

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยการพัฒนาระบบสาธารณูปโภคได้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกประเทศทั่วโลก อีกทั้งปัจจัยด้านพื้นที่บนดินที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้เกิดโครงการก่อสร้างอุโมงค์ใต้ดินขึ้นมากมาย เพื่อตอบสนองความต้องการด้านการขนส่งมวลชน จนถึงระบบสาธารณูปโภคด้านอื่นๆ ในประเทศไทยเองก็เช่นกัน ได้มีโครงการก่อสร้างอุโมงค์ใต้ดินเกิดขึ้นจำนวนมากในปัจจุบันตั้งแต่อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสายแรกของกรุงเทพฯ หรือสายเฉลิมรัชมงคล อุโมงค์ส่งน้ำประปาขนาดใหญ่ อุโมงค์สำหรับสายส่งกระแสไฟฟ้า และอุโมงค์ระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วม การขุดเจาะอุโมงค์ดังกล่าวใช้วิธีการขุดเจาะด้วยหัวเจาะแบบปรับแรงดันดินสมดุล (Earth Pressure Balance Shield, EPBS) ที่นิยมใช้ในการก่อสร้างอุโมงค์ในดินอ่อน โดยเฉพาะในชั้นดินกรุงเทพฯ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าการก่อสร้างอุโมงค์ใต้ดินด้วยหัวเจาะจะมีความปลอดภัยมากกว่าในอดีตมาก แต่ยังคงพบปัญหาการเคลื่อนตัวของดินอยู่เสมอ เช่น การทรุดตัวที่ผิวดินหรือการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของดิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อโครงสร้างบนผิวดินและใต้ดินที่อยู่ใกล้กับแนวการก่อสร้างอุโมงค์ โดยเฉพาะเสาเข็มที่อยู่ใกล้กับแนวการก่อสร้างอุโมงค์ ในการประเมินความเสี่ยงของเสาเข็มในปัจจุบันพบว่า มีอยู่สี่วิธีหลักๆ คือ 1) วิธีเชิงตัวเลข วิธีนี้สามารถจำลองสภาพแวดล้อมโครงสร้างและพฤติกรรมของหัวเจาะหรืออุโมงค์ได้บางส่วน โดยสามารถจำลองได้ทั้งแบบระนาบสองมิติและสามมิติ 2) วิธีสองขั้นตอนโดยที่การวิเคราะห์จะแบ่งเป็นสองขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 จะคำนวณการเคลื่อนตัวของดินอันเนื่องมาจากการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยหัวเจาะที่ไม่มีเสาเข็มอยู่ซึ่งอาจจะคำนวณการเคลื่อนตัวของดินด้วยวิธีสมการเชิงวิเคราะห์เป็นต้น และขั้นตอนที่ 2 จะนำค่าการเคลื่อนตัวของดินที่ได้ไปใช้ในการหาผลกระทบต่อเสาเข็มโดยใช้วิธีต่างๆ เช่น วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ วิธี boundary element หรือวิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรน 3) การทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างแบบจำลองทางกายภาพขนาดเล็ก 4) วิธีผสมทางเลือก ซึ่งเป็นวิธีที่ทำการทดสอบด้วยวิธีอย่างน้อย 2 วิธี เช่น วิเคราะห์การตอบสนองของเสาเข็มด้วยวิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ (FEA) โดยในการวิเคราะห์ด้วยวิธี (FEA) จะทำการจำลองสภาวะต่างๆ ให้สอดคล้องกับวิธีทดสอบในห้องปฏิบัติการจากนั้นจะนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธีดังกล่าวมาทำการเปรียบเทียบกันเป็นต้น จากวิธีดังกล่าวแต่ละวิธีมีความน่าสนใจและหลักการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน และวิธีแบบสองขั้นตอนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ ได้มีผู้ใช้วิธีนี้ในการศึกษาผลกระทบต่อฐานรากเสาเข็มได้เป็นผลสำเร็จ แต่ยังคงมีความไม่ชัดเจนในเรื่องของความครบถ้วนของ

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และความจริงของพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของดินจากการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยหัวเจาะแบบปรับแรงดันดินสมดุลในขั้นตอนที่ 1 ดังนั้นในการประเมินผลกระทบต่อเสาดำเนินเนื่องมาจากการขุดเจาะอุโมงค์จึงควรจะศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการขุดเจาะอุโมงค์ให้ครบถ้วนและพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของดินจากการขุดเจาะอุโมงค์ให้มีความสมจริง โดยจากการศึกษางานวิจัยในอดีตควรใช้ค่าการเคลื่อนตัวของดินที่มีความสมจริงในการวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 1 โดยควรใช้ค่าการเคลื่อนตัวของดินที่ได้จากการตรวจวัดค่าจริงจากการก่อสร้างอุโมงค์ในขั้นตอนที่ 1 และนำไปใช้ในการหาผลกระทบต่อเสาดำเนินในขั้นตอนที่ 2 จะทำให้สามารถประเมินผลกระทบต่อเสาดำเนินได้ดียิ่งขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

จุดมุ่งหมายของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของเสาดำเนินต่อการเคลื่อนตัวของดินจากการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยหัวเจาะ โดยจะหาค่าการเคลื่อนตัวและแรงตามแนวแกนของเสาดำเนินที่มีระดับปลายเสาดำเนินจากผิวดินไม่เกินยอดของอุโมงค์ โดยทำการศึกษาพฤติกรรมของเสาดำเนินที่เกิดขึ้น และจัดทำกราฟความสัมพันธ์เพื่อการออกแบบเพื่อใช้ประเมินผลกระทบต่อเสาดำเนินเพื่อที่จะให้วิศวกรผู้ควบคุมงานและวิศวกรผู้รับจ้างสามารถประเมินความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับเสาดำเนินที่อยู่ใกล้กับแนวการก่อสร้างอุโมงค์ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยมีผลกระทบน้อยที่สุด วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมการตอบสนองของเสาดำเนินต่อการเคลื่อนตัวของดิน ที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างอุโมงค์ด้วยหัวเจาะแบบปรับแรงดันดินสมดุล โดยจะทำการศึกษาการเคลื่อนตัวของเสาดำเนินในแต่ละทิศทางและแรงตามแนวแกนที่เกิดขึ้นในเสาดำเนินเป็นหลัก

1.2.2 สร้างกราฟความสัมพันธ์เพื่อการออกแบบสำหรับเสาดำเนินสั้น เพื่อใช้ประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น กับเสาดำเนินเนื่องมาจากการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยหัวเจาะในชั้นดินเหนียวอ่อน กรุงเทพมหานคร

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของเสาดำเนินเดี่ยว ที่เกิดขึ้นจากการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยหัวเจาะ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของเสาดำเนินจากการขุดเจาะอุโมงค์มีวิธีการศึกษาที่แตกต่างกัน จากอดีตหนึ่งในวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ได้รับการยอมรับคือวิธีสองขั้นตอน ซึ่ง Chen et al (1999); Longanathan et al (2001); Kitiyodom et al (2005) และ Xu and Poulos (2001) ได้ให้การยอมรับในการวิเคราะห์เกี่ยวกับพฤติกรรมของเสาดำเนินด้วยวิธีดังกล่าวอย่างมาก เช่น Chen et al (1999) ได้ใช้วิธีสองขั้นตอนนี้ในการศึกษาพฤติกรรมการ-

ตอบสนองของเสาเข็มต่อการเคลื่อนตัวของดินจากการขุดเจาะอุโมงค์ พร้อมทั้งสร้างกราฟความสัมพันธ์เพื่อการออกแบบสำหรับใช้ประเมินผลกระทบต่อเสาเข็มสั้น โดยในการวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 1 นั้น ได้ใช้สมการเชิงวิเคราะห์ที่เสนอโดย Longanathan and Poulos (1998) แต่จากการศึกษาของ Chaiwonglek (2009) พบว่าสมการดังกล่าวเมื่อใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าการเคลื่อนตัวของดินที่ทำการตรวจวัดได้จากโครงการรถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคลยังไม่สมจริงมากนัก ดังนั้นหากนำค่าการเคลื่อนตัวที่วัดได้จริงไปใช้ในขั้นตอนที่ 1 ของวิธีสองขั้นตอนและใช้วิเคราะห์ต่อไปในขั้นตอนที่ 2 น่าจะทำให้การศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของเสาเข็มต่อการเคลื่อนตัวของดินจากการขุดเจาะอุโมงค์ในชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพมหานครมีความสมจริงมากยิ่งขึ้น และเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในสภาพทางธรณีเทคนิคของกรุงเทพมหานครมากยิ่งขึ้น

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัยมาจากการศึกษาผลกระทบต่อเสาเข็มอันเนื่องมาจากการขุดเจาะอุโมงค์จากอดีตจนถึงปัจจุบัน และพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของดินจากการตรวจวัดของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล โดยนำค่าการเคลื่อนตัวของดินที่ได้มาทำการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อเสาเข็มด้วยวิธีสองขั้นตอน พร้อมทั้งจัดทำกราฟความสัมพันธ์เพื่อการออกแบบเพื่อใช้ประเมินผลกระทบต่อเสาเข็มสั้นจากการขุดเจาะอุโมงค์ในชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพมหานคร ขั้นตอนการศึกษาสามารถดูได้จากหัวข้อ 1.60

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการศึกษาและวิจัยด้วยวิธีสองขั้นตอนเพื่อประเมินพฤติกรรมการตอบสนองของเสาเข็มต่อการเคลื่อนตัวของดินอันเนื่องมาจากการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยหัวเจาะมีดังนี้

1.5.1 การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของดิน และพฤติกรรมการตอบสนองของเสาเข็มต่อการเคลื่อนตัวของดินจะวิเคราะห์ในช่วงระยะเวลาที่สั้น (Short term) หรือการเสีรูปโดยทันทีทันใดเท่านั้น ไม่คิดผลของการเสีรูปในช่วงระยะยาว (Long Term) หรือการอัดตัวคายน้ำของดิน (Consolidation Settlement)

1.5.2 การวิเคราะห์จะพิจารณาเฉพาะการเสีรูปที่เกิดจากการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยหัวเจาะเท่านั้น

1.5.3 ในการวิเคราะห์แบบสองขั้นตอน ในขั้นตอนที่ 1 จะเป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของดินโดยปราศจากเสาเข็ม และจะทำการวิเคราะห์โดยใช้ค่าการเคลื่อนตัวของดินที่ได้จากการตรวจวัดในโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคลที่เสนอโดย Suwansawat (2002) และในการ

วิเคราะห์ขั้นตอนที่ 2 จะนำค่าการเคลื่อนตัวของดินจากขั้นตอนที่ 1 มาทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อเสาเข็มโดยใช้วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ 3 มิติ เท่านั้น

1.5.4 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ และข้อมูลสภาพทางธรณีวิทยาจะใช้ข้อมูลจากโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล ซึ่งเป็นการขุดเจาะอุโมงค์ในชั้นดินอ่อน การนำไปใช้จึงเหมาะสมสำหรับการก่อสร้างอุโมงค์ด้วยหัวเจาะในชั้นดินอ่อนเท่านั้น

1.5.5 เสาเข็มที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นเสาเข็มที่มีรูปร่างหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.30 เมตร และมีตำแหน่งของปลายเสาเข็มจากผิวดินไม่เกินยอดของหัวเจาะอุโมงค์เท่านั้น

1.5.6 การวิเคราะห์จะเป็นกรณีที่แรงดันด้านหน้าหัวเจาะมีค่าน้อยกว่าแรงดันดิน ซึ่งเป็นกรณีที่การเคลื่อนตัวของดินมีลักษณะที่เข้าสู่ตัวอุโมงค์เท่านั้น

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษางานวิจัยสามารถสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1.6.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์พฤติกรรมการตอบสนองของเสาเข็มต่อการเคลื่อนตัวของดินอันเนื่องมาจากการขุดเจาะอุโมงค์จากอดีตจนถึงปัจจุบัน

1.6.2 ศึกษางานขุดเจาะอุโมงค์ด้วยหัวเจาะ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยละเอียด เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมของดินที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะพฤติกรรม การเคลื่อนตัวของดินที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการเคลื่อนที่ของหัวเจาะ โดยเน้นการเคลื่อนตัวของดินทางแนวขวางและการเคลื่อนตัวของดินทางแนวยาว พร้อมทั้งการเคลื่อนตัวของดินในระดับลึกจากผิวดินเป็นหลัก

1.6.3 ทำการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ เช่น ค่าพารามิเตอร์ของสภาพทางธรณีวิทยา เสาเข็ม และหัวเจาะ

1.6.4 ทำการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของดินและการประเมินผลกระทบต่อโครงสร้างข้างเคียงด้วยวิธีสองขั้นตอนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.6.4.1 วิเคราะห์ขั้นตอนที่ 1 นำข้อมูลการเคลื่อนตัวของดินทางแนวยาวที่ได้จากการตรวจวัดในโครงการรถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคล มาทำการหาค่าการเคลื่อนตัวทางขวางที่ผิวดิน (Surface settlements) โดยใช้สมการที่เสนอโดย Peck (1969) พร้อมทั้งหาค่าการเคลื่อนตัวทางขวางใต้ผิวดิน (Subsurface settlements) ที่เสนอโดย Mair et al. (1993) และค่าการเคลื่อนตัวของดินทางด้านข้าง (Lateral deformation) ที่เสนอโดย Norgrove et al. (1979)

1.6.4.2 นำค่าการเคลื่อนตัวของดินที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการตอบสนองของเสาเข็มต่อการเคลื่อนตัวของดินด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ 3 มิติ โดยพฤติกรรมของดินจะถูกจำลองโดยใช้ทฤษฎีของมอร์-คูลอมป์

1.6.5 วิเคราะห์ผลที่ได้ โดยจะเน้นการเคลื่อนตัวของเสาเข็มและแรงตามแนวแกนที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยหัวเจาะเป็นหลัก

1.6.6 ทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์เพื่อการออกแบบเพื่อประยุกต์ใช้ประเมินผลกระทบต่อเสาเข็มในชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพมหานคร

1.6.7 จัดทำสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ