

ผลงานประกอบการพิจารณาประเมินบุคคล
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์
ตำแหน่งประเภทวิชาชีพเฉพาะ

ตำแหน่ง วิศวกรโยธาชำนาญการ (ด้านศึกษาโครงการและวางแผนงาน)

เรื่องที่เสนอให้ประเมิน

๑. ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

เรื่อง การวางแผนงานโครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ
จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว

๒. ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เรื่อง การจัดทำฐานข้อมูลเชื่อมโยงระบบ SCADA อุโมงค์ระบายน้ำเดิม อุโมงค์ที่อยู่ระหว่างก่อสร้าง
และสถานีสูบน้ำตามแนวอุโมงค์มาแสดงผลที่ศูนย์ป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

เสนอโดย

นายธีรศักดิ์ รัตนสุรางค์

ตำแหน่ง วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

(ตำแหน่งเลขที่ สพน. ๕๑)

กลุ่มงานวิศวกรรมระบบระบายน้ำ ๒

ส่วนวิศวกรรมระบบระบายน้ำ สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ

สำนักการระบายน้ำ

ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

๑. ชื่อผลงาน การวางแผนงานโครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว

๒. ช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการ ๑ กันยายน ๒๕๖๓ – ๑๕ ธันวาคม ๒๕๖๓

๓. ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ

๓.๑ การบริหารจัดการน้ำในกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานคร พื้นที่ประมาณ ๑,๕๖๘ ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่บนพื้นที่ลุ่มต่ำตอนปลายของแม่น้ำเจ้าพระยาใกล้อ่าวไทย ระดับความสูงเฉลี่ยประมาณ ๐.๐๐ ถึง +๑.๕๐ เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (ม.รทก.) โดยบริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาและพื้นที่ทางทิศเหนือมีระดับความสูง +๑.๕๐ ม.รทก. ส่วนพื้นที่ตอนกลางด้านตะวันออกและด้านใต้มีระดับต่ำอยู่ระหว่าง +๐.๐๐ ถึง +๐.๕๐ ม.รทก. บางพื้นที่มีระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง การระบายน้ำออกจากพื้นที่ตามหลักการแรงโน้มถ่วงมีขีดจำกัด จึงต้องแบ่งพื้นที่ในการบริหารจัดการออกเป็นพื้นที่ย่อย ๆ โดยการกำหนดเป็นพื้นที่ปิดล้อม (Folder) มีแนวป้องกันน้ำท่วมล้อมรอบ ภายในมีการก่อสร้างระบบระบายน้ำเพื่อระบายน้ำท่วมขังเมื่อฝนตกให้ระบายลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา

๓.๑.๑ ระบบป้องกันน้ำท่วม โดยการก่อสร้างคันกันน้ำปิดล้อมพื้นที่กรุงเทพมหานคร ได้แก่

๓.๑.๑.๑ พื้นที่ปิดล้อมด้านตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (ภายในคันกันน้ำพระราชดำริ) พื้นที่ประมาณ ๖๕๐ ตารางกิโลเมตร

๓.๑.๑.๒ พื้นที่ปิดล้อมด้านตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา (ฝั่งธนบุรี) พื้นที่ประมาณ ๔๕๐ ตารางกิโลเมตร

๓.๑.๑.๓ พื้นที่ด้านตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (นอกคันกันน้ำพระราชดำริ) พื้นที่ประมาณ ๔๖๘ ตารางกิโลเมตร ใช้เป็นพื้นที่ทางน้ำหลากตามธรรมชาติ (Flood Way) ระบายน้ำจากทุ่งด้านบนและด้านตะวันออกให้ลงสู่ทะเล

โดยระดับความสูงคันกันน้ำ แนวป้องกันน้ำท่วมริมแม่น้ำเจ้าพระยา คลองบางกอกน้อยและคลองมหาสวัสดิ์ มีระดับควบคุม ดังนี้

ริมแม่น้ำเจ้าพระยา ช่วงสะพานพระราม ๗ ถึงสะพานกรุงธนบุรี ความสูง +๓.๕๐ ม.รทก. ช่วงสะพานกรุงธนบุรีถึงสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้าความสูง +๓.๒๕ ม.รทก. ช่วงสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้าถึงสะพานพุทธฯ ความสูง +๓.๐๐ ม.รทก. และช่วงสะพานพุทธฯ ถึงบางนา ความสูง +๒.๘๐ ม.รทก. ริมคลองบางกอกน้อยและคลองมหาสวัสดิ์ ความสูง +๓.๐๐ ม.รทก.

๓.๑.๒ ระบบระบายน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังเนื่องจากน้ำฝน

๓.๑.๒.๑ คู คลองระบายน้ำ จำนวน ๑,๔๘๐ คลอง ความยาวรวมประมาณ ๒,๗๔๓ กิโลเมตร มีการขุดลอกเปิดทางน้ำไหล เก็บขยะวัชพืชเป็นประจำทุกปี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรองรับและระบายน้ำเมื่อฝนตก

๓.๑.๒.๒ ท่อระบายน้ำ ความยาว ๖,๕๖๔ กิโลเมตร แบ่งเป็นถนนสายหลัก ๒,๐๕๐ กิโลเมตร ถนนในซอย ๔,๕๑๔ กิโลเมตร มีการล้างทำความสะอาดเป็นประจำทุกปีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำลงสู่คลองระบายน้ำได้เร็วยิ่งขึ้น

๓.๑.๒.๓ สถานีสูบน้ำ ๑๙๐ แห่ง ประตูระบายน้ำ ๒๔๔ แห่ง และบ่อสูบน้ำ ๓๑๖ แห่ง ชีตความสามารถในการระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ๒,๕๑๐.๒๔ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แบ่งเป็นฝั่งพระนคร ๑,๘๐๒.๑๕ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และฝั่งธนบุรี ๗๐๘.๐๙ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

๓.๑.๒.๔ อุโมงค์ระบายน้ำ

- อุโมงค์ระบายน้ำขนาดใหญ่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำออกสู่อ่างน้ำเจ้าพระยาโดยไม่ต้องผ่านระบบคลองตามปกติ รวมทั้งยังช่วยลดระดับน้ำในคลองได้รวดเร็ว ปัจจุบันก่อสร้างแล้ว ๔ แห่ง ความยาวรวม ๑๙.๓๗ กิโลเมตร ประสิทธิภาพการระบายน้ำรวม ๑๙๕ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และจะดำเนินการเพิ่มเติมอีก ๖ แห่ง ความยาวรวม ๓๙.๖๒๕ กิโลเมตร ประสิทธิภาพการระบายน้ำรวม ๒๓๘ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
- อุโมงค์ระบายน้ำขนาดเล็ก เพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในถนนสายหลัก ปัจจุบันก่อสร้างแล้ว ๔ แห่ง ความยาวรวม ๖.๑๐ กิโลเมตร ประสิทธิภาพการระบายน้ำรวม ๒๐.๕๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
- โครงการก่อสร้างระบบระบายน้ำในถนนสายหลัก โดยวิธีการดันท่อลอดใต้ถนน (Pipe Jacking) โดยพิจารณาพื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำท่วมเป็นประจำเมื่อฝนตกหนัก โดยมีโครงการทั้งสิ้น ๑๕ โครงการ

๓.๑.๒.๕ จัดหาบึง สระเป็นแก้มลิง ปัจจุบันสามารถจัดหาพื้นที่รองรับและเก็บกักน้ำไว้ได้แล้วจำนวน ๓๔ แห่ง เก็บกักน้ำได้ประมาณ ๑๓.๖๘ ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นฝั่งพระนคร ๓๑ แห่ง เก็บกักน้ำได้ประมาณ ๗.๖๕ ล้านลูกบาศก์เมตร และฝั่งธนบุรี ๓ แห่ง เก็บกักน้ำได้ประมาณ ๖.๐๓ ล้านลูกบาศก์เมตร และที่อยู่ระหว่างดำเนินการ ประกอบด้วย แก้มลิงและ Water Bank เก็บกักน้ำได้ประมาณ ๑๔๗,๗๐๐ ล้านลูกบาศก์เมตร

๓.๑.๒.๖ ศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย สถานีแม่ข่าย ตั้งอยู่อาคารสำนักการระบายน้ำและสถานีเครือข่ายกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่กรุงเทพมหานคร การทำงานของระบบจะจัดการและควบคุมโดยระบบ SCADA เพื่อสั่งการของผู้บริหารในการแก้ไขปัญหา ซึ่งมีระบบตรวจวัดข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ระบบเรดาร์ตรวจอากาศ ระบบตรวจวัดปริมาณฝน ระบบตรวจวัดน้ำท่วมถนน ระบบตรวจวัดระดับน้ำ ระบบตรวจสอบการทำงานของประตูระบายน้ำและเครื่องสูบน้ำ โดยจะแสดงผลให้ประชาชนติดตามได้ตลอดเวลาทาง Website และเครือข่ายสังคมออนไลน์ พร้อมรับเรื่องราวร้องทุกข์จากประชาชนตลอด ๒๔ ชั่วโมง

๓.๒ ความรู้ด้านการก่อสร้าง การวางแผนโครงการ (Project Planning) และการบริหารโครงการ (Project Management)

โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อจากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว ประกอบด้วย งานก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ งานก่อสร้างปล่องอุโมงค์ และงานก่อสร้างอาคารรับน้ำเป็นโครงการที่มีลักษณะเฉพาะ มีความสลับซับซ้อน มีปัญหาเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา เนื่องจากพื้นที่ก่อสร้างอยู่ใต้แนวคลองบางซื่อผ่านแนวรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีน้ำเงินและสะพานมีระบบสาธารณูปโภคที่ขวางผู้ที่ทำการประเมินระยะเวลาที่ต้องใช้ในการก่อสร้างจึงต้องมีความรู้เฉพาะทางที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนขั้นตอนการประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อวางแผนคำนวณหาระยะเวลาที่จะต้องใช้ในการก่อสร้างและจัดลำดับของงานตามเวลาที่ใช้ในการทำงาน แต่ละอย่างของโครงการ สามารถนำไปใช้ในการวางแผนงานก่อสร้างและนำไปคิดใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารโครงการทำให้งานก่อสร้างแล้วเสร็จตามแผนที่วางไว้ ซึ่งจากการคำนวณหาระยะเวลาก่อสร้างเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนโครงการ ผู้ประเมินได้นำความรู้ที่เกี่ยวข้องเข้ามาใช้ ดังนี้

๓.๒.๑ ความรู้ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ด้วยวิธีหล่อผนังในที่ (Caisson Sinking) ซึ่งเป็นเทคนิควิธีการก่อสร้างที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เนื่องจากตำแหน่งก่อสร้างของโครงการอยู่ในคลองไม่มีอาคารข้างเคียงอยู่ใกล้พื้นที่ก่อสร้าง จึงไม่เป็นข้อจำกัดในการดำเนินการโดยวิธีหล่อผนังในที่ (Caisson Sinking) ซึ่งใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างน้อยกว่าวิธีการอื่น ๆ และเป็นวิธีการก่อสร้างที่สำนักการระบายน้ำใช้ในหลายโครงการที่ผ่านมา และความรู้ด้านการก่อสร้างอาคารรับน้ำเพื่อใช้วางแผนระยะเวลาขั้นตอนการก่อสร้าง (ภาคผนวก ก)

๓.๒.๒ ความรู้ด้านการขุดเจาะอุโมงค์แบบแรงดันดินสมดุล (Earth Pressure Shield : EPBS) โดยนำมาใช้ควบคู่ไปกับขั้นตอนการสำรวจพื้นที่และวางแผนซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญของการก่อสร้างอุโมงค์เพื่อลดปัญหาอุปสรรคในการก่อสร้างให้น้อยที่สุด สามารถนำข้อมูลไปออกแบบและวางแผนการขุดเจาะอุโมงค์ที่เหมาะสม รวมถึงการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากผลกระทบการขุดเจาะอุโมงค์ (ภาคผนวก ข)

๓.๒.๓ ความรู้ด้านการวางแผนประเมินระยะเวลาดำเนินโครงการ และระบบตารางเวลา (Bar Chart) เพื่อกำหนดระยะเวลาโครงการที่เหมาะสมและสามารถดำเนินการได้ (ภาคผนวก ค)

๓.๒.๔ ความรู้ในการวางแผนและการควบคุมโครงการด้วยโปรแกรม Microsoft Project เพื่อควบคุมกระบวนการและระยะเวลาดำเนินการในขั้นตอนต่าง ๆ ในระหว่างการก่อสร้าง (ภาคผนวก ง)

๔. สรุปสาระสำคัญของเรื่องและขั้นตอนการดำเนินการ

๔.๑ สาระสำคัญของโครงการ

คลองลาดพร้าวเป็นคลองระบายน้ำหลักของกรุงเทพมหานครและวางตัวอยู่ในแนวเหนือ – ใต้ ด้านทิศเหนือเชื่อมคลองหกวาสายล่าง ด้านทิศใต้เชื่อมคลองแสนแสบ ความยาวประมาณ ๒๔ กิโลเมตร ความกว้างคลองโดยเฉลี่ยประมาณ ๓๐ – ๓๕ เมตร แต่สภาพปัจจุบันมีประชาชนรื้อลำคลองอยู่ประมาณ ๖,๖๓๘ หลังคาเรือน ความกว้างคลองปัจจุบันโดยเฉลี่ยประมาณ ๒๐ เมตร ในรอบ ๑ ปีที่ผ่านมา (ปี พ.ศ. ๒๕๖๓) มีฝนตกบริเวณพื้นที่อิทธิพลของคลองลาดพร้าว ประกอบด้วย เขตสายไหม เขตหลักสี่ เขตบางเขน เขตลาดพร้าว และเขตห้วยขวาง ที่มีความรุนแรงมากกว่า ๖๐ มม./ชม. จำนวน ๑๐ ครั้ง และความรุนแรงมากกว่า ๑๐๐ มม./ชม. จำนวน ๑ ครั้ง ซึ่งจะทำให้ระดับน้ำในคลองลาดพร้าวสูงประมาณ +๑.๐๐ ม.รทก. ทำให้น้ำในคลองลาดพร้าวไหลย้อนเข้าพื้นที่ด้านในทั้งสองฝั่งคลองและเข้าท่วมตามตรอก ซอย ถนน บ้านเรือนของประชาชนที่มีระดับต่ำ สร้างความเดือดร้อนทำให้การจราจรติดขัดแต่ปัจจุบันการระบายน้ำคลองลาดพร้าว กรุงเทพมหานครมีอาคารรับน้ำอุโมงค์คลองแสนแสบ อยู่ที่บริเวณคลองลาดพร้าวบรรจบคลองแสนแสบ สามารถรับน้ำได้ ๖๐ ลบ.ม./วินาที และยังมีคลองสาขาต่าง ๆ ที่รับน้ำจากคลองลาดพร้าวระบายออกแม่น้ำเจ้าพระยาโดยตรง เช่น คลองหลักสี่ (โดยผ่านคลองเปรมประชากร) คลองบางเขน คลองบางซื่อ เป็นต้น แต่ยังไม่เพียงพอในการลดระดับน้ำคลองลาดพร้าว ซึ่งปัจจุบันใช้เวลาระบายน้ำออกจากพื้นที่ประมาณ ๒๔ – ๔๘ ชั่วโมง สาเหตุจากน้ำในคลองลาดพร้าวไม่สามารถไหลไปที่คลองหลักสี่ คลองบางเขน และคลองบางซื่อ ได้สะดวก ติดปัญหาบ้านรื้อลำของประชาชนและแนวตอม่อสะพานรื้อข้าม ทำให้ไม่สามารถขุดลอกคลองให้มีระดับที่ลึกขึ้นได้ ประกอบกับอุโมงค์ระบายน้ำคลองแสนแสบรับน้ำจากคลองลาดพร้าวได้เพียงบางส่วน เนื่องจากตำแหน่งอาคารรับน้ำอยู่ด้านปลายคลอง (ทิศใต้) และมีน้ำจากคลองแสนแสบมาเต็มอยู่ตลอดเวลา ทำให้ไม่สามารถลดระดับน้ำในคลองลาดพร้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวทางแก้ไข ปัจจุบันกรุงเทพมหานครได้เปิดใช้งานอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อตั้งแต่ปี พ.ศ. ๒๕๖๑ อุโมงค์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ๕ เมตร ความยาวอุโมงค์ ๖,๒๐๐ เมตร มีสถานีสูบน้ำที่ปากคลองบางซื่อระบายออกสู่มแม่น้ำเจ้าพระยา ประสิทธิภาพการระบายน้ำ ๖๐ ลบ.ม./วินาที มีอาคารรับน้ำจำนวน ๓ แห่ง ประกอบด้วย ๑. อาคารรับน้ำถนนรัชดาภิเษก รับน้ำ ๔๐ ลบ.ม./วินาที ๒. อาคารรับน้ำถนนวิภาวดีรังสิต รับน้ำ ๒๐ ลบ.ม./วินาที และ ๓. อาคารรับน้ำถนนกำแพงเพชร รับน้ำ ๓๐ ลบ.ม./วินาที หากต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำจากอาคารรับน้ำถนนรัชดาภิเษก ไปตามแนวคลองบางซื่อบรรจบคลองลาดพร้าวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๔.๐๐ เมตร ความยาวประมาณ ๑,๗๐๐ เมตร พร้อมทั้งสร้างอาคารรับน้ำแห่งใหม่ที่คลองลาดพร้าวจะสามารถรับน้ำ จากคลองลาดพร้าวได้สูงสุด ๓๘ ลบ.ม./วินาที ได้พื้นที่อิทธิพลประมาณ ๓๓.๖๐ ตร.กม. จะสามารถลดระดับน้ำ ในคลองลาดพร้าวได้เร็วขึ้นอย่างมาก และยังสามารถรับน้ำหลากจากคลองหกวาสายล่างเพิ่มอีกประมาณ ๓๘ ลบ.ม./วินาที จะสามารถลดระดับน้ำให้กลับสู่สถานการณ์ปกติได้ภายใน ๔ ชั่วโมง โดยมีปริมาณงานก่อสร้าง ดังนี้

- ก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๔.๐๐ เมตร ยาวประมาณ ๑,๗๐๐ เมตร
- ก่อสร้างอาคารรับน้ำคลองลาดพร้าว จำนวน ๑ แห่ง
- งานเชื่อมต่ออุโมงค์กับอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จำนวน ๑ แห่ง
- ก่อสร้างระบบระบายน้ำคลองต่วนลงสู่คลองบางซื่อ จำนวน ๑ แห่ง

๔.๑.๑ เหตุผลความจำเป็นที่ต้องเสนอคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (กนช.)

ตามอำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (กนช.) ในการพิจารณาและตรวจสอบแผนปฏิบัติการ แผนงานโครงการของส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง ให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ประกอบกับโครงการดังกล่าวมีวงเงินเกิน ๑,๐๐๐ ล้านบาท จึงเสนอเพื่อพิจารณาเห็นชอบในหลักการให้กรุงเทพมหานครดำเนินโครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อจากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว และนำเสนอคณะรัฐมนตรีเพื่อพิจารณาอนุมัติดำเนินโครงการต่อไป

๔.๑.๑.๑ ระเบียบ ข้อกฎหมาย คำสั่ง หรือสอดคล้องกับแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ๒๐ ปี

๑. พระราชกฤษฎีกาว่าด้วยการเสนอเรื่องและการประชุมคณะรัฐมนตรี พ.ศ. ๒๕๔๘ มาตรา ๔ การเสนอเรื่องต่อคณะรัฐมนตรี ให้เสนอได้เฉพาะเรื่อง ดังต่อไปนี้

(๘) การริเริ่มโครงการลงทุนขนาดใหญ่ของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การมหาชน หรือหน่วยงานอื่นของรัฐ ที่มีวงเงินตามที่คณะรัฐมนตรีกำหนด เว้นแต่โครงการลงทุนที่กำหนดในแผนงานที่คณะรัฐมนตรีได้มีมติอนุมัติหรือเห็นชอบกับแผนงานนั้นแล้ว

๒. สอดคล้องกับแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ๒๐ ปี ด้านที่ ๓ การจัดการน้ำท่วมและอุทกภัย กลยุทธ์การป้องกันน้ำท่วมชุมชนเมือง

๔.๒ ขั้นตอนการดำเนินการ

ในการวางแผนโครงการก่อสร้างโครงการส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อจากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว ได้ดำเนินการตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่โครงการ โดยเริ่มตั้งแต่การสำรวจพื้นที่ก่อสร้าง การวางแผนและเตรียมงานก่อสร้าง ขั้นตอนการก่อสร้างงานก่อสร้างแล้วเสร็จเพื่อหาระยะเวลาก่อสร้างรวมทั้งโครงการ สามารถนำไปใช้ในการดำเนินการวางแผน และเพื่อติดตามควบคุมผลการดำเนินงานของผู้รับจ้างในขั้นตอนการก่อสร้างจริง ภายใต้ขอบเขตและระเบียบขั้นตอนของกรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลในการกำหนดระยะเวลา การก่อสร้างอ้างอิงจากโครงการก่อสร้างของสำนักการระบายน้ำในอดีตจนสามารถนำโครงการเสนอต่อคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (กนช.) เห็นชอบในหลักการ ให้กรุงเทพมหานครดำเนินการโครงการและนำเสนอคณะรัฐมนตรีพิจารณาอนุมัติและเสนอโครงการเพื่อของบประมาณประกวดราคาหาตัวผู้รับจ้างและดำเนินการก่อสร้างได้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานและรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

๔.๒.๑ วางแผนกำหนดงานที่ต้องทำ รูปแบบและผังบริเวณ (Method Statement and Site Layout)

วางแผนการสำรวจ ตรวจสอบสภาพพื้นที่แนวคลองบางซื่อช่วงถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว เพื่อประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนตามโครงการดังกล่าวทราบเบื้องต้น รวมถึงการสำรวจทางกายภาพคลองบางซื่อ คลองลาดพร้าว ได้แก่ ความกว้างของคลองและแนวเขตคลอง เพื่อกำหนดตำแหน่งอาคารรับน้ำและปล่อยอุโมงค์โดยตำแหน่งก่อสร้างอยู่ในคลองไม่มีอาคารข้างเคียง เทคนิคการก่อสร้างที่เหมาะสมคือการก่อสร้างปล่อยอุโมงค์ด้วยวิธีหล่อผนังในที่ (Caisson Sinking) ตำแหน่งแนวอุโมงค์ ค่าระดับความลึกของตำแหน่งอุโมงค์ ที่จะต้องหลบแนวระบบสาธารณูปโภค เช่น สะพานและแนวรถไฟใต้ดินสายสีน้ำเงิน เทคนิคการก่อสร้างที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่คือการเจาะอุโมงค์แบบแรงดันดินสมดุล สามารถลดผลกระทบต่อการสร้างสะพานและสิ่งปลูกสร้างหรือแนวสาธารณูปโภคที่อยู่ใกล้เคียงกับแนวก่อสร้างได้ ตลอดจนเส้นทางการจราจรในพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการปิดเบี่ยงจราจร

๔.๒.๒ วางแผนกำหนดระยะเวลาโครงการ (Project Planning and Scheduling)

เมื่อกำหนดรูปแบบงานก่อสร้าง ได้ปริมาณงานก่อสร้างและมีการวางแผนวิธีการก่อสร้างที่จะดำเนินการโครงการแล้ว จึงนำข้อมูลดังกล่าวมากำหนดการวางแผนงานโครงการ โดยพิจารณาจัดลำดับขั้นตอนการดำเนินงานต่าง ๆ โดยคำนึงถึงวิธีการก่อสร้าง เทคโนโลยี วัสดุอุปกรณ์และเทคนิคการก่อสร้างปล่อยอุโมงค์แบบหล่อผนังในที่ การก่อสร้างอาคารรับน้ำและการขุดเจาะอุโมงค์แรงดันดินสมดุลรวมถึงปัญหาอุปสรรคในการก่อสร้าง ผลลัพธ์ที่ได้คือแผนผังหรือโครงข่ายที่แสดงให้เห็นลำดับขั้นตอนการทำงานและ

ระยะเวลาในการทำงานทั้งหมด ทำให้สามารถกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างได้ ซึ่งรายละเอียดการคำนวณประมาณระยะเวลาการก่อสร้าง (ภาคผนวก ค) การวางแผนงานก่อสร้างโดยระบบ Bar Chart ทำให้สามารถทราบสายงานวิกฤตของงานก่อสร้างในโครงการ และสามารถวางแผนและควบคุมโครงการด้วยโปรแกรม Microsoft Project เพื่อกำกับโครงการให้ดำเนินการได้ตามเป้าหมาย (ภาคผนวก ง)

๔.๒.๓ วางแผนกำหนดงบประมาณ (Budget Planning)

เมื่อได้ระยะเวลาการก่อสร้างแล้ว จึงเข้าสู่กระบวนการประมาณราคา ซึ่งการจัดทำรายการประมาณราคาก่อสร้างให้เป็นไปตามหลักวิชาช่างและหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลาง ของกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง โดยอ้างอิงราคาค่าวัสดุตามประกาศสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ประจำเดือนที่ทำการคิดราคา และการสืบราคาจากผู้ประกอบการในพื้นที่เพื่อพิจารณาว่าโครงการต้องใช้งบประมาณหรือต้นทุนในการดำเนินการทั้งหมดเท่าใด รายละเอียดตามสรุปการคำนวณราคากลางค่างานก่อสร้าง (ภาคผนวก จ) แล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนการจัดทำข้อเสนอโครงการเพื่อให้ผู้บริหารพิจารณาอนุมัติโครงการซึ่งประกอบไปด้วย

๔.๒.๓.๑ การจัดทำแบบก่อสร้างซึ่งแสดงถึงผังบริเวณการก่อสร้างของโครงการ ปริมาณงานรูปแบบรายละเอียดของโครงสร้าง รวมถึงรูปตัดของโครงสร้างที่แสดงถึงรายละเอียดของการก่อสร้างต่าง ๆ

๔.๒.๓.๒ การจัดทำรายการข้อกำหนดเฉพาะงาน ซึ่งเป็นการระบุถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของโครงการ ได้แก่ วัตถุประสงค์ ปริมาณงาน และข้อกำหนดเฉพาะงานก่อสร้าง

๔.๒.๓.๓ การจัดทำเอกสารแบบงบประมาณ ได้แก่ เอกสาร ง.๑๐๙ ง.๒๐๒ แผนที่แสดงผังบริเวณก่อสร้าง รูปถ่ายพื้นที่โครงการและการนำเสนอทางคอมพิวเตอร์ (Power Point) เพื่อเสนอผู้บริหารพิจารณาอนุมัติโครงการต่อไป

๕. ผู้ร่วมดำเนินการ

- | | |
|--|-------------------|
| ๕.๑ นายเทวัญ อิงประเสริฐ | สัดส่วนผลงาน ๒๐ % |
| วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ | |
| ส่วนวิศวกรรมระบบระบายน้ำ สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ | |
| ๕.๒ นายเคนทร์ บำรุงเขตต์ | สัดส่วนผลงาน ๑๐ % |
| วิศวกรโยธาปฏิบัติการ | |
| ส่วนวิศวกรรมระบบระบายน้ำ สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ | |
| ๕.๓ นายชินรัตน์ วงศ์ธีรภพ | สัดส่วนผลงาน ๕ % |
| นายช่างโยธาชำนาญงาน | |
| ส่วนวิศวกรรมระบบระบายน้ำ สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ | |
| ๕.๔ นายชัยยุทธ ลือพงษ์ | สัดส่วนผลงาน ๕ % |
| นายช่างโยธาปฏิบัติงาน | |
| ส่วนวิศวกรรมระบบระบายน้ำ สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ | |

๖. ส่วนของงานที่ผู้เสนอเป็นผู้ปฏิบัติ

ผู้เสนอปฏิบัติหน้าที่ในฐานะวิศวกรปฏิบัติการ ซึ่งได้ดำเนินการวางแผนงานเพื่อคำนวณระยะเวลาก่อสร้างของโครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว ประกอบด้วย การประมาณการระยะเวลาที่ต้องใช้ในการประสานงานหน่วยงานสาธารณสุขปทุมธานีเพื่อทำการรื้อย้ายรวมทั้งการตรวจสอบพื้นที่โครงการเพื่อนำมาวิเคราะห์คาดการณ์สภาพปัญหาต่าง ๆ ที่อาจส่งผลให้ระยะเวลาก่อสร้างในแต่ละขั้นตอนของโครงการเกิดความล่าช้าไม่เป็นไปตามแผนงานเมื่อถึงขั้นตอนการก่อสร้างประมาณระยะเวลาการเตรียมงานก่อสร้าง งานก่อสร้างปล่องอุโมงค์ งานเจาะอุโมงค์ งานก่อสร้างอาคารรับน้ำ งานติดตั้งระบบเครื่องกลและงานระบบไฟฟ้าที่อาคารรับน้ำและงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำมาจัดเป็นลำดับ

ขั้นตอนการทำงานตามหลักการวางแผนโครงการซึ่งดำเนินการภายใต้ขอบเขตและระเบียบขั้นตอนของ กรุงเทพมหานคร จนได้เป็นแผนงานก่อสร้างของโครงการ สามารถนำไปใช้ประกอบการของประมาณ และดำเนินการประกวดราคาหาตัวผู้รับจ้างและดำเนินการก่อสร้างต่อไป คิดเป็นสัดส่วนผลงานร้อยละ ๖๐ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

๖.๑ วางแผนการประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

สำรวจพื้นที่โครงการเพื่อตรวจสอบระบบสาธารณูปโภคในพื้นที่ล่วงหน้า เพื่อให้ทราบว่าจะต้องทำการประสานหน่วยงานใดบ้างที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนและกระบวนการในการติดต่อประสานงาน รวมทั้งระยะเวลาในการดำเนินการเข้าริ้อย่างเพื่อนำไปคำนวณระยะเวลาที่ต้องใช้ในขั้นตอนการเตรียมงาน ก่อนที่ผู้รับจ้างจะเข้าก่อสร้าง รวมทั้งระยะเวลาในการขอเสนอแผนการปิดเบี่ยงจราจรเพื่อเข้าพื้นที่ดำเนินการก่อสร้าง โดยจากการลงพื้นที่สำรวจพบว่ามีหน่วยงานที่จะต้องประสานงาน ดังนี้

๖.๑.๑ หน่วยงานด้านสาธารณูปโภค ประกอบด้วย การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวงเขตลาดพร้าว การประปานครหลวง สำนักงานประปาสาขา และบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) เป็นต้น

๖.๑.๒ หน่วยงานด้านการจราจร ประกอบด้วย กองบัญชาการตำรวจนครบาล (บชน.) กองบังคับการตำรวจจราจร (บก.จร.) และสถานีตำรวจเจ้าของพื้นที่ ได้แก่ สถานีตำรวจนครบาล

๖.๑.๓ หน่วยงานภายในกรุงเทพมหานคร เช่น สำนักงานโยธา สำนักงานเขตห้วยขวาง สำนักงาน-เขตจตุจักร สำนักงานเขตลาดพร้าว และหน่วยงานภายในสำนักงานการระบายน้ำ เช่น สำนักงานระบบควบคุมน้ำกองระบบคลอง กองเครื่องจักรกล กองระบบท่อระบายน้ำ เป็นต้น

๖.๒ การกำหนดงานที่ต้องทำ รูปแบบและระยะเวลาก่อสร้าง (Construction Period) ประกอบด้วย

๖.๒.๑ ขั้นตอนการเตรียมงาน (Pre-Construction) เป็นการวางแผนประมาณระยะเวลาดำเนินโครงการก่อนเริ่มก่อสร้าง ประกอบด้วย การก่อสร้างสำนักงานสนาม การเตรียมส่งวัสดุเพื่อขออนุมัติดำเนินการ การวางแผนลำเลียงวัสดุและการขนย้ายเครื่องจักรเข้าพื้นที่ก่อสร้าง งานสำรวจและวางผังตำแหน่งก่อสร้าง งานระบบป้องกันความปลอดภัย โดยในขั้นตอนของการรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคและการเสนอแผนจัดจราจร ถูกกำหนดให้อยู่ในช่วงเตรียมงานนี้

๖.๒.๒ ขั้นตอนการก่อสร้าง เป็นการวางแผนประมาณระยะเวลาดำเนินโครงการในแต่ละส่วนของงานก่อสร้าง ให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับสภาพพื้นที่และเทคนิคที่ใช้ในการก่อสร้างตามหลักวิศวกรรม ซึ่งจะต้องคำนึงถึงปัญหาและอุปสรรคที่จะเกิดขึ้น โดยจะทำการแบ่งงานก่อสร้างเพื่อคำนวณระยะเวลาดำเนินการก่อสร้างออกเป็น ๒ ส่วน ได้แก่ งานก่อสร้างหลัก ประกอบด้วย งานก่อสร้างปล่องอุโมงค์ งานเจาะอุโมงค์ งานก่อสร้างอาคารรับน้ำ และงานก่อสร้างรอง ได้แก่ งานปรับปรุงคุณภาพดินและเสริมความมั่นคงบริเวณแนวอุโมงค์เจาะผ่าน เช่น สะพาน งานระบบระบายน้ำคลองควั่นและงานระบบ SCADA

โดยขั้นตอนการคำนวณระยะเวลาก่อสร้างเพื่อกำหนดระยะเวลาก่อสร้าง โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว มีรายละเอียดตามที่แสดงอยู่ใน ภาคผนวก ค

๖.๓ การกำหนดแผนงานโครงการ (Project Scheduling)

เมื่อได้ระยะเวลาดำเนินการที่ต้องใช้ในการรื้อย้ายสาธารณูปโภคและระยะเวลาในการก่อสร้างในแต่ละขั้นตอนแล้ว จากนั้นจึงนำมาพิจารณาจัดเป็นลำดับขั้นตอนการทำงานว่างานก่อสร้างใดที่ต้องเริ่มก่อนหรือหลังหรือดำเนินการ ในช่วงระยะเวลาเดียวกันได้ จนได้เป็นแผนการดำเนินงานของโครงการ คิดเป็นระยะเวลาก่อสร้างจำนวนทั้งสิ้น ๑,๐๘๐ วัน แสดงตามตารางแผนงานโครงการก่อสร้างด้วยระบบเวลา (Bar/Gantt Chart) (ภาคผนวก ค) และการวางแผนและควบคุมโครงการด้วยโปรแกรม Microsoft Project (ภาคผนวก ง)

๖.๔ กลยุทธ์ที่ใช้ในการกำหนดระยะเวลาก่อสร้างและวางแผนงานก่อสร้าง

๖.๔.๑ งานก่อสร้างปล่องอุโมงค์และงานเจาะอุโมงค์เป็นงานเฉพาะทางที่ต้องใช้ประสบการณ์เทคนิคเฉพาะด้าน การหาข้อมูลจากผู้รับจ้างที่ทำงานด้านนี้หรือศึกษาจากโครงการก่อสร้างในอดีต ในเรื่องของระยะเวลาการก่อสร้าง จะทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้อ้างอิงในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างได้เป็นอย่างดี

๖.๔.๒ โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึง คลองลาดพร้าว งานก่อสร้างมีระยะเวลาจำกัด การลดระยะเวลาโครงการโดยวางแผนงานที่สามารถทำไป พร้อมกันในเวลาเดียวกัน เช่น การก่อสร้างปล่องอุโมงค์กับการผลิตหัวเจาะอุโมงค์ หรือการก่อสร้าง ปล่องอุโมงค์พร้อมกับการผลิตชิ้นส่วนอุโมงค์ (Segment) ทำให้สามารถลดเวลาของโครงการได้

๖.๔.๓ การประสานหน่วยงานสาธารณสุขโรคต่าง ๆ ล่วงหน้าเพื่อหาตำแหน่งสาธารณสุขโรคที่แน่นอน รวมทั้งการวางแผนจัดการจราจรในพื้นที่ จะทำให้ทราบถึงกรอบเวลาในการดำเนินการรื้อย้ายและ การขออนุญาตปิดเบี่ยงการจราจร ซึ่งสามารถนำมาใช้คำนวณระยะเวลาในขั้นตอนการเตรียมการก่อนเข้า ก่อสร้างได้ ทำให้ขั้นตอนการก่อสร้างไม่ถูกเลื่อนออกไปจากแผนงานที่กำหนดไว้

๗. ผลสำเร็จของงาน

จากการดำเนินการวางแผนงานประมาณระยะเวลาการก่อสร้างทั้งในขั้นตอนการเตรียมงาน และขั้นตอน การก่อสร้าง จนนำมาจัดเป็นแผนงานโครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว สามารถสรุปผลสำเร็จของงานได้ ดังนี้

๗.๑ ได้แผนงานก่อสร้างรวมทั้งระยะเวลาก่อสร้างของโครงการสามารถนำไปเสนอผู้บังคับบัญชา เพื่อนำไปใช้ดำเนินการวางแผนจัดของงบประมาณ ประกวดราคา และดำเนินการก่อสร้างต่อไปได้

๗.๒ แผนงานก่อสร้างมีความถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริง เพราะจากการประสานงานหน่วยงาน สาธารณูปโภคและหน่วยงานในการจัดการจราจรล่วงหน้า ทำให้เกิดการประสานงานระหว่างหน่วยงาน ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาในการประสานงานให้เหลือเพียงขั้นตอนการเข้าทำการรื้อย้ายงานสาธารณสุขโรค และการอนุมัติแผนการจัดการจราจรเท่านั้น ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวถูกกำหนดอยู่ในแผนงานในขั้นตอนของ การเตรียมการก่อสร้าง ส่งผลให้ลดความเสี่ยงที่ขั้นตอนการก่อสร้างจะถูกเลื่อนออกไปจากแผนงานที่กำหนดไว้

๘. การนำไปใช้ประโยชน์

๘.๑ สามารถนำแผนงานก่อสร้างไปใช้ประกอบในการเสนอโครงการต่อคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (กนช.) พิจารณาเห็นชอบในหลักการให้กรุงเทพมหานครดำเนินโครงการและนำเสนอคณะรัฐมนตรีอนุมัติต่อไป

๘.๒ สามารถนำแผนงานก่อสร้างที่มีระยะเวลาก่อสร้างในแต่ละขั้นตอน ไปใช้ในการประมาณราคาและจัดทำ ราคากลาง เพื่อของงบประมาณดำเนินการก่อสร้าง และในขั้นตอนการก่อสร้างก็สามารถนำไปใช้ในการจัดเตรียม ทรัพยากรสำหรับใช้ในงานก่อสร้าง และใช้แผนงานก่อสร้างตรวจติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้างต่อไป

๘.๓ สามารถนำแผนงานก่อสร้างของโครงการ ซึ่งเป็นงานเฉพาะทาง ได้แก่ งานขุดเจาะอุโมงค์ งานก่อสร้างปล่องอุโมงค์ งานก่อสร้างอาคารรับน้ำ และงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องไปคิดใช้กับโครงการอื่นที่มีงาน ลักษณะเดียวกันเพื่อของงบประมาณดำเนินการก่อสร้าง ทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการประมาณระยะเวลา ก่อสร้างและแผนงานได้เป็นอย่างดี

๘.๔ มีแผนงานก่อสร้างไว้ใช้ตรวจสอบกับแผนงานก่อสร้างของผู้รับจ้างที่ขออนุมัติใช้ในโครงการ เพื่อตรวจสอบแนวทางการทำงาน และสามารถปรับแผนงานเมื่อเห็นว่าไม่เหมาะสม ทำให้วิศวกรหรือ ผู้ปฏิบัติงาน มีความมั่นใจในการปฏิบัติงานให้บรรลุผลสำเร็จตามแผนงานที่กำหนดและเกิดความเชื่อถือ ในหน่วยงาน

๙. ความยุ่งยาก ปัญหา อุปสรรค ในการดำเนินการ

โครงการก่อสร้างก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อจากถนนรัชดาภิเษกถึง คลองลาดพร้าวพื้นที่ก่อสร้างอยู่ในเขตแนวคลอง การเข้าพื้นที่ก่อสร้างจะต้องทำโครงสร้างชั่วคราวเพื่อลำเลียง วัสดุอุปกรณ์เข้าพื้นที่ หากการก่อสร้างล่าช้ากว่าแผนงานที่วางไว้ จะทำให้เกิดผลเสียต่อประชาชนในพื้นที่ และโครงการ รวมทั้งปัญหา ดังต่อไปนี้

๙.๑ แนวสาธารถูปโภคใต้ดินไม่ตรงตามแบบก่อสร้างจริง (Asbuilt Drawing) ถึงแม้จะได้ประสานหน่วยงานสาธารถูปโภคเพื่อขอแบบแล้วก็ตาม ทำให้ระยะเวลาการเข้ารื้อย้ายอาจต้องใช้ระยะเวลามากขึ้นจากที่วางแผนไว้

๙.๒ การเข้ารื้อย้ายระบบสาธารถูปโภค หน่วยงานเจ้าของสาธารถูปโภคไม่สามารถเข้าดำเนินการรื้อย้ายได้ทันทีเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง จำเป็นต้องตั้งงบประมาณเพื่อจ้างเหมาผู้รับจ้างเข้าดำเนินการรื้อย้ายแทน ทำให้ต้องใช้ระยะเวลามากขึ้นจากแผนงานที่วางแผนไว้

๙.๓ การก่อสร้างปล่องอุโมงค์อาจเกิดความล่าช้าจากการไม่สามารถควบคุมการจมปล่องให้เป็นไปตามที่กำหนดเกิดการเอียง การเคลื่อนตัวของดินสูงมีผลกระทบต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างข้างเคียง และอาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างผนังปล่องอุโมงค์

๙.๔ การขุดเจาะอุโมงค์จะต้องสำรวจพื้นที่ทั้งทางราบและทางตั้ง และตำแหน่งที่ถูกต้องของอาคารต่าง ๆ รวมทั้งขอบเขตกรรมสิทธิ์ในที่ดินของเอกชนและที่สาธารณะ และต้องระมัดระวังผลกระทบต่อฐานรากของอาคาร สะพาน และอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้แผนงานก่อสร้างล่าช้ากว่ากำหนด

๑๐. ข้อเสนอแนะ

๑๐.๑ ปัญหาระบบสาธารถูปโภคที่เกิดขวางแนวก่อสร้าง ที่จะส่งผลให้โครงการเกิดความล่าช้าไปจากแผนงานที่วางไว้นั้น สามารถแก้ปัญหาได้โดยในขั้นตอนการวางแผนงานถึงก่อนเริ่มสัญญาจ้างเหมานั้นวิศวกรเจ้าของโครงการหรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถเชิญหน่วยงานสาธารถูปโภคประชุมร่วมกันเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหา ซึ่งหน่วยงานสาธารถูปโภคบางหน่วยงานสามารถดำเนินการจ้างเหมาผู้รับจ้างดำเนินการรื้อย้ายได้ก่อน หรือใช้วิธีสัญญาจ้างเหมาพร้อม โดยจ้างเหมาผู้รับจ้างงานของสำนักการระบายน้ำให้รับจ้างเหมางานรื้อย้าย งานสาธารถูปโภคดังกล่าวไปในคราวเดียวกัน ซึ่งวิธีดังกล่าวจะสามารถลดระยะเวลาในการดำเนินการได้เป็นอย่างมาก

๑๐.๒ ปัญหาขุดเจาะอุโมงค์ ไม่สามารถควบคุมการเจาะให้เป็นไปตามแผนหรือเส้นทางที่กำหนดไว้ การเคลื่อนตัวของดินสูง (Ground Loss) ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างสะพานและสิ่งปลูกสร้างหรือสาธารถูปโภคที่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่ก่อสร้างได้ จึงต้องวางแผนเกี่ยวกับโครงสร้างชั่วคราว การปรับปรุงคุณภาพดิน การขุดเจาะอุโมงค์และติดตั้งชิ้นส่วนอุโมงค์ (Segment) งานอุดช่องว่างรอบชิ้นส่วนอุโมงค์ (Primary And Secondary Grouting) การตรวจวัดตำแหน่งในแนวราบและแนวตั้ง การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของดินและแผนความปลอดภัย จะทำให้ช่วยลดปัญหาและระยะเวลาในการก่อสร้างได้เป็นอย่างมาก

๑๐.๓ ผู้ควบคุมงานควรกำกับผู้รับจ้างให้ตรวจสอบสภาพชั้นดินและติดตั้งเครื่องตรวจวัดการทรุดตัวของดินบริเวณที่ก่อสร้างปล่องอุโมงค์และตลอดแนวขุดเจาะอุโมงค์ ทั้งก่อนและในขณะก่อสร้างเพื่อให้ทราบถึงสภาพของชั้นดินในพื้นที่ พร้อมทั้งตรวจสอบความพร้อมของหัวเจาะและอุปกรณ์ต่าง ๆ อยู่เสมอเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของดินสร้างความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้างหรือสาธารถูปโภคที่อยู่ใกล้เคียงได้

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ

(นายธีรศักดิ์ รัตนสุรางค์)

ผู้ขอรับการประเมิน

วันที่

ขอรับรองว่าสัดส่วนหรือลักษณะงานในการดำเนินการของผู้เสนอข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(นายเทวัญ อึ้งประเสริฐ)
ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่.....

ลงชื่อ.....

(นายเคนทร์ บำรุงเขตต์)
ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่.....

ลงชื่อ.....

(นายชินรัตน์ วงศ์ธีรภาพ)
ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่.....

ลงชื่อ.....

(นายชัยยุทธ ลือพงษ์)
ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่.....

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(นายสัญญาลักษณ์ ก้องกิจการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ
สำนักการระบายน้ำ

ขณะดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการส่วนวิศวกรรมระบบระบายน้ำ
สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ
สำนักการระบายน้ำ

วันที่.....

ลงชื่อ.....

(นายสัญญาลักษณ์ ก้องกิจการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ
สำนักการระบายน้ำ

วันที่.....

ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ของนายธีรศักดิ์ รัตนสุรงค์

เพื่อประกอบการแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง วิศวกรโยธาชำนาญการ (ด้านศึกษาโครงการและวางแผนงาน)
ตำแหน่งเลขที่ สพน. ๕๑ สังกัด กลุ่มงานวิศวกรรมระบบระบายน้ำ ๒ ส่วนวิศวกรรมระบบระบายน้ำ
สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ สำนักการระบายน้ำ

เรื่อง การจัดทำฐานข้อมูลเชื่อมโยงระบบ SCADA อุโมงค์ระบายน้ำเดิม อุโมงค์ที่อยู่ระหว่างก่อสร้าง
และสถานีสูบน้ำตามแนวอุโมงค์มาแสดงผลที่ศูนย์ป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

หลักการและเหตุผล

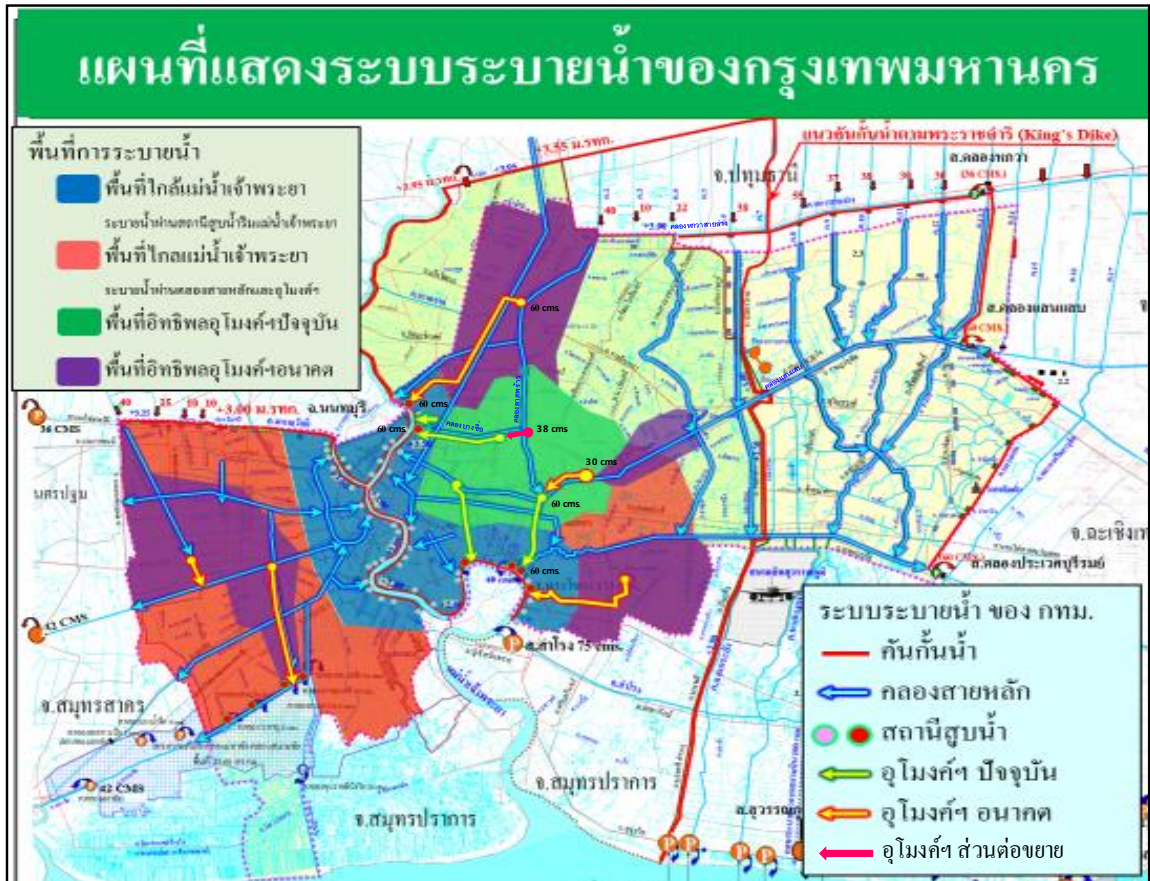
ในปัจจุบันพื้นที่กรุงเทพมหานครได้มีการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำเพื่อเร่งระบายน้ำในพื้นที่น้ำท่วมซึ่งให้ระบายออกสู่อ่างน้ำเจ้าพระยาโดยตรงและยังช่วยเร่งระบายน้ำหลากจากพื้นที่ภายนอกให้ระบายผ่านคลองระบายน้ำเข้ามาในพื้นที่ป้องกันแล้วไหลลงสู่อุโมงค์ระบายน้ำใต้ดิน เพื่อระบายออกสู่อ่างน้ำเจ้าพระยา โดยปัจจุบันมีการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำขนาดใหญ่แล้ว จำนวน ๔ แห่ง อยู่ระหว่างดำเนินการก่อสร้างจำนวน ๔ แห่ง และอยู่ระหว่างของบประมาณ จำนวน ๒ แห่ง

องค์ประกอบของอุโมงค์ระบายน้ำนอกจากมีอุโมงค์แล้ว ยังมีสถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยา ปล่องอุโมงค์ อาคารรับน้ำพร้อมประตูระบายน้ำและเครื่องเก็บขยะอัตโนมัติ เพื่อให้มีการควบคุมและติดตามการทำงานที่มีประสิทธิภาพ การติดตั้งระบบ SCADA เพื่อติดตามสถานะการทำงานของสถานีสูบน้ำ สถานะการทำงานของประตูระบายน้ำและเครื่องเก็บขยะอัตโนมัติที่อาคารรับน้ำ รวมถึงการตรวจวัดระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำ ปัจจุบันมีเพียงอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ ที่ได้เชื่อมโยงเพื่อแสดงผลที่ศูนย์ป้องกันน้ำท่วม กรุงเทพมหานครเท่านั้น โดยมีลักษณะ SCADA ของภาพรวมของสถานีสูบน้ำและอาคารรับน้ำ

ในการใช้อุโมงค์ระบายน้ำเพื่อบริหารจัดการน้ำในภาพรวมของพื้นที่กรุงเทพมหานครให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องบูรณาการการบริหารการทำงานของอุโมงค์ระบายน้ำและต้องรู้สถานะการทำงานขององค์ประกอบของอุโมงค์ ทั้งระดับน้ำ และอัตราการไหลของน้ำที่อาคารรับน้ำต่าง ๆ รวมถึงสถานะการทำงานของสถานีสูบน้ำเดิมตามแนวอุโมงค์ เพื่อเกิดประสิทธิภาพสูงสุดของบริหารจัดการน้ำ การเข้าใจถึงสถานการณ์น้ำและการทำงานขององค์ประกอบเหล่านี้จึงจำเป็นอย่างยิ่ง โดยการเชื่อมโยงระบบติดตามสถานะการทำงานรวมทั้งระดับน้ำต่าง ๆ ในอาคารไว้ในที่เดียวกันและทราบสถานะพร้อม ๆ กัน

วัตถุประสงค์และหรือเป้าหมาย

๑. เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการใช้อุโมงค์ในการบริหารจัดการน้ำแบบ Real-time
๒. เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้จำลองการไหลของปริมาณฝนที่ตกบนพื้นที่อิทธิพลของอุโมงค์ผ่านโปรแกรม Storm Water Management Model (SWMM)
๓. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบโครงข่ายระบบระบายน้ำบริเวณที่เป็นจุดเสี่ยงน้ำท่วมในพื้นที่อิทธิพลของอุโมงค์ระบายน้ำ
๔. เพื่อเป็นการเตรียมการรองรับการบริหารจัดการน้ำผ่านระบบไร้สายในอนาคต
๕. เพื่อรวบรวมข้อมูลอุโมงค์ระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจัดเก็บโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



รูปภาพแผนที่แสดงอุโมงค์ระบายน้ำของกรุงเทพมหานคร

กรอบการวิเคราะห์ แนวคิด ข้อเสนอ

การจัดทำฐานข้อมูลเชื่อมโยงระบบ ระบบ SCADA สำหรับการบริหารจัดการน้ำอุโมงค์ระบายน้ำของกรุงเทพมหานคร โดยการการควบรวมระบบ SCADA ของสถานีสูบน้ำต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วและที่ใกล้จะก่อสร้างแล้วเสร็จให้เป็นระบบเดียวกัน เนื่องจากสถานีสูบน้ำต่าง ๆ ถูกก่อสร้างขึ้นด้วยสัญญาจ้างที่ต่างกัน ซึ่งผู้ออกแบบของแต่ละสัญญามีแนวคิดในการออกแบบและการเลือกใช้อุปกรณ์ของระบบควบคุมของสถานีสูบน้ำนั้น ๆ เช่น PLC และ HIMI SCADA ต่างผลิตภัณฑ์กัน ส่งผลให้ระบบควบคุมแต่ละสถานีสูบน้ำเป็น SCADA SERVER ซึ่งจะไม่สามารถเชื่อมต่อทุก ๆ สถานีสูบน้ำให้เป็นระบบเดียวกันได้ ดังนั้น เพื่อให้มีการเชื่อมโยงระบบควบคุมสถานีสูบน้ำอุโมงค์ต่าง ๆ ที่มีระบบ SCADA และระบบ PLC ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ กันไว้ในระบบควบคุมเดียวกัน และจะแสดงผลที่ศูนย์ป้องกันน้ำ เมื่อสามารถทราบค่าของข้อมูลตามเวลาจริงแล้วจึงส่งข้อมูลให้ผู้บริหารประเมินสถานการณ์และใช้ในการจัดการน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในพื้นที่

ระบบ SCADA จะต้องสามารถควบคุมและแสดงผลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ อีกทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และรายงานผล โดยระบบดังกล่าวจะต้องมี Function การทำงานอย่างน้อย ดังนี้

๑) ควบคุมการทำงานและแสดงสถานะของเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในรูปแบบกราฟฟิกข้อความ สัญลักษณ์ และแผนภาพ เป็นอย่างน้อย ดังนี้

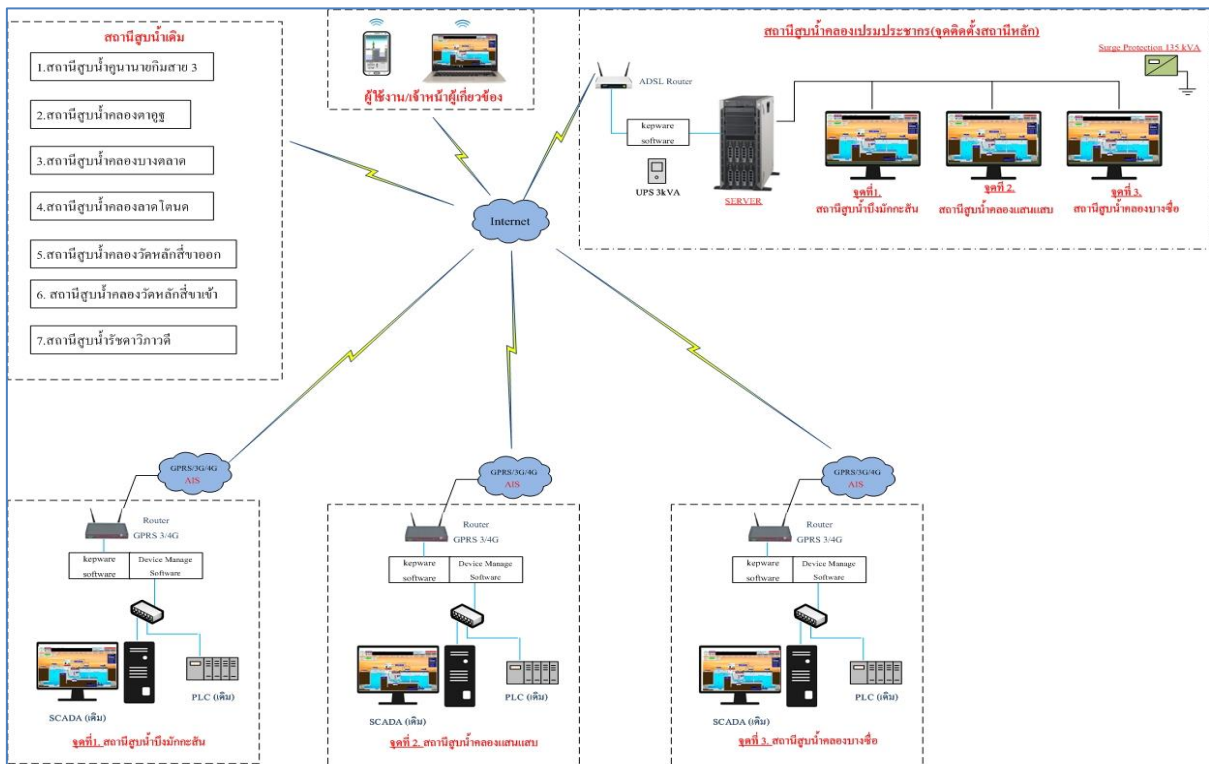
- ๑.๑) ระดับน้ำ
- ๑.๒) อัตราการไหลของน้ำ
- ๑.๓) ปริมาณฝน

- ๑.๔) ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้จากอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ
- ๑.๕) สถานการณ์ทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์
- ๑.๖) สัญญาณเตือนต่าง ๆ

๒) แสดงผลข้อมูลเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในรูปแบบกราฟสัญญาณต่อเนื่อง (Trending Graph) เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ พร้อมกัน

๓) แจ้งเตือนภัยเหตุขัดข้องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นผ่าน SCADA Software และช่องทางอื่น ๆ ที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถรับรู้และแก้ไขเหตุขัดข้องต่อ ๐๐๐๐๐๐...าง ๆ ได้ทันท่วงที

และเพื่อให้สามารถวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากการบริหารจัดการน้ำ โดยเครื่องมือระบบ SCADA ในเชิงพื้นที่ระดับย่อย เช่น พื้นที่อิทธิพลอาคารรับน้ำของอุโมงค์แต่ละแห่ง ในแต่ละเงื่อนไข Operation จะต้องนำข้อมูลต่าง ๆ ดังกล่าว เข้าสู่โปรแกรมจำลอง Storm Water Managment Model (SWMM) เพื่อประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาที่ท่วมในเชิงพื้นที่ย่อย รวมถึงเป็นข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนาระบบระบายน้ำในพื้นที่ต่อไป



รูปภาพงานระบบควบคุมระยะไกล (SCADA) สถานีสูบน้ำเดิมและงานเชื่อมต่อแสดงผลรวมอุโมงค์ระบายน้ำเดิม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

๑. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารการทำงานของอุโมงค์ระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร
๒. ใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้บริหารประเมินสถานการณ์และใช้ในการจัดการน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในพื้นที่
๓. สามารถออกแบบโครงข่ายระบบระบายน้ำของพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมกรณีฝนตกหนักในพื้นที่อิทธิพลอุโมงค์ระบายน้ำ ลดปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในพื้นที่
๔. สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำในอนาคต
๕. สามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับวิศวกรในการออกแบบเพื่อปรับปรุงและพัฒนาอุโมงค์ระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ตัวชี้วัดความสำเร็จ

๑. สามารถคาดเดาพื้นที่น้ำท่วมได้ถูกต้อง
๒. สามารถบริหารจัดการน้ำ เพื่อไม่ให้เกิดน้ำท่วม
๓. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อุโมงค์ระบายน้ำเพื่อแก้ไขปัญหา น้ำท่วม
๔. ลดระยะเวลา น้ำท่วมในพื้นที่อิทธิพลของอุโมงค์ระบายน้ำได้ดีขึ้นจากของเดิมโดยเปรียบเทียบปริมาณความเข้มของฝนกับสถิติในกรณีที่มีฝนตกใกล้เคียงกัน

ลงชื่อ

(นายธีรศักดิ์ รัตนสุรงค์)

ผู้ขอรับการประเมิน

ภาคผนวก ก

ความรู้ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ด้วยวิธีหล่อผนังในที่
(Caisson Sinking) และความรู้ด้านการก่อสร้างอาคารรับน้ำ

๑. เทคนิคและวิธีการก่อสร้างปล่องอุโมงค์

การก่อสร้างปล่องอุโมงค์ของโครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว ตำแหน่งก่อสร้างอยู่ในพื้นที่คลอง ก่อนเริ่มงานก่อสร้างจะต้องก่อสร้างโครงสร้างชั่วคราว เข้าไปดำเนินการทำบ่อก่อสร้างแล้วถมปรับระดับดินเพื่อทำการก่อสร้างผนังของปล่องอุโมงค์ ซึ่งผนังปล่องอุโมงค์ของโครงการมีระดับปลาย Cutting Shoe ค่อนข้างลึก อยู่ต่ำกว่าระดับผิวดินประมาณ ๒๐ เมตร ปัจจุบันจึงนิยมก่อสร้าง อยู่ ๒ วิธีด้วยกัน คือ วิธีหล่อผนังในที่แล้วขุดดินให้จม (Caisson Sinking) และก่อสร้างผนัง (Diaphragm Wall) หรือ (Secant Pile Wall) ในดินก่อนแล้วจึงขุดดินภายในออก โดยการเลือกจะใช้เทคนิคการก่อสร้างใดขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของสถานที่ก่อสร้าง ความชำนาญของผู้รับจ้าง และผลกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างและอาคารข้างเคียง

สำหรับโครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว จะต้องดำเนินการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ จำนวน ๑ แห่ง โดยกำหนดให้สร้างที่คลองลาดพร้าว ได้แก่ ปล่องอุโมงค์อาคารรับน้ำคลองลาดพร้าว จากการสำรวจสภาพพื้นที่ก่อสร้างปล่องอุโมงค์อยู่บริเวณในคลองไม่มีอาคารข้างเคียงอยู่ชิดพื้นที่ก่อสร้าง วิธีที่เหมาะสมในการก่อสร้างผนังปล่องอุโมงค์ที่อยู่ในคลองควรใช้วิธีหล่อผนังในที่ แล้วขุดดินให้จม (Caisson Sinking) ซึ่งขั้นตอนหลักของการก่อสร้างปล่องอุโมงค์โดยวิธีหล่อผนังในที่ แล้วขุดดินให้จม (Caisson Sinking) มีขั้นตอนการทำงานหลัก ๓ ส่วน ได้แก่ ส่วนงานวางแผนและเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง ส่วนงานก่อสร้างโครงสร้างชั่วคราว และส่วนงานก่อสร้างโครงสร้างปล่องอุโมงค์ โดยขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ นั้น จะต้องเป็นไปตามการออกแบบและข้อกำหนดโดยวิศวกรผู้ออกแบบ ซึ่งในการดำเนินการจะต้องมีการควบคุมให้เป็นไปตามรายละเอียดและข้อกำหนดต่าง ๆ อย่างถูกต้องปลอดภัยเป็นไปตามหลักวิศวกรรม ซึ่งพอสรุปขั้นตอนการทำงานหลัก ๓ ส่วน ได้ดังนี้

๑.๑ การวางแผนและเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

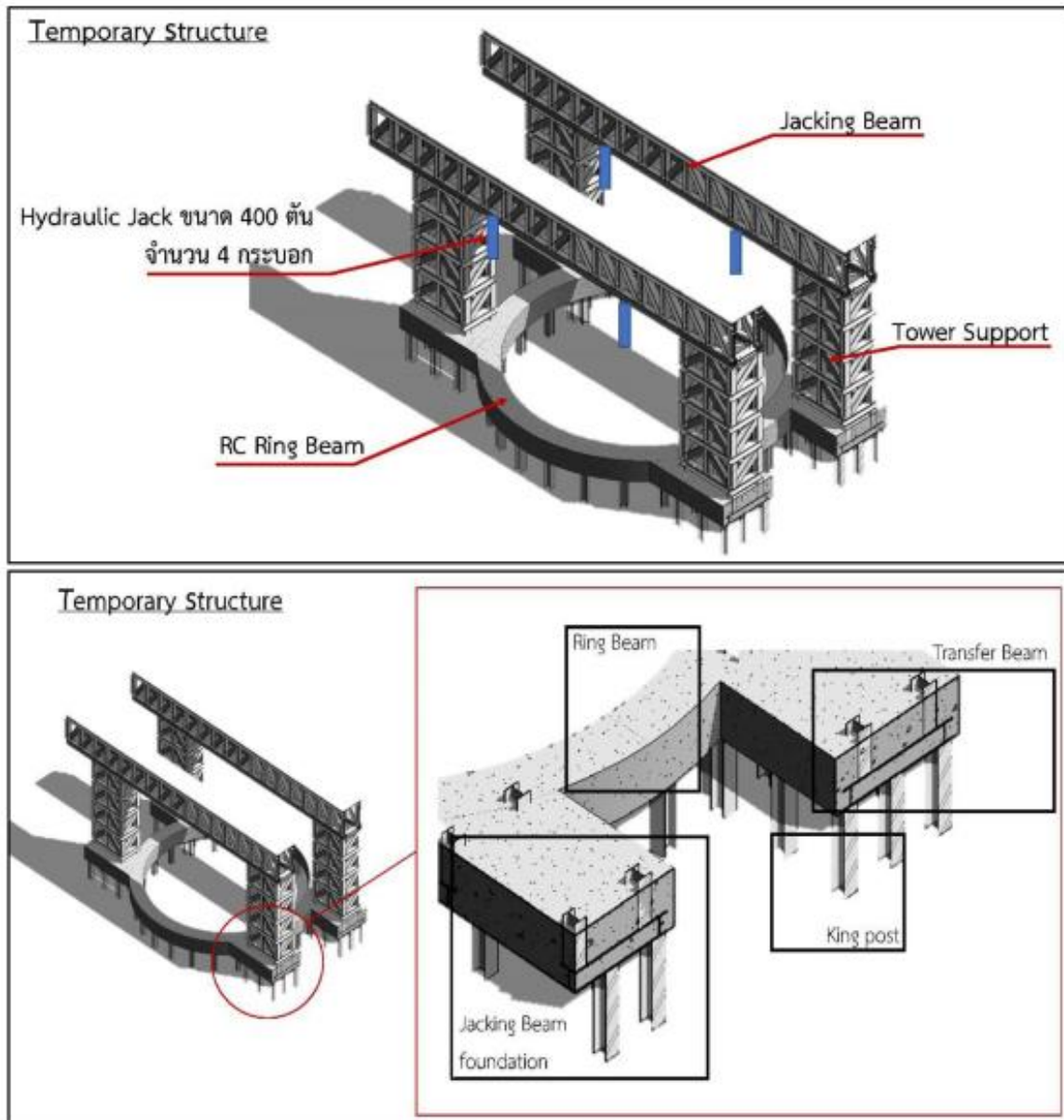
ก่อนทำการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ จำเป็นอย่างยิ่งจะต้องวางแผนให้รอบคอบเลือก เทคนิควิธีการก่อสร้างที่เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อลดปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นและทำให้การก่อสร้างล่าช้า ปัญหาหลักที่จะเกิดขึ้น ได้แก่ ไม่สามารถควบคุมการจมปล่องให้เป็นไปตามที่กำหนดได้เกิดการเอียง การเคลื่อนตัวของดินสูงมีผลกระทบต่ออาคารหรือสิ่งปลูกสร้างข้างเคียง และอาจก่อให้เกิด ความเสียหายต่อโครงสร้างของผนังปล่องอุโมงค์ได้ จึงต้องวางแผนและเตรียมการเกี่ยวกับระบบโครงสร้างชั่วคราว ระบบการกดปล่อง การขุดดิน การตรวจวัดตำแหน่งในแนวราบและแนวตั้ง การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของดิน เป็นต้น สำหรับการเตรียมพื้นที่ก่อสร้างจะมีขั้นตอน ดังนี้

ก. ทำการวางตำแหน่งผังบริเวณของส่วนต่าง ๆ อันได้แก่ ปล่องอุโมงค์ อาคาร โครงสร้าง Ring Beam ฐานรากของ Jacking Beam ในเขตพื้นที่ก่อสร้างโดยเจ้าหน้าที่สำรวจ

ข. ทำการปรับระดับถมดินและเคลียร์พื้นที่ก่อสร้าง ให้มีสภาพเหมาะสมต่อการทำงาน

๑.๒ การก่อสร้างโครงสร้างชั่วคราว

โครงสร้างชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างปล่องอุโมงค์ ด้วยเทคนิควิธีหล่อผนังในที่แล้ว ขุดดินให้จม (Caisson Sinking) ประกอบด้วย เสาเข็มสมอ (Anchor Pile) โครงสร้าง RC Ring Beam ใช้ควบคุมตำแหน่งในการจมปล่อง และเป็นที่ยึดรับชั่วคราวในกรณีต้องการชะลอการจมปล่อง และโครงสร้าง Tower Support และ Steel Jacking Beam และฐานรากรองรับ พร้อมชุดอุปกรณ์กดปล่อง ได้แก่ Hydraulic Jack เป็นต้น



รูปที่ ๑ แสดงงานติดตั้ง Temporary Structure

โดยรายละเอียดของโครงสร้างชั่วคราวมีดังนี้

ก. กดเสาชี้รองรับ RC Ring Beam เพื่อเป็นเสาชี้รองรับน้ำหนัก RC Ring Beam ส่วนที่เหลือนอกจาก Skin Friction และ End Bearing ของดินที่รับไปแล้ว และกดเสาชี้สมอ (Anchor Pile) เพื่อเป็นโครงสร้างรับแรงถอนจากการรับแรงที่เกิดจากการกดปล่อยอุโมงค์ ให้จมลงด้วย Hydraulic Jack



รูปที่ ๒ แสดงการกด King post เพื่อเป็นเสาเข็มรองรับ RC Ring Beam และ เสาเข็มเสมอ (Anchor Pile)

ข. ก่อสร้าง RC Ring Beam ซึ่งเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่รัด เสาเข็มเสมอ และเสาเข็มรองรับ RC Ring Beam ทำหน้าที่ควบคุมตำแหน่งปล่องอุโมงค์ ทั้งแนวตั้งและแนวนอน ขณะที่ต้องการหยุดการจมปล่อง สามารถใช้ลิ้นไม้ตอกขัดระหว่างผนังปล่องอุโมงค์กับ RC Ring Beam เพื่อให้เกิดแรงฝืดและพยุงตัวโครงสร้างปล่องอุโมงค์



รูปที่ ๓ แสดงเหล็กเสริม RC Ring Beam และ เทคอนกรีต RC Ring Beam

ค. ติดตั้ง Steel Tower Support ซึ่งเป็นโครงสร้างเหล็กทำหน้าที่รองรับ Jacking Beam



รูปที่ ๔ แสดงการติดตั้ง Steel Tower Support

ง. ติดตั้ง Jacking Beam ที่เป็นคานเหล็กขนาดใหญ่ภายในติดตั้งกระบอกไฮดรอลิก ทำหน้าที่กดควบคุมการจมในแนวตั้งของปล่องอุโมงค์ กด Preload ป้องกัน Heaving Effect และ กด Preload ก่อนการเทคอนกรีตแต่ละชั้นเพื่อป้องกันปล่องอุโมงค์จมเนื่องจากน้ำหนักของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น ในขณะเท



รูปที่ ๕ แสดงการติดตั้ง Jacking Beam และกระบอก Hydraulic Jack

๑.๓ การก่อสร้างโครงสร้างปล่องอุโมงค์

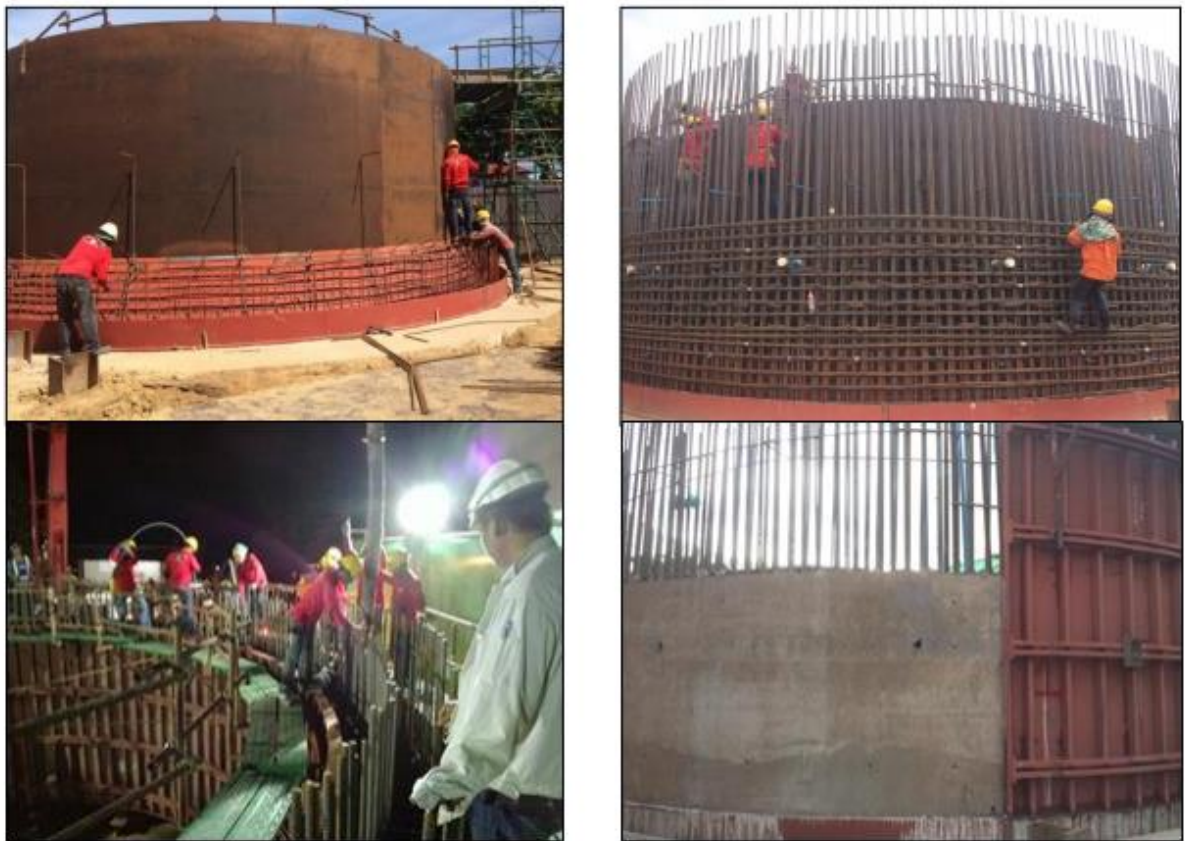
โครงสร้างปล่องอุโมงค์ ของโครงการฯ เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ โดยหลังจาก การก่อสร้างโครงสร้างชั่วคราวแล้วเสร็จ จึงจะเริ่มก่อสร้างปล่องอุโมงค์ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. ปรับระดับพื้นที่ จากขอบในของ RC Ring Beam เข้ามาโดยการบดอัดดินพร้อม ทดสอบการรับ น้ำหนักบรรทุกทุกของพื้นดินโดยวิธี Plate Bearing เพื่อเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักแบกทานที่เกิดขึ้นจริงกับที่ ออกแบบไว้ ว่าดินสามารถรับน้ำหนักได้จริงหรือไม่ หลังจากนั้นทำการเทคอนกรีตหยาบ



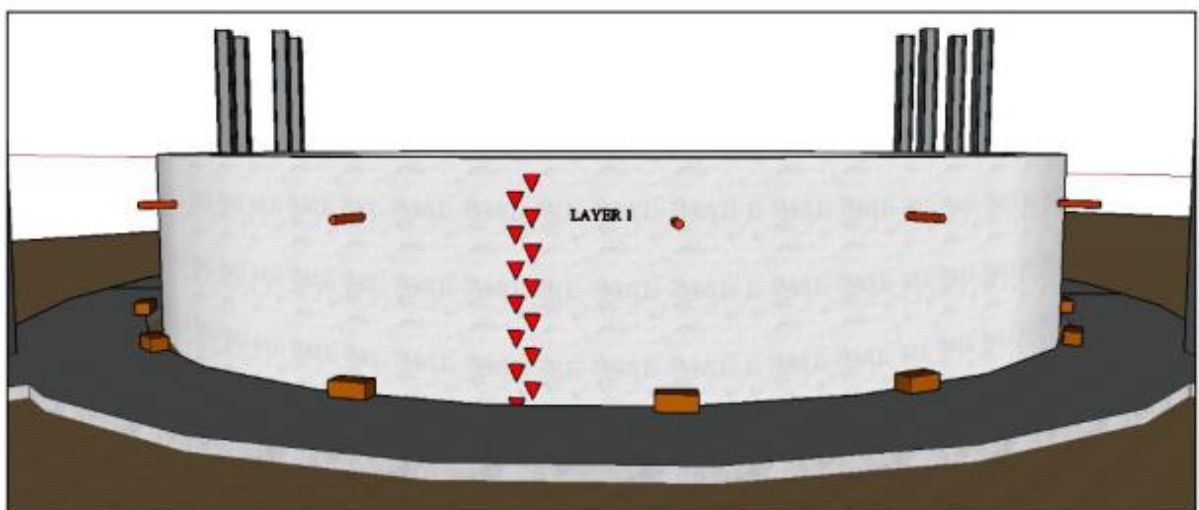
รูปที่ ๖ แสดงการปรับพื้นที่ โดยการบดอัดดิน ทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของพื้นดิน โดยวิธี Plate Bearing และเทคอนกรีตหยาบ

ข. ติดตั้ง Steel Cutting Shoe บนคอนกรีตหยาบและผูกเหล็กเข้าแบบและเท คอนกรีตชั้นที่ ๑



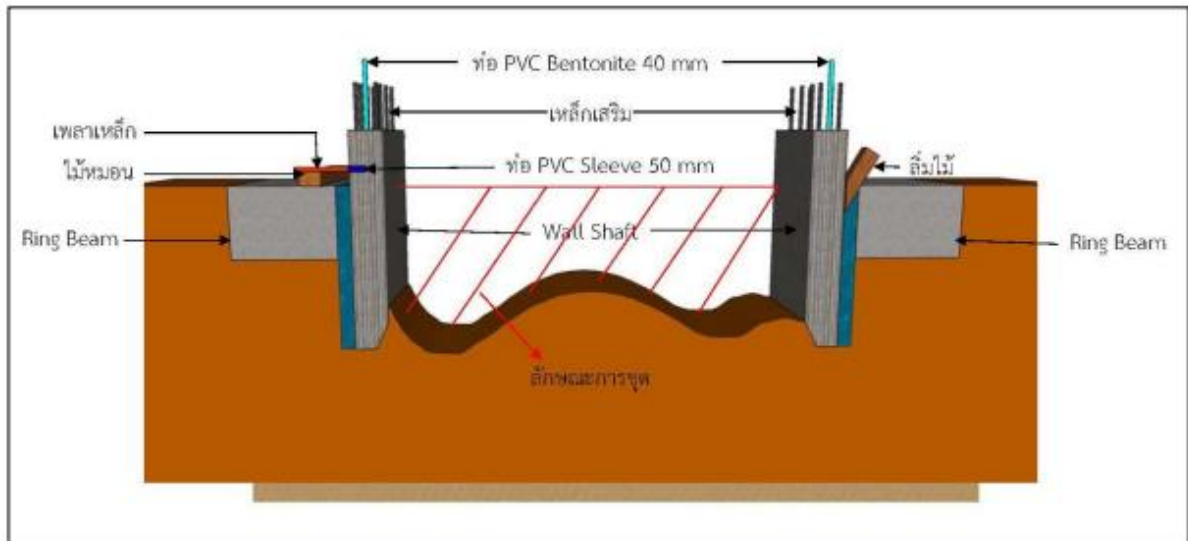
รูปที่ ๗ แสดงการติดตั้ง Cutting Shoe ผูกเหล็กประกอบแบบหล่อคอนกรีตและเทคอนกรีตปล่องอุโมงค์

ค. เมื่อคอนกรีตได้กำลังอัดตามที่กำหนด ทำการรื้อและถอดแบบหล่อคอนกรีตทำ ระดับ Mark ไว้ที่ผนังปล่องอุโมงค์ ใส่เหล็กเพลากันทรุดของปล่องอุโมงค์ พร้อมวางหมอนไม้รองไว้ตาม ตำแหน่ง



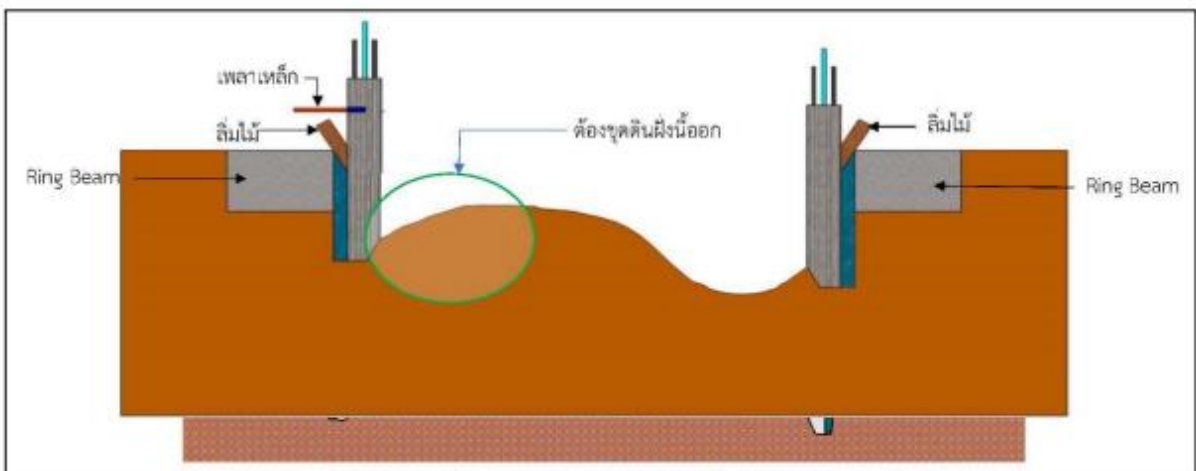
รูปที่ ๘ แสดงการทำระดับ Mark ไว้ที่ผนังปล่องท่อขนส่งน้ำ ใส่เหล็กเพลากันทรุดของปล่องท่อขนส่งน้ำ พร้อมวางหมอนไม้รองไว้ตามตำแหน่ง

ง. ทำการขุดดินภายในวงขึ้นงาน Cutting Shoe และจมส่วนโครงสร้างลงด้วยน้ำหนัก ของตัวเอง โดยให้Backhoe ขุดดินภายในปล่องอุโมงค์โดยเฉลี่ยทั่วทุกพื้นที่ และ ขุดลึกทีละประมาณ ๕๐ ซม.



รูปที่ ๙ แสดงการขุดดินภายในวงขึ้นงาน Cutting Shoe

จ. ระหว่างดำเนินการขุดดินให้สังเกตการจมของปล่องอุโมงค์ ตามตำแหน่งที่ Mark ค่ำระดับไว้ หากเกิดการจมของปล่องด้านใดด้านหนึ่งมากเกินไป ให้ทำการชะลอการจมโดยใช้สลักไม้ในการตอกด้านนั้นแล้ว ให้ทำการย้ายตำแหน่งการขุดไปฝั่งตรงข้าม



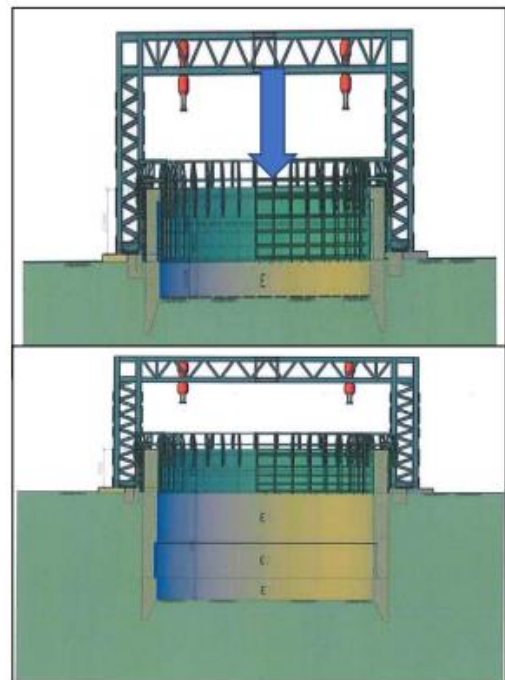
รูปที่ ๑๐ แสดงการขุดดินภายในปล่องอุโมงค์ เพื่อจมปล่อง และตอกสลักไม้เพื่อชะลอการจม

ฉ. เมื่อควบคุมแนวตั้งและระดับได้ให้ทำการอัดฉีดสารละลาย Bentonite ให้เต็ม ช่องว่างของปล่องอุโมงค์ หลังจากนั้นใช้แม่แรงไฮดรอลิกกดปล่องอุโมงค์ให้จม โดยใช้แม่แรงไฮดรอลิกดังกล่าวเป็นตัวควบคุมระดับและการรับน้ำหนักของชิ้นงานชิ้นนั้นๆ การควบคุมแนวตั้งจะถูกควบคุมไม่ให้ คลาดเคลื่อนเกินกว่ามาตรฐานกำหนด โดยอาศัยเทคนิคในการปรับแต่งแม่แรงไฮดรอลิกในระหว่างการยกตัวและอ่านระดับน้ำโดยรอบควบคู่กันไป และใช้เฟลาเหล็กเป็นตัวบังคับหยุดการจมบ่อ ให้ตรวจสอบค่าระดับ ทุก ๆ ๐.๕๐ เมตรโดยประมาณหรือพิจารณาตามหน้างาน



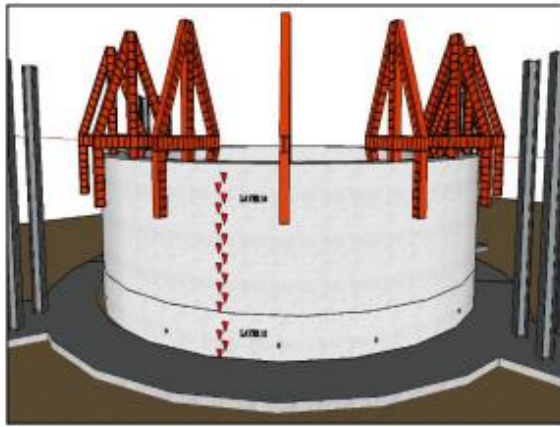
รูปที่ ๑๑ แสดงการจมปล่องอุโมงค์

ช. เมื่อชิ้นงานจมถึงระดับที่สามารถประกอบชิ้นงานถัดไปได้ ดำเนินการเตรียมหล่อผนังชั้นต่อไป ในส่วนของรอยต่อของชิ้นงานจะต้องติดตั้ง Hydrophilic Water Stop เพื่อป้องกันการรั่วซึมแล้วจึงผูกเหล็กเสริมผนังปล่องพร้อมติดตั้งท่อสำหรับงานสารหล่อลื่น แล้วจึงเข้าแบบหล่อคอนกรีต และเทคอนกรีตผนังปล่องอุโมงค์ เมื่อโครงสร้างผนังปล่องอุโมงค์ได้กำลังอัดตามที่กำหนดให้ทำการขุดดินและจมปล่องอุโมงค์ในแต่ละชั้น ดำเนินการจมปล่องอุโมงค์ตามขั้นตอนข้างต้นในแต่ละชั้นจนถึงชั้นสุดท้าย โดยจะต้องมีการควบคุมระดับของชิ้นงานให้ได้ตามแบบรวมถึงขั้นตอนการควบคุมคุณภาพ



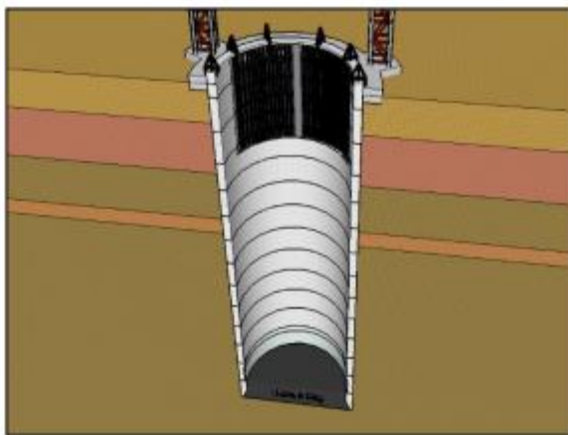
รูปที่ ๑๒ แสดงการผูกเหล็กเข้าแบบผนังชั้นต่อไปและการกดจมปล่องอุโมงค์ด้วยแม่แรงไฮดรอลิก

ซ. ในช่วงสุดท้ายของการจมปล่องอุโมงค์ จะดำเนินการจมปล่องอุโมงค์โดยให้ปลาย Cutting Shoe วางอยู่บนระดับตามที่กำหนดไว้ในแบบรูป และใช้ Stopped Sinking Structure (โครงสร้างหยุดการจม) ในการควบคุมระดับการจมให้คงที่ ณ ระดับที่กำหนดไว้



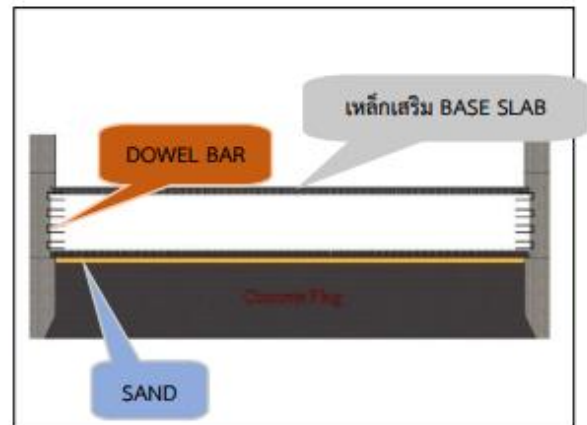
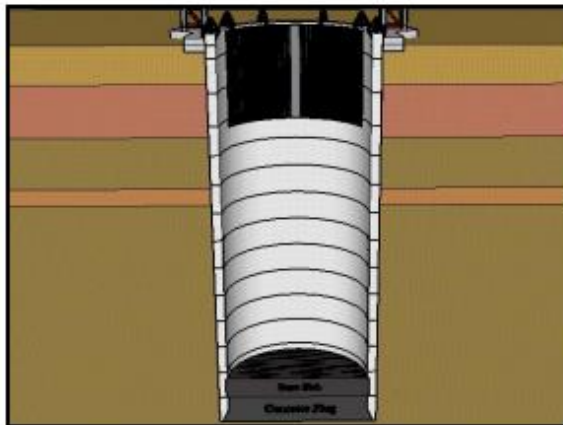
รูปที่ ๑๓ แสดงการติดตั้งโครงสร้างหยุดการจม (Stopped Sinking Structure)

ณ. ทำการขุดดินถึงระดับที่จะใช้เตรียมการหล่อ Base Slab ซึ่งทำหน้าที่เป็นพื้นที่ ทำงานและเป็นเหมือนฐานรากของปล่องอุโมงค์มีความหนาประมาณ ๒.๐๐ เมตร หรือตามการออกแบบ มีบำ รองรับการก่อสร้างใช้วิธีการตามการก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กปกติทั่วไป ทั้งนี้หากมีน้ำใต้ดินเข้ามาในปล่อง อาจจะจำเป็นต้องพิจารณาถึงวิธีการเทคอนกรีตอุดกันบ่อ (Concrete Plug) ก่อนดำเนินการหล่อ Base Slab



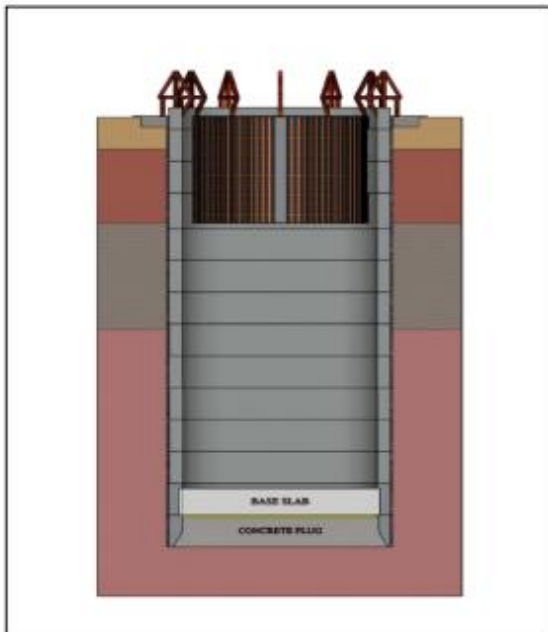
รูปที่ ๑๔ แสดงการเทคอนกรีตอุดกันปล่องอุโมงค์ (Concrete Plug) เพื่อป้องกันน้ำใต้ดินเข้ามาในปล่อง

ญ. เตรียมผิวบริเวณบารองรับ (Base Slab Key) และสกัดจ้งเหล็ก Dowel ที่ฝังไว้ใน ผนังออกมา ติดตั้ง Hydrophilic Water Stop ระหว่างพื้นและผนังปล่องอุโมงค์



รูปที่ ๑๕ แสดงงานเตรียมการก่อนดำเนินการก่อสร้าง Base Slab

ญ. ผูกเหล็ก Base Slab และดำเนินการเทคอนกรีต Base Slab หลังจากนั้นจึงทำการ รื้อถอน โครงสร้างชั่วคราวสำหรับงานจมปล่องอุโมงค์



รูปที่ ๑๖ แสดงงานติดตั้งเหล็กเสริมและเทคอนกรีต Base Slab

ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้างปล่องอุโมงค์ ได้แก่ การเคลื่อนตัวของดินรอบปล่องอุโมงค์สูง คอนกรีต Plug พื้นกันบ่อ Shaft ชำรุด เป็นต้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้าง สะพานและสิ่งปลูกสร้าง หรือสาธารณูปโภคที่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่ก่อสร้างได้จึงต้องวางแผนและเตรียมการเกี่ยวกับระบบโครงสร้างชั่วคราววิธีการขุดดินจมปล่องอุโมงค์ การตรวจวัดตำแหน่งของปล่องอุโมงค์ในแนวราบและแนวตั้ง การตรวจวัด การเคลื่อนตัวของดิน และแผนความปลอดภัย



รูปที่ ๑๗ แสดงการตรวจวัดค่าการเคลื่อนตัวด้านข้าง (Inclinometer)



รูปที่ ๑๘ การตรวจวัดค่าการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง (Extensometer)



รูปที่ ๑๙ การตรวจวัดค่าแรงดันน้ำใต้ดิน (Piezometer)

๒. เทคนิคและวิธีการก่อสร้างอาคารรับน้ำ

การก่อสร้างอาคารรับน้ำของโครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว ประกอบด้วยอาคารรับน้ำ ๑ แห่ง ได้แก่ อาคารรับน้ำคลองลาดพร้าว โดยอาคารรับน้ำ มีระดับพื้น ค.ส.ล. ทางน้ำเข้าอาคารเท่ากับ -๒.๕๐ ม.รทก. ระดับน้ำออกแบบสูงสุดเท่ากับ +๐.๐๐ ม.รทก. และระดับชุดลอกคลองบริเวณอาคารรับน้ำต้องไม่ตื้นกว่าระดับ -๓.๐๐ ม.รทก. จากการสำรวจพื้นที่ก่อสร้างอาคารรับน้ำอยู่ในบริเวณคลองลาดพร้าว ซึ่งขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ นั้นต้องเป็นไปตามการออกแบบและข้อกำหนดโดยวิศวกรผู้ออกแบบ จะต้องมีการควบคุมงานให้เป็นไปตามรายละเอียดและข้อกำหนดต่าง ๆ อย่างถูกต้องและปลอดภัย เป็นไปตามหลักวิศวกรรม โดยสรุปขั้นตอนการทำงานได้ ๕ ส่วน ดังนี้

๒.๑ การวางแผนและเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

- เคลียร์พื้นที่ก่อสร้าง วางตำแหน่งยึนเครื่องจักร การจัดเก็บวัสดุ และการขนส่งวัสดุให้เหมาะสมกับการทำงาน
- วางตำแหน่งผังบริเวณของอาคารรับน้ำ และโครงสร้างชั่วคราว ในพื้นที่ก่อสร้างโดยช่างสำรวจ
- สำรวจพื้นที่บริเวณก่อสร้างอาคารรับน้ำโดยรอบ และเตรียมวิธีแก้ไขที่อาจจะเกิดผลกระทบต่อการดำเนินงาน เช่น การจราจร การระบายน้ำ มลพิษทางฝุ่น เสียง โครงสร้างอาคาร และบ้านเรือนข้างเคียง เป็นต้น

๒.๒ การก่อสร้างโครงสร้าง Temporary Platform ใช้สำหรับยึนเครื่องจักรทำงานในพื้นที่การขนส่งและจัดเก็บวัสดุ โดยขั้นตอนการก่อสร้างของโครงสร้าง Temporary Platform มีดังนี้

- วางตำแหน่งแนว King Post โดยช่างสำรวจ
- กัดเสา King Post ความยาวประมาณ ๒๐ ม. โดยใช้ Vibro Hammer ตามแบบก่อสร้าง
- ติดตั้ง Sleeper Beam และ Main Beam ตามแบบก่อสร้าง
- ติดตั้ง Steel Platform ตามแบบก่อสร้าง



รูปที่ ๒๐ แสดงการติดตั้งโครงสร้าง Temporary Platform

๒.๓ การก่อสร้างท่อบกั้นน้ำพร้อมระบบค้ำยัน (Coffer Dam)

การก่อสร้างท่อบกั้นน้ำพร้อมระบบค้ำยัน (Coffer Dam) เพื่อใช้กั้นน้ำสำหรับทำ การสูบน้ำออกจากพื้นที่ก่อสร้างโครงสร้างอาคารรับน้ำ โดยใช้ Sheet Pile พร้อมทั้งระบบป้องกันดินพัง สำหรับการถมดินเพื่อทำการก่อสร้างเสาเข็มเจาะและขุดดินเพื่อการก่อสร้างอาคารรับน้ำ โดยมีระบบค้ำยันที่ ต้องทำการติดตั้งเพื่อช่วยในการถ่ายแรงตามขั้นตอนการก่อสร้าง โดยมีรายละเอียดของลำดับขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

๑. วางตำแหน่งแนว Sheet Pile โดยรอบพื้นที่ก่อสร้างอาคารรับน้ำโดยช่างสำรวจตามแบบก่อสร้าง

๒. กัด Sheet Pile และ Coffer Dam ความยาวประมาณ ๑๖ ม. โดยใช้ Vibro Hammer โดยรอบพื้นที่ก่อสร้างอาคารรับน้ำ



รูปที่ ๒๑ แสดงการกัด Sheet Pile และ Coffer Dam โดยใช้ Vibro Hammer

๓. ถมดินภายใน Sheet Pile และ Cofferdam ในพื้นที่ก่อสร้าง



รูปที่ ๒๒ แสดงถมดินภายใน Sheet Pile และ Cofferdam ในพื้นที่ก่อสร้าง

๔. ก่อสร้างเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปกลมกลวง โดยให้เครื่องจักรยืนทำงานบน Temporary Platform วิธีการก่อสร้างเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปกลมกลวง ดังแสดงในหัวข้อที่ (ง) การก่อสร้างเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปกลมกลวง

๕. ขุดดินเพื่อติดตั้งระบบค้ำยันชั้นที่ ๑ ตามแบบก่อสร้าง โดยให้ขุดดินต่ำกว่าระบบค้ำยัน ชั้นที่ ๑ เล็กน้อย ในการติดตั้งระบบค้ำยันนั้นสำหรับของในส่วนของอาคารรับน้ำ ที่อยู่ในตำแหน่งปล่อง อุโมงค์ จะติดตั้งระบบค้ำยันเข้ากับโครงสร้างปล่องอุโมงค์ ส่วนพื้นที่นอกปล่องอุโมงค์จะติดตั้ง Wale & Strut เพื่อถ่ายแรงเข้า Sheet Pile ตามปกติ



รูปที่ ๒๓ แสดงการติดตั้งระบบค้ำยันชั้นที่ ๑

๖. ขุดดินต่อจนถึงระดับใต้ค้ำยันชั้นที่ ๒ ตามแบบก่อสร้าง โดยให้ขุดดินต่ำกว่า ระบบค้ำยันชั้นที่ ๒ เล็กน้อย การติดตั้งระบบค้ำยันยังคงเป็นไปตามข้อที่ ๕



รูปที่ ๒๔ แสดงการติดตั้งระบบค้ำยันชั้นที่ ๒

๗. ขุดดินต่อจนถึงระดับใต้ค้ำยันชั้นที่ ๓ ตามแบบก่อสร้าง โดยให้ขุดดินต่ำกว่า ระบบค้ำยันชั้นที่ ๓ เล็กน้อย การติดตั้งระบบค้ำยันยังคงเป็นไปตามข้อที่ ๕



รูปที่ ๒๕ แสดงการติดตั้งระบบค้ำยันชั้นที่ ๓

๘. ขุดดินต่อจนถึงระดับใต้ห้อง Base Slab ตามแบบก่อสร้าง จากนั้นทำการลงทรายบดอัดและเท Lean Concrete ปรับระดับให้ชนกับแนว Sheet Pile ทุกด้าน



รูปที่ ๒๖ แสดงการเท Lean Concrete ที่ระดับห้อง Base Slab

๙. เมื่อ Lean Concrete มีค่ากำลังรับน้ำหนักที่ยอมรับได้ จึงจะถอดระบบค้ำยันชั้นที่ ๓ ออกเพื่อทำการตัดหัวเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงรูปกลมกลวง และก่อสร้างโครงสร้างอาคารรับน้ำต่อไป

๒.๔ การก่อสร้างเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปกลมกลวง

๑) การควบคุมการผลิตเสาเข็ม นอกเหนือจากการตรวจสอบผลทดสอบวัสดุและ ส่วนผสมคอนกรีตแล้ว ก่อนการผลิตเสาเข็มจะต้องตรวจสอบ ดังนี้

- แท่นและอุปกรณ์ประกอบระบบการอัดแรง ได้แก่ การตรวจสอบพื้นหรือฐานรองรับแบบหล่อจะต้องมีระดับเท่ากันไม่ทรุดตัว การตรวจสอบแบบหล่อด้านข้างจะต้องอยู่ในสภาพเรียบร้อยไม่บิดเบี้ยวหรือโก่งงอ การตรวจสอบอุปกรณ์ดิ่งลวดอัดแรง (Hydraulic Jack และ Pump) จะต้องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน โดยให้ทำการทดลองก่อนใช้งานก่อนทำงานจริง และการตรวจสอบมาตรวัดแรง (Pressure Gauge) จะต้องมีความละเอียดชัดเจนและต้องมีการทดสอบปรับเทียบค่า (Calibration) และควรมีใบรับรองผลอายุไม่เกิน ๖ เดือน



รูปที่ ๒๗ แสดงแท่นและอุปกรณ์ประกอบระบบการอัดแรง

- ควบคุมการดิ่งลวดอัดแรง ได้แก่ การตรวจสอบการเปรียบเทียบค่าแรงดึงสุดท้ายตามที่กำหนดในแบบก่อสร้างกับผลการปรับเทียบค่า (Calibration) ของมาตรวัดแรง เพื่อใช้เป็นค่าควบคุมแรงดิ่ง และการตรวจสอบระยะยืด (Elongation) ของลวดอัดแรงทุกเส้นว่าเป็นไปตามค่าที่คำนวณไว้หรือไม่ เนื่องจากระยะยืดจะสัมพันธ์กับแรงดิ่ง

- ตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนเทคอนกรีต ได้แก่ การตรวจสอบจำนวน เหล็กเสริมแต่ละขนาดว่าครบถ้วนตามแบบก่อสร้างหรือไม่ ตรวจสอบความยาวของเหล็กเสริมแกนเสาเข็ม (Dowel Bar) ที่ช่วงหัวเสาเข็ม และตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้เป็นไปตามแบบก่อสร้าง หรือข้อกำหนด

- ควบคุมการเทคอนกรีต ได้แก่ การจัดให้มีเครื่องเขย่าหรือเครื่องจี้คอนกรีต (Vibrator) เพื่อสั่นสะเทือนเนื้อคอนกรีต เป็นการไล่ฟองอากาศและให้เนื้อคอนกรีตไหลเต็มแบบการเก็บตัวอย่างคอนกรีต เพื่อนำมาทดสอบกำลังอัดคอนกรีตประกอบกับการตัดลวดอัดแรงและการบ่มคอนกรีตหลังจากเทคอนกรีตแล้วเสร็จ ๒๔ ชั่วโมง

- ควบคุมการตัดลวดอัดแรงเพื่อถ่ายแรงสู่คอนกรีต ได้แก่ ก่อนการตัดลวดอัดแรงต้องมีการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตก่อนว่ามีกำลังอัดได้ตามข้อกำหนดหรือไม่ โดยปกติจะกำหนดให้ตัด ลวดอัดแรงได้เมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดไม่น้อยกว่าร้อยละ ๘๐ ของกำลังอัดที่ ๒๘ วัน และการตัดลวดอัดแรงให้สลับซ้าย - ขวา และสลับมุมบน - ล่าง ครึ่งละ ๑ - ๒ เส้น เพื่อให้การถ่ายแรงเป็นไปอย่างสมดุลไม่เกิดแรงที่แตกต่างกันมากเกินไปซึ่งจะทำให้เสาเข็มโก่งตัวเกิดรอยแตกกว้างและชำรุดได้

- การตกแต่งและขนย้ายเสาเข็มไปเก็บกอง ได้แก่ การตรวจสอบให้มีการตัดแต่งปลายลวดอัดแรงที่ยื่นออกมาให้เรียบเสมอผิวคอนกรีตแล้วทาปลายลวดอัดแรงด้วยวัสดุประสานรอยต่อกำลังสูง (Epoxy) หรือสีกันสนิม หรือวัสดุอื่นที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดสนิม และตรวจสอบการย้ายเสาเข็มไปกองเก็บในโรงงานหรือสถานที่ก่อสร้างจะต้องควบคุมให้มีการยกเสาเข็มและการวางหมอนรองรับเสาเข็มทั้งในขณะวางกองที่จุดยกตามที่กำหนดไว้หน้าไว้ในแบบก่อสร้างเท่านั้น



รูปที่ ๒๘ แสดงแท่นและอุปกรณ์ประกอบระบบการอัดแรง

๒) การตรวจสอบเครื่องมือ เครื่องจักร ที่ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบ ดังนี้

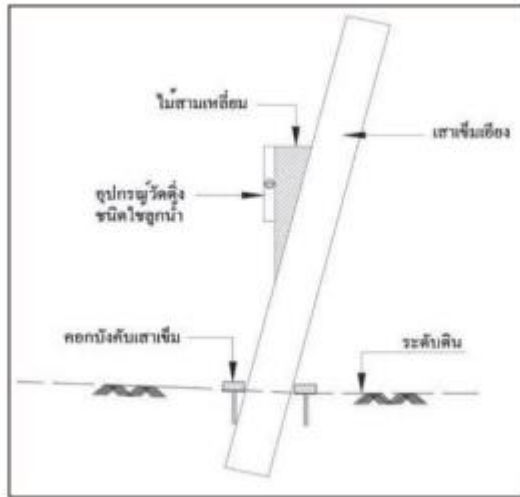
- นั่งร้านสำหรับปั้นจั่นตอกเสาเข็ม โดยทั่วไปจะใช้นั่งร้านไม้ชั่วคราว ประกอบด้วย เสาไม้เบญจพรรณ (ไม้ยาง ไม้สน และไม้ยูคาลิปตัส) และไม้แปรรูปทำหน้าที่เป็นตง คาน ไม้ยึด เสา ในกรณี ที่ลำน้ำมีท้องน้ำลึกหรือไม่สามารถก่อสร้างนั่งร้านโดยวิธีปกติได้อาจใช้โป๊ะหรือทุ่น หรือเรือ ท้องแบนบรรทุก บันจั่นสำหรับตอกเสาเข็ม โดยผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของนั่งร้านให้ เป็นไปตามแบบ รายละเอียดที่ผู้รับจ้างจัดทำขึ้น ซึ่งต้องมีรายการคำนวณรับรองโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาต ประกอบวิชาชีพ วิศวกรรมควบคุม

- บันจั่นตอกเสาเข็มพร้อมลูกตุ้มตอกเสาเข็ม หรือเครื่องกดเสาเข็มระบบไฮดรอลิก ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงโดยประเมินจากสภาพทั่วไป พิจารณาความ เหมาะสมของ ขนาดบันจั่นและระบบกว้าน (Winch) หรือเครื่องกดเสาเข็มระบบไฮดรอลิก และตรวจสอบความครบถ้วนและ เหมาะสมของอุปกรณ์ เช่นหมวกครอบหัวเสาเข็ม เหล็กประกบยึดกับรางบังคับลูกตุ้ม เป็น ต้น

๓) การกำหนดตำแหน่งของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปกลมกลวงตามแบบก่อสร้าง โดยใช้เครื่องมือสำรวจ โดยกำหนดจุดศูนย์กลางของเสาเข็มเจาะและทำเครื่องหมายให้ตำแหน่งศูนย์กลาง และ ทำเครื่องหมายเพิ่มอีก ๒ จุด โดยวัดให้ทั้ง ๒ จุดมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่กำหนดไว้เท่ากันและตั้งฉากกัน เป็นจุด Off - set

- ในกรณีนั่งร้านสูงควรทำคอกบังคับที่ระดับล่างของนั่งร้านเพิ่มอีก ๑ - ๒ ชั้น ตามความเหมาะสม เพื่อช่วยบังคับเสาเข็มให้เกิดการเบี่ยงเบนทางแนวดิ่งน้อยที่สุด

- ในกรณีแบบก่อสร้างกำหนดให้ตอกเสาเข็มเอียง จะต้องตรวจสอบค่าระดับของ พื้นที่ที่จะทำคอกบังคับเสาเข็มก่อนว่าแตกต่างจากค่าระดับที่ตำแหน่งศูนย์กลางเสาเข็มตามแบบก่อสร้างเท่าใด (อาจสูงกว่าหรือต่ำกว่า) เพื่อจะได้คำนวณตำแหน่งของคอกบังคับเสาเข็มได้อย่างถูกต้อง ซึ่ง กรณีนี้ตำแหน่ง คอกบังคับเสาเข็มจะต้องมีการทดระยะ (Off-Set) ออกมาจากตำแหน่งศูนย์กลางเสาเข็มที่ กำหนดตามแบบ ก่อสร้าง และตรวจสอบความเอียงของเสาเข็มโดยการใช้ไม้สามเหลี่ยมที่มีสัดส่วนความลาดเอียงเท่ากับ ความลาดเอียงของเสาเข็มที่กำหนดในแบบก่อสร้างไปทาบกับเสาเข็มที่ปรับเอียงไว้แล้วพร้อมทาบอุปกรณ์วัด ความดิ่งลูกน้ำ



รูปที่ ๒๙ แสดงตำแหน่งคอกบึงกับเสาเข็มและการตรวจสอบความเอียงของเสาเข็ม

๔) ในขณะที่ตอกเสาเข็มให้บันทึกระยะยกลูกตุ้มและจำนวนครั้งที่ตอก (Blow Count) ทุกระยะ ๑.๐๐ เมตร โดยขีดเครื่องหมายไว้เพื่อเป็นข้อมูลประเมินสภาพชั้นดิน และเมื่อตอกเสาเข็ม จนถึงช่วง ๓.๐๐ เมตรสุดท้าย จะต้องกำหนดระยะยกตุ้มให้คงที่และบันทึกจำนวนครั้งที่ตอก (Blow Count) ทุกระยะ ๐.๓๐ เมตร เพื่อพิจารณาอัตราการจมดินของเสาเข็ม และประเมินว่ามีกำลังรับน้ำหนักใกล้เคียงกับที่ต้องการ แล้วหรือไม่ซึ่งจะได้ทำการตอก ๑๐ ครั้งสุดท้าย (Last ๑๐ Blow) เพื่อตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม ต่อไป โดยปกติจำนวนครั้งที่ตอกในช่วงนี้จะมีค่ามากขึ้นเมื่อเสาเข็มยิ่งจมลึกลงไปชั้นดิน ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของชั้นดินที่มากขึ้น แต่หากว่าเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามแสดงว่าชั้นดินยังไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ซึ่งจะต้องทำการตอกต่อไป โดยเปรียบเทียบตามรายการคำนวณจากทฤษฎีของ Hiley หรือ Janbu ที่ระยะยกลูกตุ้มและระยะจมของเสาเข็ม กับระยะจม ๑๐ ครั้งสุดท้าย

กรณีที่สถานที่ก่อสร้างมีพื้นที่จำกัด หรืออาจมีข้อจำกัดของเส้นทางขนส่งวัสดุ ทำให้ไม่สามารถหล่อเสาเข็มยาวได้ สามารถอนุญาตให้ใช้เสาเข็มต่อได้แต่ต้องไม่เกิน ๒ ท่อน ซึ่งผู้รับจ้างจะต้องออกแบบรอยต่อของเสาเข็ม โดยจัดทำรายการคำนวณและแบบรายละเอียดที่มีการรับรองโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม และสำหรับการควบคุมงานเสาเข็มทั้ง ๒ ท่อน จะต้องต่อเป็นแนวเส้นตรงและวางทับกันสนิทเต็มหน้าตัด รวมถึงการตรวจสอบรอยเชื่อมจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานขนาดของรอยเชื่อมจะต้องเป็นไปตามที่ออกแบบไว้



รูปที่ ๓๐ แสดงการเชื่อมต่อเสาเข็ม

๕) เมื่อตอกเสาเข็มแล้ว ทำการสกัดหัวเสาเข็มให้ถึงระดับตัดใช้งาน (Cut Off Level) แล้วตรวจสอบค่าเยี่ยงศูนย์ (Deviate) และตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยใช้วิธี Seismic Integrity Test และทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยวิธี Dynamic Test ให้ผ่านตามข้อกำหนดก่อน จึงเริ่มทำงานก่อสร้างอาคารรับน้ำต่อไป



รูปที่ ๓๑ แสดงการตรวจสอบค่าเยี่ยงศูนย์ (Deviate) ของเสาเข็ม และตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยใช้วิธี Seismic Integrity Test

๒.๕ การก่อสร้างอาคารรับน้ำ

๑) หลังจากเท Lean Concrete แล้วเสร็จ ให้ช่างสำรวจวางแนวตำแหน่งของอาคารรับน้ำตามแบบก่อสร้าง

๒) เริ่มทำการติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีต Base Slab พร้อมติดตั้งแบบหล่อคอนกรีต ตรวจสอบขนาด และจำนวนเหล็กเสริมตามแบบก่อสร้าง และติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีตผนังอาคาร ในส่วนที่ฝากเข้ากับ Base Slab ตรวจสอบขนาด และจำนวนเหล็กเสริมตามแบบก่อสร้าง



รูปที่ ๓๒ แสดงการติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีต Base Slab

๓) หลังจากตรวจสอบและติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีต Base Slab และเหล็กเสริมคอนกรีตผนังอาคารแล้วเสร็จ ให้ระดับเทคอนกรีต Base Slab โดยช่างสำรวจ

๔) ก่อนเริ่มเทคอนกรีตให้ตรวจสอบความพร้อมในการเทคอนกรีต เช่น การวางผังเครื่องจักร ความสะอาด และความปลอดภัยระหว่างการเทคอนกรีต หลังจากรถส่งคอนกรีตถึงหน้างานให้ตรวจสอบกำลังคอนกรีต Mix Design, Slump และวางแผนการเทคอนกรีตไม่ให้เกินระยะเวลาเซตตัวของคอนกรีตแต่ละคัน ในระหว่างเทคอนกรีตให้ตรวจสอบการจี้เขย่าคอนกรีตให้สม่ำเสมอ



รูปที่ ๓๓ แสดงการทดสอบ Slump Test และการเทคอนกรีต Base Slab

๕) หลังจากการเทคอนกรีต Base Slab แล้วเสร็จ เมื่อคอนกรีตเซตตัวดีแล้ว ทำการถอดแบบหล่อคอนกรีต และให้ทำการบ่มคอนกรีตโดยวิธีที่เหมาะสม

๖) หลังจากคอนกรีต Base Slab ได้กำลังที่เหมาะสมในการทำงานแล้ว จะเริ่มติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๑ ต่อ โดยที่ติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๑ ตามแบบก่อสร้างถึงระดับใต้ค้ำยันชั้นที่ ๒ ที่ติดตั้งไว้ก่อนหน้านี้ แล้วติดตั้งแบบหล่อคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๑ แล้วทำการเทคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๑ เมื่อคอนกรีตผนังอาคารเซตตัวได้กำลังตามข้อกำหนดแล้วทำการถอดแบบหล่อคอนกรีตออกและทำการบ่มคอนกรีตโดยวิธีที่เหมาะสม จากนั้นทำการถมทรายด้านนอกผนัง อาคารจนถึงระดับเดียวกันกับผนังอาคารชั้นที่ ๑ แล้วจึงรื้อถอนค้ำยันชั้นที่ ๒ เพื่อก่อสร้างผนังอาคารชั้นที่ ๒ ต่อไป



รูปที่ ๓๔ แสดงการติดตั้งเหล็กเสริมและเทคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๑

๗) หลังจากคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๑ ได้กำลังที่เหมาะสมในการทำงานแล้วจะเริ่มติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๒ ต่อ โดยที่ติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๒ ตามแบบก่อสร้างถึงระดับได้ค้ำยันชั้นที่ ๑ ที่ติดตั้งไว้ก่อนหน้านี้แล้วติดตั้งแบบหล่อคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๒ แล้วทำการเทคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๒ เมื่อคอนกรีตผนังอาคารเซตตัวได้กำลังตามข้อกำหนดแล้วทำการถอดแบบหล่อคอนกรีตออก และทำการบ่มคอนกรีตโดยวิธีที่เหมาะสมจากนั้นทำการถมทรายด้านนอกผนังอาคารจนถึงระดับเดียวกันกับผนังอาคารชั้นที่ ๒ แล้วจึงรื้อถอนค้ำยันชั้นที่ ๑ เพื่อก่อสร้างผนังอาคารชั้นที่ ๓ ต่อไป



รูปที่ ๓๕ แสดงการติดตั้งเหล็กเสริมและเทคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๒

๘) หลังจากคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๒ ได้กำลังที่เหมาะสมในการทำงานแล้วจะเริ่มติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๓ ต่อ โดยที่ติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๓ และเหล็กฉากคาน และพื้นอาคาร ตามแบบก่อสร้างถึงระดับบนสุดของอาคารแล้วติดตั้งแบบหล่อคอนกรีตผนังอาคาร ชั้นที่ ๓ แล้วทำการเทคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๓ เมื่อคอนกรีตผนังอาคารเซตตัวได้กำลังตามข้อกำหนดแล้ว ทำการถอดแบบหล่อคอนกรีตออกและทำการบ่มคอนกรีตโดยวิธีที่เหมาะสม จากนั้นทำการถมทรายด้านนอกผนังอาคาร จนถึงระดับเดียวกันกับผนังอาคารชั้นที่ ๓ แล้วจึงทำการก่อสร้างในส่วนของคานและพื้นอาคารต่อไป



รูปที่ ๓๖ แสดงการติดตั้งเหล็กเสริมและเทคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๓

๙) หลังจากคอนกรีตผนังอาคารชั้นที่ ๓ ได้กำลังที่เหมาะสมในการทำงานแล้ว จะเริ่มติดตั้งเหล็กเสริมคอนกรีตคานและพื้นอาคารต่อ โดยที่ติดตั้งเหล็กเสริมคานและพื้นอาคารตามแบบก่อสร้าง แล้วติดตั้งแบบหล่อคอนกรีตคานและพื้นอาคารแล้วทำการเทคอนกรีตคานและพื้นอาคาร เมื่อคอนกรีตคานและพื้นอาคารเซ็ดตัวได้กำลังตามข้อกำหนดแล้ว ทำการถอดแบบหล่อคอนกรีตออกและทำการบ่มคอนกรีตโดยวิธีที่เหมาะสม จากนั้นทำการติดตั้งอุปกรณ์ของอาคารรับน้ำตามแบบก่อสร้างต่อไป



รูปที่ ๓๗ แสดงการติดตั้งเหล็กเสริมและแบบหล่อคอนกรีตคานและพื้นอาคาร



รูป ๓๘ แสดงการเทคอนกรีตคานและพื้นอาคาร

ภาคผนวก ข

ความรู้ด้านการขุดเจาะอุโมงค์แบบแรงดันดินสมดุล

(Earth Presscre Bhielid : EPBS)

๑. งานขุดเจาะอุโมงค์

โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึง คลองลาดพร้าว อุโมงค์มีลักษณะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า ๔.๐๐ เมตร ประกอบด้วย คอนกรีต (Concrete Segment) แต่ละชิ้นเชื่อมต่อกันด้วย Bolt ความยาวอุโมงค์ประมาณ ๑,๗๐๐ เมตร ความลึกของอุโมงค์ประมาณ ๑๕ - ๒๐ เมตร สามารถระบายน้ำจากอาคารรับน้ำคลองลาดพร้าวเข้าสู่อาคารรับน้ำ ถนนรัชดาภิเษก (เดิม) ในอัตราสูงสุด ๓๒ ลูกบาศก์เมตร/วินาที ความเร็วน้ำภายในอุโมงค์ไม่เกิน ๓.๐๕ เมตร/วินาที

การขุดเจาะอุโมงค์นี้จะใช้หัวเจาะอุโมงค์แบบแรงดันดินสมดุล (Earth Pressure Shield : EPBS) ซึ่งการขุดเจาะจะนำหัวเจาะอุโมงค์ลงติดตั้งในปล่องอุโมงค์ (Shaft) แล้วจึงเริ่มขุดเจาะไปยังปล่องอุโมงค์ต่อไป ซึ่งปล่องที่นำหัวเจาะอุโมงค์ลงติดตั้งนี้จะเรียกว่าปล่องอุโมงค์สำหรับทำงาน (Working Shaft) โดยปล่องดังกล่าวนี้จะเป็จุดลำเลียงดินที่ทำการขุดเจาะขึ้นมาและลำเลียงขึ้นส่วนอุโมงค์ ค.ส.ล. (Concrete Segment) ลงไปประกอบ ดังนั้น ปากปล่องจะต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการกองขึ้นส่วนอุโมงค์ ค.ส.ล. (Concrete Segment) สำหรับบ่อเก็บกักดินที่ได้จากการขุดเจาะ (Soil Storage) , โรงงานสำหรับวัสดุ (Grout Segment) และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยตำแหน่งที่เหมาะสมจะใช้เป็นปล่องสำหรับทำงาน (Working Shaft) ได้แก่ ปล่องอุโมงค์คลองลาดพร้าวเพื่อการลำเลียงขนส่งขึ้นส่วนอุโมงค์ ค.ส.ล. และการลำเลียงดินที่ได้จากการขุดเจาะขึ้นมา เนื่องจากมีพื้นที่โดยรอบเพียงพอสำหรับกองขึ้นส่วนอุโมงค์ ค.ส.ล. และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การขุดเจาะอุโมงค์ หัวเจาะจะเริ่มขุดเจาะจากปล่องอุโมงค์ คลองลาดพร้าวเจาะไปหาปล่องอุโมงค์คลองบางซื่อที่อาคารรับน้ำถนนรัชดาภิเษก (เดิม) โดยแนวอุโมงค์จะอยู่ใต้คลองลาดพร้าว คลองบางซื่อ และถนนลาดพร้าว ถนนรัชดาภิเษก และอยู่บนรถไฟใต้ดินสายสีม่วง โดยจะยกหัวเจาะขึ้นที่ปล่องอุโมงค์ คลองบางซื่อ อาคารรับน้ำถนนรัชดาภิเษก (เดิม) ซึ่งบริเวณจุดเชื่อมต่ออุโมงค์กับปล่องอุโมงค์เดิมนั้นจะทำการทิ้งเปลือกของหัวเจาะ (Front Shield และ Tail Shield) ไว้โดยทำการถอดอุปกรณ์ภายในของหัวเจาะกลับไป ที่ปล่องอุโมงค์คลองลาดพร้าว หรือทำการติดตั้ง Platform ชั่วคราวในปล่องอุโมงค์อาคารรับน้ำถนนรัชดาภิเษก (เดิม) สำหรับขนย้ายอุปกรณ์ของหัวเจาะขึ้นภายในปล่องอุโมงค์ดังกล่าว ก็ได้

๑.๑ การสำรวจและวางแผน

(๑) ขั้นตอนสำคัญของการก่อสร้างอุโมงค์เพื่อการลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการก่อสร้างให้เหลือน้อยที่สุด การสำรวจที่ดีจะให้ข้อมูลที่ครบถ้วนและถูกต้องนำมาวางแผนการขุดเจาะอุโมงค์ การสำรวจดังกล่าวประกอบด้วย การสำรวจสภาพชั้นดินและการสำรวจสภาพภูมิประเทศตามแนวอุโมงค์ การสำรวจสภาพชั้นดิน มีวัตถุประสงค์เพื่อ นำข้อมูลไปออกแบบและวางแผนการขุดเจาะอุโมงค์ที่เหมาะสม รวมถึงเตรียมการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากผลกระทบการเคลื่อนตัวของดิน เนื่องจากการขุดเจาะอุโมงค์ในชั้นดินเหนียวและดินทรายจะแตกต่างกัน ทั้งอัตราการขุดเจาะและ ค่าพารามิเตอร์ในการขุดเจาะต่าง ๆ ผลการสำรวจสภาพชั้นดินยังใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบหัวเจาะ (TBM) เพื่อการผลิตหัวเจาะ ให้เหมาะสมกับสภาพชั้นดินของโครงการ

(๒) การสำรวจสภาพภูมิประเทศ

การสำรวจสภาพภูมิประเทศทั้งทางราบและทางดิ่ง เพื่อยืนยันสภาพภูมิประเทศที่แท้จริง รายละเอียด และตำแหน่งที่ถูกต้องของอาคารต่าง ๆ รวมทั้งขอบเขตกรรมสิทธิ์ในที่ดินของ เอกชนและ สาธารณะที่ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงเนื่องจากการขุดเจาะอุโมงค์ความแม่นยำของข้อมูล ทำให้สามารถทำนายผลกระทบต่อฐานรากของอาคารสะพาน และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ใกล้เคียงที่สุด และสามารถกำหนดมาตรการเพื่อความปลอดภัยได้เหมาะสมยิ่งขึ้นในงานสำรวจภูมิประเทศจะกำหนดหมุด ควบคุมทั้งทางราบและทางดิ่งไว้ที่ระดับผิวดินในที่มี ความมั่นคงไว้ตลอดความยาวอุโมงค์ เพื่อใช้อ้างอิงในการ ตรวจวัดตำแหน่งของอุโมงค์ในขณะขุดเจาะ และอ้างอิงในการตรวจสอบตำแหน่งและการเคลื่อนตัวของอาคาร สะพาน และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งพื้นที่ดินที่อาจได้รับผลกระทบจากการขุดเจาะอุโมงค์

(๓) การวางแผนการขุดเจาะอุโมงค์

เป็นการเตรียมการต่าง ๆ ล่วงหน้า เพื่อการขุดเจาะอุโมงค์ ประกอบด้วย การผลิตหัวเจาะที่เหมาะสมกับสภาพทางธรณี แผนการติดตั้งชิ้นส่วนอุโมงค์ (Segment Erection Plan) ซึ่งจะกำหนดการติดตั้งชิ้นส่วนชนิดต่าง ๆ ในตำแหน่งตามความยาวอุโมงค์ และนำไปใช้ ร่วมวางแผนการผลิตชิ้นส่วนอุโมงค์ และการขนส่งให้สอดคล้องกับแผนการขุดเจาะ ความปลอดภัยในการก่อสร้างอุโมงค์ นอกจากนี้ยังต้องวางแผนการตรวจวัดผลกระทบจากการเคลื่อนตัวของดิน (Instrumentation Plan) และต้องวางแผนการใช้เครื่องมือเครื่องจักรเหมือนกระบวนการก่อสร้างทั่วไป เพื่อลดปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นและทำให้การก่อสร้างล่าช้า

ปัญหาหลักที่จะเกิดขึ้นในงานขุดเจาะอุโมงค์ ได้แก่ ไม่สามารถควบคุมการเจาะให้เป็นไปตามแผนหรือเส้นทางที่กำหนดไว้ การเคลื่อนตัวของดินสูง (Ground Loss) ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างสะพานและสิ่งปลูกสร้างหรือสาธารณูปโภคที่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่ก่อสร้างได้ จึงต้องวางแผนและเตรียมการเกี่ยวกับระบบโครงสร้างชั่วคราว การปรับปรุงคุณภาพดิน การขุดเจาะอุโมงค์และติดตั้งชิ้นส่วนอุโมงค์ งานอุดช่องว่างรอบชิ้นส่วนอุโมงค์ (Primary and Secondary Grouting) การตรวจวัดตำแหน่งในแนวราบและแนวดิ่ง การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของดินและแผนความปลอดภัย เป็นต้น

๒.๒ การผลิตชิ้นส่วนอุโมงค์และการตรวจสอบชิ้นส่วนอุโมงค์

(๑) กระบวนการก่อนการเริ่มผลิตชิ้นส่วนอุโมงค์

ก่อนการเริ่มผลิตจะดำเนินการตรวจสอบรายการคำนวณการออกแบบคานาอุโมงค์ (Segment Lining)

- รายการคำนวณคานาอุโมงค์ Concrete เสริมเหล็ก
- ตรวจสอบรายการคำนวณคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อพลิกชิ้นงานระหว่างการผลิต
- เสนอโรงงาน Precast Concrete Complex

Part ๑ : ขออนุมัติวัสดุที่ใช้ในการผลิต

(ก) งานขออนุมัติใช้ Concrete สำหรับผลิต Segment มีดังนี้

- ขออนุมัติโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป
- ขออนุมัติใช้ Concrete Mix Design
- ตรวจสอบผลทดสอบความสามารถในการต้านทานคลอไรด์

การทดสอบความสามารถในการต้านทานคลอไรด์ของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C๑๒๐๒ ต้องมีค่ามากกว่า ๑,๐๐๐ คูลอมบ์ ใช้เวลาในการทดสอบ ๒๘ วัน

- ตรวจสอบผลทดสอบการขยายตัวของคอนกรีตเนื่องจากซัลเฟต การทดสอบการขยายตัวของคอนกรีตเนื่องจากซัลเฟตตามมาตรฐาน ASTM C๑๐๑๒ น้อยกว่าการขยายตัวของคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ ๕ ใช้เวลาในการทดสอบ ๔ เดือน

- ตรวจสอบผลการทดสอบค่าการซึมผ่านของน้ำ ค่าการซึมผ่านของน้ำ (K) ต้องมีค่าต่ำกว่า 3×10^{-9} เมตรต่อวินาที

(ข) ขออนุมัติผู้ผลิตแบบหล่อ Segment

(ค) ขออนุมัติใช้ Bolt and Nut สำหรับชิ้นส่วนอุโมงค์



รูปที่ ๑ สลักเกลียว Bolt and Nut ที่ได้รับการอนุมัติใช้ในโครงการ

(ง) ขออนุมัติใช้วัสดุ Hydro Swelling Water Stop and Bituminous Packing

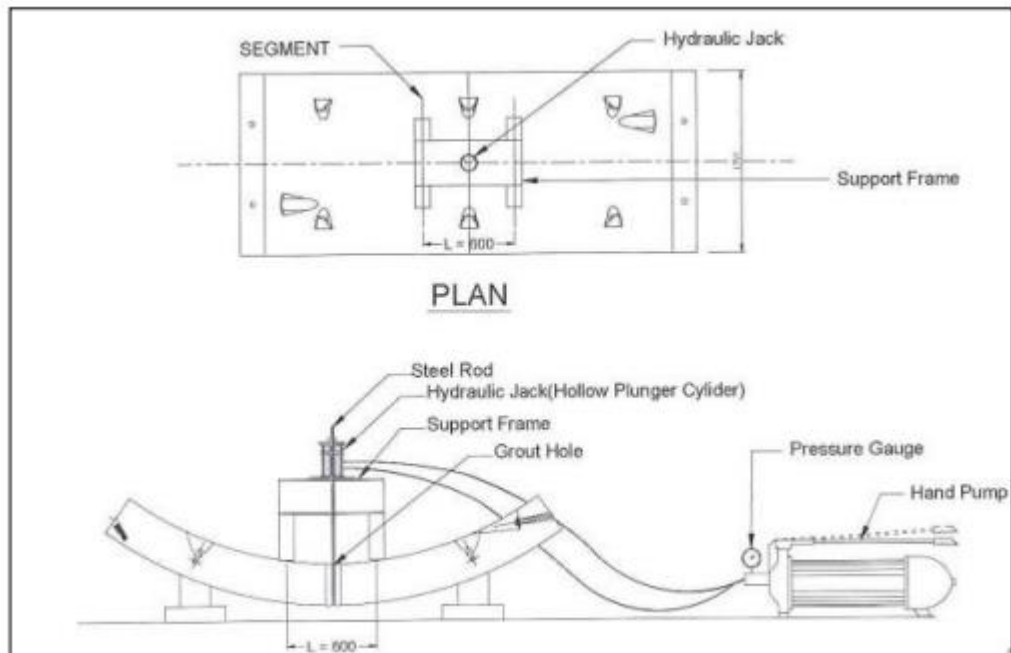


รูปที่ ๒ วัสดุ Hydro swelling และ Bituminous packing

(จ) ขออนุมัติเหล็กเสริมและ Vender List

Part ๒ : กระบวนการทดสอบก่อนเริ่มผลิต

(ก) การทดสอบหาแรงดึง Socket Pull Out test และ Ring Assembly



รูปที่ ๓ Diagram การทดสอบ Lifting Socket Pull Out Test

(ข) ตรวจสอบ Mold tolerance Checking



รูปที่ ๔ การวัดค่าแนวเส้นทแยงมุมจากจุดศูนย์กลางโค้งของโมล



รูปที่ ๕ แสดงการวัดค่าความกว้างของโมลด้วยไมโครมิเตอร์



รูปที่ ๖ รูปแสดงการวัดค่าความหนาของโมลด้วย เวอร์เนียคาลิเปอร์



รูปที่ ๗ รูปแสดงการความกว้างของโมลด้วย Template และ Filler Gauge

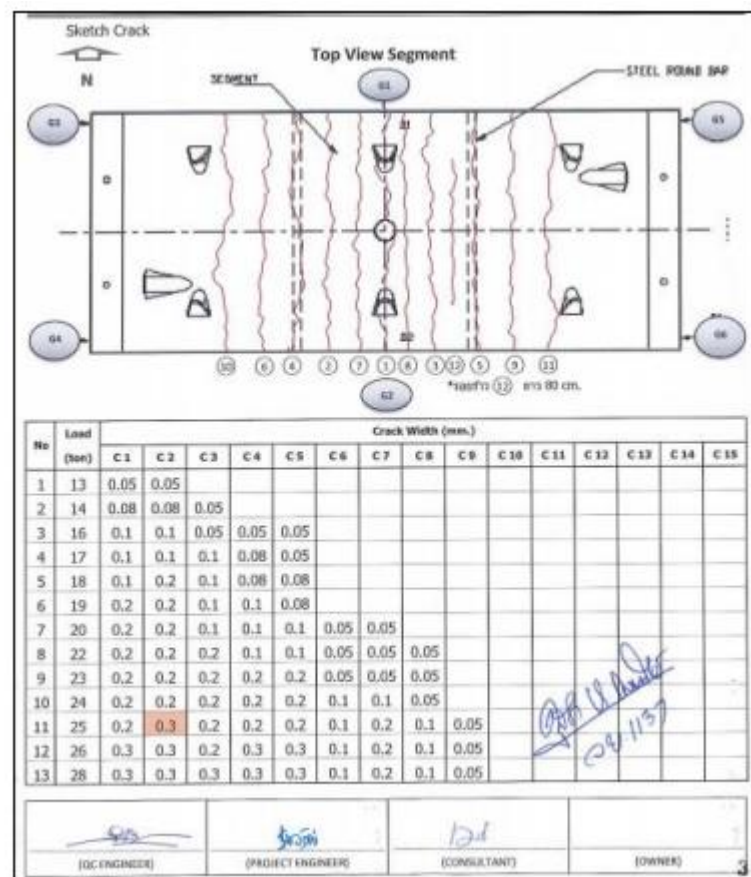
(ค) Flexural Test on Single Segment



รูปที่ ๘ การติดตั้ง Dial Gauge สำหรับหาค่าเคลื่อนตัวแนวตั้งของชั้นทดสอบ

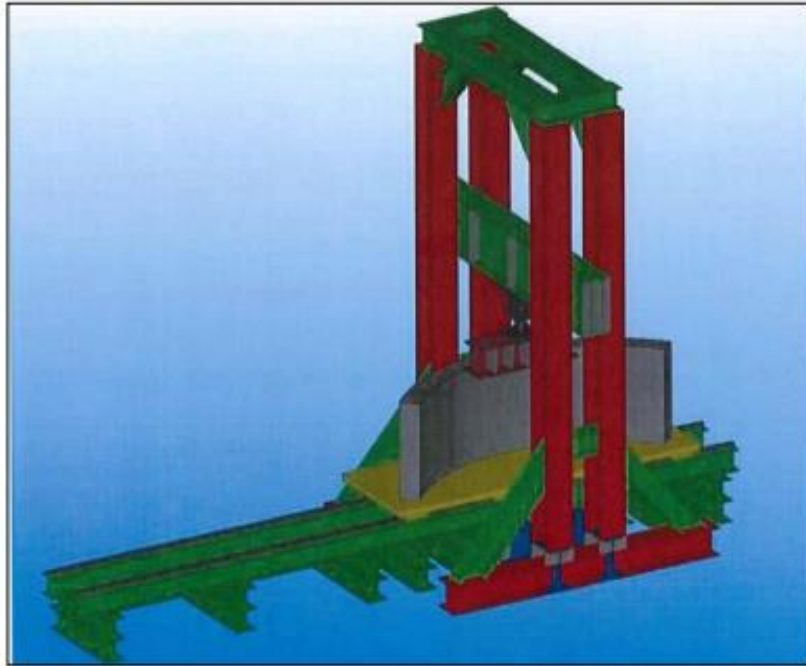


รูปที่ ๙ การเก็บค่าบันทึกผลขนาดของรอย Crack และ บันทึกค่าการเคลื่อนตัวแนวดิ่งและแนวระดับ



รูปที่ ๑๐ การบันทึกผล Crack Width Vs Load

(१) End Bearing Test



รูปที่ ๑๑ การทดสอบ End Bearing

(จ) Two pieces Join Test

(ฉ) ทดสอบค่าความแข็งของคอนกรีตผลิต Segment Mohr Scale และอัตราความเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง

(๒) กระบวนการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพการหล่อชิ้นส่วนอุโมงค์

เทคนิคการหล่อชิ้นส่วนอุโมงค์จะต้องดำเนินการตรวจสอบ กระบวนการหล่อชิ้นส่วน ดังนี้

Part ๑ : สภาพความพร้อมโมล และการทำความสะอาด

(ก) ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ สภาพบุหรือป็นของโมล, ตรวจสอบความสะอาดของโมล

(ข) Embed Part Checking เป็นตรวจสอบอุปกรณ์ฝังที่อยู่ใน Segment รวมถึงอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของ Primary Lining และค่าความเค้นที่กระทำต่อแนวอุโมงค์ โดยตรวจสอบและยืนยันจากที่ปรึกษาของบริษัทก่อนดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

Part ๒ : ตรวจสอบเหล็กเสริมและระยะหุ้มคอนกรีต

(ก) ตรวจสอบจำนวนเหล็กเสริม



รูปที่ ๑๒ การตรวจสอบจำนวนเหล็กเสริมก่อนนำลงโมลหล่อชิ้นส่วน

(ข) ขนาดของเหล็กเสริม



รูปที่ ๑๓ แสดงการตรวจสอบขนาดเหล็กเสริม และระยะหุ้มคอนกรีต

(ค) ระยะห่างของเหล็กเสริม

(ง) ระยะหุ้มคอนกรีตตามหลักการออกแบบของผู้เชี่ยวชาญ ด้านใน Primary lining ๕ ซม.
(สัมผัสน้ำ) ด้านผิวนอกที่สัมผัสดิน ๔ ซม.



รูปที่ ๑๔ แสดงการตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีต



รูปที่ ๑๕ แสดงการตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีตด้านสัมผัสกับน้ำ

(ข) ทำความสะอาดวัสดุยึดเหล็กเสริมอีกครั้ง

Part ๓ : ตรวจสอบการเทคอนกรีต

(ก) ตรวจสอบ Mix Code ที่ผู้ออกแบบกำหนดและได้รับอนุมัติจากสำนักงานโครงการพร้อมระยะยุบตัวเป็นไปตามข้อกำหนดเฉพาะงาน

(ข) ตรวจสอบการแยกส่วนผสมของคอนกรีต เพื่อไม่ให้เกิดการแยกชั้นทำให้มีผลต่อความแข็งแรงในโครงสร้างและความสวยงามของชิ้นส่วนอุโมงค์

(ค) ระหว่างการเทคอนกรีตจะใช้ External Vibration โดยจะมีการจับเวลาตามหลักที่ผู้ผลิตโมลกำหนด

(ง) การเก็บชุดลูกปูนตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบกำลังอัดปลาย โดยทุก ๕๐ ลูกบาศก์เมตรจะมีการเก็บชุดตัวอย่างเพื่อทดสอบเพื่อยืนยันความแข็งแรงก่อนยกออกจากโมลหล่อชิ้นส่วนที่ ๘๐ ksc ที่ระยะ ๗ วัน ๓๐๐ ksc และที่ ๒๘ วัน ๔๐๐ ksc

Part ๔: ตรวจสอบหลังเทคอนกรีต

(ก) ตรวจสอบน้ำยาบ่มผิวคอนกรีตต้องเป็นตามที่ได้รับอนุมัติ

(ข) ตรวจสอบรอยแตกร้าวผิวของชิ้นงาน(Crack Detection)

Part ๕: ตรวจสอบงาน Cosmetic และการ Tracking No. ของชิ้นส่วนอุโมงค์

(ก) โรงงานที่ผลิตควบคุมคุณภาพจะต้องระบุ Type ของโมลที่หล่อ, เลข Ring No. โมลที่หล่อ และวันที่ในการหล่อผลิตชิ้นส่วนอุโมงค์ ผู้ควบคุมงานจะต้องดำเนินการตรวจสอบการระบุจำเพาะของชิ้นงาน และดำเนินการตรวจสอบในส่วนของรอยแตก Crack เกิดขึ้นโดยแบ่งการแตกร้าวสรุปได้ดังนี้

- การบิ่นแตกที่ขอบชิ้นงานทั้งในแนวแกน (X,Y,Z) ต้องไม่เกิน ๕ cm โดยใช้วัสดุ Epoxy mortar ซึ่งมีกำลังอัดปลายสูงถึง ๖๐๐ ksc ตามที่ได้รับอนุมัติ

- การเกิด Hair Crack โดยใช้รอยแตกด้วย Crack Gauge ต้องไม่เกิน ๐.๕ mm และความลึกไม่เกิน ๑๕ mm จะดำเนินการซ่อมด้วย Cement Mortar และ Epoxy resin

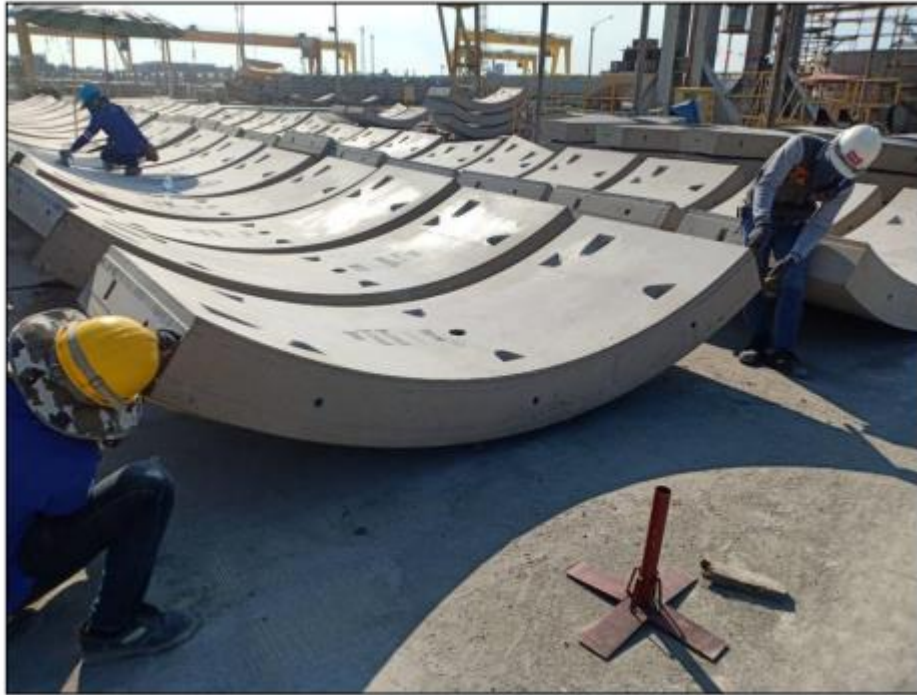
- การแตกบิ่นที่แนว Gasket ที่ติด Hydro swelling Rubber ซึ่งจะให้ความสำคัญกับการแตกในกรณีนี้มาก เนื่องจากเป็นบริเวณที่จะต้องป้องกันน้ำในดินเข้ามาในอุโมงค์หรือน้ำในอุโมงค์รั่วซึมได้ โดยหากการแตกบิ่นมีความลึกทำให้ร่องเสียหายเกิน ๑๐ mm จะไม่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับให้นำมาใช้ได้ โดยวิธีการซ่อมจะใช้ Epoxy Mortar

- การเกิดโพรงอากาศ จะควบคุมไม่ให้เส้นผ่านศูนย์กลางเกิน ๑๐ mm โดยใช้ Epoxy Mortar เป็นวัสดุซ่อมแซม

(๓) การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติโดยวิธีการสุ่มชิ้นงาน

(ก) Individual Segment จุดประสงค์เพื่อจะหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นแบบเฉพาะเจาะจงในแต่ละโมลการผลิตโดยการสุ่มเลือกชิ้นงาน จะคิดจากจำนวนครั้งของโมลที่ใช้ผลิต หากครบ ๒๐ ครั้ง จะนำชิ้นส่วนที่ผลิตครั้งที่ ๒๐ (๕%) มาทำการวัดขนาดของชิ้น Segment ซึ่งจะสามารถระบุ เฉพาะเจาะจงสำหรับโมลผลิตหมายเลขนั้นๆ ว่าส่งผลให้ชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์ที่ยอมรับหรือไม่ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนดประกอบได้ดังนี้

- รัศมีภายใน
- รัศมีภายนอก (-๐ +๔mm)
- ระยะตามแนวเส้นรอบวง
- ความกว้าง
- ระยะตามแนวทแยงหน้าตัดฝั่ง Segment
- ระยะตามแนวทแยงของหน้าตัดฝั่ง Ring
- ความหนา
- ตำแหน่ง Bolt
- Diameter Bolt



รูปที่ ๑๖ แสดงการวัดค่าความยาวตามแนวเส้นรอบวง Circumvent Length



รูปที่ ๑๗ แสดงการวัดความหนา Segment



รูปที่ ๑๘ แสดงการวัดความกว้างของ Segment

(ข) Ring Assembly Inspection เป็นการวัดความคลาดเคลื่อนรวมจาก การนำ Segment หมายเลขโมลเดียวกันทั้งหมดมาประกอบกันเพื่อหาความคลาดเคลื่อนรวม โดยคิดจากการผลิต Segment ครบ ๑๐๐ Ring และหยิบมาประกอบ(Ring Assembly) ๒ Ring โดยเลือก Ring No. ชุดที่ ๑ และ Ring No. ชุดที่ ๒ เพื่อประกอบหาค่าความคลาดเคลื่อนรวมสรุปได้ดังนี้

- รัศมีภายใน
- รัศมีภายนอก
- ความได้ระนาบโดยกำหนด Ring ที่อยู่ด้านบนเป็น Leading Edge และเช็คความตั้งของ Ring ที่ประกอบกันว่าอยู่ในค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนดหรือไม่



รูปที่ ๑๙ การวัดความคลาดเคลื่อนเส้นผ่านศูนย์กลางโดยการประกอบ Ring Assembly



รูปที่ ๒๐ การวัดความหนาแน่นโดยการประกอบ Ring No.๑ และ No.๒ เข้าด้วยกัน

๒.๓. การขุดเจาะอุโมงค์

ก่อนดำเนินการขุดเจาะอุโมงค์จะต้องมีการเตรียมเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการขุดเจาะอุโมงค์ ประกอบด้วย

(๑) หัวเจาะอุโมงค์ระบบแรงดันดินสมดุล EPB (Earth Pressure Balance) และอุปกรณ์ช่วยส่วนท้าย (Tunnel Boring Machine and Backup Unit) ในโครงการนี้สามารถ ขุดเจาะอุโมงค์ โดยใช้หัวเจาะอุโมงค์จำนวน ๑ หัวเจาะ

(๒) เครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้งานในระดับผิวดิน เช่น Gantry Crane, Muck Pit, Grout Plant, Electrical Substation, Cooling Tower, Settlement & Drainage Tank, Battery Charger Station, Back hoe และ Dump truck เป็นต้น

(๓) เครื่องจักร อุปกรณ์ และระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานภายในอุโมงค์ เช่น Communication System, Fire Prevention System, Ventilation and Air Condition System, Lighting and Emergency Lighting System, Soil Disposal System, Segment Transportation System, Drainage System, Rail and Walkway System เป็นต้น

ตัวอย่างหัวเจาะระบบแรงดันดินสมดุล EPB (Earth Pressure Balance) และอุปกรณ์ช่วยส่วนท้ายเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้งานในระดับผิวดิน และเครื่องจักรอุปกรณ์ และระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานภายในอุโมงค์ดังแสดงในรูป



รูปที่ ๒๑ แสดงหัวเจาะอุโมงค์ระบบแรงดันดินสมดุลย์ EPB (Earth Pressure Balance)



รูปที่ ๒๒ แสดง Gantry Crane สำหรับยกชิ้นส่วนอุโมงค์และลำเลียงดินออกจากอุโมงค์



รูปที่ ๒๓ แสดง Grout Plant และ Cooling Tower



รูปที่ ๒๔ แสดงสถานีไฟฟ้าย่อย Electrical Substation



รูปที่ ๒๕ แสดงอุปกรณ์ช่วยส่วนท้าย (Backup Unit)



รูปที่ ๒๖ แสดงระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์

๒.๓.๑ วิธีการขุดเจาะอุโมงค์ ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

(ก) งานสำรวจ

หัวเจาะอุโมงค์ จะมีระบบนำทาง (Guidance System) โดยสามารถ ป้อนพิกัดการขุดเจาะ ข้อมูลการขุดเจาะต่าง ๆ ตามผลการสำรวจ เพื่อใช้ในการควบคุมทิศทางการขุดเจาะอุโมงค์แนวการขุดเจาะ อุโมงค์และตรวจสอบตำแหน่งของหัวเจาะและชนิดชั้นส่วนอุโมงค์ที่ จะติดตั้ง หลังจากขุดเจาะแล้ว ยังต้องมีการตรวจสอบโดยการสำรวจด้วยกล้อง เพื่อการตรวจสอบตำแหน่งจริง และค่าความคลาดเคลื่อนจะนำไปวางแผนการขุดเจาะต่อไป และเมื่อการขุดเจาะเข้าใกล้โครงสร้างสำคัญ หรือการเลี้ยวโค้งจะทำการเจาะ Observation Hole จากผิวดินลงไปยังอุโมงค์เพื่อการตรวจสอบตำแหน่ง ด้วย ตัวอย่างการสำรวจภายใน อุโมงค์ แสดงดังรูปที่ ๒๗



รูปที่ ๒๗ แสดงระบบ Guidance System และงานสำรวจภายในอุโมงค์

(ข) งานปรับปรุงคุณภาพดิน

ในโครงการฯ จำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพดินก่อนหัวเจาะออกจากปล่องอุโมงค์ และก่อนหัวเจาะเข้าสู่ปล่องอุโมงค์ โดยใช้วิธีที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของดินบริเวณหน้า Soft Eye ให้สามารถเจาะอุโมงค์ออกและเข้าสู่ปล่องอุโมงค์ได้โดยปลอดภัยไม่เกิดการสูญเสียมวลดิน ซึ่งก่อนทำการ ขุดเจาะออกและเข้าจะต้องมีการทดสอบความแข็งแรงของดินหลังจากการปรับปรุงคุณภาพแล้ว ความสมบูรณ์ ของการปรับปรุงคุณภาพดินจะครอบคลุมพื้นที่ที่กำหนดหรือไม่ โดยการ Coring Test และนำตัวอย่างไปทดสอบ และทดสอบการรั่วซึมของน้ำ ซึ่งบริเวณหน้า Soft Eye จะต้องไม่มีน้ำรั่วซึม เมื่อมีการเจาะ ทดสอบ ตัวอย่างงานปรับปรุงคุณภาพดินแสดงดังรูปที่ ๒๘



รูปที่ ๒๘ แสดงงานปรับปรุงคุณภาพดินหน้า Soft Eye

(ค) งานขนส่งชิ้นส่วนอุโมงค์ (Segment) ดังรูปที่ ๒๙ ประกอบด้วย

- งานขนส่งชิ้นส่วนอุโมงค์ (Segment) จากโรงงานผลิตถึงพื้นที่ก่อสร้าง
- งานขนส่งชิ้นส่วนอุโมงค์ (Segment) จากระดับผิวดินถึงระดับชุดเจาะอุโมงค์

ทำการขนส่งโดยใช้ Gantry Crane และ Segment Car



รูปที่ ๒๙ แสดงการขนส่งชิ้นส่วนอุโมงค์จากโรงงานผลิต และการขนส่งภายในอุโมงค์

๒.๓.๒ งานชุดเจาะอุโมงค์

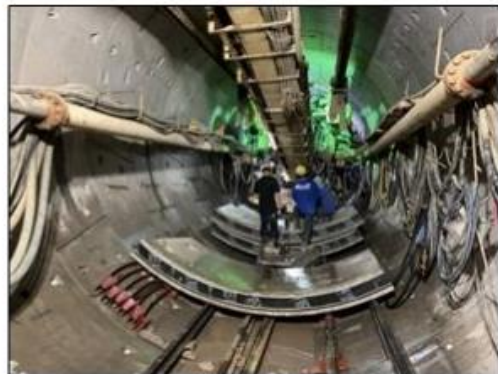
หัวเจาะ (TBM) ขุดตัดดินโดยฟัน (Cutter Bit) ที่ติดตั้งอยู่ที่บริเวณส่วนหน้าของหัวเจาะ นำดินเข้าสู่ Soil Chamber ลำเลียงออกโดย Screw Conveyor ในเวลาเดียวกันหัวเจาะจะถูกดันให้เคลื่อนตัวไปข้างหน้า โดยขา Hydraulic Jack ที่อยู่บริเวณส่วนท้ายของหัวเจาะความเร็วในการลำเลียงดิน ผ่าน Screw Conveyor จะต้องสัมพันธ์กับแรงดันดินที่อยู่ด้านหน้าของหัวเจาะทำการชุดเจาะจนกระทั่งมีพื้นที่ว่างบริเวณส่วนท้ายของหัวเจาะเพียงพอที่จะติดตั้งชิ้นส่วน Segment ได้จึงเริ่มการติดตั้ง Segment โดยสรุปการชุดเจาะอุโมงค์แบ่งออกเป็น ๔ ระยะ ดังนี้

- การเตรียมเครื่องจักร อุปกรณ์และการเตรียมงานในการเริ่มชุดเจาะ
- การชุดเจาะช่วง Initial Drive ๑๐๐ - ๑๒๐ เมตร
- การชุดเจาะช่วง Main Drive จนถึงบ่อรับ (Receiving Shaft)
- การเตรียมการนำหัวเจาะขึ้นจากบ่อรับ เป็นการสิ้นสุดกระบวนการชุดเจาะ ตัวอย่าง

งานชุดเจาะอุโมงค์แสดงดังรูปที่ ๓๐ และ รูปที่ ๓๑



รูปที่ ๓๐ การขุดเจาะช่วง Initial Drive ๑๐๐ - ๑๒๐ เมตร



รูปที่ ๓๑ การขุดเจาะช่วง Main Drive

(ก) งานขนย้ายและลำเลียงดิน งานขนย้ายและลำเลียงดินจากการขุดเจาะอุโมงค์ ทำการขนย้ายโดยใช้รถจักรไฟฟ้า (Locomotive) ทำการลากจูงรถบรรทุกถังดินเปล่า (Muck Car) เข้าไปรับดินในบริเวณที่ทำกรขุดเจาะ หลังจากนั้นจึงทำการลำเลียงดินออกมาเพื่อนำไปทิ้งที่ระดับผิวดินโดยใช้ Gentry Crane ที่ติดตั้งไว้บริเวณด้านบนปล่องอุโมงค์ทำงาน (Working Shaft) ยกถังดินขึ้นไปเทดินไว้ใน Muck Pit เพื่อเตรียมขนย้ายไปทิ้งต่อไป ตัวอย่างงานขนย้ายและลำเลียงดินแสดงดังรูปที่ ๓๒



รูปที่ ๓๒ แสดงการขนย้ายและลำเลียงดินออกจากอุโมงค์

(ข) งานอุดช่องว่างรอบ Segment (Primary and Secondary Grouting) เป็นอีกขั้นตอนสำคัญของการขุดเจาะอุโมงค์ คือ การอุดช่องว่างระหว่างชั้นส่วนอุโมงค์ที่ติดตั้งแล้วเสร็จและอยู่นอก TBM Shield ขนาดของหัวเจาะ (TBM) จะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของอุโมงค์ เพื่อสะดวกในการขับเคลื่อนหัวเจาะ เมื่อติดตั้งชั้นส่วนอุโมงค์ภายใน Tail Shield แล้ว TBM จะทำการขุดเจาะและเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจนกระทั่งชั้นส่วนอุโมงค์ที่ประกอบเป็นวงแล้วหลุดจาก Tail Shield จะมีช่องว่างรอบ Segment ต้องอุดให้เต็มโดยเร็วเพื่อลดการเคลื่อนตัวของดิน หากเป็นดินที่มีระยะเวลาคงตัวน้อย เช่น ดินทราย การอุดช่องว่าง (Grouting) จะส่งผลต่อการทรุดตัวของดินมากและเร็ว การอุดช่องว่างประกอบด้วย Primary Grouting และ Secondary Grouting วัสดุสำหรับอุดช่องว่าง Primary Grouting และ Secondary Grouting ใช้วัสดุประเภทแข็งตัวเร็วเป็นส่วนผสมของสารละลาย ๒ ชนิด คือ ซีเมนต์เบนโทไนและโซเดียมซิลิเกตแยกกันอยู่ในสภาพของเหลว โดยไม่เกิดการแข็งตัว (ประมาณ ๒ - ๓ วัน) แต่เมื่อผสมกันจะมีปฏิกิริยาแข็งตัวเร็วภายใน ๔ - ๑๒ วินาที มีความที่บ้น้ำและความแข็งแรงเพียงพอในการต้านทานการทรุดตัวของชั้นดินได้ ซึ่งตัวอย่างงาน งานอุดช่องว่างรอบ Segment แสดงดังรูปที่ ๓๓



รูปที่ ๓๓ แสดงงานอุดช่องว่างรอบ Segment (Primary and Secondary Grouting)

(ค) งาน Infill ของ Bolt Pocket เป็นงานเก็บผิวอุโมงค์ เพื่อให้ผิวอุโมงค์เรียบไม่ขัดขวางการไหลของน้ำภายในอุโมงค์ โดยจะต้องทำความสะอาดผิวอุโมงค์บริเวณที่จะทำงาน Infill แล้วใช้วัสดุคอนกรีตไม่หดตัว Repair Patching Mortar อุดในหลุมที่ใช้สำหรับติดตั้ง Bolt ทั้ง Segment Bolt และ Ring Bolt ตัวอย่างงาน Infill ของ Bolt Pocket แสดงดังรูปที่ ๓๔



รูปที่ ๓๔ แสดงงาน Infill ของ Bolt pocket

ภาคผนวก ค

ความรู้ด้านการวางแผนประเมินระยะเวลาดำเนินการโครงการ
และระบบตารางเวลา (Bar Chart)

ความรู้ด้านการวางแผนงานก่อสร้าง

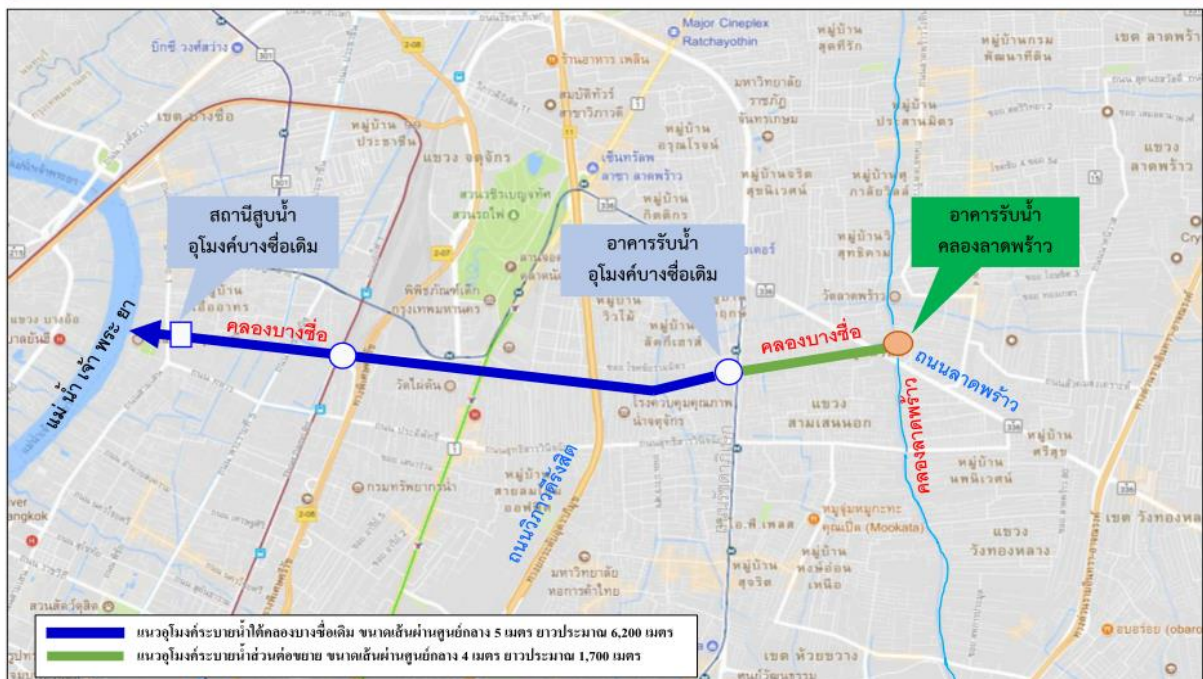
การวางแผนงานก่อสร้างเป็นการเตรียมแผนงานก่อนที่เริ่มดำเนินการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานและใช้เป็นหลักยึดในการประเมินผลปฏิบัติงานว่าสามารถบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด และสามารถใช่วัตถุ กำลังคน เครื่องมือ เครื่องจักร และเงิน ได้อย่างมีประสิทธิภาพและผลงานมีคุณภาพตามที่ต้องการ ดังนั้น ถ้าหากไม่มีการวางแผนหรือวางแผนงานไว้ไม่ละเอียดรอบคอบและรัดกุมเพียงพอแล้ว การตรวจสอบและควบคุมงานจะกระทำมิได้หรือทำได้ลำบาก เนื่องจากไม่มีข้อมูลไว้ตรวจสอบความก้าวหน้าของงานก่อสร้างและติดตามประเมินผล ทำให้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ ได้ทันเวลาที่ ในปัจจุบันแผนงานก่อสร้างได้พัฒนาขึ้นมาหลายรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของงานแต่ละประเภท ดังนี้

แผนงานระบบตารางเวลา (Bar/Gantt Chart)

ในปี ค.ศ. ๑๙๒๖ แผนงานระบบตารางเวลาได้พัฒนาขึ้นมาใช้ในงานอุตสาหกรรม Henry L.Gantt และ Frederick W.Taylor ต่อมาเป็นที่นิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายมากจนถึงปัจจุบันแผนงานระบบนี้แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนและการเชื่อมโยงของหน่วยงานในโครงการ กำกับด้วยเวลาที่แสดงถึงระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละหน่วยงาน นำไปใช้ในการติดตามความก้าวหน้าของงานและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์การเงินหมุนเวียนของโครงการโดยอาศัยข้อมูลเงื่อนไขการจ่ายเงินตามสัญญา เครดิตการสั่งซื้อ วัสดุ และอื่น ๆ ประกอบจากการวิเคราะห์จะทำให้ทราบว่าในเดือนใดผู้รับเหมาก่อสร้างต้องจัดเตรียมเงินทุนไว้เท่าไร เดือนใดจะมีเงินลงทุนสะสมสูงสุดที่สุด ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการบริหารการเงินในโครงการก่อสร้างแต่อย่างไรก็ตาม แผนงานนี้ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น

๑. ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมก่อสร้างในแผนงาน
๒. ไม่เหมาะกับโครงการที่มีจำนวนกลุ่มงาน หรือกิจกรรมมาก เพราะทำให้เกิดความสับสนได้
๓. การสร้างแผนกำหนดเวลา มักจะกำหนดเวลาเริ่ม และเสร็จก่อน แล้วจึงค่อยมากำหนดเวลาของแต่ละกิจกรรมระหว่างนั้น จึงอาจทำให้ได้เวลาของกิจกรรม รวมถึงความสัมพันธ์ที่ไม่ถูกต้องสมจริงได้
๔. ในกรณีที่ใช้แผนงาน Gantt Chart ควบคุมการจ่ายเงิน ผู้รับเหมาอาจจะจ่ายค่างานมาอยู่ตอนต้นโครงการมากกว่าความเป็นจริง ทำให้เกิดการจ่ายค่างานเกินเนื่องงานจริงได้

โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว



รูปภาพ ผังบริเวณก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ

ตารางปริมาณงานและระยะเวลาการก่อสร้างทั้งโครงการ
โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว

ลำดับ	รายการ	วางแผน ระยะเวลา ก่อสร้าง (วัน)
๑	งานก่อสร้างปล่องรับน้ำและอาคารรับน้ำคลองลาดพร้าว	๖๖๐
๑.๑	งานก่อสร้างระบบป้องกันดินพังและ Platform ชั่วคราว	๓๐
๑.๒	งานก่อสร้างปล่องรับน้ำ โดยวิธีการ Sink Shaft	๓๐๐
๑.๒.๑	งาน Sheet pile & Cofferdam	๓๐
๑.๒.๒	Temporary Platform	๓๐
๑.๒.๓	งานโครงสร้างชั่วคราว สำหรับจมปล่องอุโมงค์	๓๐
๑.๒.๔	งาน Sink Shaft	๒๑๐
๑.๒.๕	งานขุดดินพร้อมขนย้าย	๒๑๐
๑.๒.๖	งาน Concrete plug	๑๕
๑.๒.๗	งาน Base slab	๑๕
๑.๒.๘	งานรื้อถอนโครงสร้างชั่วคราว	๑๕
๑.๓	งานปรับปรุงคุณภาพดิน	๖๐
๑.๓.๑	งาน GROUTING เสริมความแข็งแรงอุโมงค์ รพม. สะพาน บริเวณคลองบางซื่อ ช่วงถนนรัชดาภิเษก	๑๕
๑.๓.๒	งานวิเคราะห์และเสริมความแข็งแรง ช่วงอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สายสีน้ำเงิน	๑๕
๑.๓.๓	งานสำรวจและเสริมความแข็งแรงท่อประปาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๓ เมตร	๑๕
๑.๓.๔	งาน GROUTING เสริมความแข็งแรงสะพาน บริเวณคลองบางซื่อ ช่วงถนนลาดพร้าว	๑๕
๑.๔	งานก่อสร้างอาคารรับน้ำ	๑๒๐
๑.๔.๑	งานระบบป้องกันดินพัง	๑๕
๑.๔.๒	งานจัดทำ Platform ชั่วคราว	๑๕
๑.๔.๓	งานขุดดินพร้อมขนย้าย	๑๕
๑.๔.๔	งานเสาเข็มเจาะ ขนาด Ø ๐.๘๐ ม. รับน้ำหนักไม่น้อยกว่า ๒๗๐ ตัน/ต้น	๓๐
๑.๔.๕	งานโครงสร้าง Base Slab	๒๐
๑.๔.๖	งานโครงสร้างผนัง ค.ส.ล.	๒๐
๑.๔.๗	งานโครงสร้างพื้น ที่ระดับ +๑.๕๐ ม.รทก.	๒๐
๑.๔.๘	งานโครงสร้างเสาประตูละบายน้ำ ที่ระดับ +๙.๐๐ ม.รทก.	๑๕

ตารางปริมาณงานและระยะเวลาการก่อสร้างทั้งโครงการ
โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	วางแผน ระยะเวลา ก่อสร้าง (วัน)
	๑.๕ งานฝาล่องรับน้ำ	๖๐
	๑.๖ งานเครื่องกล	๖๐
	๑.๖.๑ จัดหาและติดตั้งเครื่องเก็บขยะอัตโนมัติ พร้อมอุปกรณ์	๓๐
	๑.๖.๒ จัดหาและติดตั้งสายพานลำเลียงขยะแนวนอน พร้อมอุปกรณ์	๓๐
	๑.๖.๓ จัดหาและติดตั้งตะแกรงดักขยะ	๓๐
	๑.๖.๔ จัดหาและติดตั้งประตูระบายน้ำแบบ Roller Gate ๔.๕๐ x ๘.๕๐ เมตร พร้อมอุปกรณ์	๓๐
	๑.๖.๕ จัดหาและติดตั้ง Gantry Crane พร้อมรอกไฟฟ้าเคลื่อนที่ ๖ ทิศทาง ขนาดไม่น้อยกว่า ๘ ตัน	๓๐
	๑.๖.๖ จัดหา Stop Log ขนาด ๔.๕๐ เมตร (๓ ชั้น/๑ ชุด)	๓๐
	๑.๖.๗ จัดหา Stop Log ขนาด ๔.๕๐ เมตร (๘ ชั้น/๑ ชุด)	๓๐
	๑.๖.๘ จัดหา Lifting Device สำหรับ Stop Log ขนาด ๔.๕๐ เมตร	๓๐
	๑.๖.๙ จัดหาและติดตั้ง Hopper พร้อมโครงสร้างและอุปกรณ์	๓๐
	๑.๗ งานจัดหาและติดตั้งอุปกรณ์อาคารรับน้ำ	๙๐
	๑.๗.๑ จัดหาและติดตั้งฝาทะแกรงเหล็ก	๓๐
	๑.๗.๒ จัดหาและติดตั้งราวกันตกสแตนเลส	๓๐
	๑.๗.๓ จัดหาและติดตั้งบันไดสแตนเลสหุ้ม FRP	๓๐
	๑.๗.๔ จัดหาและติดตั้งตู้คอนเทนเนอร์ พร้อมอุปกรณ์	๓๐
	๑.๗.๕ จัดหาและติดตั้งป้ายชื่ออาคาร	๓๐
	๑.๗.๖ จัดหาและติดตั้งรั้วตะแกรงเหล็กสำเร็จรูป	๓๐
	๑.๗.๗ จัดหาและติดตั้งประตูบานเลื่อน	๓๐
	๑.๗.๘ จัดหาและติดตั้งร่องบานประตูระบายน้ำและร่องบาน Stop Log (สแตนเลส)	๓๐
	๑.๘ งานจัดหาและติดตั้งระบบไฟฟ้า และ SCADA	๙๐
	๑.๘.๑ งานระบบไฟฟ้าเครื่องกลของอาคารรับน้ำ แล้วเสร็จ	๓๐
	๑.๘.๒ งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง แล้วเสร็จ	๓๐
	๑.๘.๓ ค่าขอไฟฟ้าและติดตั้งมิเตอร์พร้อมเดินสายไฟฟ้า แล้วเสร็จ	๓๐
	๑.๘.๔ งานระบบ CCTV	๓๐
	๑.๘.๕ งานระบบ SCADA	๓๐

ตารางปริมาณงานและระยะเวลาการก่อสร้างทั้งโครงการ
โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	วางแผน ระยะเวลา ก่อสร้าง (วัน)
๒	งานเชื่อมต่ออุโมงค์กับอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ	๒๔๐
	๒.๑ งานเชื่อมต่อปล่องอุโมงค์รับน้ำรัชดาภิเษก (เดิม) จำนวน ๑ แห่ง	๙๐
	๒.๑.๑ งานจัดทำ Platform ชั่วคราว สำหรับทางเข้าพื้นที่ และ Platform ชั่วคราว สำหรับงานปรับปรุงคุณภาพดิน และรับหัวเจาะที่อาคารรับน้ำรัชดาภิเษก (เดิม)	๓๐
	๒.๑.๒ งานก่อสร้าง Concrete Plug สำหรับการจัดการระบายน้ำระหว่างก่อสร้าง	๓๐
	๒.๑.๓ งานรื้อฝาปล่องและอุปกรณ์อาคารรัชดาภิเษกเดิมพร้อมคืนสภาพ	๓๐
	๒.๑.๔ งานปรับปรุงคุณภาพดินบริเวณปล่องรับน้ำรัชดาภิเษก	๓๐
	๒.๑.๕ งานปรับปรุงคุณภาพดินบริเวณเสาเข็มอาคารรับน้ำรัชดาภิเษก (เดิม)	๓๐
	๒.๑.๖ จัดหาเครื่องสูบน้ำแบบ Submersible Centrifugal Pump ขนาดไม่น้อยกว่า ๐.๕๐ ลบ.ม./วินาที พร้อมอุปกรณ์เพื่อใช้ในการจัดการระบายน้ำ	๓๐
	๒.๑.๗ งาน Pipe Jacking ท่อ ขนาด Ø ๓.๕๐ เมตร ตามแบบและรายการ	๓๐
	๒.๑.๘ งานรื้อถอนพร้อมคืนสภาพอุปกรณ์อาคารรับน้ำรัชดาภิเษกเดิม	๓๐
	๒.๒ งาน D – WALL THK. ๑.๒๐ m.	๒๔๐
	๒.๒.๑ งานขุดดินพร้อมขนย้าย	๓๐
	๒.๒.๒ งานค้ำยัน ค.ส.ล. ชั้น ๑ แล้วเสร็จ	๓๐
	๒.๒.๓ งานค้ำยัน ค.ส.ล. ชั้น ๒ แล้วเสร็จ	๓๐
	๒.๒.๔ งาน BRACING ชั่วคราว แล้วเสร็จ	๓๐
	๒.๒.๕ งาน Concrete Plug แล้วเสร็จ	๓๐
	๒.๒.๖ งาน Base Slab แล้วเสร็จ	๓๐
	๒.๒.๗ งานปากปล่อง ค.ส.ล. แล้วเสร็จ	๓๐
	๒.๒.๘ งานปรับปรุงคุณภาพดินบริเวณปล่องรับน้ำรัชดาภิเษก	๓๐
๓	งานก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ	๘๔๐
	๓.๑ ก่อสร้างอุโมงค์ ความยาวประมาณ ๑,๗๐๐ เมตร	๘๔๐
	๓.๑.๑ งานจัดหาชิ้นส่วนอุโมงค์	๓๖๐
	๓.๑.๒ งานเจาะอุโมงค์และติดตั้งชิ้นส่วนอุโมงค์ พร้อมอุปกรณ์	๒๑๐
	๓.๑.๓ งานวัสดุและเชื่อมประกอบชิ้นส่วนอุโมงค์ (Steel Flexible Joint and Omega Seal Rings)	๒๑๐
	๓.๑.๔ งานทำความสะอาดและทดสอบอุโมงค์	๖๐

ตารางปริมาณงานและระยะเวลาการก่อสร้างทั้งโครงการ
โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	วางแผน ระยะเวลา ก่อสร้าง (วัน)
	๓.๒ ค่าเจาะสำรวจดินลึก ๕๐ เมตร	๓๐
	๓.๓ ค่าเจาะสำรวจดินลึก ๗๐ เมตร	๓๐
	๓.๔ งานตรวจสอบความยาวเสาเข็มสะพานเดิม (Parallel testing)	๖๐
	๓.๕ ค่าปรับปรุงสภาพดินเสริมความแข็งแรง	๓๐
	๓.๕.๑ งาน GROUTING เสริมความแข็งแรงอุโมงค์ รพม. สะพาน บริเวณคลองบางซื่อ ช่วงถนนรัชดาภิเษก	๓๐
	๓.๕.๒ งานวิเคราะห์และเสริมความแข็งแรง ช่วงอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สายสีน้ำเงิน	๓๐
	๓.๕.๓ งานสำรวจและเสริมความแข็งแรงท่อประปาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๓ เมตร	๓๐
	๓.๕.๔ งาน GROUTING เสริมความแข็งแรงสะพาน บริเวณคลองบางซื่อ ช่วงถนนลาดพร้าว	๓๐
	๓.๖ งานติดตั้ง Observation boring hole	๓๐
	๓.๗ งานตรวจวัดพฤติกรรมของดินระหว่างขุดเจาะอุโมงค์ ตามรายการ	๒๑๐
	๓.๗.๑ งานติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมของดินระหว่างขุดเจาะอุโมงค์	๒๑๐
	๓.๗.๒ งานติดตามตรวจวัดพฤติกรรมของดินระหว่างขุดเจาะอุโมงค์	๒๑๐
	๓.๗.๓ ค่ารายงานการตรวจวัดพฤติกรรมของดินระหว่างขุดเจาะอุโมงค์	๒๑๐
๔	งานก่อสร้างระบบระบายน้ำคลองต่วนลงสู่คลองบางซื่อ	๖๐๐
	๔.๑ งานก่อสร้างระบบป้องกันดินพังและ Platform ชั่วคราว	๑๒๐
	๔.๒ งานก่อสร้างอาคารรับน้ำคลองต่วน	๑๘๐
	๔.๒.๑ งานขุดดินพร้อมขนย้าย	๖๐
	๔.๒.๒ งานเสาเข็มเจาะ ขนาด Ø ๐.๓๕ ม. รับน้ำหนักไม่น้อยกว่า ๒๕ ตัน/ต้น	๖๐
	๔.๒.๓ งานโครงสร้าง Base Slab ที่ระดับ -๔.๐๐ ม.รทก. แล้วเสร็จ	๖๐
	๔.๒.๔ งานโครงสร้างผนัง ค.ส.ล.	๓๐
	๔.๒.๕ งานโครงสร้างพื้น ที่ระดับ +๐.๙๐ ม.รทก. แล้วเสร็จ	๓๐
	๔.๓ งานผนังเชื่อมต่ออาคารรับน้ำคลองต่วนลงสู่ปล่องรับน้ำ (เดิม)	๖๐
	๔.๓.๑ งานก่อสร้างทำนบชั่วคราว แล้วเสร็จ	๓๐
	๔.๓.๒ งานสกัดผนังปล่องรับน้ำ เดิม แล้วเสร็จ	๑๕
	๔.๓.๓ งานผนังคอนกรีตเชื่อมต่อจาก Box Culvert เดิม ลงปล่องรับน้ำ	๑๕

ตารางปริมาณงานและระยะเวลาการก่อสร้างทั้งโครงการ
โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	วางแผน ระยะเวลา ก่อสร้าง (วัน)
	๔.๔ งานเครื่องกล	๖๐
	๔.๔.๑ จัดหาและติดตั้งตะแกรงดักขยะ	๖๐
	๔.๔.๒ จัดหาและติดตั้งเครื่องเก็บขยะอัตโนมัติ	๖๐
	๔.๔.๓ จัดหาและติดตั้งประตูระบายน้ำแบบ SLUIICE GATE ๓.๐๐ x ๒.๐๐ ม. พร้อมอุปกรณ์	๖๐
	๔.๔.๔ จัดหาและติดตั้ง Gantry Crane พร้อมรอกไฟฟ้าเคลื่อนที่ ๖ ทิศทาง ขนาดไม่น้อยกว่า ๕ ตัน	๖๐
	๔.๔.๕ จัดหา Stop Log ขนาด ๓.๘๐ เมตร (๒ ชั้น/๑ ชุด)	๖๐
	๔.๔.๖ จัดหา Stop Log ขนาด ๓.๘๐ เมตร (๕ ชั้น/๑ ชุด)	๖๐
	๔.๔.๗ จัดหา Lifing Device สำหรับ Stop Log ขนาด ๓.๘๐ เมตร	๖๐
	๔.๔.๘ จัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ แบบ Submersible Axial Flow Pump ขนาด ๑ ลบ.ม./วินาที พร้อมอุปกรณ์	๖๐
	๔.๔.๙ จัดหาเครื่องสูบน้ำชั่วคราว ขนาด ๑ ลบ.ม./วินาที พร้อมอุปกรณ์ สำหรับระบายน้ำระหว่างก่อสร้าง	๖๐
	๔.๔.๑๐ งานจัดหาและติดตั้ง Flap Valve ขนาด Ø ๐.๗๐ เมตร	๖๐
	๔.๔.๑๑ งานจัดหาและติดตั้ง Sluice gate ขนาด ๑.๕๐ x ๑.๕๐ เมตร	๖๐
	๔.๔.๑๒ จัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ แบบ Submersible Pump ขนาด ๑ ลบ.ม./วินาที พร้อมอุปกรณ์	๖๐
	๔.๕ งานจัดหาและติดตั้งอุปกรณ์อาคารรับน้ำ	๖๐
	๔.๕.๑ จัดหาและติดตั้งฝาทะแกรงเหล็ก แล้วเสร็จ	๖๐
	๔.๕.๒ จัดหาและติดตั้งราวกันตกสแตนเลส	๖๐
	๔.๕.๓ จัดหาและติดตั้งบันไดสแตนเลสหุ้ม FRP	๖๐
	๔.๕.๔ จัดหาและติดตั้งป้ายชื่ออาคาร	๖๐
	๔.๕.๕ จัดหาและติดตั้งร่องบานประตูระบายน้ำและร่องบาน Stop Log (สแตนเลส) แล้วเสร็จ	๖๐
	๔.๖ งานจัดหาและติดตั้งระบบไฟฟ้า และ SCADA	๑๒๐
	๔.๖.๑ งานระบบไฟฟ้าเครื่องกลของอาคารรับน้ำ	๓๐
	๔.๖.๒ งานจัดหาและติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า	๓๐
	๔.๖.๓ งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	๓๐
	๔.๖.๔ งานระบบ CCTV	๓๐
	๔.๖.๕ งานระบบ SCADA	๓๐

ภาคผนวก ง

ความรู้ในการวางแผนและการควบคุมโครงการ
ด้วยโปรแกรม Microsoft Project

การวางแผนและควบคุมโครงการด้วยโปรแกรม Microsoft Project

Microsoft Project เป็นซอฟต์แวร์จัดการโปรเจกต์หรือโครงการต่าง ๆ คือ เหตุการณ์ที่มีลำดับขั้นตอนที่ได้รับการกำหนดไว้เป็นอย่างดีโดยมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด โดยมุ่งสู่การบรรลุถึงเป้าหมายที่ชัดเจน และลงมือปฏิบัติโดยบุคคลที่อยู่ภายใต้ตัวแปรกำหนดที่แน่นอนแล้ว เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมาก ในการวางแผนโปรเจกต์ตั้งแต่ต้นให้บรรลุวัตถุประสงค์

การใช้คอมพิวเตอร์ในการวางแผนงาน

ด้วยซอฟต์แวร์ที่ชื่อ ไมโครซอฟต์โปรเจกต์ (Microsoft Project) ที่ใช้กับ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลนี้ เราจะสามารถ

๑. สร้างและวางแผนโปรเจกต์
๒. แก้ไขส่วนต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว
๓. สามารถทำนายเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝัน และประเมินลำดับขั้นตอนได้

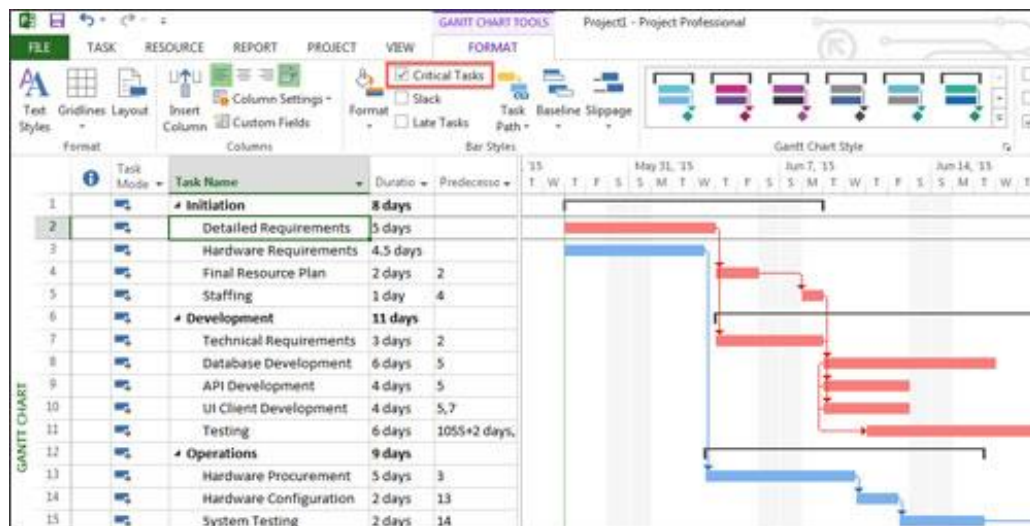
ซอฟต์แวร์จัดการโปรเจกต์ เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากในการวางแผนโปรเจกต์ตั้งแต่ต้น นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณตารางเวลาเข้าได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงส่วนงานที่ไม่ใช่แล้วและวันที่ที่กำหนดไว้ มีผลต่องานอื่น ๆ ด้วยหรือความไม่สมดุลย์ของริชอร์ส บางตัว ทำให้ตารางเวลาเลื่อนไปโดยที่เราไม่ทันสังเกต เหตุการณ์เหล่านี้ไมโครซอฟต์โปรเจกต์จะช่วยจัดการให้

การใช้เครื่องมือในการจัดการโปรเจกต์

ในการจัดการโปรเจกต์ มีอุปกรณ์ด้วยกันอยู่ ๒ ชนิด คือ แกนต์ชาร์ต (Gantt chart) ซึ่งจะบอกเราเกี่ยวกับตารางเวลา และเพิร์ตชาร์ต (Pert chart) ซึ่งจะช่วยให้ เราทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างงาน

แกนต์ชาร์ต

เป็นเครื่องมือหนึ่งที่น่าิยมใช้กันมากในการแสดงผลความก้าวหน้าของโปรเจกต์ นั้น ๆ จากรูป จะมีการแสดงแกนต์ชาร์ตในแนวนอนของแต่ละงาน



ความยาวของแกนต์บาร์นี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของงาน และระยะเวลาสามารถ ข้ามคาบเวลาหนึ่ง ๆ ที่เราเรียกว่า ไทม์สเกล (timescale) ได้ด้วย

เพิร์ตชาร์ต

เมื่อเราต้องการทราบความสัมพันธ์ระหว่างทาสก์ในโปรเจกต์ เราจะใช้เพิร์ตชาร์ต สามารถให้ข้อมูลได้ดีกว่าแกนต์ชาร์ต

แต่ละงานจะแทนสัญลักษณ์ด้วยกล่อง ซึ่งเราจะเรียกกล่องนี้ว่า โหนดทาสก์ และแต่ละงานที่มีความสัมพันธ์กันจะมีเส้นตรงเชื่อมกันอยู่

พัฒนาส่วนต่าง ๆ ของโครงการ

โครงการจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ หรือรากฐานต่างๆ คือ ทาสก์ (Tasks) ไมล์สโตน (Milestones) และรีซอร์ส (Resources) (งานหลักไมล์และทรัพยากร) แต่ละโครงการที่มีขนาดพอสมควรขึ้นไป สามารถที่จะแตกออกได้เป็นทาสก์ที่ได้รับการนิยามไว้เป็น อย่างดีแล้วชุดหนึ่ง แต่ละทาสก์นั้นต้องใช้เวลา หนึ่งเพื่อให้สำเร็จ บางทาสก์นั้นสามารถทำไปพร้อมๆ กันได้ในขณะที่ทาสก์อื่นๆ นั้น จะต้องทำตามลำดับ ขึ้นเรียงกันไปทีละทาสก์

คำจำกัดความของทาสก์ของโครงการ

ขั้นตอนต่าง ๆ ที่จำเป็นในการทำโครงการให้เสร็จเรียบร้อยนั้น เรียกว่า “ทาสก์” (Tasks) โดยจะกำหนดระยะเวลาของงานที่ต้องทำให้สำเร็จนั้น เรียกว่า หมายกำหนดการของโครงการ คือ จะต้องบอก ระยะเวลาว่าทาสก์แต่ละขั้นที่ต้องใช้ในการทำทาสก์หนึ่งให้เสร็จนั้น เรียกว่า “ดูเรชัน” (Duration) ซึ่งจะ กำหนดขึ้นมาเป็นสัปดาห์ วัน ชั่วโมง หรือแม้แต่นาที ก็ได้

การชี้ให้เห็นถึงหลักไมล์ของโครงการ

หลักไมล์ (Milestones) คือ กำหนดจุดเสร็จของกลุ่มของทาสก์ที่มีความเกี่ยวข้องกัน หลักไมล์จะช่วยให้การจัดระบบทาสก์ให้เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และแสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้า ของโครงการ

การประเมินถึงรีซอร์สของโครงการ

การทำงานจะสำเร็จจะต้องมีทรัพยากร (Resources) ซึ่งก็รวมไปถึง คน อุปกรณ์ต่าง ๆ และ สถานที่ ซึ่งจำเป็นต้องมีเพื่อให้ทำงานได้

การกำหนดรีซอร์สในโครงการ

เมื่อทำโครงการให้พิจารณาถึงรีซอร์สที่จำเป็นในการทำให้ทาสก์ของคุณสำเร็จลงได้ เช่น

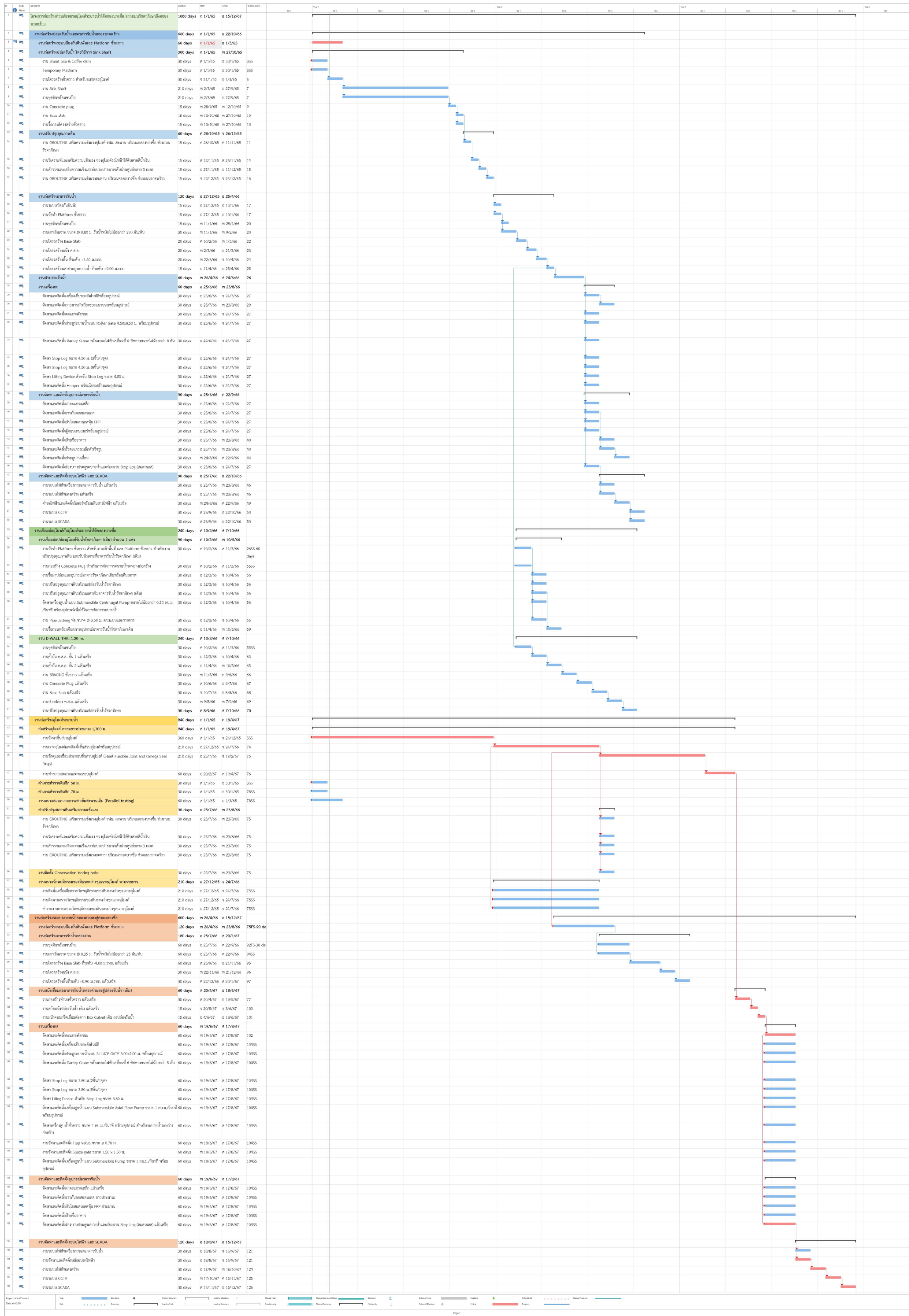
1. กำหนดคนหรือกลุ่มคนที่คุณต้องมีเพื่อปฏิบัติงานเฉพาะอย่างที่ตั้งไว้ ควรกำหนดเป็น สายงานแทนที่จะกำหนดเป็นชื่อของคนโดยเฉพาะ
2. กำหนดเครื่องมือ เครื่องจักรใดที่คุณต้องมีเพื่อให้งานเสร็จลงได้
3. กำหนดว่าห้องใด หรือสถานที่ใด ที่คุณจำเป็นต้องใช้เพื่องานนี้

การกลั่นกรองแผนงานโครงการ

1. อะไรคือเป้าหมายของโครงการ
2. มีขั้นตอนไหนบ้างที่จำเป็นเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมาย
3. ใครหรืออะไรบ้างที่จำเป็นต้องปฏิบัติ
4. งานนี้มีค่าใช้จ่ายเท่าใด
5. จะต้องปรับปรุงอะไรบ้างเพื่อให้บรรลุตามแผนงานได้
6. จะนำเสนอความคืบหน้าของโครงการให้คนอื่นได้อย่างไร
7. การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ที่เกิดขึ้นจะมีผลกระทบกับแผนงานอย่างไรบ้าง

โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึง คลองลาดพร้าว จากการวางแผนและควบคุมโครงการด้วยโปรแกรม Microsoft Project จะต้องใช้ระยะเวลาดำเนินการโครงการทั้งหมด จำนวน ๑,๐๘๐ วัน โดยมีงานวิกฤต (Critical) รายละเอียดดังนี้

ลำดับ	รายการ	หมายเหตุ
๑	งานก่อสร้างปล่องรับน้ำและอาคารรับน้ำคลองลาดพร้าว Critical - งานก่อสร้างระบบป้องกันดินพังและPlatform ชั่วคราว	
๒	งานก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ Critical - งานจัดหาชิ้นส่วนอุโมงค์ - งานเจาะอุโมงค์และติดตั้งชิ้นส่วนอุโมงค์ พร้อมอุปกรณ์ - งานวัสดุและเชื่อมประกอบชิ้นส่วนอุโมงค์ (Steel Flexible Joint and Omega Seal Rings) - งานทำความสะอาดอุโมงค์	
๓	งานผนังเชื่อมต่ออาคารรับน้ำคลองต่วนลงสู่อาคารรับน้ำ (เดิม) Critical - งานก่อสร้างทำนบชั่วคราวแล้วเสร็จ - งานสกัดผนังปล่องรับน้ำเดิมแล้วเสร็จ - งานผนังคอนกรีตเชื่อมต่อจาก Box Culvert เดิมลงปล่องรับน้ำ	
๔	งานระบบเครื่องกล Critical - งานระบบเครื่องกล	
๕	งานจัดหาและติดตั้งอุปกรณ์รับน้ำ Critical - จัดหาและติดตั้งร่องบานประตูระบายน้ำและร่องบาน Stop Log	
๖	งานจัดหาและติดตั้งระบบไฟฟ้าและ SCADA Critical - งานจัดหาและติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า - งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง - งานระบบ CCTV - งานระบบ SCADA	



ภาคผนวก จ

สรุปการคำนวณราคากลางค่างานก่อสร้าง

แบบสรุปราคากลางงานก่อสร้างชลประทาน

โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว

สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ สำนักการระบายน้ำ

ช่องที่ 1		ช่องที่ 3	ช่องที่ 4	ช่องที่ 5	ช่องที่ 6	ค่า	ช่องที่ 7	
ลำดับ ที่	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่างานต้นทุน ต่อหน่วย/บาท	ค่างานต้นทุน (บาท)	Factor F	ประมาณราคา	
							ราคาต่อหน่วย	ราคา
1	ส่วนที่ 1 งานคูณ Factor F							
	ก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.00 ม. ยาวประมาณ 1,700 เมตร							
	1.1 ก่อสร้างอุโมงค์ ความยาวประมาณ 1,700 ม.							
	1.1.1 งานเจาะอุโมงค์และติดตั้งชิ้นส่วนอุโมงค์พร้อมอุปกรณ์ ยาวประมาณ	1,700.00	ม.	165,557.04	281,446,968.00	1.1760	194,695.08	330,981,634.37
	1.1.2 งานจัดหาชิ้นส่วนอุโมงค์ (RC Segment) ยาวประมาณ	1,600.0	ม.	75,104.50	120,167,200.00	1.1760	88,322.89	141,316,627.20
	1.1.3 งานจัดหาชิ้นส่วนอุโมงค์ (Steel Segment) ยาวประมาณ	100.0	ม.	264,700.00	26,470,000.00	1.1760	311,287.20	31,128,720.00
	1.1.4 งานวัสดุและเชื่อมประกอบชิ้นส่วนอุโมงค์ (Steel Flexible Joint and Omega Seal Rings)	2	ชุด	850,200.00	1,700,400.00	1.1760	999,835.20	1,999,670.40
	1.1.5 งานทำความสะอาดและทดสอบอุโมงค์	1,700	ม.	1,106.27	1,880,660.00	1.1760	1,300.97	2,211,656.16
	1.2 ค่าเจาะสำรวจดินลึก 50 ม.	9	หลุม	26,000.00	234,000.00	1.1760	30,576.00	275,184.00
	1.3 ค่าเจาะสำรวจดินลึก 70 ม.	3	หลุม	40,000.00	120,000.00	1.1760	47,040.00	141,120.00
	1.4 ค่าปรับปรุงสภาพดินเสริมความแข็งแรง							
	1.4.1 งาน GROUTING เสริมความแข็งแรงอุโมงค์ รพม. สะพาน บริเวณคลองบางซื่อ ช่วงถนนรัชดาภิเษก	5,184	ลบ.ม.	9,500.00	49,248,000.00	1.1760	11,172.00	57,915,648.00
	1.4.2 งานวิเคราะห์และเสริมความแข็งแรง ช่วงอุโมงค์รถไฟใต้ดินสายสีน้ำเงิน	1	งาน	100,000,000.00	100,000,000.00	1.1760	117,600,000.00	117,600,000.00
	1.4.2 งานสำรวจและเสริมความแข็งแรงท่อประปาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร	1	งาน	20,000,000.00	20,000,000.00	1.1760	23,520,000.00	23,520,000.00
	1.4.3 งาน GROUTING เสริมความแข็งแรงสะพาน บริเวณคลองบางซื่อ ช่วงถนนลาดพร้าว	5,184	ลบ.ม.	9,500.00	49,248,000.00	1.1760	11,172.00	57,915,648.00
	1.5 งานติดตั้ง Observation boring hole	2	หลุม	800,000.00	1,600,000.00	1.1760	940,800.00	1,881,600.00
	1.6 งานตรวจวัดพฤติกรรมของดินระหว่างขุดเจาะอุโมงค์ ตามรายการ							
	1.6.1 งานติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมของดินระหว่างขุดเจาะอุโมงค์	1	งาน	2,421,681.72	2,421,681.72	1.1760	2,847,897.70	2,847,897.70
	1.6.2 งานติดตามตรวจวัดพฤติกรรมของดินระหว่างขุดเจาะอุโมงค์	1	งาน	1,372,426.49	1,372,426.49	1.1760	1,613,973.56	1,613,973.56
	1.6.3 ค่ารายงานการตรวจวัดพฤติกรรมของดินระหว่างขุดเจาะอุโมงค์	18	ชุด	50,000.00	900,000.00	1.1760	58,800.00	1,058,400.00
	1.7 งานตรวจสอบความยาวเสาเข็มสะพานเดิม (Parallel testing)	2	หลุม	59,000.00	118,000.00	1.1760	69,384.00	138,768.00
2	งานก่อสร้างอาคารรับน้ำคลองลาดพร้าว จำนวน 1 แห่ง							
	2.1 งานก่อสร้างอาคารรับน้ำจำนวน 1 แห่ง							
	2.1.1 งานระบบป้องกันดินพัง	195	ม.	198,422.00	38,692,290.00	1.1760	233,344.27	45,502,133.04
	2.1.2 งานจัดทำ Platform ชั่วคราว	3,161	ตร.ม.	12,860.00	40,650,460.00	1.1760	15,123.36	47,804,940.96
	2.1.3 งานขุดดินพร้อมขนย้าย	5,865	ลบ.ม	220.00	1,290,300.00	1.1760	258.72	1,517,392.80
	2.1.4 งานเสาเข็มเจาะ ขนาด Ø 0.80 ม. รับน้ำหนักไม่น้อยกว่า 270 ตัน/ต้น	32	ต้น	210,320.00	6,730,240.00	1.1760	247,336.32	7,914,762.24
	2.1.5 งานโครงสร้าง Base Slab	1	แห่ง	3,305,000.00	3,305,000.00	1.1760	3,886,680.00	3,886,680.00

แบบสรุปราคากลางงานก่อสร้างชลประทาน
โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว
สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ สำนักการระบายน้ำ

ช่องที่ 1		ช่องที่ 3	ช่องที่ 4	ช่องที่ 5	ช่องที่ 6	ค่า	ช่องที่ 7	
ลำดับ ที่	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่างานต้นทุน ต่อหน่วย/บาท	ค่างานต้นทุน (บาท)	Factor F	ประมาณราคา	
							ราคาต่อหน่วย	ราคา
	2.1.6 งานโครงสร้างผนัง ค.ส.ล.	1	แห่ง	7,152,000.00	7,152,000.00	1.1760	8,410,752.00	8,410,752.00
	2.1.7 งานโครงสร้างพื้น ที่ระดับ +1.50 ม.รทก.	1	แห่ง	4,733,000.00	4,733,000.00	1.1760	5,566,008.00	5,566,008.00
	2.1.8 งานโครงสร้างเสาประตูระบายน้ำ ที่ระดับ +9.00 ม.รทก.	2	แห่ง	224,510.00	449,020.00	1.1760	264,023.76	528,047.52
	2.2 งานก่อสร้างปล่องอุโมงค์ ID 12.00 ม. จำนวน 1 แห่ง							
	2.2.1 งานขุดดินพร้อมขนย้าย	3,464	ลบ.ม	220.00	761,994.20	1.1760	258.72	896,105.18
	2.2.2 งานโครงสร้างชั่วคราวสำหรับจมปล่องอุโมงค์	1	แห่ง	3,091,000.00	3,091,000.00	1.1760	3,635,016.00	3,635,016.00
	2.2.3 งาน Concrete Plug	1	แห่ง	769,000.00	769,000.00	1.1760	904,344.00	904,344.00
	2.2.4 งาน Base Slab	1	แห่ง	1,602,000.00	1,602,000.00	1.1760	1,883,952.00	1,883,952.00
	2.2.5 งานผนังปล่องอุโมงค์ ค.ส.ล.	22.50	ม.	388,000.00	8,730,000.00	1.1760	456,288.00	10,266,480.00
	2.2.6 งานปรับปรุงคุณภาพดิน (Ground Improvement)	1,728	ลบ.ม	9,500.00	16,416,000.00	1.1760	11,172.00	19,305,216.00
	2.3 งานเครื่องกล							
	2.3.1 จัดหาและติดตั้งเครื่องเก็บขยะอัตโนมัติพร้อมอุปกรณ์	2	ชุด	6,386,500.00	12,773,000.00	1.1760	7,510,524.00	15,021,048.00
	2.3.2 จัดหาและติดตั้งสายพานลำเลียงขยะแนวนอนพร้อมอุปกรณ์	2	ชุด	915,800.00	1,831,600.00	1.1760	1,076,980.80	2,153,961.60
	2.3.3 จัดหาและติดตั้งตะแกรงดักขยะ	4	ชุด	228,950.00	915,800.00	1.1760	269,245.20	1,076,980.80
	2.3.4 จัดหาและติดตั้งประตูระบายน้ำแบบ Roller Gate 4.50x8.50 ม. พร้อมอุปกรณ์	2	ชุด	1,397,800.00	2,795,600.00	1.1760	1,643,812.80	3,287,625.60
	2.3.5 จัดหาและติดตั้ง Gantry Crane พร้อมรอกไฟฟ้าเคลื่อนที่ 6 ทิศทางขนาดไม่น้อยกว่า 8 ตัน	3	ชุด	3,012,500.00	9,037,500.00	1.1760	3,542,700.00	10,628,100.00
	2.3.6 จัดหา Stop Log ขนาด 4.50 ม. (3ชั้น/1ชุด)	2	ชุด	781,100.00	1,562,200.00	1.0700	835,777.00	1,671,554.00
	2.3.7 จัดหา Stop Log ขนาด 4.50 ม. (8ชั้น/1ชุด)	2	ชุด	931,970.00	1,863,940.00	1.0700	997,207.90	1,994,415.80
	2.3.8 จัดหา Lifting Device สำหรับ Stop Log ขนาด 4.50 ม.	2	ชุด	103,790.00	207,580.00	1.0700	111,055.30	222,110.60
	2.3.9 จัดหาและติดตั้ง Hopper พร้อมโครงสร้างและอุปกรณ์	1	ชุด	1,000,150.00	1,000,150.00	1.1760	1,176,176.40	1,176,176.40
	2.4 งานไฟฟ้า							
	2.4.1 งานระบบไฟฟ้าเครื่องกลของอาคารรับน้ำ แล้วเสร็จ	1	งาน	358,927.66	358,927.66	1.1760	422,098.93	422,098.93
	2.4.2 งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง แล้วเสร็จ	1	งาน	4,181,104.20	4,181,104.20	1.1760	4,916,978.54	4,916,978.54
	2.4.3 ค่าขอไฟฟ้าและติดตั้งมิเตอร์พร้อมเดินสายไฟฟ้า แล้วเสร็จ	1	งาน	155,373.40	155,373.40	1.0000	155,373.40	155,373.40
	2.4.4 งานระบบ CCTV	1	งาน	2,119,317.20	2,119,317.20	1.1760	2,492,317.03	2,492,317.03
	2.4.5 งานระบบ SCADA	1	งาน	6,313,325.20	6,313,325.20	1.1760	7,424,470.44	7,424,470.44

แบบสรุปราคากลางงานก่อสร้างชลประทาน

โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำได้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว

สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ สำนักการระบายน้ำ

ช่องที่ 1		ช่องที่ 3	ช่องที่ 4	ช่องที่ 5	ช่องที่ 6	ค่า	ช่องที่ 7	
ลำดับ ที่	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่างานต้นทุน ต่อหน่วย/บาท	ค่างานต้นทุน (บาท)	Factor F	ประมาณราคา	
							ราคาต่อหน่วย	ราคา
	2.5 งานอุปกรณ์อาคารรับน้ำ							
	2.5.1 จัดหาและติดตั้งฝาดะแกรงเหล็ก	1	งาน	1,586,000.00	1,586,000.00	1.1760	1,865,136.00	1,865,136.00
	2.5.2 จัดหาและติดตั้งราวกันตกสแตนเลส ยาวประมาณ	174	ม.	3,600.00	626,400.00	1.1760	4,233.60	736,646.40
	2.5.3 จัดหาและติดตั้งบันไดสแตนเลสหุ้ม FRP	640	ขั้น	2,500.00	1,600,000.00	1.1760	2,940.00	1,881,600.00
	2.5.4 จัดหาและติดตั้งคูคอนเทนเนอร์พร้อมอุปกรณ์	1	ชุด	590,000.00	590,000.00	1.1760	693,840.00	693,840.00
	2.5.5 จัดหาและติดตั้งป้ายชื่ออาคาร	1	ชุด	50,000.00	50,000.00	1.1760	58,800.00	58,800.00
	2.5.6 จัดหาและติดตั้งรั้วตะแกรงเหล็กสำเร็จรูป ยาวประมาณ	117	ม.	3,600.00	421,200.00	1.1760	4,233.60	495,331.20
	2.5.7 จัดหาและติดตั้งประตูบานเลื่อน	3	ชุด	36,000.00	108,000.00	1.1760	42,336.00	127,008.00
	2.5.8 จัดหาและติดตั้งร่องบานประตูระบายน้ำและร่องบาน Stop Log (สแตนเลส)	4	แห่ง	600,000.00	2,400,000.00	1.1760	705,600.00	2,822,400.00
	2.6 งานอื่น ๆ							
	2.6.1 ค่าขนาน้ำประปาและติดตั้งมิเตอร์ ขนาด 1/2 นิ้ว	1	แห่ง	5,750.00	5,750.00	1.0000	5,750.00	5,750.00
	2.6.2 ค่าจัดการระบายน้ำระหว่างก่อสร้าง	36	เดือน	30,000.00	1,080,000.00	1.1760	35,280.00	1,270,080.00
	2.6.3 ค่าจัดการจราจรระหว่างก่อสร้าง	36	เดือน	39,900.00	1,436,400.00	1.1760	46,922.40	1,689,206.40
	2.6.4 งานดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม	36	เดือน	29,500.00	1,062,000.00	1.1760	34,692.00	1,248,912.00
	2.6.5 จัดหาและติดตั้งบันไดขึ้นประตูระบายน้ำ พร้อมหลังคาคลุมประตูระบายน้ำ	2	แห่ง	79,000.00	158,000.00	1.1760	92,904.00	185,808.00
	2.6.6 จัดหาเรือตรวจการณ์	1	ลำ	800,000.00	800,000.00	1.0700	856,000.00	856,000.00
	2.6.7 งานก่อสร้างเขื่อนลึกลับบริเวณอาคารรับน้ำรัชดาภิเษก อาคารรับน้ำถนนวิภาวดีรังสิต และอาคารรับน้ำถนนกำแพงเพชร	3,109	เมตร	120,000.00	373,020,000.00	1.1760	141,120.00	438,671,520.00
3	งานเชื่อมต่ออุโมงค์กับอุโมงค์ระบายน้ำได้คลองบางซื่อ จำนวน 1 แห่ง							
	3.1 งานเชื่อมต่อปล่องอุโมงค์รับน้ำรัชดาภิเษก (เดิม) จำนวน 1 แห่ง							
	3.1.1 งานจัดทำ Platform ขั้วคราว สำหรับทางเข้าพื้นที่ และ Platform ขั้วคราว สำหรับงานปรับปรุงคุณภาพดิน และรับหัวเจาะที่อาคารรับน้ำรัชดาภิเษก (เดิม)	483	ตร.ม.	12,862.00	6,212,346.00	1.1760	15,125.71	7,305,718.90
	3.1.2 งานก่อสร้าง Concrete Plug สำหรับการจัดการระบายน้ำระหว่างก่อสร้าง	1	งาน	361,000.00	361,000.00	1.1760	424,536.00	424,536.00
	3.1.3 งานรื้อฝาล่องและอุปกรณ์อาคารรัชดาภิเษกเดิมพร้อมคั้นสภาพ	1	งาน	701,000.00	701,000.00	1.1760	824,376.00	824,376.00
	3.1.4 งานปรับปรุงคุณภาพดินบริเวณปล่องรับน้ำรัชดาภิเษก	1,728	ลบ.ม.	9,500.00	16,416,000.00	1.1760	11,172.00	19,305,216.00
	3.1.5 งานปรับปรุงคุณภาพดินบริเวณเสาเข็มอาคารรับน้ำรัชดาภิเษก (เดิม)	500	ลบ.ม.	9,500.00	4,750,000.00	1.1760	11,172.00	5,586,000.00
	3.1.6 จัดหาเครื่องสูบน้ำแบบ Submersible Centritugul Pump ขนาดไม่น้อยกว่า 0.50 ลบ.ม./วินาที พร้อมอุปกรณ์เพื่อใช้ในการจัดการระบายน้ำ	1	ชุด	5,800,000.00	5,800,000.00	1.1760	6,820,800.00	6,820,800.00
	3.1.7 งานรื้อถอนพร้อมคั้นสภาพอุปกรณ์อาคารรับน้ำรัชดาภิเษกเดิม	1	งาน	3,773,000.00	3,773,000.00	1.1760	4,437,048.00	4,437,048.00
	3.1.8 งาน Pipe Jacking ท่อ ขนาด Ø 3.50 ม. ตามแบบและรายการ	40	ม.	85,166.67	3,406,666.80	1.1760	100,156.00	4,006,240.16

แบบสรุปราคากลางงานก่อสร้างชลประทาน

โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว

สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ สำนักการระบายน้ำ

ช่องที่ 1		ช่องที่ 3	ช่องที่ 4	ช่องที่ 5	ช่องที่ 6	ค่า	ช่องที่ 7	
ลำดับ ที่	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่างานต้นทุน ต่อหน่วย/บาท	ค่างานต้นทุน (บาท)	Factor F	ประมาณราคา	
							ราคาต่อหน่วย	ราคา
	3.2 งาน D-WALL THK. 1.20 m. ยาวประมาณ	32	ม.	608,012.81	19,456,409.92	1.1760	715,023.06	22,880,738.07
	3.2.1 งานขุดดินพร้อมขนย้าย ประมาณ	1,156	ลบ.ม.	220.00	254,320.00	1.1760	258.72	299,080.32
	3.2.2 งานค้ำยัน ค.ส.ล. ชั้น 1 แล้วเสร็จ	1	งาน	533,800.09	533,800.09	1.1760	627,748.91	627,748.91
	3.2.3 งานค้ำยัน ค.ส.ล. ชั้น 2 แล้วเสร็จ	1	งาน	533,800.09	533,800.09	1.1760	627,748.91	627,748.91
	3.2.4 งาน BRACING ชั่วคราว แล้วเสร็จ	1	งาน	115,093.56	115,093.56	1.1760	135,350.03	135,350.03
	3.2.5 งานปากปล่อง ค.ส.ล. แล้วเสร็จ	1	งาน	1,124,010.07	1,124,010.07	1.1760	1,321,835.84	1,321,835.84
	3.2.6 งาน Concrete Plug แล้วเสร็จ	1	งาน	289,311.23	289,311.23	1.1760	340,230.01	340,230.01
	3.2.7 งาน Base Slab แล้วเสร็จ	1	งาน	802,618.09	802,618.09	1.1760	943,878.87	943,878.87
	3.2.8 งานปรับปรุงคุณภาพดินบริเวณปล่องรับน้ำรัชดาภิเษก	1,728	ลบ.ม.	9,500.00	16,416,000.00	1.1760	11,172.00	19,305,216.00
4	ก่อสร้างระบบระบายน้ำคลองควนลงสู่คลองบางซื่อ จำนวน 1 แห่ง							
	4.1 งานก่อสร้างระบบระบายน้ำเชื่อมต่อปล่องรับน้ำรัชดาภิเษก เดิม							
	4.1.1 งานก่อสร้างทำนบชั่วคราว แล้วเสร็จ	92	ม.	119,000.00	10,948,000.00	1.1760	139,944.00	12,874,848.00
	4.1.2 งานสกัดผนังปล่องรับน้ำ เดิม แล้วเสร็จ	1	งาน	600,000.00	600,000.00	1.1760	705,600.00	705,600.00
	4.1.3 งานผนังคอนกรีตเชื่อมต่อกับ Box Culvert เดิม ลงปล่องรับน้ำ	1	งาน	900,000.00	900,000.00	1.1760	1,058,400.00	1,058,400.00
	4.2 งานก่อสร้างอาคารรับน้ำคลองควน จำนวน 1 แห่ง							
	4.2.1 งานระบบป้องกันดินพัง แล้วเสร็จ	59	ม.	32,831.00	1,937,029.00	1.1760	38,609.26	2,277,946.10
	4.2.2 งานจัดทำ Platform ชั่วคราว แล้วเสร็จ	149	ตร.ม.	3,272.00	487,528.00	1.1760	3,847.87	573,332.93
	4.2.3 งานขุดดินพร้อมขนย้าย ประมาณ	220	ลบ.ม.	220.00	48,400.00	1.1760	258.72	56,918.40
	4.2.4 งานเสาเข็มเจาะ ขนาด Ø 0.35 ม. รับน้ำหนักไม่น้อยกว่า 25 ตัน/ต้น	18	ต้น	19,000.00	342,000.00	1.1760	22,344.00	402,192.00
	4.2.5 งานโครงสร้าง Base Slab ที่ระดับ -4.00 ม.รทก. แล้วเสร็จ	1	งาน	482,000.00	482,000.00	1.1760	566,832.00	566,832.00
	4.2.6 งานโครงสร้างผนัง ค.ส.ล.	1	งาน	776,000.00	776,000.00	1.1760	912,576.00	912,576.00
	4.2.7 งานโครงสร้างพื้นที่ระดับ +0.90 ม.รทก. แล้วเสร็จ	1	งาน	248,000.00	248,000.00	1.1760	291,648.00	291,648.00
	4.3 งานเครื่องกล							
	4.3.1 จัดหาและติดตั้งตะแกรงดักขยะ	1	ชุด	245,770.00	245,770.00	1.1760	289,025.52	289,025.52
	4.3.2 จัดหาและติดตั้งเครื่องเก็บขยะอัตโนมัติ	1	ชุด	6,386,500.00	6,386,500.00	1.1760	7,510,524.00	7,510,524.00
	4.3.3 จัดหาและติดตั้งประตูระบายน้ำแบบ SLUIICE GATE 3.00x2.00 ม. พร้อมอุปกรณ์	1	ชุด	366,320.00	366,320.00	1.1760	430,792.32	430,792.32

แบบสรุปราคากลางงานก่อสร้างชลประทาน
โครงการก่อสร้างส่วนต่อขยายอุโมงค์ระบายน้ำได้คลองบางซื่อ จากถนนรัชดาภิเษกถึงคลองลาดพร้าว
สำนักงานพัฒนาระบบระบายน้ำ สำนักการระบายน้ำ

ช่องที่ 1		ช่องที่ 3	ช่องที่ 4	ช่องที่ 5	ช่องที่ 6	ค่า	ช่องที่ 7	
ลำดับ ที่	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่างานต้นทุน ต่อหน่วย/บาท	ค่างานต้นทุน (บาท)	Factor F	ประมาณราคา	
							ราคาต่อหน่วย	ราคา
	4.3.4 จัดหาและติดตั้ง Gantry Crane พร้อมรอกไฟฟ้าเคลื่อนที่ 6 ทิศทางขนาดไม่น้อยกว่า 5 ตัน	1	ชุด	4,209,480.00	4,209,480.00	1.1760	4,950,348.48	4,950,348.48
	4.3.5 จัดหา Stop Log ขนาด 3.80 ม.(2ชั้น/1ชุด)	1	ชุด	246,200.00	246,200.00	1.0700	263,434.00	263,434.00
	4.3.6 จัดหา Stop Log ขนาด 3.80 ม.(5ชั้น/1ชุด)	1	ชุด	307,750.00	307,750.00	1.0700	329,292.50	329,292.50
	4.3.7 จัดหา Lifting Device สำหรับ Stop Log ขนาด 3.80 ม.	1	ชุด	66,125.00	66,125.00	1.0700	70,753.75	70,753.75
	4.3.8 จัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ แบบ Submersible Axial Flow Pump ขนาด 1 ลบ.ม./วินาที พร้อมอุปกรณ์	3	ชุด	3,400,000.00	10,200,000.00	1.1760	3,998,400.00	11,995,200.00
	4.3.9 จัดหาเครื่องสูบน้ำชั่วคราว ขนาด 1 ลบ.ม./วินาที พร้อมอุปกรณ์ สำหรับระบายน้ำระหว่างก่อสร้าง	1	ชุด	3,400,000.00	3,400,000.00	1.0700	3,638,000.00	3,638,000.00
	4.3.10 งานจัดหาและติดตั้ง Flap Valve ขนาด ๘ 0.70 ม.	1	ชุด	500,000.00	500,000.00	1.1760	588,000.00	588,000.00
	4.3.11 งานจัดหาและติดตั้ง Sluice gate ขนาด 1.50 x 1.50 ม.	1	ชุด	500,000.00	500,000.00	1.1760	588,000.00	588,000.00
	4.3.12 จัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ แบบ Submersible Pump ขนาด 1 ลบ.ม./วินาที พร้อมอุปกรณ์	3	ชุด	15,000,000.00	45,000,000.00	1.1760	17,640,000.00	52,920,000.00
	4.4 งานไฟฟ้า							
	4.4.1 งานระบบไฟฟ้าเครื่องกลของอาคารรับน้ำ	1	งาน	28,950.74	28,950.74	1.1760	34,046.07	34,046.07
	4.4.2 งานจัดหาและติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า	1	งาน	5,398,156.40	5,398,156.40	1.1760	6,348,231.93	6,348,231.93
	4.4.3 งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	1	งาน	2,833,412.40	2,833,412.40	1.1760	3,332,092.98	3,332,092.98
	4.4.4 งานระบบ CCTV	1	งาน	1,704,129.70	1,704,129.70	1.1760	2,004,056.53	2,004,056.53
	4.4.5 งานระบบ SCADA	1	งาน	4,856,404.00	4,856,404.00	1.0000	4,856,404.00	4,856,404.00
	4.5 งานอุปกรณ์อาคารรับน้ำ							
	4.5.1 จัดหาและติดตั้งฝาดะแกรงเหล็ก แล้วเสร็จ	1	งาน	26,000.00	26,000.00	1.1760	30,576.00	30,576.00
	4.5.2 จัดหาและติดตั้งราวกันตกสแตนเลส ยาวประมาณ	83	ม.	2,800.00	232,400.00	1.1760	3,292.80	273,302.40
	4.5.3 จัดหาและติดตั้งบันไดสแตนเลสหุ้ม FRP ประมาณ	40	ชั้น	2,300.00	92,000.00	1.1760	2,704.80	108,192.00
	4.5.4 จัดหาและติดตั้งป้ายชื่ออาคาร	1	ชุด	40,000.00	40,000.00	1.1760	47,040.00	47,040.00
	4.5.5 จัดหาและติดตั้งร่องบานประตูระบายน้ำและร่องบาน Stop Log (สแตนเลส) แล้วเสร็จ	1	งาน	326,000.00	326,000.00	1.1760	383,376.00	383,376.00
	4.6 งานอื่น ๆ							
	4.6.1 ค่าจัดการจราจรระหว่างก่อสร้าง ประมาณ	6	เดือน	39,900.00	239,400.00	1.1760	46,922.40	281,534.40
	4.6.2 งานดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม ประมาณ	6	เดือน	39,650.00	237,900.00	1.1760	46,628.40	279,770.40
	4.6.3 งานรื้อย้ายประตูระบายน้ำและโครงสร้าง เดิม	1	งาน	200,000.00	200,000.00	1.1760	235,200.00	235,200.00
	4.6.4 งานจัดหาและติดตั้งท่อเหล็กม้วน ขนาด Ø 0.85 ม.	1	งาน	692,458.88	692,458.88	1.1760	814,331.64	814,331.64
	4.6.5 รถติดเครนสำหรับติดตั้งเครื่องสูบน้ำ	1	คัน	1,000,000.00	1,000,000.00	1.1760	1,176,000.00	1,176,000.00
				รวมค่างานส่วนที่ 1	1,408,408,498.04			

ช่องที่ 1		ช่องที่ 3	ช่องที่ 4	ช่องที่ 5	ช่องที่ 6	ค่า	ช่องที่ 7	
ลำดับ ที่	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่างานต้นทุน ต่อหน่วย/บาท	ค่างานต้นทุน (บาท)	Factor F	ประมาณราคา	
							ราคาต่อหน่วย	ราคา
	ส่วนที่ 2 งานไม่คูณ Factor F							
	4.7 ค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนด (สัดส่วนเบิกจ่ายตามข้อกำหนดเฉพาะงาน)	1	งาน	42,560,000.00	42,560,000.00	1.0700	45,539,200.00	45,539,200.00
		รวมค่างานส่วนที่ 2			42,560,000.00			
					รวมค่าก่อสร้างส่วนที่ 1 + 2 เป็นเงินทั้งสิ้น	1,450,968,498.04		
หมายเหตุ Factor F งานชลประทาน (ฝนชุก 1)						รวมราคากลางทั้งสิ้น	1,700,048,406.60	
- เงินจ่ายล่วงหน้า 0% - ค่าดอกเบี้ยเงินกู้ 5% ต่อปี						ปรับลดเหลือ	1,700,000,000.00	

ตรวจสอบโดย.....
(.....)