

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการใช้งานโครงสร้างสาธารณูปโภคและที่อยู่อาศัยในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของเมืองในพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัดจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างโครงสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐานที่รับแรงกระทำด้านข้าง เช่น อาคารสูง ทางยกระดับสำหรับรถไฟและรถยนต์ และสะพาน โครงสร้างเหล่านี้นอกจากรับแรงในแนวตั้งได้แล้วยังต้องออกแบบให้มีความสามารถในการรับแรงทางด้านข้างที่อาจเกิดจากแรงลมแรงแผ่นดินไหว ซึ่งเห็นได้ชัดจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวจากต่างประเทศที่ส่งผลกระทบต่ออาคารสูงในประเทศไทยเมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2568 ที่ผ่านมา และยังมีแรงกระทำด้านข้างเนื่องจากการเบรกหรือแรงเหวี่ยงของยานพาหนะ สำหรับแรงที่กระทำต่อโครงสร้างส่วนบนนี้ต้องถ่ายลงสู่ฐานรากไปยังเสาเข็ม เนื่องจากสภาพชั้นดินเหนียวกรุงเทพฯ ส่วนบนลึกประมาณ 10 ถึง 18 เมตร เป็นชั้นดินที่มีกำลังรับแรงเฉือนต่ำ จึงจำเป็นต้องใช้เสาเข็มยาวเพื่อถ่ายแรงกระทำไปสู่ชั้นดินลึกที่มีกำลังสูงกว่า โดยฐานรากส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นฐานรากเสาเข็มกลุ่มและยึดรั้งหัวเสาเข็มไว้ด้วย pile cap ในการคำนวณกำลังต้านทานแรงกระทำด้านข้างของเสาเข็มในอดีตใช้สมการเชิงทฤษฎีของ (Broms, 1964) ที่ต้องใช้สมมติฐานบางประการ เช่น ชั้นดินต้องเป็นชนิดเดียวกัน ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ไม่ตรงกับสภาพธรรมชาติของดินจริง ส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณการเคลื่อนตัวของเสาเข็มที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง งานวิจัยที่ศึกษากำลังรับแรงกระทำด้านข้างของเสาเข็มส่วนใหญ่ใช้การทดสอบกับแบบจำลองย่อส่วนกับเสาเข็มที่ทำจากเหล็กและพลาสติกในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ งานวิจัยของ (Cox et al., 1984), (Wang and Reese, 1986), และ (Shibata et al., 1989) พบว่าเสาเข็มในกลุ่มที่จัดเรียงกลุ่มเสาเข็มตามแนวแรงกระทำ (in-line) และตั้งฉากกับแนวแรงกระทำ (side-by-side) ต้องมีระยะห่างระหว่างเสาเข็มอย่างน้อย 3 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง จึงจะทำให้พฤติกรรมของเสาเข็มกลุ่มใกล้เคียงกับเสาเข็มเดี่ยว แต่งานวิจัยในห้องปฏิบัติการมีข้อจำกัดในการนำไปใช้จริงเนื่องจากผลของการย่อส่วนที่มีผลต่อหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในวัสดุ จึงนำไปสู่งานวิจัยที่ศึกษาพฤติกรรมของเสาเข็มจริงในสนามที่ส่วนใหญ่เป็นการทดสอบเสาเข็มเดี่ยว เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการทดสอบค่อนข้างสูง โดยงานวิจัยของ (Submaneeewong, 2009) ได้ทำการทดสอบเสาเข็มรับแรงด้านข้างในชั้นดินกรุงเทพฯ โดยทดสอบเสาเข็มเจาะกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.65 เมตร และเสาเข็มแบบเรีตรูปตัวที ซึ่งมีขนาดของปีก 3 เมตร x 1 เมตร และขนาดของเอว 2 เมตร x 1 เมตร ยาว 56 เมตร และงานวิจัยของ (Thipsumontha et al., 2016) ได้รายงานพฤติกรรมการรับแรงกระทำด้านข้างของเสาเข็มแบบเรีตขนาดใหญ่ขนาด 0.8 เมตร x 2 เมตร ซึ่งใช้รับเสาสถานีรถไฟฟ้าสายสีเขียวในชั้นดินกรุงเทพฯ สำหรับการทดสอบฐานรากเสาเข็มกลุ่มที่เป็นเสาเข็มขนาดใหญ่ในชั้นดินกรุงเทพฯ นั้น

มีเพียงงานวิจัยของ (Wachiraprakarnpong, 1993) ที่ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงด้านข้างของเสาเข็มเจาะซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร ยาว 37 เมตร ในชั้นดินกรุงเทพ โดยทำการทดสอบแบบเสาเข็มกลุ่ม 2 ต้น (F2) ออกแรงดันโดยใช้เสาเข็มกลุ่ม 3 ต้น (F3) ทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาแก่กันและกัน ในงานวิจัยดังกล่าวยังได้ทดสอบเสาเข็มเจาะเดี่ยวเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตรจนกระทั่งถึงสภาวะวิบัติด้วย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกแนวทางหนึ่งเป็นการศึกษาพฤติกรรมของเสาเข็มโดยใช้การคำนวณเชิงตัวเลข โดยงานวิจัยของ (Submaneewong, 2009) ได้ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามมิติด้วยซอฟต์แวร์ PLAXIS 3D ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการรับแรงด้านข้างของเสาเข็มกลมและแบบเรีตรูปตัวที โดยใช้แบบจำลองดิน Mohr-Coulomb soil model และพิจารณาถึงการแตกร้าวของหน้าตัดเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กเมื่อโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าโมเมนต์แตกร้าว โดยใช้การลดค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่เป็นสตีเฟนของ volume element ที่ใช้ในการจำลองเสาเข็ม ส่วนงานวิจัย (Wachiraprakarnpong, 1993) ได้เสนอค่า p-y curve ของเสาเข็มโดยใช้การคำนวณจากสมการที่เสนอโดย (Matlock, 1970) และทำนายการเคลื่อนตัวของเสาเข็ม (load-deflection curve) โดยใช้สมการที่เสนอโดย (Poulos, 1971) และงานวิจัยของ (Thipsumontha et al., 2016) ได้เสนอผลการศึกษา p-y curve ของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพโดยการวิเคราะห์กลับจากการเคลื่อนตัวของเสาเข็มจากผลการทดสอบในสนามโดยใช้ซอฟต์แวร์ LPILE

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าการทดสอบเสาเข็มรับแรงกระทำด้านข้างในชั้นดินเหนียวกรุงเทพนั้นพบได้น้อยมากเมื่อเทียบกับการทดสอบเสาเข็มรับแรงกระทำในแนวตั้งเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการทดสอบสูงมาก และการวิเคราะห์พฤติกรรมของเสาเข็มในอดีตนิยมใช้วิธี p-y curve ที่ศึกษาโดย (Matlock, 1970) เป็นการศึกษาเสาเข็มเดี่ยวที่ทำจากเหล็กในชั้นดินเหนียวซึ่งเหล็กเป็นวัสดุที่ไม่เกิดการแตกร้าวเหมือนคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำสูงมาก และในทางปฏิบัตินั้น เสาเข็มของอาคารสูงหรือโครงสร้างส่วนใหญ่นิยมใช้งานเป็นลักษณะเสาเข็มกลุ่ม ส่งผลให้วิธี p-y curve ไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาพฤติกรรมของเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ที่เป็นเสาเข็มกลุ่มและเสาเข็มเดี่ยวโดยการใช่วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามมิติ และใช้แบบจำลองดิน Hardening soil model ที่สามารถจำลองสตีเฟนของดินที่ขึ้นกับระดับความเค้นได้ อีกทั้งยังใช้แบบจำลองวัสดุของที่ลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณตามงานวิจัยของ (Dao, 2011) ได้เปรียบเทียบการจำลองเสาเข็มในซอฟต์แวร์ไฟไนต์เอลิเมนต์สามมิติ PLAXIS 3D โดยการจำลองเสาเข็มโดยใช้ embedded beam element และ volume element ซึ่งการจำลองด้วย EBE นี้ยังสามารถกำหนดพฤติกรรมการครากของวัสดุที่ใช้ก่อสร้างเสาเข็มได้ การศึกษาพฤติกรรมของเสาเข็มที่สามารถกำหนดพฤติกรรมที่ซับซ้อนกว่างานวิจัยในอดีตนั้นจะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของฐานรากที่รับแรงกระทำด้านข้างในโครงการที่มีความซับซ้อนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ทั้งแบบเสาเข็มเดี่ยวและเสาเข็มกลุ่มที่รับแรงด้านข้างในชั้นดินเหนียวกรุงเทพ
- 2) เพื่อศึกษาแบบจำลองดิน พารามิเตอร์ของแบบจำลองดิน และความละเอียดของตาข่ายวิเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับทำนายการเคลื่อนตัวของเสาเข็มรับแรงกระทำด้านข้างด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบสามมิติ
- 3) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของเสาเข็มรับแรงด้านข้างโดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามมิติ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ใช้ข้อมูลที่รวบรวมจากผลการทดสอบเสาเข็มรับแรงด้านข้างของโครงการโฮปเวลล์ บริเวณสถานีกลางบางซื่อ กรุงเทพมหานคร และโครงการทดสอบเสาเข็มแบบเรีตฐานราก อาคาร Millennium Residence กรุงเทพมหานคร
- 2) แบบจำลองดินที่จะใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยแบบจำลอง Mohr-Coulomb soil model และแบบจำลอง Hardening soil model
- 3) ประเภทของเสาเข็มที่จะทำการศึกษา มี 2 ประเภท คือ เสาเข็มเดี่ยว (เสาเข็มเจาะและเสาเข็มแบบเรีตรูปตัวที) และเสาเข็มกลุ่ม (เสาเข็มกลุ่ม 2 ต้น และเสาเข็มกลุ่ม 3 ต้น)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบถึงพฤติกรรมของเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ทั้งแบบเสาเข็มเดี่ยวและเสาเข็มกลุ่มที่รับแรงด้านข้าง ในชั้นดินเหนียวกรุงเทพ
- 2) ทราบถึงแบบจำลองดิน พารามิเตอร์ของแบบจำลองดิน และความละเอียดของตาข่ายวิเคราะห์ที่เหมาะสมในการทำนายการเคลื่อนตัวของเสาเข็มที่รับแรงด้านข้างด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามมิติ
- 3) ทราบถึงพฤติกรรมของเสาเข็มรับแรงด้านข้างโดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามมิติ