การก่อสร้างอุโมงค์ลอดถนนราชพฤกษ์-ถนนนครอินทร์

อภิชัย วชิระปราการพงษ์, ดร.ธีระวุฒิ เจือณรงค์ฤทธิ์ และ สุธี นาคิน

ถนนราชพฤกษ์และถนนนครอินทร์เป็นถนนสายหลักเชื่อมต่อโครงข่ายการจราจรบริเวณด้านทิศตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยจุดตัดของถนนราชพฤกษ์และถนนนครอินทร์ได้จัดให้มีวงเวียนในการเดินรถ พร้อมทั้งมีสะพานลอยในแนวถนนนครอินทร์ ข้ามจุดตัดของวงเวียน ในปัจจุบันวงเวียนจุดตัดถนนราชพฤกษ์-ถนนนครอินทร์เป็นจุดที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น โดยเฉพาะชั่วโมงเร่งด่วนในช่วงเช้าและเย็น จากการสำรวจศึกษาพบว่าการจราจรในบริเวณดังกล่าวมีปริมาณจราจรที่มุ่งเข้าสู่วงเวียนจากทุกทิศทางมากถึง 9,900 คัน/ชั่วโมง มีปริมาณจราจรที่อยู่ภายในวงเวียนสูงสุดถึง 5,400 คัน/ชั่วโมง ซึ่งเกินขีดจำกัดความจุของวงเวียนที่รองรับปริมาณการจราจรได้ และจากการคาดการณ์ปริมาณจราจรพบว่า ในปีพ.ศ. 2560 จะมีปริมาณจราจรภายในวงเวียนถึง 7,200 คัน/ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดอย่างต่อเนื่อง นอกจากนั้นในช่วงที่ผ่านมายังมีรายงานการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณดังกล่าวอยู่บ่อยครั้งและมีแนวโน้มที่สูงขึ้นทุกปี

เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าว รวมทั้งเพื่อปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพโครงข่ายถนนนครอินทร์-ถนนราชพฤกษ์ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น กรมทางหลวงชนบทจึงได้วางแผนการก่อสร้างอุโมงค์ลอดที่บริเวณจุดตัดดังกล่าว ซึ่งนับได้ว่าเป็นการศึกษาและออกแบบโครงการที่คำนึงถึงรายละเอียดต่าง ๆทางวิศวกรรมให้โครงการมีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมได้อย่างสมบูรณ์ บทความนี้จะกล่าวถึง รูปแบบและขั้นตอนการก่อสร้างอุโมงค์ลอดบริเวณวงเวียนราชพฤกษ์-นครอินทร์ ซึ่งมีโครงสร้างกันดินแตกต่างกันตามความเหมาะสม 3 รูปแบบ ประกอบไปด้วย กำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก เสาเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เมตร เรียงชิดติดกัน (Tangent Pile Wall , T-Wall) และกำแพงไดอะแฟรมวอลล์ ซึ่งวิธีการและลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของระบบค้ำยันและขั้นตอนการขุด อีกทั้งในการก่อสร้างอุโมงค์ลอดครั้งนี้ทำการก่อสร้างผ่านเสาต่อม่อสะพานข้ามวงเวียนเดิมโดยไม่มีการปิดการจราจรบนสะพาน ซึ่งต้องระมัดระวังในเรื่องความปลอดภัยในการก่อสร้างเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ในการก่อสร้างมีการติดตั้งเครื่องมือวัดทางธรณีเทคนิคทั้ง Tiltmeter และ Inclinometer เพื่อติดตามการเคลื่อนตัวของเสาต่อม่อสะพานและโครงสร้างกำแพงกันดินในระหว่างการก่อสร้างเพื่อความปลอดภัยในการก่อสร้าง

1. ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของโครงการ

ถนนราชพฤกษ์และถนนนครอินทร์เป็นถนนสายหลักเชื่อมต่อโครงข่ายการจราจรบริเวณด้านทิศตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาโดยมีถนนราชพฤกษ์เป็นถนนในแนวเหนือ-ใต้เชื่อมต่อระหว่างถนนรัตนาธิเบศร์ในทิศเหนือกับถนนเพชรเกษมในทิศใต้ขนาด 6 ช่องจราจรของถนนสายหลัก โดยมีความยาวประมาณ 18 กิโลเมตร และมีถนนนครอินทร์ซึ่งมีแนวในทิศตะวันตกและตะวันออกเชื่อมกับถนนกาญจนาภิเษกหรือ ถนนวงแหวนตะวันตก ในทิศตะวันตกวิ่งตัดผ่านแม่น้ำเจ้าพระยาที่สะพานพระราม 5 เชื่อมกับกับถนนประชาราษฎร์และถนนติวานนท์ในทิศตะวันออกขนาด 6 ช่องจราจรของถนนสายหลัก โดยมีความยาวประมาณ 12 กิโลเมตรดังแสดงในรูปที่ 1

ในปัจจุบันวงเวียนจุดตัดถนนราชพฤกษ์-ถนนนครอินทร์เป็นจุดที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น โดยเฉพาะชั่วโมงเร่งด่วนในช่วงเช้าและเย็นซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดอย่างต่อเนื่อง นอกจากนั้นในช่วงที่ผ่านมายังมีรายงานการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณดังกล่าวอยู่บ่อยครั้ง กรมทางหลวงชนบทจึงได้พิจารณาถึงรูปแบบทางเลือกต่าง ๆในการแก้ไขปัญหา เช่น การก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดบริเวณวงเวียน การก่อสร้างสะพานกลับรถ การก่อสร้างทางแยกต่างระดับ ซึ่งพบว่าการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดบริเวณวงเวียนมีความเหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากความเหมาะสมทางด้านความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรได้มากขึ้น การใช้พื้นที่ก่อสร้างน้อย ไม่ต้องเวนคืนพื้นที่ของประชาชนเพิ่มเติมและงบประมาณก่อสร้างไม่สูงมากนัก รวมทั้งเสริมประสิทธิภาพโครงข่ายถนนนครอินทร์-ถนนราชพฤกษ์ ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ส่งผลให้การเดินทางได้อย่างสะดวก ประหยัดเวลา รวมทั้งค่าใช้จ่ายของประชาชนและประเทศชาติ

รูปที่ 1 แนวเส้นทางถนนราชพฤกษ์และถนนนครอินทร์

2. ลักษณะของโครงการ

ถนนราชพฤกษ์ในบริเวณพื้นที่โครงการได้รับการออกแบบและปรับปรุงให้มีอุโมงค์ลอดใต้วงเวียนจุดตัดถนนราชพฤกษ์ - ถนนนครอินทร์ในแนวเหนือ-ใต้ อุโมงค์ลอดมีขนาด 6 ช่องจราจร ความกว้างประมาณ 30 เมตร ความยาวประมาณ 670 เมตร ความสูงช่องลอดน้อยที่สุด 5.10 เมตร ความชันทางลาดขึ้นลง 4 % และมีช่องทางคู่ขนานขนาด 3 ช่องจราจรขนาบข้างของอุโมงค์ทั้ง 2 ฝั่งบนถนนราชพฤกษ์เพื่อรองรับการจราจรที่จะเดินทางเข้า-ออกวงเวียน เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จในบริเวณทางแยกดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นอุโมงค์ทางลอดในการเดินทางแนวเหนือ-ใต้ สะพานข้ามแยกในการเดินทางแนวตะวันออก - ตะวันตก และวง

เวียนยังคงสามารถใช้งานได้สำหรับรถจากถนนราชพฤกษ์และถนนนครอินทร์ที่จะเลี้ยวซ้ายและขวาเพื่อเปลี่ยนทิศทางการเดินทาง ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 รูปทัศนียภาพของทางลอด

รูปแบบของโครงสร้างของทางลอดประกอบด้วยผนังกำแพงกันดิน 3 ลักษณะกล่าวคือ ในช่วงทางลาดเอียงที่ไม่ลึกมากนัก (ประมาณ 3.50 เมตร จากระดับถนน) จะใช้กำแพงกันดินที่เป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก (Retaining Wall) ในขณะที่ช่วงที่ลึกกว่านั้นจะใช้ผนังที่เป็นแบบเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตรเรียงต่อชิดกัน (Tangent Pile Wall , T-Wall) สำหรับการก่อสร้างช่วงใต้สะพานข้ามวงเวียนบนถนนนครอินทร์ รูปแบบของโครงสร้างเสนอใช้เป็นแบบแผงกำแพง Diaphragm Wall (D-Wall) เนื่องจากข้อจำกัดในด้านความสูงของเครื่องจักร

3. การเปรียบเทียบทางเลือกรูปแบบโครงสร้างกันดินของทางลอด

หลักเกณฑ์ในการเลือกระบบป้องกันดินและรูปแบบโครงสร้างอุโมงค์ทางลอดจะต้องพิจารณาจากภาพรวมของการก่อสร้างเป็นหลัก เนื่องจากระบบป้องกันดินบางรูปแบบอาจมีราคาถูกกว่าแต่ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างมากกว่าซึ่งทำให้ราคางานก่อสร้างโดยรวมสูงกว่า โดยทั่วไปรูปแบบโครงสร้างกันดินที่นิยมใช้กันอยู่ในประเทศไทยแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

1. รูปแบบผนังกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC. Retaining Wall)
2. รูปแบบ Diaphragm Wall (D - Wall)
3. รูปแบบ Secant Pile Wall
4. รูปแบบ Tangent Pile Wall (T - Wall)

การเปรียบเทียบทางเลือกรูปแบบก่อสร้างทางลอดในประเด็นดังต่อไปนี้

1. ความต้องการพื้นที่ในการก่อสร้าง
2. ความต้องการโครงสร้างกันดินชั่วคราว
3. สภาพชั้นดินที่เหมาะสมในการเลือกใช้
4. ปัญหาระหว่างการก่อสร้าง
5. ปัญหาการซึมของน้ำใต้ดินระหว่างการใช้งาน
6. ความต้องการ Wall Finishing
7. ผู้รับจ้างงานก่อสร้างกำแพงกันดิน
8. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

โดยเมื่อเปรียบเทียบแล้วพบว่ารูปแบบที่เหมาะสมกับโครงการมีดังนี้ ในช่วงทางลาดเอียงที่ไม่ลึกมากนัก (ประมาณ 3.50 เมตร จากระดับถนน) จะใช้กำแพงกันดินที่เป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก (Retaining Wall) ในขณะที่ช่วงที่ลึกกว่านั้นจะใช้ผนังที่เป็นแบบ Tangent Pile Wall (T-Wall) สำหรับช่วงทางลอดใต้ของสะพานลอยที่วิ่งบนถนนครอินทร์ รูปแบบของโครงสร้างเสนอใช้เป็นแบบ Diaphragm Wall (D-Wall)

สำหรับงานก่อสร้างกำแพงกันดิน การขุดเปิดจำเป็นต้องใช้ Steel Sheet Pile Wall เพื่อเป็นการประหยัดพื้นที่ของในการทำงาน หากขุดลึกเกินกว่า 3.5 เมตร ค่าใช้จ่ายในการใช้ Sheet Pile Wall รวมถึงการค้ำยันจะสูงขึ้นมากและงานเทกำแพงคอนกรีตก็ทำได้ลำบากขึ้น จึงจำกัดความสูงของกำแพงกันดินไม่เกินกว่า 3.5 เมตร

พฤติกรรมของ Tangent Pile Wall กับ Diaphragm Wall จะเหมือนกันทั้งลักษณะการใช้งานและพฤติกรรมการรับแรงกล่าวคือ เป็นลักษณะการใช้งานในการกันดินด้านข้าง แม้ว่า T-Wall จะมีช่องว่างระหว่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับ D-Wall ที่เป็นผนังทึบตลอด แต่ช่องว่างของ T-Wall ดังกล่าวจะถูกอุดด้วยดินเหนียวจนเหมือนกับว่าเป็นผนังทึบ ความแตกต่างระหว่าง Tangent Pile Wall และ Diaphragm Wall คือเครื่องมือที่ใช้งานก่อสร้าง โดย T-Wall จะก่อสร้างในลักษณะเช่นเดียวกับเสาเข็มเจาะ ในขณะที่ D-Wall จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Crawler Crane with Grab ซึ่งจะมีมือเหล็กในการขุดดินออกจากแนวร่อง ถึงแม้ T-Wall จะมีราคาถูกกว่า D-Wall แต่มีข้อจำกัด คือไม่สามารถก่อสร้างในพื้นที่ที่มีความสูงจำกัดได้ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องใช้ D-wall ในส่วนของการก่อสร้างด้านใต้ของสะพานลอยข้ามแยก ซึ่งมีความยาวประมาณ 50 เมตร เครื่องมือในการก่อสร้าง D-wall สามารถดัดแปลงให้ทำงานได้ในความสูงจำกัดเพียง 5 เมตร โดยการนำ Diaphragm Wall Grab แบบสั้นพิเศษมาติดกับรถเครน

4. โครงสร้างกันดินที่ใช้ในโครงการ

4.1 กำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก (Retaining Wall)

ในการก่อสร้างกำแพงกันดินแบบคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นจะทำการก่อสร้างในบริเวณที่ขุดลึกไม่เกิน 3.50 เมตร โดยในการก่อสร้างนั้นจำเป็นต้องใช้ระบบกำแพงแบบยืดหยุ่น (Flexible Wall) เพื่อเป็นโครงสร้างกันดินแบบชั่วคราวใช้ป้องกันการพังทลายของดินระหว่างการขุด ในโครงการนี้ใช้ระบบกำแพงเหล็กพืด (Steel Sheet Pile Wall) โดยจะถูกถอนออกภายหลังจากการก่อสร้างกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กแล้วเสร็จ ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 รูปแบบการใช้กำแพงเหล็กพืด (Steel Pile Wall)

4.2 กำแพงกันดินแบบเสาเข็มเจาะเรียงต่อชิดกัน (Tangent Pile Wall)

การก่อสร้างกำแพงกันดินแบบเสาเข็มเจาะเรียงต่อชิดกันโดยทั่วไปจะเป็นการผสมผสานระหว่างการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกและระบบแห้ง โดยทำการตอกปลอกเหล็กชั่วคราวเพื่อป้องกันการพังทลายของหลุมเจาะในดินอ่อนชั้นบน ความยาวของปลอกเหล็กชั่วคราวประมาณ 15 เมตร และเจาะดินโดยใช้สว่านจนสุดปลอกเหล็ก ต่อจากนั้นจะใช้สารละลายโพลีเมอร์เพื่อเพิ่มเสถียรภาพผนังของหลุมเจาะไม่ให้พังทลายลงมา และใช้ถังเก็บดินขุดดินจนถึงระดับที่ต้องการ ในขั้นตอนนี้ต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษกับตัวรถเครนที่ติดตั้งแท่นเจาะซึ่งจะต้องอยู่ในแนวราบ และก้านเจาะต้องอยู่ในแนวดิ่งเพื่อให้หลุมเจาะได้ดิ่งตามต้องการ ในโครงการนี้ใช้เสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เมตร ยาว 25 เมตร จากผิวดิน ระยะห่างระหว่างกลางเสาเข็มเท่ากับ 1.10 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 กำแพงกันดินแบบเสาเข็มเจาะเรียงต่อชิดกัน (Tangent Pile Wall)

4.3 กำแพง Diaphragm Wall (D-Wall)

การก่อสร้างกำแพง D-Wall นั้นจะต้องทำการก่อสร้างคานนำร่อง (Guide Wall) และทำการเจาะดินโดยใช้ปากงับดิน (Cable Suspended Grab) โดยในระหว่างการขุดเจาะในหลุมเจาะต้องมีสารละลายเบนโทไนท์ (Bentonite) ในปริมาณเพียงพอที่จะรักษาเสถียรภาพของหลุมเจาะได้ หลังจากขุดได้ระดับที่ต้องการ ให้ทดสอบหาปริมาณทรายที่มีอยู่ในสารละลายเบนโทไนท์ก่อนทำการลงเหล็กเสริม ต่อจากนั้นจะทำการเทคอนกรีตใต้น้ำผ่านท่อทริมมี่โดยต้องเทอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันการแยกตัวหรือไม่เป็นเนื้อเดียวกันของคอนกรีต ในโครงการนี้ใช้กำแพง D-Wall หนา 0.8 เมตร ความยาว 25 เมตร จากผิวดิน ดังแสดงในรูปที่ 5 ในการก่อสร้าง D-Wall สำหรับโครงการนี้เป็นการก่อสร้างใต้สะพานข้ามวงเวียนราชพฤกษ์ดังนั้น เครื่องจักรขนาดปกติจึงไม่สามารถทำงานได้ต้องมีการดัดแปลงเครื่องจักรให้สามารถทำงานภายใต้ความสูงจำกัดประมาณ 7 เมตร เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 5 กำแพง Diaphragm Wall (D-Wall)

รูปที่ 6 เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง D-Wall

5. ขั้นตอนการขุดก่อสร้างอุโมงค์ลอด

ในการก่อสร้างอุโมงค์ลอดถนนราชพฤกษ์-ถนนนครอินทร์ สามารถแบ่งพื้นที่การก่อสร้างได้ตามระดับความลึกในการขุด โดยสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ Transition Zone , Shallow Zone , Deep Zone และ Portal Zone

5.1 การก่อสร้างในช่วง Transition Zone

5.1.1 ความลึกในการขุดไม่เกิน 3.20 เมตร

ก่อสร้างระบบค้ำยันชั่วคราวโดยใช้ Steel Sheet Pile Type III ยาว 14 เมตร มีค้ำยัน 1 ชั้น ที่ระดับ 0.8 เมตร จากผิวดิน การออกแบบใช้เป็น WF300x94kg/m Bracing ทุก 6 เมตร และ WF300x94kg/m เป็น Waller (Max Span 2.0 m) โดยเมื่อทำการขุดดินจนถึงระดับที่กำหนดให้ทำการเท Lean Concrete fc′ = 150 ksc หนา 0.15 เมตร ชนกับ Steel Sheet Pile หลังจากนั้นจะทำการก่อสร้างกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นโครงสร้างกันดินถาวร ดังแสดงในรูปที่ 7

5.1.2 ความลึกในการขุดไม่เกิน 4.65 เมตร

ก่อสร้างระบบค้ำยันชั่วคราวโดยใช้ Steel Sheet Pile Type III ยาว 16 เมตร มีค้ำยัน 2 ชั้น ที่ระดับ 0.8 เมตร และ 2.8 เมตร จากผิวดิน การออกแบบใช้เป็น WF300x94kg/m Bracing ทุก 6 เมตร และ WF300x94kg/m เป็น Waller (Max Span 2.0 m) โดยเมื่อทำการขุดดินจนถึงระดับที่กำหนดให้ทำการเท Lean Concrete fc′ = 150 ksc หนา 0.15 เมตร ชนกับ Sheet Pile หลังจากนั้นจะทำการก่อสร้างกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นโครงสร้างกันดินถาวร ดังแสดงในรูปที่ 8

5.2 การก่อสร้างในช่วง Transition Zone and Deep Zone

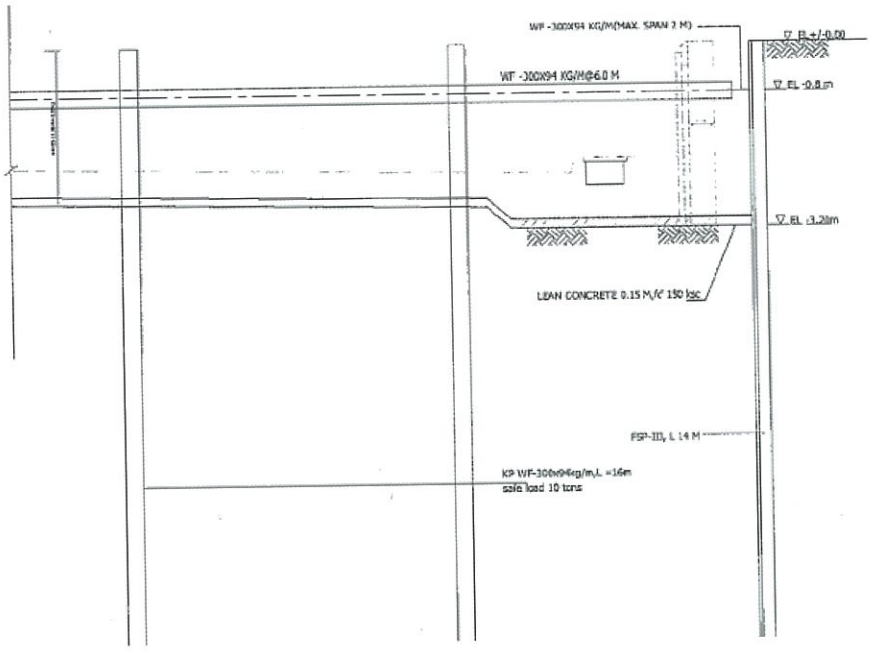
ระบบโครงสร้างกันดินพังทลายในช่วงนี้จะใช้เป็นกำแพง T-Wall และ D-Wall ขั้นตอนการก่อสร้างมีดังต่อไปนี้

5.2.1 กำแพง T-Wall ขุดลึกไม่เกิน 5.7 และ 8.0 เมตร ขั้นตอนการก่อสร้างมีดังต่อไปนี้

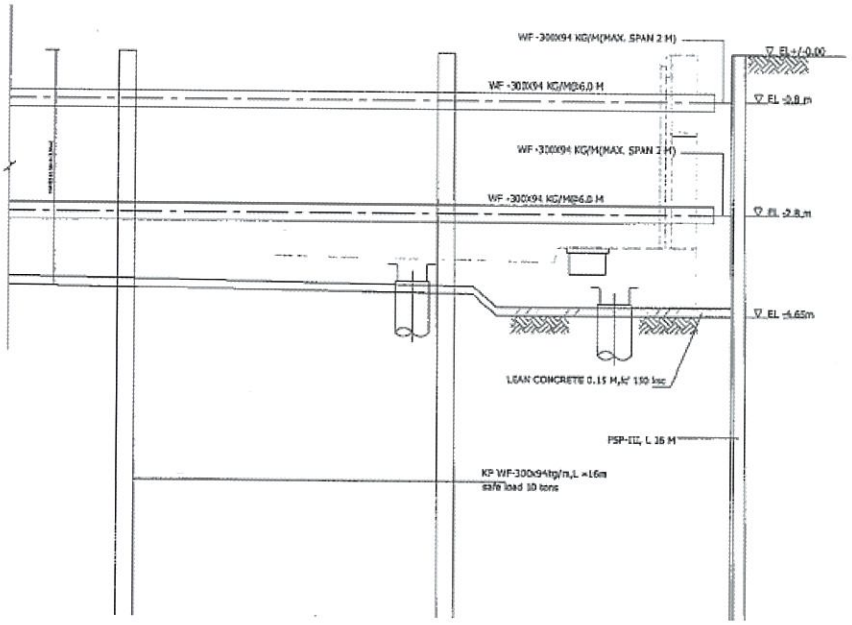
1. หลังจากก่อสร้าง T-Wall แล้วเสร็จ ให้ขุดดินลึกประมาณ 2.5 เมตร จากผิวดิน
2. ติดตั้ง Bracing ขนาด WF400x400x172kg/m ที่ระดับลึก 2.0 เมตร จากผิวดิน
3. ทำการ Preload เท่ากับ 20-40% ของ Design Load
4. ขุดดินจนถึงระดับสุดท้ายที่ระดับ 8.0 เมตร จากผิวดิน การขุดให้ทิ้งBerm ดินตลอดการขุด
5. ขุดเปิด Berm ดินเป็นช่วงๆ ทำการเท Lean Concrete fc′ = 210 ksc หนา 0.2 เมตร ทันที
6. ทำการก่อสร้างพื้น Base Slab เมื่อคอนกรีตได้อายุให้ปลด Bracing ขั้นตอนการก่อสร้างจะแสดงในรูปที่ 9

5.2.2 กำแพง D-Wall ขุดลึก 8.0 เมตร ขั้นตอนการก่อสร้างมีดังต่อไปนี้

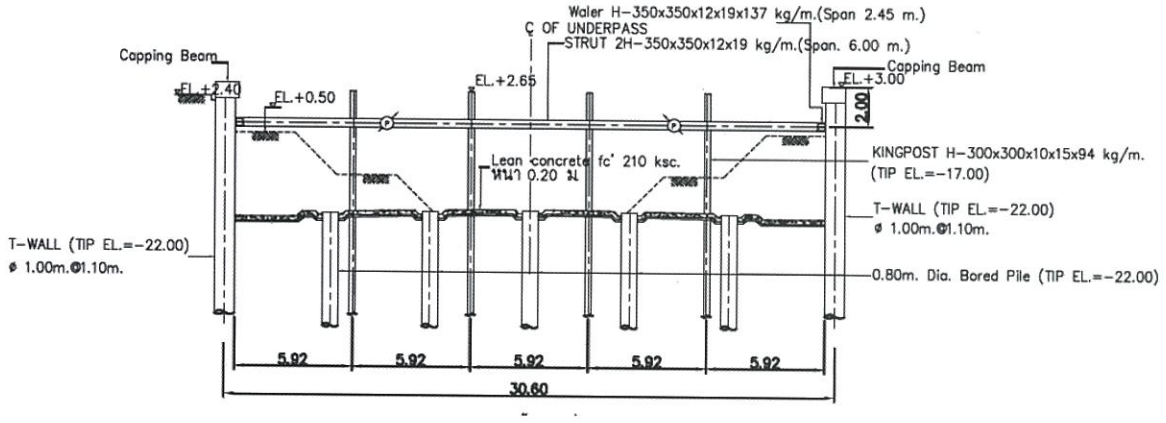
เนื่องจากขนาดเครื่องจักรในการก่อสร้าง D-Wall มีความสูงเกิน 5.0 เมตร ซึ่งเป็นความสูงช่องความใต้ท้องสะพานกับพื้นวงเวียน จุงต้องทำการขุดดินก่อนประมาณ 2 เมตร เพื่อทำการก่อสร้างคานนำร่องและให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ ดังนั้นระดับในการขุดดินเริ่มต้นจะต่ำกว่า T-Wall ประมาณ 2 เมตร ขั้นตอนการก่อสร้างมีดังต่อไปนี้



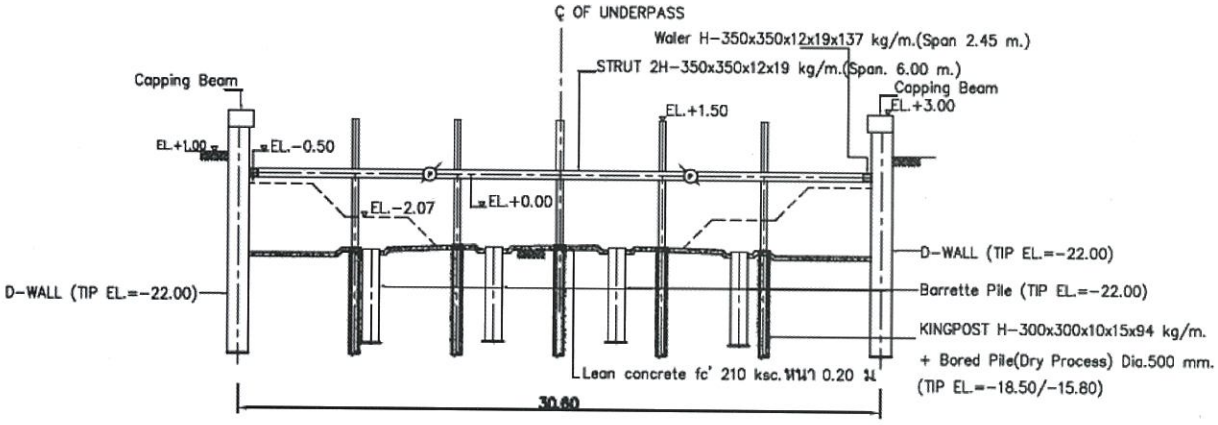
รูปที่ 7 ขั้นตอนการก่อสร้างในช่วงความลึกไม่เกิน 3.20 เมตร



รูปที่ 8 ขั้นตอนการก่อสร้างในช่วงความลึกไม่เกิน 4.65 เมตร



รูปที่ 9 ขั้นตอนการก่อสร้างในช่วงโครงสร้าง T-Wall



รูปที่ 10 ขั้นตอนการก่อสร้างในช่วงโครงสร้าง D-Wall

1. หลังจากก่อสร้าง D-Wall แล้วเสร็จ ให้ขุดดินลึกประมาณ1.5 เมตร จากผิวดิน
2. ติดตั้ง Bracing ขนาด WF400x400x172kg/m ที่ระดับลึก 1.0 เมตร จากผิวดิน
3. ทำการ Preload เท่ากับ 20-40% ของ Design Load
4. ขุดดินจนถึงระดับสุดท้ายที่ระดับ 8.0 เมตร จากผิวดินเดิม การขุดให้ทิ้งBerm ดินตลอดการขุด
5. ขุดเปิด Berm ดินเป็นช่วงๆ ทำการเท Lean Concrete fc′ = 210 ksc หนา 0.2 เมตร ทันที
6. ทำการก่อสร้างพื้น Base Slab เมื่อคอนกรีตได้อายุให้ปลด Bracing

ขั้นตอนการก่อสร้างจะแสดงในรูปที่ 10

5.3 การก่อสร้างในช่วง Portal Zone

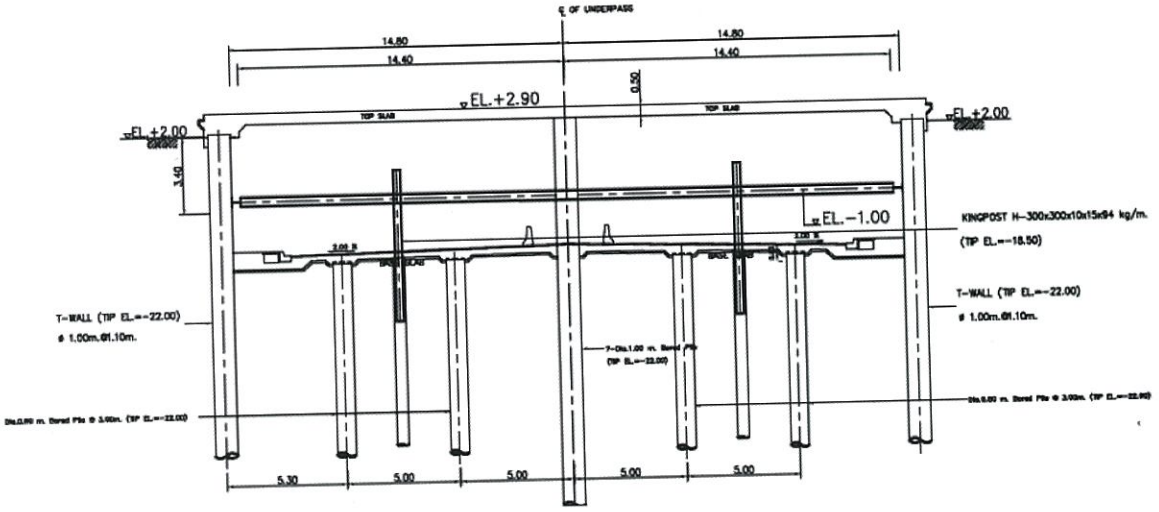
ระบบโครงสร้างกันดินพังทลายในช่วงนี้จะใช้เป็นกำแพง T-Wall เพียงแต่มีลักษณะพิเศษตรงที่มีพื้น Prestress Concrete (Top Slab) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นพื้นการจราจรแทนที่พื้นวงเวียนเดิม ขั้นตอนการก่อสร้างมีดังต่อไปนี้

1. หลังจากก่อสร้าง T-Wall และ Top Slab แล้วเสร็จ
2. ให้ทำการขุดดินใต้ท้อง Top Slab ลึกประมาณ 4.5 เมตร จากผิวดิน
3. ติดตั้ง Bracing ขนาด WF300x300x94kg/m ที่ระดับลึก 4.0 เมตร จากผิวดิน
4. ทำการ Preload เท่ากับ 20-40% ของ Design Load
5. ขุดดินจนถึงระดับสุดท้ายที่ระดับ 8.0 เมตร จากผิวดินเดิม ทำการเท Lean Concrete fc′ = 210 ksc หนา 0.2 เมตร ทันที
6. ทำการก่อสร้างพื้น Base Slab เมื่อคอนกรีตได้อายุให้ปลด Bracing และทำการ Prestress Top Slab

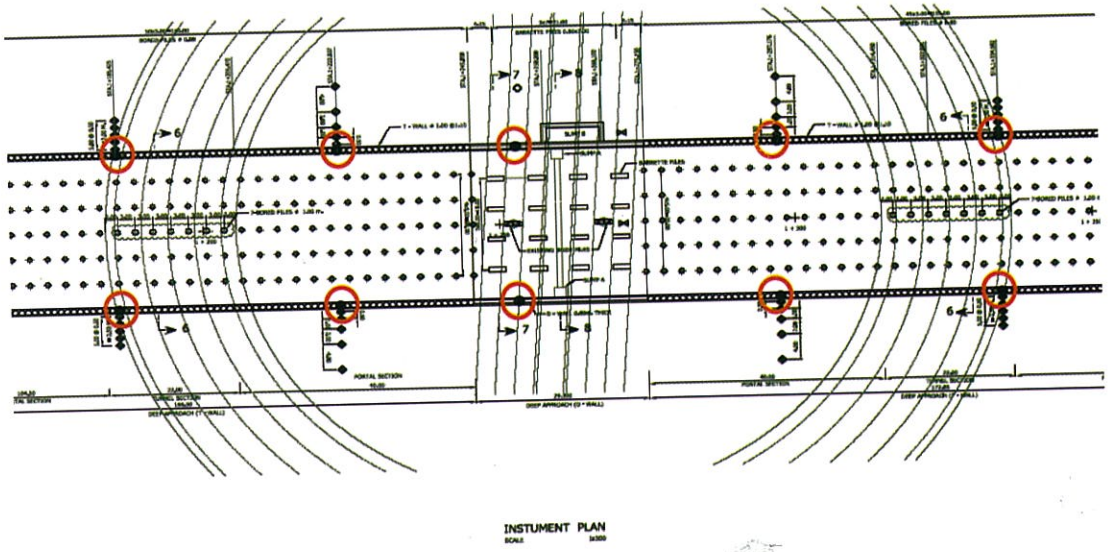
ขั้นตอนการก่อสร้างจะแสดงในรูปที่ 11

6. การเฝ้าระวังขณะทำการก่อสร้าง

การเฝ้าระวังขณะก่อสร้างนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยของงานก่อสร้าง ซึ่งขั้นตอนการก่อสร้างทางลอดที่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษนั้นคือ ขั้นตอนการขุดดิน ซึ่งการเฝ้าระวังสามารถทำได้โดยการติดตั้งเครื่องมือวัดการเอียงตัว (Inclinometer) ที่โครงสร้างกันดินทั้งในส่วน T-Wall และ D-Wall ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 11 ขั้นตอนการก่อสร้างในช่วงโครงสร้าง T-Wall ในช่วงปิด



รูปที่ 12 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน

ผลที่ได้จาก Inclinometer จะแสดงค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างของโครงสร้างกันดินที่ระดับความลึกต่างๆ ในระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งการควบคุมการก่อสร้างนั้นจะต้องนำผลที่ได้จาก Inclinometer มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยของงานก่อสร้าง ณ.ปัจจุบัน ได้มีการตรวจวัดค่า Initial ดังแสดงในรูปที่ 13 เพื่อเก็บบันทึกไว้เป็นค่าตั้งต้นการขุดในช่วงที่มีการติดตั้งคาดว่าจะเริ่มได้ในต้นปี 2554

รูปที่ 13 การตรวจวัดเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน

6.1 การเฝ้าระวังความปลอดภัยของโครงสร้างตอม่อสะพานเดิม

ในการก่อสร้างทางลอดครั้งนี้ มีการก่อสร้างตัดผ่านตอม่อสะพานเดิม ซึ่งต้องขุดดินบริเวณรอบเสาเข็มตอม่อสะพานเดิมออกลึกประมาณ 8 เมตรจากผิวดิน ในการก่อสร้างกำหนดให้มีการก่อสร้างระบบค้ำยันตอม่อสะพานเดิมเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการก่อสร้างดังแสดงในรูปที่ 14 และมีการติดตามการเคลื่อนตัวของตอม่อสะพานเดิม โดยการติดตั้ง Tiltmeter (แสดงในรูปที่ 15) เพื่อทำการวัดค่าการเอียงตัวของตอม่อสะพานในทุกขั้นตอนการขุด โดยกำหนดให้ค่าการเอียงตัวสูงสุดมีค่าไม่เกิน 1 เซนติเมตร

รูปที่ 14 โครงสร้างถักค้ำยันตอม่อสะพานเดิม

รูปที่ 15 การติดตั้ง Tiltmeter

6.2 ระดับการเตือนภัยในการทำงาน

เพื่อสอบทานค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ได้จากการออกแบบกับค่าที่วัดได้จริงในสนาม จึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดระดับการเตือนภัยในการทำงาน (Trigger Level) เพื่อเป็นบรรทัดฐานในการควบคุมงาน โดยกำหนดเป็น 3 ระดับ ดังนี้

- Alert Level คือ ระดับความระมัดระวังเมื่อค่าที่วัดได้จริงมีค่ามากกว่า 70% ของค่าที่วิเคราะห์ได้ทางทฤษฎี ในระดับนี้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายต้องทำการตรวจสอบขั้นตอนการก่อสร้าง
- Alarm Level คือ ระดับความระมัดระวัง เมื่อค่าที่วัดได้จริงมีค่ามากกว่า 80% ของค่าที่วิเคราะห์ได้ทางทฤษฎี ในระดับนี้ ผู้เกี่ยวข้องต้องปรึกษากับผู้ออกแบบเพื่อความมั่นใจว่าระบบการก่อสร้างมีความปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างข้างเคียง
- Action Level คือ ระดับความระมัดระวังเมื่อค่าที่วัดได้จริงมีค่ามากกว่า 90% ของค่าที่วิเคราะห์ได้ทางทฤษฎี ในระดับนี้ต้องหยุดการก่อสร้างเพื่อตรวจสอบความปลอดภัยและผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียงอย่างละเอียด

ค่า Trigger Level ที่ใช้เป็นระดับควบคุมการเคลื่อนตัวของกำแพงในโครงการแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า Trigger Level

Trigger Level	T-Wall	D-Wall
Alert	41 mm.	22 mm.
Alarm	47 mm.	25 mm.
Action	52 mm.	28 mm.
Maximum	58 mm.	31 mm.

7. สรุป

การก่อสร้างอุโมงค์ลอดโดยทั่วไปจะต้องพิจารณาเลือกระบบโครงสร้างกันดิน และออกแบบขั้นตอนการก่อสร้างให้มีความเหมาะสมและปลอดภัย เพราะการก่อสร้างอุโมงค์ลอดส่วนใหญ่นั้นจะยังมีการจราจรอยู่รอบข้างโครงสร้างกันดิน จึงต้องมีการติดตั้งเครื่องมือวัดทางธรณีเทคนิคเพื่อติดตามการเคลื่อนตัวและเป็นอุปกรณ์เตือนภัยถึงความอันตรายที่อาจเกิดขึ้น การก่อสร้างทางลอดบริเวณวงเวียนราชพฤกษ์ในครั้งนี้ ให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยเป็นอย่างมาก จึงได้มีการติดตั้งเครื่องมือติดตามการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในระหว่างการก่อสร้าง เช่น Inclinometer และ Tilt meter เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ออกแบบกับค่าที่วัดได้จริงในสนาม เพื่อเป็นการตรวจสอบความปลอดภัยของงานก่อสร้างในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง

Author

อภิชัย วชิระปราการพงษ์
ดร.ธีระวุฒิ เจือณรงค์ฤทธิ์
สุธี นาคิน

Geotechnical & Foundation Engineering Co., Ltd.
151 Nuan Chan Road, Nuan Chan, Bueng Kum,
Bangkok 10230 THAILAND
Tel : (662) 363 7723
Fax: (662) 363 7724
E-mail: teerewut_j@team.co.th
Sutee_n@gfe.co.th