บทที่ 1

บทนำ

สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

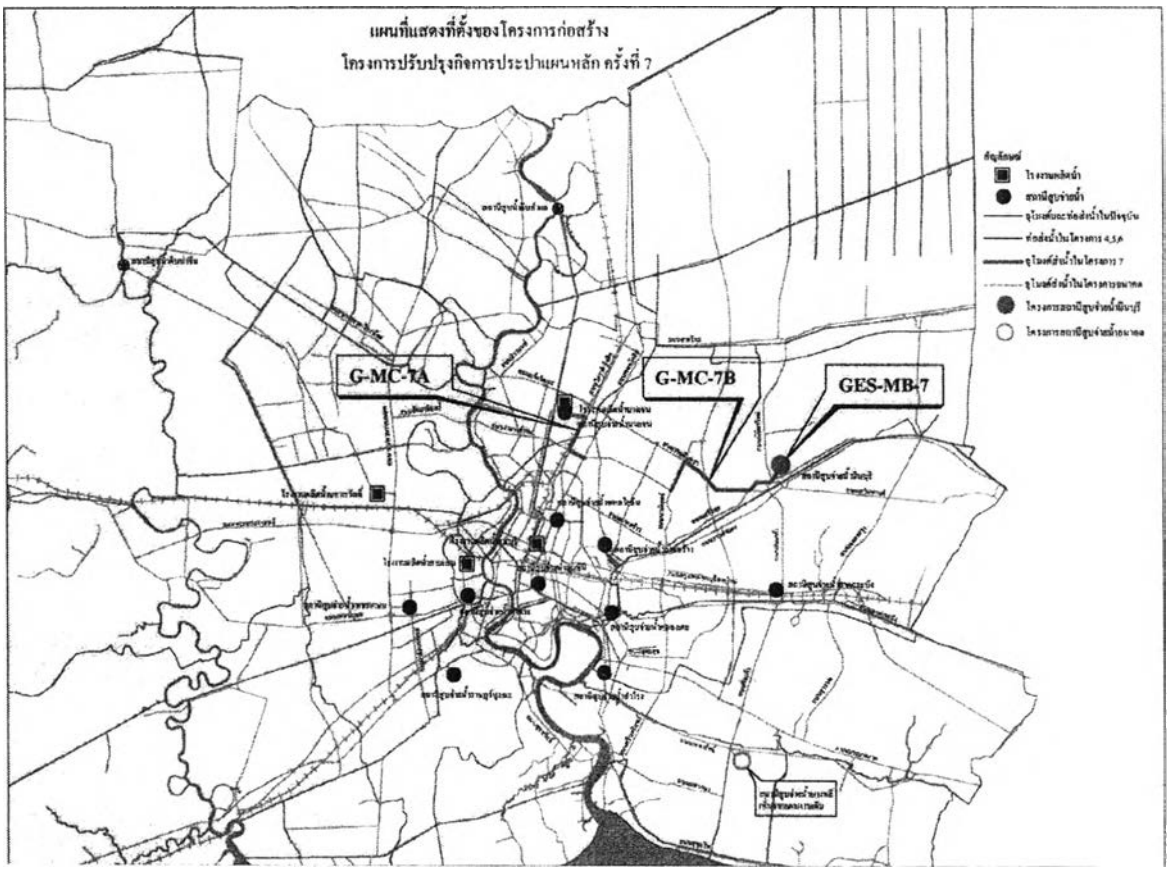
ที่ผ่านมา งานในโครงการก่อสร้างอุโมงค์และขุดใต้ดินขนาดใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นโครงการ ก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน โครงการก่อสร้างอุโมงค์น้ำเสีย โรงไฟฟ้าใต้ดิน หรือ อุโมงค์ในงานเขื่อน ฯลฯ มักจะอยู่ภายใต้การกำกับการของวิศวกรชาวต่างชาติเสียเป็นส่วนมาก ในช่วง 10 ปีก่อนนี้ งานก่อสร้างอุโมงค์และขุดใต้ดินในบ้านเรา ได้เกิดขึ้นมากมาย และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นอีกมากในอนาคตอันใกล้ แต่เป็นความจริงที่ว่า ก่อนหน้านี้เรามีบุคลากรที่รู้ซึ้งในเรื่องดังกล่าวน้อยมาก วิศวกรไทยจึงมักมีบทบาทเป็นเพียงตัวประกอบในโครงการเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็น ที่เราจะต้องช่วยกันส่งเสริมการเรียนรู้ และเพิ่มความสามารถให้บุคลากรในบ้านเราให้ทัดเทียมต่างชาติ กลุ่มงานอุโมงค์นี้ ได้เริ่มก่อตัวขึ้น เมื่อเริ่มแรกจากการที่ประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นประเทศก่อตั้งสมาคมนานาชาติงานอุโมงค์ (ITA) เมื่อเกือบ 30 ปีก่อน โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ซึ่งขณะนั้นเป็นหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างอุโมงค์เป็นตัวแทนประเทศไทย ต่อมาในปี พ.ศ. 2536 กฟผ. เห็นว่า งานอุโมงค์ในบ้านเรา มีการขยายเพิ่มขึ้นมากในหลายหน่วยงาน ไม่เฉพาะ กฟผ. จึงได้โอนความเป็นตัวแทนมาอยู่ ที่ ว.ส.ท. ภายใต้คณะอนุกรรมการวิศวกรรมปฐพี ซึ่งเมื่อได้โอนมาแล้ว กลุ่มส่งเสริมฯ จึงเกิดขึ้นและมีการดำเนินการกิจกรรม ทั้งการจัดการบรรยายพิเศษ ในเรื่องเกี่ยวกับประสบการณ์จากโครงการใหญ่ในบ้านเรา การจัดอบรมในประเด็นงานออกแบบและเทคนิคการก่อสร้างอุโมงค์ และงานก่อสร้างใต้ดินอื่น

ในอดีตงานก่อสร้างอุโมงค์ใต้ดินนั้นมีความซับซ้อนยุ่งยากมาก อีกทั้งยังก่อให้เกิดความเสียหายและผลกระทบต่อโครงสร้างที่อยู่เหนือแนวอุโมงค์ และโครงสร้างข้างเคียงเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการเจาะอุโมงค์ในดินอ่อน แต่ในสถานการณ์ปัจจุบัน เทคโนโลยีในงานก่อสร้างและขุดเจาะอุโมงค์ใต้ดินนั้นพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีการติดตั้งเครื่องมือวัดทางธรณีเทคนิค เพื่อวัดการเคลื่อนตัวของดิน ทำให้มีความปลอดภัยต่อโครงสร้างข้างเคียงมากยิ่งขึ้น ปัญหาความเสียหายที่เกิดขึ้นอย่างในอดีตนั้น ลดลงเป็นอย่างมาก ทำให้งานก่อสร้างและขุดเจาะอุโมงค์ในดินอ่อนสามารถทำได้อย่างมีคุณภาพมากขึ้น ในเขตกรุงเทพมหานครนั้น มีแนวโน้มการก่อสร้างและขุดเจาะอุโมงค์ใต้ดินเพิ่มมากขึ้น สืบเนื่องมาจากการเจริญเติบโตและขยายตัวทางเศรษฐกิจ มีจำนวน

ประชากรที่ย้ายถิ่นฐานเข้าสู่เมืองหลวงเป็นจำนวนมาก ทำให้การขยายตัวของชุมชนเมืองในเขตกรุงเทพและปริมณฑลเป็นไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ระบบการขนส่งมวลชน ระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ทั้งน้ำประปา ไฟฟ้า และโทรศัพท์ ในปัจจุบันมีไม่เพียงพอกับความต้องการของประชาชน ดังนั้นรัฐบาลจึงเร่งดำเนินการก่อสร้างเพื่อให้สามารถรองรับการเจริญเติบโตของสังคมเมือง

การก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ ที่รัฐบาลได้ดำเนินการอยู่จนกระทั่งปัจจุบันนั้นมีหลายโครงการด้วยกัน อาทิเช่น โครงการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคลของการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย หรือ รฟม. (Mass Rapid Transit Authority of Thailand, MRTA) โครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย โครงการก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วม อุโมงค์ผันน้ำคลองเปรมประชากร ของกองพัฒนาระบบระบายน้ำ สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร โครงการก่อสร้างสายส่งพลังไฟฟ้าใต้ดินขนาด 230 เควี เชื่อมสถานีต้นทางลาดพร้าวกับสถานีต้นทางวิภาวดี ของการไฟฟ้านครหลวง (Metropolitan Electricity Authority) และอุโมงค์ส่งน้ำของการประปานครหลวง (Metropolitan Water Works Authority, MWA)

เมื่อ 30 ปีที่แล้ว การประปานครหลวงมีโครงการที่จะต้องปรับปรุงงานมากมาย หนึ่งในนั้นก็คือการก่อสร้างโรงงานผลิตน้ำบางเขน และระบบส่งน้ำที่จำเป็นต้องใช้ท่อขนาดใหญ่มาก เพื่อส่งไปบริการให้ผู้ใช้น้ำอย่างทั่วถึง แต่ก็มีปัญหาว่าการขุดถนนเพื่อวางท่อใหญ่ ๆ จะกระทบกับการจราจร และบางแห่งก็ไม่มีที่เหลือให้วาง เพราะติดฐานรากอาคาร และสาธารณูปโภคอื่น ๆ ที่ปรึกษาจึงแนะนำให้ก่อสร้างอุโมงค์ เพราะเป็นการวางใต้ผิวดินลึกลงไป 17 - 20 เมตร ลดปัญหาการจราจรได้มาก ซึ่งในปัจจุบันการประปานครหลวงมีอุโมงค์ส่งน้ำรวมประมาณ 42 กิโลเมตร เพื่อขยายเขตการให้บริการน้ำประปา การประปานครหลวง. ได้เริ่มก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำ และสถานีสูบจ่ายน้ำมีนบุรี เพื่อให้ชาวมีนบุรี หนองจอก มีน้ำประปาใช้กันอย่างทั่วถึง อุโมงค์สายใหม่ที่กำลังก่อสร้างนี้มีความยาวรวม 20.7 กิโลเมตร ดังรูปที่ 1.1 โดยการก่อสร้างแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกจากโรงงานผลิตน้ำบางเขนไปตามถนนวิภาวดีรังสิต จนถึงถนนงามวงศ์วานตัดใหม่ ระยะทางประมาณ 6.7 กิโลเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.4 เมตร ช่วงที่ 2 จากปลายถนนงามวงศ์วานตัดใหม่ ไปถึงสถานีสูบจ่ายน้ำมีนบุรี ความยาวประมาณ 14 กิโลเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เมตร กำหนดแล้วเสร็จปลาย พ.ศ.2546 ส่วนสถานีสูบจ่ายน้ำมีนบุรีกำหนดแล้วเสร็จในเดือนกรกฎาคม 2547 เมื่อโครงการนี้แล้วเสร็จผู้ใช้น้ำในพื้นที่มีนบุรี หนองจอก คู้บอน สุวินทวงศ์ รามอินทรา นิมิตรใหม่ และบริเวณใกล้เคียง ซึ่งปัจจุบันเป็นเขตขยาย มีโครงการบ้านจัดสรรใหม่ ๆ ผุดขึ้นจำนวนมาก จะได้มีน้ำประปาใช้กันอย่างทั่วถึงมากขึ้น รวมถึงทดแทนการใช้น้ำบาดาล ซึ่งรัฐบาลประกาศให้ยกเลิกบ่อบาดาลภายในสิ้นปี พ.ศ.2546



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการก่อสร้างโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักครั้งที่ 7

การก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำดังกล่าวนั้น เป็นโครงการก่อสร้างอุโมงค์ขนาดใหญ่ มีแนวเส้นทางเดินของอุโมงค์ ตั้งอยู่ในเขตเมืองที่มีการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนเป็นจำนวนมาก แนวเส้นทางเดินของอุโมงค์นั้นจึงต้องผ่าน ทางรถไฟ ทางยกระดับ หรือต้องตัดผ่านเข้าใกล้เสาเข็มของโครงสร้างทางยกระดับอื่น ๆ ที่ได้ก่อสร้างเอาไว้แล้ว บางจุดจะต้องตัดเสาเข็มของโครงสร้างออกแล้วเสริมฐานรากใหม่ ให้สามารถใช้งานได้ปกติ โดยไม่เกิดอันตรายและความเสียหายต่อโครงสร้างเดิม จึงจะสามารถก่อสร้างอุโมงค์ในแนวเดิมต่อไปได้ บริเวณที่ต้องทำการศึกษา Obstruction ในงานอุโมงค์มี 4 จุดคือ

- บริเวณ Pipe Support ของการประปานครหลวง
- บริเวณ Fiber optic, Oil pipe line และ รางรถไฟ
- บริเวณ Underpass ทางเข้าสนามกอล์ฟ นอร์ทปาร์ค
- เสาเข็มตอม่อโครงการดอนเมืองโทลเวย์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1.2.1. เพื่อศึกษาถึงวิธีการทำการเสริมและตัดฐานราก (Underpinning) ในงานอุโมงค์

1.2.2. วิเคราะห์การเคลื่อนตัวของชั้นดิน บริเวณจุด Obstruction โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ชั้นสูง (Finite Element Method)

1.2.3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบ ค่าการทรุดตัวของดินที่หาได้จาก การวิเคราะห์ด้วยวิธี Finite Element Method กับค่าการทรุดตัวที่วัดได้จริงในสนาม

1.2.4. เพื่อศึกษาขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานก่อสร้างอุโมงค์ โดยหัวเจาะระบบแรงดันดินสมดุลย์ (Earth Pressure Balance System)

1.2.5. เพื่อศึกษาการใช้เครื่องมือทางธรณีเทคนิคในงานก่อสร้างอุโมงค์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นกรณีศึกษาการก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำประปา ที่ขุดเจาะด้วยวิธีระบบแรงดันดินสมดุลย์ (Earth Pressure Balance System) ของโครงการก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำสัญญาเลขที่ G-MC-7A เริ่มจากโรงงานผลิตน้ำบางเขนไปตามถนนวิภาวดีรังสิต จนถึงถนนงามวงศ์วานตัดใหม่ ระยะทางประมาณ 6.7 กิโลเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกอุโมงค์ 4.05 เมตรและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในอุโมงค์ 3.7 เมตร โดยศึกษาเฉพาะกรณีการขุดเจาะอุโมงค์ผ่านโครงสร้างใต้ดิน ทั้ง 4 จุดดังนี้

1.3.1. บริเวณ Pipe Support ของการประปานครหลวง

1.3.2. บริเวณ Fiber optic cable, Oil pipe line และ รางรถไฟ

1.3.3. บริเวณ Underpass ทางเข้าสนามกอล์ฟนอร์ธปาร์ค

1.3.4. เสาเข็มตอม่อโครงการดอนเมืองโทลเวย์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1. ทำให้ทราบถึงเทคนิค ขั้นตอน และวิธีการก่อสร้างอุโมงค์โดยใช้หัวเจาะระบบแรงดันดินสมดุลย์ (Earth Pressure Balance)

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4.2. ทราบถึงเทคนิคและขั้นตอน การทำการปรับปรุงและ ซ่อมแซมฐานราก โดยการทำ Underpinning

1.4.3. ทำให้ทราบถึงวิธีการคำนวณและทฤษฎีที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัวของชั้นดินที่เกิดจากการขุดเจาะอุโมงค์

1.4.4 สามารถใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม Plaxis ในการวิเคราะห์ และคาดคะเนความเสียหายที่เกิดจากการทรุดตัวของชั้นดิน เนื่องจากการขุดเจาะอุโมงค์ผ่านโครงสร้างขนาดใหญ่ได้

1.4.5 สามารถเลือกใช้เครื่องมือทางธรณีเทคนิค ในการตรวจวัดพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของดินที่เกิดจากการขุดเจาะได้อย่างเหมาะสม

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1.5.1. ศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในงานอุโมงค์

1.5.2. เก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปของโครงการที่ทำการศึกษา

1.5.2.1.ข้อมูลทั่วไปของโครงการก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำ

1.5.2.2.ลักษณะชั้นดินโดยทั่วไป ของแนวเส้นทางการขุดเจาะอุโมงค์

1.5.2.3.ศึกษาแนวเส้นทางการขุดเจาะอุโมงค์

1.5.3. ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทำงาน

1.5.3.1.ชนิดของหัวเจาะ และการทำงานของหัวเจาะ

1.5.3.2.ชนิดของดาดอุโมงค์ที่ใช้

1.5.3.3 ขั้นตอนการก่อสร้างและการติดตั้งผนังอุโมงค์

1.5.4.ข้อมูลเกี่ยวกับการขุดเจาะอุโมงค์ผ่านจุด Obstruction ทั้ง 4 จุด

1.5.4.1.ขั้นตอนและเทคนิคการทำงาน Underpinning

1.5.4.2.ข้อมูลโครงสร้างใต้ดินและแนวเสาเข็มที่แนวอุโมงค์ตัดผ่าน

- บริเวณ Pipe Support ของการประปานครหลวง
- บริเวณ Fiber optic cable, Oil pipe line และ รางรถไฟ
- บริเวณ Underpass ทางเข้าสนามกอล์ฟนอร์ธปาร์ค
- เสาเข็มตอม่อโครงการดอนเมืองโทลเวย์

1.5.5.ข้อมูลเกี่ยวกับการติดตั้งเครื่องมือวัดในสนาม

1.5.5.1.การติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวของดินในสนาม

1.5.5.2.ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือ

- บริเวณ Pipe Support ของการประปานครหลวง
- บริเวณ Fiber optic cable, Oil pipe line และ รางรถไฟ
- บริเวณ Underpass ทางเข้าสนามกอล์ฟนอร์ธปาร์ค
- เสาเข็มตอม่อโครงการดอนเมืองโทลเวย์

1.5.6.ข้อมูลการเคลื่อนตัวของดินที่วัดได้ในสนาม

1.5.6.1.การทรุดตัวที่ผิวดิน

1.5.6.2.การทรุดตัวที่ระดับความลึกต่าง ๆ

1.5.6.3.การเคลื่อนตัวด้านข้างของชั้นดิน

1.5.7. ศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Finite Element Method

1.5.7.1.กำหนดแนวทางในการวิเคราะห์

1.5.7.2.เลือกโปรแกรม PLAXIS มาใช้ในการวิเคราะห์

1.5.7.3.กำหนดการวิเคราะห์ปัญหาเป็นแบบ Plain Strain (2 มิติ)

1.5.7.4.เลือกใช้แบบจำลองดินชนิด Mohr Coulomb

1.5.8. ศึกษาพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธี Finite Element Method โดยใช้โปรแกรม PLAXIS 7.2 ซึ่งในการวิเคราะห์ จำเป็นต้องทราบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของดินและโครงสร้างใต้ดินซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ นี้มีหลายตัวแปรด้วยกัน ที่ต้องทำการศึกษาวิธีการนำตัวแปรต่างมาใช้ โดยแบ่งตัวแปรเป็น 2 ประเภทด้วยกัน

1.5.8.1. Parameter ที่เกี่ยวกับดิน

- กำลังรับแรงของดินเหนียว (Undrain Shear Strength, Su)
- กำลังรับแรงของดินทราย (N - Value)
- สัมประสิทธิ์แรงดันด้านข้างแบบสถิต (K_0)
- ค่าโมดูลัสของดิน (Soil Modulus, Eu)
- มุมเสียดทานของดิน (ϕ)

1.5.8.2. Parameter ที่เกี่ยวกับโครงสร้างใต้ดิน

- น้ำหนักของผนังอุโมงค์, (Weight, w)
- น้ำหนักเสาเข็ม (Weight, w)
- ค่าอัตราส่วนปัวซอง (Poission 's ratio, ν)
- ค่าโมดูลัสของโครงสร้าง (Young's Modulus, E)
- พื้นที่หน้าตัดของโครงสร้างที่ทำการวิเคราะห์ (Area, A)
- โมเมนต์ความเฉื่อยของโครงสร้างที่ทำการวิเคราะห์ (I)
- Normal stiffness, EA
- ความแข็งเชิงดัด (Flexural rigidity, EI)