commission. (2019). *Study on the use of recycled steel in construction*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2779/332123>
- [8] Zhao, W., Lee, H., & Wu, T. (2020). Energy-efficient construction: A review on sustainable materials and methods in infrastructure. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 115, 109347.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109347>
- [9] Ali, M. S., Ahmed, S., & Wang, X. (2018). Comparison of steel and concrete piles for bridge foundation systems: A review. *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, 9(5), 78–85. <https://doi.org/10.5897/JCECT2018.0334>
- [10] Xu, X., Liu, Y., & Zhang, S. (2018). Cost analysis and environmental benefits of using steel piles in infrastructure projects. *Journal of Infrastructure Systems*, 24(4), 04018024.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000424](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000424)
- [11] Wang, X., Zhang, Z., & Li, Y. (2021). Innovations in steel pile design for sustainable construction. *Construction and Building Materials*, 269, 121354.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121354>
- [12] Sakdirat, K., Phromsorn, S., Juntarakod, T., & Khongsap, S. (2018). Sustainable foundation construction: Comparative analysis of steel and concrete piles. *Journal of Civil Engineering and Management*, 24(6), 455–467.
- [13] Gursel, A. P., Ostertag, C. P., & Horvath, A. (2014). Life-cycle inventory analysis of concrete production: A critical review. *Cement and Concrete Composites*, 51, 38–48.
- [14] Ghosh, S. (2020). *Construction and demolition waste recycling: Sustainable reuse of materials in civil engineering projects*. Springer.
- [15] World Steel Association. (2021). *Sustainable steel: Indicators 2021*. World Steel Association.
- [16] สราวุธ จิตตงาม, นพดล ชูคง, นครินทร์ ศรีสุวรรณ, เชิงชาย ทิพย์วีรกุล, ประเสริฐ ธรรมมนุญกุล, & สมเกียรติ ชูแสงสุข. (2567). การประยุกต์ใช้เสาเข็มเหล็กในงานเสาไฟถนน. ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 29* (หน้า TRL-31).
- [17] Moynihan, M. C., & Allwood, J. M. (2012). The flow of steel into the construction sector. *Resources, Conservation and Recycling*, 68, 88–95.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.08.009>
- [18] Helios Screw Pile Foundation Systems. (2020). *Environmental benefits of screw piles: Lower carbon footprint & recyclability* [White paper].
<https://www.heliospiles.com/resources/environmental-benefits>
- [19] Fathifazl, G., Razaqpur, A. G., Isgor, O. B., Abbas, A., Fournier, B., & Foo, S. (2009). Sustainable construction with recycled concrete aggregate: A review. *Construction and Building Materials*, 23(2), 289–299.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.05.002>
- [20] International Organization for Standardization. (2006). *ISO 14040: Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework*. ISO.
- [21] International Organization for Standardization. (2006). *ISO 14044: Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines*. ISO.