

ผลการประกอบการพิจารณาประเมินบุคคล

เพื่อขอรับเงินประจำตำแหน่ง

เรื่องที่เสนอให้ประเมิน

๑. ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

เรื่อง โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิต
ถึง บริเวณสะพานโอศถานนท์

๒. ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เรื่อง ศึกษาแผนการพัฒนาระบบระบายน้ำเพื่อแก้ไขจุดอ่อนน้ำท่วมโดยอาศัย
ระบบคลองสายหลักในพื้นที่เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอน และเขตบางขุนเทียน

เสนอโดย

นายรุ่งโรจน์ รัตนเกษร
ตำแหน่ง วิศวกรโยธาชำนาญการ
(ด้านศึกษาโครงการและวางแผนงาน)
(ตำแหน่งเลขที่ กรบ.๓๒)
กลุ่มงานพัฒนาระบบคลอง ๒
กองระบบคลอง สำนักการระบายน้ำ

ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ของ นายรุ่งโรจน์ รัตนเกษร

เพื่อขอรับเงินประจำตำแหน่ง วิศวกรโยธาชำนาญการ (ด้านศึกษาโครงการและวางแผนงาน)
(ตำแหน่งเลขที่ กรบ.๓๒) สังกัด กลุ่มงานพัฒนาระบบคลอง ๒ กองระบบคลอง สำนักงานระบายน้ำ

เรื่อง ศึกษาแผนการพัฒนาระบบระบายน้ำเพื่อแก้ไขจุดอ่อนน้ำท่วมโดยอาศัยระบบคลองสายหลักใน
พื้นที่เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอนและเขตบางขุนเทียน

หลักการและเหตุผล

พื้นที่ฝั่งตะวันตก (ธนบุรี) มีพื้นที่ประมาณ ๔๕๐ ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยคลองจำนวน ๗๑๒ แห่ง
คูน้ำ ลำราง ลำกระโดง จำนวน ๓๓๔ แห่ง รวมอยู่ในความรับผิดชอบของสำนักงานเขตและสำนักงานระบายน้ำ
และยังมีท่อระบายน้ำ สถานีสูบน้ำ ประตูละบายน้ำ และบ่อสูบน้ำ ซึ่งล้วนมีความสำคัญในด้านการระบายน้ำ
เป็นอย่างยิ่ง ฝั่งธนบุรีจึงมีความสามารถในการด้านการระบายน้ำ ๗๐๔.๖๑ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที อย่างไรก็ตาม
ปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่ก็ยังคงเกิดจาก ๒ ปัจจัย ๑. สาเหตุจากธรรมชาติ ได้แก่ น้ำฝน น้ำทุ่ง น้ำเหนือ น้ำทะเล
หนุน เป็นต้น ๒. สาเหตุจากสภาพทางกายภาพ ได้แก่ เมืองมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปัญหาแผ่นดินทรุด
 เป็นต้น

พื้นที่เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอน เขตบางขุนเทียน เป็นพื้นที่ที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง
สภาพพื้นที่เปลี่ยนจากเดิมที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมมาเป็น บ้านพักอาศัย โรงงานอุตสาหกรรม ศูนย์การค้า
พาณิชยกรรม เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันพื้นที่ที่ดำเนินการศึกษายังมีจุดเสี่ยงน้ำท่วมอยู่ ๒ จุด ได้แก่ ๑. เขตบางขุนเทียน
บริเวณถนนบางขุนเทียนชายทะเลจากถนนพระรามที่ ๒ ถึงคลองสะแกงาม ๒. เขตบางแค บริเวณถนนเพชรเกษม
ซอยหมู่บ้านเศรษฐกิจ และยังมีจุดเฝ้าระวังน้ำท่วมอีก ๒ จุด ได้แก่ ๑. เขตภาษีเจริญ บริเวณถนนเพชรเกษม
จากหน้าตลาดบางแคถึงคลองบางหว้า ๒. เขตบางบอน บริเวณถนนเอกชัยหน้าปากซอยเอกชัย ๕๖
(หน้าบริษัทเครื่องตีกระติ่งแดง)

เนื่องจาก พื้นที่เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอน เขตบางขุนเทียน มีคลองสายหลักที่มี
ความสำคัญในการลำเลียงน้ำออกสู่อ่าวไทยมีบางส่วนที่ยังไม่ได้รับการพัฒนา ได้แก่ คลองภาษีเจริญ
คลองพระยาราชมนตรี คลองบางบอน คลองสนามชัย เป็นต้น ส่วนคลองสายรองทำหน้าที่ในการช่วยลำเลียงน้ำ
ไปสู่คลองสายหลักมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ได้แก่ คลองบางอ้าย คลองลัด คลองหนองใหญ่
คลองบางไทร คลองบางโคล่ คลองบางพาน คลองวัดสิงห์ คลองสี่บาท เป็นต้น ซึ่งคลองดังกล่าวข้างต้น มี
ความสำคัญอย่างยิ่งในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่จุดเสี่ยงและจุดเฝ้าระวังน้ำท่วมที่อยู่ในพื้นที่
ทั้ง ๔ เขต และยังมีมีความสำคัญในการลำเลียงน้ำเข้าสู่โหม่งกระบายน้ำคลองพระยาราชมนตรี จากบริเวณ
คลองภาษีเจริญถึงบริเวณคลองสนามชัย อยู่ในแผนแม่บทที่ต้องดำเนินการต่อไป

วัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย

๑. ศึกษาสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอน และ
เขตบางขุนเทียน

๒. นำผลการศึกษาไปใช้ในการออกแบบ ประมาณราคา และขอจัดสรรงบประมาณเพื่อพัฒนาระบบ
คลองในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่

กรอบการวิเคราะห์ แนวคิด ข้อเสนอ

จากการศึกษา สํารวจ และออกแบบเบื้องต้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำแนวคลองทวีวัฒนา และคลองพระยาราชมนตรีโดยได้นำเสนอทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำไว้ คือ การดำเนินการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำคลองทวีวัฒนาและก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำคลองพระยาราชมนตรี ในการนำเสนอแนวคิดวิธีการเพื่อผู้พัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้ขอรับการประเมินได้นำเสนอ การศึกษาแผนการพัฒนาระบบระบายน้ำเพื่อแก้ไขจุดอ่อนน้ำท่วมโดยอาศัยระบบคลองสายหลักในพื้นที่เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอนและเขตบางขุนเทียน ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีแนวอุโมงค์ระบายน้ำคลองพระยาราชมนตรีเป็นแนวระบายน้ำสายหลักที่กำลังจะเกิดขึ้น ดังนั้น ผู้ขอรับการประเมินจึงได้ศึกษาคลองสายหลัก คลองสายรอง ในแนวที่อุโมงค์ระบายน้ำคลองพระยาราชมนตรีพาดผ่านโดยอ้างอิงกับข้อมูลจุดอ่อนน้ำท่วม ดังนี้

จุดเสี่ยงน้ำท่วม

- เขตภาษีเจริญ บริเวณถนนเพชรเกษมจากหน้าตลาดบางแคถึงคลองบางหว้า
- เขตบางบอน บริเวณถนนเอกชัยหน้าปากซอยเอกชัย ๕๖

จุดเฝ้าระวังน้ำท่วม

- เขตบางแค บริเวณถนนเพชรเกษมซอยหมู่บ้านเศรษฐกิจ บริเวณถนนเพชรเกษมคลองทวีวัฒนาถึงคลองราชมนตรี
- เขตบางขุนเทียน บริเวณถนนบางขุนเทียนชายทะเลจากถนนพระรามที่ ๒ ถึง คลองสะแกงาม

ซึ่งบริเวณจุดเสี่ยงน้ำท่วมจะเกิดปัญหาน้ำท่วมขังรอการระบายเมื่อมีปริมาณฝนตกปานกลางถึงหนัก ส่วนบริเวณจุดเฝ้าระวังน้ำท่วมจะเกิดปัญหาน้ำท่วมขังรอการระบายเมื่อมีปริมาณฝนตกหนักถึงหนักมาก ดังนั้น จึงนำข้อมูลจุดเสี่ยงน้ำท่วมและจุดเฝ้าระวังน้ำท่วมในบริเวณพื้นที่ทั้ง ๔ เขต มาวิเคราะห์ แก้ไขปัญหาน้ำท่วมอย่างเป็นระบบ โดยให้แนวอุโมงค์ระบายน้ำคลองพระยาราชมนตรีเป็นทางระบายน้ำหลัก ดึงน้ำจากคลองต่าง ๆ ที่ต่อเชื่อมกับคลองพระยาราชมนตรี เข้าสู่อุโมงค์ระบายน้ำคลองพระยาราชมนตรี ดังนี้

๑. ข้อมูลลักษณะกายภาพของพื้นที่จุดอ่อนน้ำท่วม

๒. นำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยใช้ระบบคลองโดยกำหนดให้อุโมงค์ระบายน้ำคลองพระยาราชมนตรีเป็นทางระบายน้ำสายหลักในการดึงน้ำออกจากพื้นที่

๓. จัดลำดับความสำคัญของคลองสาขาที่เชื่อมต่อกับคลองพระยาราชมนตรี เพื่อมาขอจัดสรรงบประมาณดำเนินการแก้ไขจุดอ่อนน้ำท่วมในพื้นที่เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอนและเขตบางขุนเทียน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

๑. ทราบถึงสาเหตุการเกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอนและเขตบางขุนเทียน

๒. สามารถนำผลการศึกษาที่กำหนดรูปแบบเขื่อน สถานีสูบน้ำ เครื่องผลักดันน้ำ ในคลองที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ

๓. สามารถนำผลการศึกษาการจัดลำดับความสำคัญในการขอจัดสรรงบประมาณที่จะมาพัฒนาแก้ไขปัญหาพื้นที่ดังกล่าวต่อไป

ตัวชี้วัดความสำเร็จ

๑. สามารถแก้ไขพื้นที่จุดอ่อนน้ำท่วมหากมีปริมาณฝนตกไม่เกิน ๑๐๐ มม./ชั่วโมง โดยอาศัยระบบคลองมาช่วยได้

๒. สามารถวางแผนการขอจัดสรรงบประมาณในการก่อสร้างเขื่อนค.ส.ล.คลองต่างๆที่กำหนดให้สอดคล้องกับการดำเนินการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำคลองพระยาราชมนตรีเพื่อแก้ปัญหาจุดอ่อนน้ำท่วมตามที่เสนอ

ลงชื่อ.....

(นายรุ่งโรจน์ รัตนเพชร)

ผู้ขอรับการประเมิน

...../...../.....

ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

๑. ชื่อผลงาน โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอสถานนท์

๒. ช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการ ๙ มิถุนายน ๒๕๖๑ – ๑๘ ตุลาคม ๒๕๖๒

๓. ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ

๓.๑ การบริหารจัดการน้ำของกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานคร พื้นที่ประมาณ ๑,๕๖๘ ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่บนพื้นที่ลุ่มต่ำตอนปลายของแม่น้ำเจ้าพระยาใกล้อ่าวไทย ระดับความสูงเฉลี่ยประมาณ ๐.๐๐ ถึง +๑.๕๐ ม.รทก. โดยบริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาและพื้นที่ทางเหนือมีระดับสูง +๑.๕๐ ม.รทก. ส่วนพื้นที่ตอนกลางด้านตะวันออกและด้านใต้มีระดับต่ำ อยู่ระหว่าง ๐.๐๐ ถึง +๐.๕๐ ม.รทก. บางพื้นที่มีระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง เช่น บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหง การระบายน้ำออกจากพื้นที่โดยใช้การไหลตามธรรมชาติ โดยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Flow) ทำได้ยากและมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากระดับพื้นดินมีระดับต่ำกว่าระดับน้ำควบคุมในคลองและในแม่น้ำเจ้าพระยา การระบายน้ำออกจากพื้นที่โดยขีดความสามารถของสถานีสูบน้ำและคลองระบายน้ำจึงมีความจำเป็น แต่ก็มีขีดจำกัดจากการที่ไม่สามารถปรับปรุงขยายความกว้างคลองได้ จึงทำให้เพิ่มขีดความสามารถการระบายน้ำไม่ได้ เนื่องจากปัญหาการรुकล้ำคู คลองสาธารณะ กรุงเทพมหานครจึงดำเนินการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมโดยใช้ระบบพื้นที่ปิดล้อม ด้วยการก่อสร้างแนวป้องกันน้ำท่วมล้อมรอบพื้นที่ เพื่อป้องกันน้ำจากพื้นที่ภายนอกไหลบ่าเข้าท่วมพื้นที่ ส่วนภายในพื้นที่ปิดล้อมได้ก่อสร้างระบบระบายน้ำ เพื่อระบายน้ำท่วมซึ่งเนื่องจากฝนตกในพื้นที่ให้ระบายลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา

๓.๒ ผลการศึกษาและออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำ

พื้นที่บริหารน้ำที่อยู่ระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยา กับ คลองผดุงกรุงเกษม ครอบคลุมพื้นที่ เขตพระนคร เขตป้อมปราบฯ และเขตสัมพันธวงศ์ มีพื้นที่รวม ๘ ตร.กม.จากผลการศึกษาพื้นที่โครงการตั้งอยู่บนที่ราบลุ่มริมแม่น้ำเจ้าพระยา ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม ระดับเฉลี่ยของพื้นดินอยู่ระหว่าง +๐.๖๐ ถึง +๑.๖๐ ม.รทก. โดยมีระดับพื้นดินด้านตะวันตกที่อยู่ชิดกับแนวแม่น้ำเจ้าพระยามีความสูงเฉลี่ย + ๑.๖๐ ม.รทก. แล้วค่อยลาดเทไปทางด้านตะวันออกจนถึงถนนราชปรารภ ที่มีระดับเฉลี่ยประมาณ +๐.๖๐ ถึง +๐.๙๐ ม.รทก. ลักษณะของพื้นที่ดังกล่าวทำได้ยากต่อการระบายน้ำโดยแรงโน้มถ่วง จึงแก้ไขปัญหาระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำในพื้นที่โครงการโดยดำเนินการจัดทำระบบป้องกันน้ำท่วมตามแนวริมแม่น้ำเจ้าพระยา ส่วนระบบระบายน้ำดำเนินการปรับปรุงระบบระบายน้ำโดยแบ่งออกได้ดังนี้

๑. ระบบระบายน้ำหลักทำการขุดลอกคลองและปรับปรุงเขื่อนเพื่อเพิ่มความจุของคลอง

๒. ระบบระบายน้ำรองทำการปรับปรุงขนาดท่อระบายน้ำควบคู่ไปกับการขยายกำลังสูบน้ำเดิมเพื่อควบคุมระดับน้ำในคลองพื้นที่ขึ้นในให้อยู่ระดับต่ำกว่า ± 0.00 ม.รทก. เพื่อให้การระบายน้ำออกจากท่อระบายน้ำเป็นไปอย่างสะดวกไม่เกิดผลกระทบจากน้ำท่วม

๓. สร้างสถานีสูบน้ำปลายซอย

๔. สร้างพื้นที่ปิดล้อมย่อย เป็นต้น

๓.๓ กฎหมายและข้อกำหนดหรือมาตรฐานในการทำงานก่อสร้าง (Code of Practice)

๓.๓.๑ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องการพัสดุ พ.ศ. ๒๕๓๘ ว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้าง และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๔๘ และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๔) พ.ศ. ๒๕๕๓

๓.๓.๒ ระเบียบกรุงเทพมหานครว่าด้วยวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับการจ้างเหมาก่อสร้างของ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. ๒๕๓๔

๓.๓.๓ รายการมาตรฐานงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำ พ.ศ. ๒๕๕๗ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร

๓.๔ ความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์

ในการวางแผนออกแบบงานก่อสร้างต่างๆ ของโครงการให้มีความมั่นคงแข็งแรง เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และการใช้งานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องใช้ทฤษฎีความรู้ด้านวิศวกรรมในด้านต่างๆ ดังนี้

๓.๔.๑ ความรู้ด้านปฐพีกลศาสตร์ (Soil Mechanics)

แรงดันดินทางข้าง (Lateral Earth Pressure) โดยใช้ทฤษฎีของ Rankine และ Coulomb ในการวิเคราะห์คำนวณค่าแรงดันดินทางข้างเพื่อนำไปพิจารณาการออกแบบเขื่อน ค.ส.ล.ที่ใช้ในการก่อสร้างได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

๓.๔.๒ ความรู้ด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ (Hydraulic Engineering)

๑) การไหลในทางน้ำเปิด (Flow in open channel) ใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองที่มีอยู่เพื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาวางแผนการบริหารจัดการน้ำ (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

๒) การออกแบบประตูระบายน้ำ ซึ่งประตูระบายน้ำทำหน้าที่ควบคุมบังคับน้ำจากภายนอกเข้าสู่พื้นที่โครงการ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ตัวประตู ช่องทางน้ำไหลผ่านด้านหน้าและหลังประตูระบายน้ำ อาคารลดพลังน้ำและส่วนป้องกันการกัดเซาะ (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

๓.๔.๓ ความรู้ด้านการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ใช้ในการออกแบบโครงสร้างเขื่อน ค.ส.ล.ให้มีความมั่นคงแข็งแรงเป็นไปตามหลักวิชาการ โดยออกแบบตามข้อกำหนดของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย มาตรฐาน วสท.๑๐๐๗-๓๔ (EIT.Standard ๑๐๐๗-๓๔) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (รายละเอียดตามภาคผนวก ก)

๓.๕ ด้านเศรษฐศาสตร์และสังคม

ในการวางแผนโครงการ จะต้องคำนึงถึงผลประโยชน์ต่อการลงทุนและการลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจเพื่อแก้ไขปัญหา น้ำท่วมให้กับประชาชน โดยแบ่งออกเป็น ๒ ประเภท คือ

๓.๕.๑ ผลประโยชน์ทางตรง ได้แก่ การลดความเสียหายจากปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่

๓.๕.๒ ผลประโยชน์ทางอ้อม ได้แก่ ความเชื่อมั่นทางสังคม ความปลอดภัย และความสุขของประชาชน

๓.๖ ความรู้ด้านการวางแผนงานก่อสร้าง

การวางแผนงานก่อสร้างเป็นการเตรียมแผนงานก่อนที่จะเริ่มดำเนินการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานและใช้เป็นหลักยึดในการประเมินผลปฏิบัติงานว่าสามารถบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด และสามารถใช้เวลา กำลังคน เครื่องมือ เครื่องจักร และเงิน ได้อย่างมีประสิทธิภาพและผลงานมีคุณภาพตามที่ต้องการ ดังนั้น ถ้าหากไม่มีการวางแผนหรือวางแผนงานไว้ไม่ละเอียดรอบคอบและรัดกุมเพียงพอแล้ว การตรวจสอบและควบคุมงานจะกระทำไม่ได้หรือทำได้ลำบาก เนื่องจากไม่มีข้อมูลไว้ตรวจสอบความก้าวหน้าของงานก่อสร้างและติดตามประเมินผล ทำให้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ ได้ทันทั่วทั้งที่ ในปัจจุบันแผนงานก่อสร้างได้พัฒนาขึ้นมาหลายรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของงานแต่ละประเภท ดังนี้

๓.๖.๑ แผนงานระบบตารางเวลา (Bar/Gantt Chart)

ในปี ค.ศ.๑๙๒๖ แผนงานระบบตารางเวลาได้พัฒนาขึ้นมาใช้ในงานอุตสาหกรรม Henry L.Gantt และ Frederick W.Taylor ต่อมาเป็นที่นิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายมากจนถึงปัจจุบัน แผนงานระบบนี้แสดงให้เห็นถึง

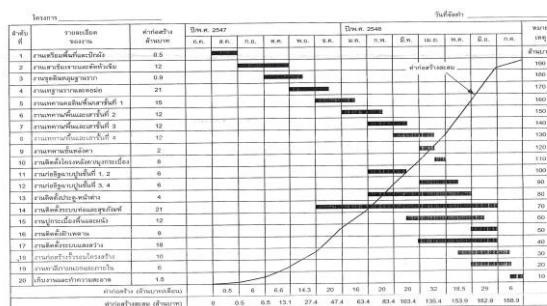
ขั้นตอนและการเชื่อมโยงของหน่วยงานในโครงการ กำกับด้วยเวลาที่แสดงถึงระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละหน่วยงาน นำไปใช้ในการติดตามความก้าวหน้าของงานและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์การเงินหมุนเวียนของโครงการโดยอาศัย ข้อมูลเงื่อนไขการจ่ายเงินตามสัญญา เครดิตการสั่งซื้อ วัสดุและอื่นๆ ประกอบจากการวิเคราะห์จะทำให้ทราบว่าในเดือนใด ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องจัดเตรียมเงินทุนไว้เท่าไร เดือนใดจะมีเงินลงทุนสะสมสูงสุดที่สุด ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการ บริหารการเงินในโครงการก่อสร้าง แต่อย่างไรก็ตามแผนงานนี้ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น

๑) ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมก่อสร้างในแผนงาน

๒) ไม่เหมาะกับโครงการที่มีจำนวนกลุ่มงาน หรือกิจกรรมมาก เพราะทำให้เกิดความสับสนได้

๓) การสร้างแผนกำหนดเวลา มักจะกำหนดเวลาเริ่ม และเสร็จก่อน แล้วจึงค่อยมากำหนดเวลา ของแต่ละกิจกรรมระหว่างนั้น จึงอาจทำให้ได้เวลาของกิจกรรม รวมถึงความสัมพันธ์ที่ไม่ถูกต้องสมจริงได้

๔) ในกรณีที่ใช้แผนงาน Gantt Chart ควบคุมการจ่ายเงิน ผู้รับเหมาอาจกระจายค่า งานมาอยู่ตอนต้นโครงการมากกว่าความเป็นจริง ทำให้เกิดการจ่ายค่างานเกินเนื้องานจริงได้



ตัวอย่างแผนงานระบบตารางเวลา

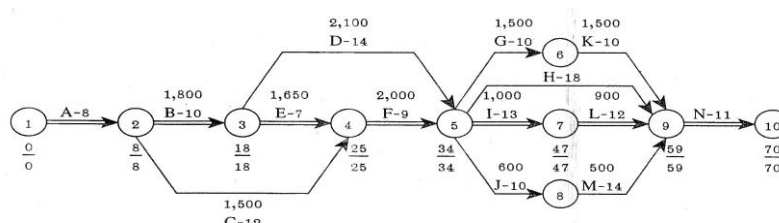
๓.๖.๒ แผนงานระบบสายงานวิกฤต (Critical Path Method : CPM)

Critical Path Method (C.P.M.) เป็นเทคนิควิธีในการวางแผนและควบคุมงาน ตลอดจนการ กำหนดตารางทำงานที่ได้ผลวิธีหนึ่ง ส่วนมาก C.P.M. จะใช้ได้กับงานทุกประเภทที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมุ่งเน้น ทางด้านคุณภาพของงาน หรือต้องการจะทราบรายละเอียดในการดำเนินงานทุกระยะ ทั้งนี้เพื่อหวังผลในประสิทธิภาพของ งานเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานก่อสร้าง ได้นำเอา C.P.M. เข้าไปช่วยในการดำเนินงานแล้ว จะทำให้งานก่อสร้าง ดำเนินไปด้วยความราบรื่นไม่ติดขัด และยังจัดปัญหาอื่นๆ ลงได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย คุณค่าที่สำคัญของ C.P.M. ประการหนึ่งก็คือ ประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายลงเป็นอันมาก

ลักษณะที่น่าสนใจของ C.P.M. ก็คือ แยกการวางแผนงานออกจากการทำตาราง (Scheduling) โดยทั่วไปการวางแผนจะกำหนดว่าแต่ละงานหรือแต่ละโครงการ (Project) มีกิจกรรม (Activities) ไດจะต้อง ปฏิบัติจัดทำบ้าง แต่การทำตารางจะต้องนำงานหรือโครงการมาจำแนกรายละเอียดไว้ในตาราง C.P.M. คำนึงถึง ความสัมพันธ์ของเวลาและค่าใช้จ่ายซึ่งความสัมพันธ์นี้จะเกี่ยวข้องไปถึงกำลังคน วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ภาระหน้าที่การงานและวิธีการ การนำเอา C.P.M. ไปใช้ในการควบคุมงานนั้นจะต้องรวบรวมข้อมูลและข่าวสารที่เกี่ยวข้อง กับงานนั้นๆ ไว้ให้พร้อม เช่น งาน ๑ งานจะต้องใช้จำนวนคนเท่าไร และใช้ระยะเวลากี่วันจึงแล้วเสร็จ และงานดังกล่าวนั้น หากได้เพิ่มกำลังคน จำนวนอุปกรณ์ หรือเครื่องทุ่นแรงขึ้นจะแล้วเสร็จในกี่วัน ค่าใช้จ่ายจะเป็นเท่าไร ดังนั้นเป็นต้น เมื่อได้ รวบรวมข้อมูลต่างๆ ดังกล่าวแล้ว จึงกำหนดตารางรายละเอียดขึ้นเพื่อจะได้ทราบถึงเวลาที่เริ่มต้นและเวลาที่แล้วเสร็จของ แต่ละกิจกรรมหรือของโครงการ

งาน	ราคาค่างานปกติ (บาท)	เวลาที่กำหนดปกติ (วัน)	เวลาเร่งงาน (วัน)	งานที่ต้องทำตาม
A	24,000	8	-	B, C (เป็นงานแรกของโครงการ)
B	31,000	10	7	D, E
C	35,000	12	10	F
D	43,000	14	12	G, H, I, J
E	23,000	7	5	F
F	25,000	9	7	G, H, I, J
G	30,000	10	8	K
H	28,000	18	15	N
I	39,000	13	10	L
J	30,000	10	8	M
K	26,000	10	8	N
L	28,000	12	5	N
M	42,000	14	8	N
N	33,000	11	-	- (เป็นงานสุดท้ายของโครงการ)

งาน	ค่าเร่งงานต่อวัน (บาท)
A	-
B	1,800
C	1,500
D	2,100
E	1,650
F	2,000
G	1,500
H	1,000
I	1,000
J	600
K	1,500
L	900
M	500
N	-



ตัวอย่างแผนงานระบบสายงานวิกฤต C.P.M.

๓.๖.๓ การประเมินผลการดำเนินงานโดยใช้เทคนิคโค้งรูปตัวเอส (S – Curve)

S – curve เป็นเครื่องมือในการติดตามความก้าวหน้าของโครงการ โดยการแปลงค่างานต่างๆ ให้อยู่ในหน่วยเดียวกันคือ เงินหรือมูลค่าและทำเป็นรูปปรอยละจากนั้นจึงนำมาเขียนเส้นกราฟอ้างอิง (ตามแผนงาน) และเขียนกราฟที่ทำได้จริงมาเปรียบเทียบกับ เพื่อประเมินผลของโครงการและค้นหาวิธีปรับแก้วิธีการทำงานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ซึ่งมักเกี่ยวข้องกับกำลังพล (Man Power) ปริมาณวัสดุ (Material) ปริมาณเครื่องจักรทุ่นแรง (Machine) และวิธีการทำงาน (Method) งานที่มีลักษณะเป็นแบบ S-curve คืองานโครงการที่มีลักษณะการดำเนินงานที่ในระยะแรกความก้าวหน้าของงานจะช้า ระยะกลางจะเร็ว และระยะปลายจะช้า ตัวอย่างงานที่มีลักษณะงานแบบนี้ เช่น งานก่อสร้าง จะมีลักษณะของงานในช่วงแรกของโครงการต้องทำฐานรากโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งเห็นความก้าวหน้าของงานน้อย แต่เมื่อเริ่มก่อสร้างตัวอาคารจะขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และระยะปลายพอเริ่มทำการตกแต่งภายในงานจะดูเหมือนช้าลงอีก

๔. สรุปสาระสำคัญของเรื่องและขั้นตอนการดำเนินการ

๔.๑ สรุปสาระสำคัญของโครงการ

รัฐบาลและกรุงเทพมหานครมีนโยบายจัดระเบียบปรับปรุงภูมิทัศน์และพัฒนาสภาพแวดล้อมโดยรอบเกาะรัตนโกสินทร์บริเวณคลองโอ่งอ่างให้เกิดความเป็นระเบียบเรียบร้อย สวยงาม พัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ทางวัฒนธรรม โดยประชาชนสามารถเข้าใช้ประโยชน์ในที่สาธารณะร่วมกันอย่างสมบูรณ์และยั่งยืน กรุงเทพมหานครจึงได้ดำเนินการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างที่รูกล้ำจนเสร็จเรียบร้อยแล้วตั้งแต่เดือนตุลาคม ๒๕๕๘ พบว่าสภาพแวดล้อมเกิดการชำรุดเสียหาย บางแห่งพังทลายลงไปในคลอง มีสภาพโครงสร้างที่ไม่มั่นคงแข็งแรง หากปล่อยทิ้งไว้จะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของ

ประชาชน ดังนั้น เพื่อปรับปรุงภูมิทัศน์และพัฒนาสภาพแวดล้อม ป้องกันการบุกรุกพื้นที่สาธารณะบริเวณ คลองโองอ่าง พัฒนาระบบระบายน้ำพื้นที่เขตชั้นใน (เขตพระนคร เขตสัมพันธวงศ์) ออกสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีสถานีสูบน้ำบางลำพู กำลังสูบ ๐.๕ ลบ.ม./วินาที และสถานีสูบน้ำคลองโองอ่าง กำลังสูบ ๓.๐ ลบ.ม./วินาที อยู่แล้ว แต่เนื่องจากคลองมีสภาพตื้นเขินไม่สามารถเข้าไปดำเนินการขุดลอกได้เนื่องจากมีร้านค้า บ้านเรือน ประชาชน รุกล้ำเข้ามาในแนวเขตคลอง ทำให้การระบายน้ำในพื้นที่ไม่มีประสิทธิภาพ กอปรกับน้ำทั้งจาก บ้านเรือนประชาชนสองฝั่งคลองที่ปล่อยลงสู่คลองโองอ่างทำให้น้ำในคลองมีสภาพ เน่าเสีย มีกลิ่นเหม็น เป็น แหล่งสะสมของเชื้อโรค จึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการโครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโองอ่างจากบริเวณสะพาน ดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอศถานนท์ เพื่อมาแก้ไขปัญหาดังกล่าวมาข้างต้น ต่อไป

๔.๒ ขั้นตอนการดำเนินงาน

องค์ประกอบสำคัญของการดำเนินงานในภาพรวมของปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโองอ่างจากบริเวณสะพาน ดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอศถานนท์ประกอบด้วย แผนงานการก่อสร้าง แผนงานการประชาสัมพันธ์ และแผนงานการจัดหาที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ใช้ในการขับเคลื่อนโครงการ (รายละเอียดภาคผนวก ง)

ในการวางแผนงานปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโองอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณ สะพานโอศถานนท์ได้ดำเนินการตามหลักการวางแผนโครงการและดำเนินการภายใต้ขอบเขตและระเบียบ ขั้นตอนของกรุงเทพมหานครรวมถึงความเหมาะสมของสภาพพื้นที่โครงการ โดยสาระสำคัญในการวางแผนให้ บรรลุตามเป้าหมายสรุป ได้ดังนี้

๔.๒.๑ วางแผนกำหนดระยะเวลาโครงการ (Project planning and scheduling)

เมื่อกำหนดรูปแบบงานก่อสร้าง ได้ปริมาณงานก่อสร้างและมีการวางแผนวิธีการ ก่อสร้างที่จะดำเนินการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโองอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพาน โอศถานนท์แล้ว จึงนำข้อมูลดังกล่าวมากำหนดการวางแผนงานโครงการฯ โดยพิจารณาจัดลำดับขั้นตอนการ ดำเนินงานต่างๆ โดยคำนึงถึงวิธีการก่อสร้าง เทคโนโลยี วัสดุอุปกรณ์และเทคนิคการก่อสร้างรวมถึงปัญหา อุปสรรคในการก่อสร้าง ผลลัพธ์ที่ได้คือแผนผังหรือโครงข่ายที่แสดงให้เห็นลำดับขั้นตอนการทำงานและ ระยะเวลาในการทำงานทั้งหมด ทำให้สามารถกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างได้ ซึ่งรายละเอียดการคำนวณ ประเมินระยะเวลาการก่อสร้าง (รายละเอียดในภาคผนวก ค) การวางแผนงานก่อสร้างโดยระบบ Bar chart และแผนงานระบบสายงานวิกฤต (CPM) (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

๔.๒.๒ วางแผนกำหนดงบประมาณ (Budget planning)

เมื่อได้ระยะเวลาการก่อสร้างแล้ว จึงเข้าสู่กระบวนการประมาณราคา ซึ่งการจัดทำ รายการประมาณราคาก่อสร้างให้เป็นไปตามหลักวิชาช่างและหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลาง งานก่อสร้างของสำนักพัฒนามาตรฐานระบบพัสดุภาครัฐ กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง โดยอ้างอิงราคา ค่าวัสดุตามประกาศสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ประจำเดือนที่ทำการคิดราคา เพื่อพิจารณาว่าโครงการต้องใช้งบประมาณหรือต้นทุนในการดำเนินการทั้งหมดเท่าใด แล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอน การจัดทำข้อเสนอโครงการเพื่อให้ผู้บริหารพิจารณาอนุมัติโครงการ ซึ่งประกอบไปด้วย

๑) การจัดทำแบบก่อสร้างซึ่งแสดงถึงผังบริเวณการก่อสร้างของโครงการ ปริมาณงาน รูปแบบรายละเอียดของโครงสร้าง รวมถึงรูปตัดของโครงสร้างที่แสดงถึงรายละเอียดของเทคนิคต่างๆ

๒) การจัดทำรายการข้อกำหนดเฉพาะงาน ซึ่งเป็นการระบุถึงรายละเอียดต่างๆ ของโครงการได้แก่ วัตถุประสงค์ ปริมาณงาน และข้อกำหนดเฉพาะงานก่อสร้าง

๓) การจัดทำเอกสารแบบงบประมาณ ได้แก่ เอกสาร ง.๑๐๙ ง.๒๐๒ แผนที่แสดงผังบริเวณก่อสร้าง รูปถ่ายพื้นที่โครงการและการนำเสนอทางคอมพิวเตอร์ (Power Point) เพื่อเสนอผู้บริหารและรัฐบาลพิจารณาอนุมัติโครงการ

๔.๒.๓ วางแผนด้านการติดตามผลการดำเนินงานของโครงการโดยใช้เทคนิคกราฟ S - Curve เพื่อแสดงความก้าวหน้าของโครงการโดยทำเป็นรูปร้อยละจากนั้นจึงนำมาเขียนเส้นกราฟอ้างอิง (ตามแผนงาน) และเขียนกราฟที่ทำได้จริงมาเปรียบเทียบ เพื่อประเมินผลของโครงการและค้นหาวิธีปรับแก้วิธีการทำงานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ต่อไป (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

๕. ผู้ร่วมดำเนินการ

๕.๑ นายรุ่งโรจน์ รัตนเกษร วิศวกรโยธาชำนาญการ กองระบบคลอง สำนักการระบายน้ำ	สัดส่วนของผลงานร้อยละ ๖๐
๕.๒ นายณรงค์ ขาวจันทร์ วิศวกรโยธาชำนาญการ กองระบบคลอง สำนักการระบายน้ำ	สัดส่วนของผลงานร้อยละ ๑๕
๕.๓ นายวรพจน์ พ่วงพิทยกุล นายช่างโยธาชำนาญงาน กองระบบคลอง สำนักการระบายน้ำ	สัดส่วนของผลงานร้อยละ ๑๕
๕.๔ นายสุรชัย ไชยพินิจ นายช่างโยธาชำนาญงาน กองระบบคลอง สำนักการระบายน้ำ	สัดส่วนของผลงานร้อยละ ๑๐

๖. ส่วนของงานที่ผู้เสนอเป็นผู้ปฏิบัติ

รับผิดชอบในฐานะวิศวกรโยธาชำนาญการ (ด้านศึกษาโครงการและวางแผนงาน) มีหน้าที่ในการวางแผนงานและกำหนดระยะเวลา, ประมาณราคาค่าก่อสร้าง โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโองอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอสถานนท์ตามหลักการวางแผนโครงการและดำเนินการภายใต้ขอบเขตและระเบียบขั้นตอนของกรุงเทพมหานคร จนสามารถนำโครงการไปของบประมาณ ประกวดราคา และดำเนินการก่อสร้างได้คิดเป็นสัดส่วนผลงานร้อยละ ๖๐ โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

๖.๑ วางแผนกำหนดงานที่ต้องทำ รูปแบบโครงการ และผังบริเวณ (Method statement and site layout)

๖.๑.๑ การตรวจสอบพื้นที่โครงการและสภาพปัญหาต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนการประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และวางแผนกำหนดรูปแบบและปริมาณงานให้เหมาะสม

๖.๑.๒ จัดทำแบบรายละเอียดแสดงที่ตั้งของโครงการ เลือกชนิดของเขื่อน รวมถึงรายละเอียดของเทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

๖.๑.๓ จัดทำรายการข้อกำหนดเฉพาะงาน โดยระบุปริมาณงาน วิธีการก่อสร้าง ค่าระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง และรายละเอียดอื่นๆ

๖.๒ วางแผนกำหนดระยะเวลาโครงการ (Project planning and scheduling) วางแผนประมาณ ระยะเวลาดำเนินโครงการให้มีความเหมาะสมโดยคำนึงถึง ปัญหาอุปสรรคและเทคนิคในการก่อสร้างโดยใช้ ระบบตารางเวลา (Bar Chart) โดยวางแผนให้การดำเนินการโครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโองอ่างจาก บริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอสถานนท์ รายละเอียดการคำนวณประมาณระยะเวลาการก่อสร้าง แสดงใน (รายละเอียดในภาคผนวก ค) และการวางแผนงานก่อสร้างโดยระบบ Bar Chart แสดงใน (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

๖.๓ วางแผนกำหนดงบประมาณ(Budget planning)

๖.๓.๑ ประมาณราคาก่อสร้างโดยแสดงถึงรายละเอียดปริมาณงาน ราคาวัสดุ และ ค่าแรงโดยมีการตรวจสอบราคาตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ รวมถึงมีการคำนวณ Factor F ให้ ถูกต้องตามประเภทของงานรวมเงินงบประมาณค่าก่อสร้างเป็นเงินทั้งสิ้น ๒๕๒,๑๘๓,๓๖๐.- บาท (สองร้อยห้า สิบสองล้านหนึ่งแสนแปดหมื่นสามพันสามร้อยหกสิบบาทถ้วน)

๖.๓.๒ จัดทำแบบรายละเอียดงบประมาณซึ่งประกอบไปด้วย เอกสาร ง ๑๐๙, ง ๒๐๒ แผนผังแสดงที่ตั้งของโครงการ วัตถุประสงค์ ปริมาณงาน รูปถ่ายบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง รวมถึงจัดทำเอกสาร เพื่อการนำเสนอทางคอมพิวเตอร์ (Power Point) เพื่อให้ผู้บริหารพิจารณาคัดเลือกและอนุมัติโครงการ

๖.๓.๓ จัดเตรียมเอกสารเพื่อการขออนุมัติประกาศขายแบบ ยื่นขอประกวดราคา โดย จัดเตรียมแบบก่อสร้าง บัญชีกำหนดค่างาน รายการมาตรฐาน รายการข้อกำหนดเฉพาะงาน สำหรับ ภาคเอกชนที่ต้องการซื้อแบบเพื่อขอยื่นขอประกวดราคา

๖.๓.๔ จัดทำหนังสือประสานงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้ขอรับการประเมินได้ทำการ ตรวจสอบว่างานก่อสร้างมีส่วนใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานภายนอก และต้องทำหนังสือประสานงานเพื่อ ขออนุญาตก่อสร้างและการขอใช้พื้นที่เพื่อดำเนินการก่อสร้าง การขอดำเนินการติดตั้ง ประกอบด้วย

- ๑) หน่วยงานภายนอกด้านสาธารณูปโภค ประกอบด้วย การไฟฟ้านครหลวง การประปานครหลวง
- ๒) หน่วยงานภายนอกด้านจราจร สถานีตำรวจนครบาลพระราชวัง สถานีตำรวจนครบาลจักรวรรดิ
- ๓) หน่วยงานภายในกรุงเทพมหานคร สำนักการโยธา สำนักงานวางผังและพัฒนาเมือง สำนักงานเขตพระนคร สำนักงานเขตสัมพันธวงศ์

๗. ผลสำเร็จของงาน

จากการดำเนินการวางแผนงานโครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโองอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึง บริเวณสะพานโอสถานนท์ ผลสำเร็จของงาน คือ การได้แผนงานเพื่อไปใช้ในการบริหารสัญญา โครงการ ปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโองอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอสถานนท์ ให้เป็นไปตามแผนที่ได้ กำหนดไว้

๘. การนำไปใช้ประโยชน์

๘.๑ สามารถนำแผนงานโครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอศถานนท์ ไปขอจัดสรรงบประมาณ หมวดครุภัณฑ์ ค่าที่ดิน และสิ่งก่อสร้าง

๘.๒ สามารถนำแผนงานโครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอศถานนท์ ใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบแผนงานของคู่สัญญาได้

๙. ความยุ่งยาก ปัญหา อุปสรรค ในการดำเนินการวางแผน

๙.๑ โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอศถานนท์ มีการบูรณาการร่วมกันทั้งหน่วยงานภายใน ได้แก่ สำนักการโยธา สำนักงานวางผังและพัฒนาเมือง และหน่วยงานภายนอก ได้แก่ การไฟฟ้านครหลวง การประปานครหลวง เป็นต้น ดังนั้น การทำงานของแต่ละหน่วยงานต้องสอดคล้องและสัมพันธ์กันเพื่อให้งานบรรลุตามวัตถุประสงค์

๙.๒ เนื่องจากการดำเนินโครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอศถานนท์อยู่ในพื้นที่ชั้นในของกรุงเทพมหานคร ใกล้กับชุมชนและบ้านเรือนประชาชน ในการดำเนินการก่อสร้างต้องมีการวางแผนงานที่ดีและการประสานงานกับหลายฝ่าย เช่น ประชาชนในพื้นที่ ดำรวจจราจร เป็นต้น เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นได้

๙.๓ ในขั้นตอนการก่อสร้างมีปริมาณงานที่แต่ละหน่วยงานกำหนดมาก่อนข้างหลากหลายและจำนวนมาก เช่น งานก่อสร้างเขื่อน ค.ส.ล. และท่อรวบรวมระบบสาธารณูปโภค งานก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสีย และระบายน้ำ งานก่อสร้างและปรับปรุงภูมิทัศน์ริมคลอง งานปรับปรุงสะพานข้ามคลองโอ่งอ่าง เป็นต้น จึงต้องวางแผนการทำงานที่ดีเพื่อไม่ให้แต่ละงานเกิดการติดขัดจากงานใดงานหนึ่ง

๑๐. ข้อเสนอแนะ

๑๐.๑ แนวทางแก้ไขตามข้อ ๙.๑ จัดให้มีการประชุมร่วมกันอย่างสม่ำเสมอ ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ไปจนถึงขั้นตอนการก่อสร้าง เพื่อวางแผนงานให้งานของแต่ละหน่วยงานสอดคล้องและบรรลุวัตถุประสงค์ร่วมกัน

๑๐.๒ แนวทางแก้ไขตามข้อ ๙.๒ จัดทำแผ่นพับ ป้ายประชาสัมพันธ์โครงการฯ และลงพื้นที่ทำความเข้าใจกับประชาชนผู้อยู่อาศัยบริเวณนั้น ว่าจะมีการดำเนินงานดังกล่าว รวมถึงมีหนังสือประสานไปยังสถานีตำรวจในพื้นที่แจ้งการดำเนินการเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้สัญจรไป-มา

๑๐.๓ แนวทางแก้ไขตามข้อ ๙.๓ วางแผนงานกำหนดให้มีการจัดชุดคนทำงานไม่น้อยกว่า ๓ ชุดในแต่ละปริมาณงานหลักและต้องวางแผนลำดับขั้นตอนในการทำงานให้สอดคล้องกัน เพื่อให้โครงการแล้วเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

๑๐.๔ เพื่อให้คลองโอ่งอ่างมีภูมิทัศน์ที่สวยงามและเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำตลอดทั้งคลอง ควรจะดำเนินการก่อสร้างเขื่อนและปรับปรุงภูมิทัศน์ในส่วนที่เหลือจากสะพานดำรงสถิตไปยังป้อมมหากาฬให้แล้วเสร็จ

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ

(นายรุ่งโรจน์ รัตนเกษร)

ผู้ขอรับการประเมิน

วันที่

ขอรับรองว่าสัดส่วนหรือลักษณะงานในการดำเนินการของผู้เสนอข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ

(นายณรงค์ ขาวจันทร์)

ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่

ลงชื่อ

(นายวรพจน์ พ่วงพิทยกุล)

ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่

ลงชื่อ

(นายสุรชัย ไชยพินิจ)

ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ

(นายวัชรินทร์ โกมลมาลย์)

ตำแหน่ง วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

หัวหน้ากลุ่มงานพัฒนาระบบคลอง ๒

กองระบบคลอง สำนักการระบายน้ำ

(ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

วันที่

ลงชื่อ

(นายปวินท์สรรค์ กัลยาณพันธ์)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการกองระบบคลอง

สำนักการระบายน้ำ

วันที่

ภาคผนวก ก

ความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่ใช้ในการวางแผนโครงการ

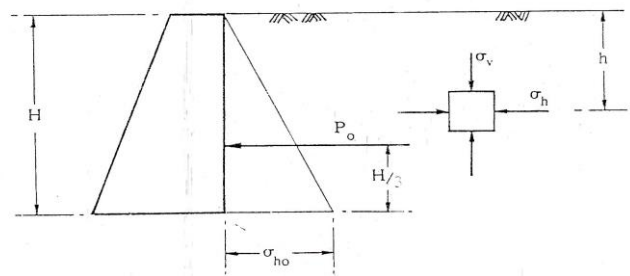
- ความรู้ด้านปฐพีกลศาสตร์
- ความรู้ด้านวิศวกรรมชลศาสตร์
- ความรู้ด้านการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ความรู้ด้านปฐพีกลศาสตร์

แรงดันด้านข้างของดิน (Lateral Earth Pressure)

ในการขุดดิน เพื่อก่อสร้างฐานรากหรือโครงสร้างใต้ดินและเขื่อนจำเป็นต้องมีโครงสร้างกันดิน ซึ่งจะต้องพิจารณาแรงดันด้านข้างของดินเป็นองค์ประกอบในการออกแบบโครงสร้างกันดิน แรงดันด้านข้างของดินมีด้วยกัน ๓ ประเภท คือ

๑. แรงดันดินแบบอยู่กั๊บที่ (Earth pressure at rest) หมายถึง แรงดันของดินที่กระทำต่อผนังกำแพงกันดินทางด้านข้างแล้วไม่ทำให้กำแพงกันดินเกิดการเคลื่อนที่แต่อย่างใด



รูปแรงดันดินแบบอยู่กั๊บที่

ในสภาวะธรรมชาติก่อนดินซึ่งอยู่ต่ำจากระดับผิวดินเท่ากับ h จะถูกกระทำด้วยแรงในแนวตั้ง σ_v เนื่องจากน้ำหนักของดินซึ่งอยู่เหนือก้อนดินนั้น

$$\sigma_v = \gamma h$$

ในเมื่อ γ = หน่วยน้ำหนักของดิน

เมื่อมีกำแพงกันดินมากั้นดินนั้น แรงในแนวตั้ง σ_v จะทำให้เกิดแรงดันในแนวนอน σ_h กระทำต่อผนังกำแพงกันดินถ้ากำแพงกันดินอยู่ในสภาวะสมดุล ไม่มีการเคลื่อนที่แต่อย่างใด

$$\sigma_{ho} = K_o \sigma_v$$

$$= K_o \gamma h$$

ในเมื่อ σ_{ho} = แรงดันในแนวนอนแบบอยู่กั๊บที่

K_o = สัมประสิทธิ์ของแรงดันดินแบบอยู่กั๊บที่ (Coefficient of earth pressure at rest)

ลักษณะการกระจายของแรงดันดินที่กระทำต่อผนังกำแพงกันดินจะเป็นรูปสามเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ ๒ ดังนั้น แรงทั้งหมดที่กระทำตลอดความสูงของกำแพงกันดิน H จะเท่ากับ

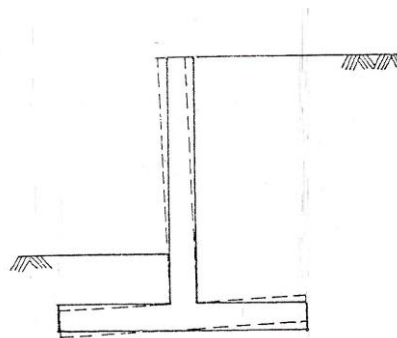
$$\begin{aligned} P_o &= \frac{1}{2} \sigma_{ho} H \\ &= \frac{1}{2} K_o \gamma H^2 \end{aligned}$$

แรงนี้จะกระทำที่จุดศูนย์กลางของรูปการกระจายแรงดัน คือ ที่ระยะ $\frac{H}{3}$ จากขอบล่างของกำแพงกันดิน

๒. แรงดันดินแบบแอ็คทีฟ (Active earth pressure) หมายถึง แรงดันของดินที่กระทำต่อผนังกำแพงกันดินทางด้านข้างแล้วทำให้กำแพงกันดินเคลื่อนที่ออกไปจากดินถมหลังกำแพง แรงดันดินที่กระทำต่อผนังกำแพงจะลดลงทีละน้อยจนถึงค่าคงที่จำนวนหนึ่ง ถ้ายังมีการเคลื่อนที่ตัวอีก ดินถมหลังกำแพงก็จะพังทลาย แรงดันที่น้อยที่สุด ณ จุดที่เกิดการพังทลาย เรียกว่า แรงดันดินแบบ Active (σ_{ha})

$$\sigma_{ha} = K_a \sigma_v$$

ในเมื่อ K_a = สัมประสิทธิ์ของแรงดันดินแบบ Active (Coefficient of active earth pressure)

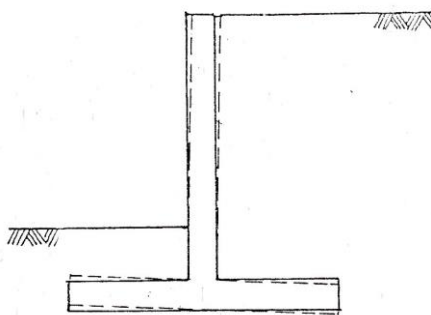


รูปแรงดันดินแบบ Active

๓. แรงดันดินแบบพาสซีฟ (Passive earth pressure) หมายถึง แรงดันด้านข้างของดินที่กระทำต่อด้านหน้ากำแพงกันดิน แล้วทำให้กำแพงกันดินเคลื่อนที่เข้าหาดินถมหลังกำแพงแรงดันดินจะเพิ่มขึ้นทีละน้อย จนถึงค่าคงที่จำนวนหนึ่ง ถ้ายังมีการเคลื่อนตัวอีก ดินด้านหลังกำแพงก็จะปูดขึ้น จนพังทลายค่าแรงดันที่มากที่สุด ณ จุดดินเกิดการพังทลาย เรียกว่า แรงดันดินแบบ Passive (σ_{hp})

$$\sigma_{hp} = K_a \sigma_v$$

ในเมื่อ K_p = สัมประสิทธิ์ของแรงดันดินแบบ Passive (Coefficient of passive earth pressure)



รูปแรงดันดินแบบ Passive

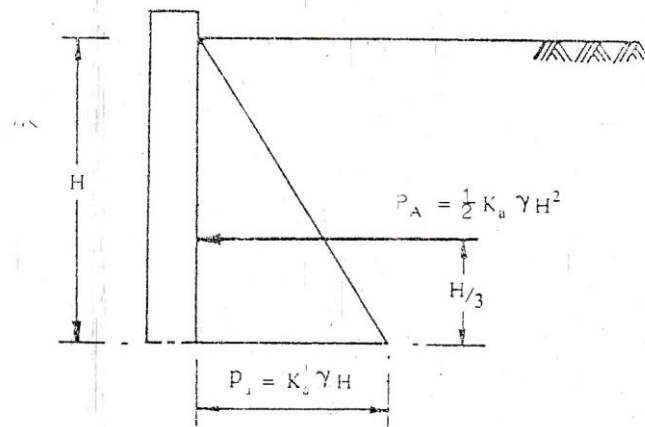
ทฤษฎีเกี่ยวกับแรงดันดิน

๑. ทฤษฎีของแรงดัน (Rankine's Theory) จะพิจารณาแรงที่กระทำต่อก้อนดิน (Soil element) ในดิน โดยสมมติให้แรงดันด้านข้างของดินที่กระทำต่อกำแพงกันดินหรือเขื่อนกันดินมีความสัมพันธ์ต่อแรงดันทางตั้ง ทฤษฎีของแรงดัน ส่วนใหญ่ใช้ในกรณีที่ด้านหลังกำแพงกันดินหรือเขื่อนเป็นแนวตั้ง และผิวหน้าของดินด้านหลังกำแพงหรือเขื่อนเป็นแนวราบ ดังนั้น จึงไม่มีความฝืดหรือแรงเสียดทานระหว่างดินกับกำแพงกันดินหรือเขื่อน

๒. ทฤษฎีของคูลอมบ์ พิจารณาแรงที่กระทำต่อมวลดิน (Soil mass) และรูปแบบของการพังทลายของดินจะเป็นรูปลิ้มโดยมีระนาบการพังทลาย และมีแรงกระทำรอบลิ้มดินที่พังทลาย ส่วนใหญ่ใช้ในกรณีที่ด้านหลังกำแพงกันดินหรือเขื่อนไม่เป็นแนวตั้ง และผิวหน้าของดินด้านหลังกำแพงหรือเขื่อนไม่เป็นแนวราบ ดังนั้น จึงมีความฝืดหรือแรงเสียดทานระหว่างดินกับกำแพงกันดินหรือเขื่อน

การหาแรงดันดินแบบ Active ของดินชนิดที่ไม่มีความเชื่อมแน่น

โดยวิธีของ Rankine (ผิวดินอยู่ในแนวราบ) ในกรณีที่ด้านหลังกำแพงกันดินเป็นแนวตั้ง และระดับผิวดินด้านหลังกำแพงกันดินเป็นแนวราบ ดังรูปผิวดินอยู่ในแนวราบ



รูปผิวดินอยู่ในแนวราบ

สามารถหาค่าแรงดัน Active (p_a) ได้จากทฤษฎีของ Rankine ดังต่อไปนี้

$$p_a = K_a \gamma H$$

ในเมื่อ $K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$

$$= \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

และแรง Active หรือ Active thrust (P_A) สามารถหาได้ดังนี้

$$P_A = \frac{1}{2} p_a H$$

$$= \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

ซึ่งจะกระทำที่ระยะ $\frac{H}{3}$ จากขอบล่างของกำแพงกันดิน

การหาแรงดันดินแบบ Passive ของดินชนิดที่ไม่มีความเชื่อมแน่น

โดยวิธีของ Rankine (ผิวดินอยู่ในแนวราบ) ในกรณีที่ด้านหลังกำแพงกันดินเป็นแนวตั้ง และระดับผิวดินด้านหลังกำแพงกันดินเป็นแนวราบ สามารถหาแรงดัน Passive (p_p) ได้จากทฤษฎีของ Rankine ดังนี้

$$p_p = K_p \gamma H$$

ในเมื่อ $K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$

$$= \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

การหาแรงดันดินแบบ Active ของดินชนิดที่มีความเชื่อมแน่น

สำหรับดินที่มีความเชื่อมแน่น แรงดันดินที่กระทำต่อกำแพงกันดิน จะน้อยกว่าดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นซึ่งมีค่าความหนาแน่นและมุมเสียดทานภายในเท่ากัน เพราะว่าส่วนหนึ่งดินจะยึดติดกันด้วยตัวมันเอง และสามารถหาค่าแรงดันดินได้ดังนี้

โดยวิธีของเบล (Bell's solution) เบลได้พัฒนาวิธีหาแรงดันดินแบบ Active มาจากทฤษฎีของแรงดันดิน สำหรับดินที่มีความเชื่อมแน่นและระดับดินอยู่ในแนวราบ แรงดันดินแบบ Active ที่ความลึก h จะได้เท่ากับ

$$p_a = K_a \gamma h - 2c \sqrt{K_a}$$

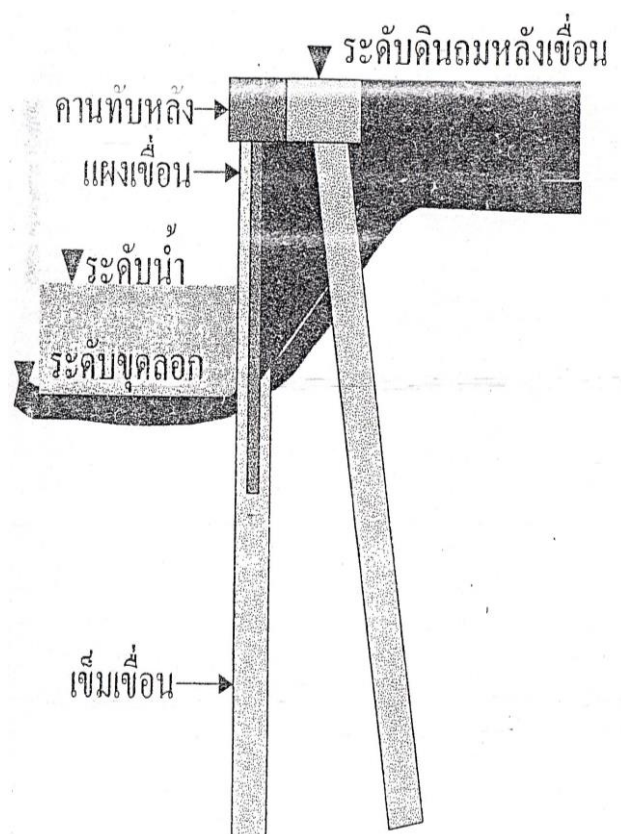
$$\text{ในเมื่อ } K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

ถ้าเป็นดินที่ไม่มีค่าความเชื่อมแน่น $c = 0$

$$p_a = K_a \gamma h$$

ดังนั้น จะเห็นว่า แรงเชื่อมแน่นของดินมีผลทำให้แรงดันดินแบบ Active ลดลงเท่ากับจำนวน $2c \sqrt{K_a}$ นั่นคือดินจะยึดอยู่ด้วยตัวเองมากขึ้น



ข้อมูลทั่วไปที่ใช้ในการออกแบบ

ค่าระดับต่างๆ ประกอบด้วย

๑. ระดับดินถมหลังเขื่อน
๒. ระดับขุดลอกหน้าเขื่อน
๓. ระดับน้ำ
๔. ระดับสายสมอ

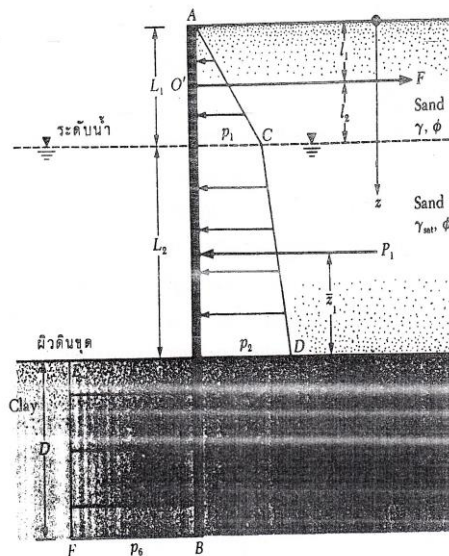
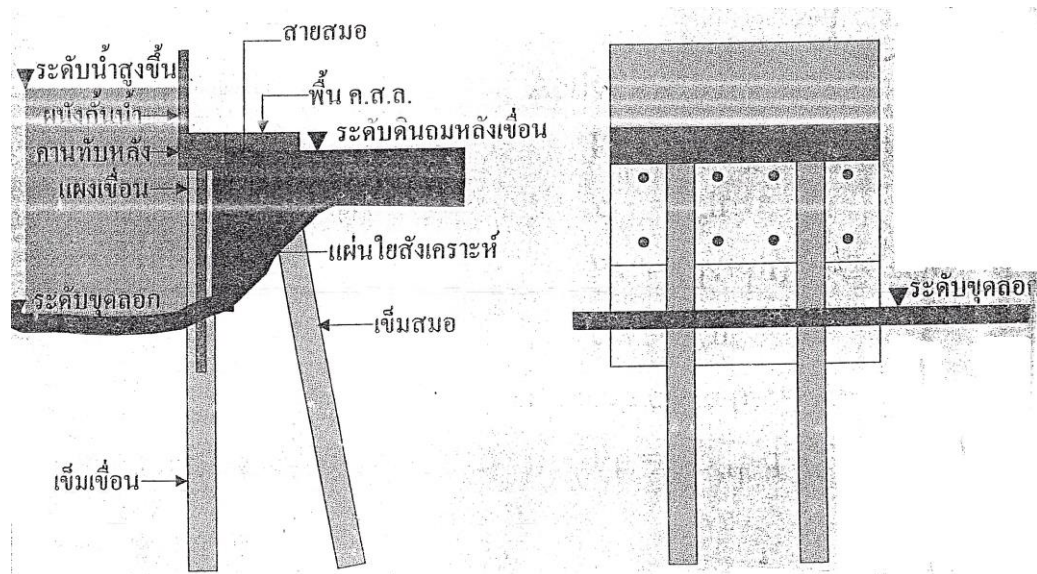
ข้อมูลดินเหนือระดับขุดลอก

๑. หน่วยน้ำหนักดิน γ (t/m^3)
๒. หน่วยน้ำหนักดินอิ่มตัว γ_{sat} (t/m^3)
๓. หน่วยแรงยึดเกาะ C (t/m^2)
๔. มุม ϕ (เรเดียน)

ข้อมูลดินใต้ระดับขุดลอก

๑. หน่วยแรงยึดเกาะ C_{avg} (t/m^2)

ประเภทของเขื่อน ค.ส.ล. ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
 เขื่อน ค.ส.ล. สมอยึดด้านหลังประกอบด้วย



แสดง Net Earth Pressure Diagram บน Anchored Sheet Pile ในดินทราย ($c = 0$) และดินเหนียว ($\phi = 0$)

สมการที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเขื่อน ค.ส.ล. สมอยึดด้านหลัง วิธี Free Earth Support กรณีฝังในดินเหนียว ที่มีค่า $\phi = 0$

ขั้นตอนที่ ๑ หาค่าของ Earth Pressure

$$p_1 = \gamma L_1 K_a$$

$$p_2 = (\gamma L_1 + \gamma_{sub} L_2) K_a$$

เมื่อ $\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$

ขั้นตอนที่ ๒ ดินส่วนที่อยู่ที่ระดับต่ำกว่า Dredge Line ลงมาเท่ากับ D

ดินด้าน Land Side , Active Earth Pressure $p_a = (\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma_{sat} D) - 2c$

ดินด้าน Water Side , Passive Earth Pressure $p_p = \gamma_{sat} D + 2c$

$$p_6 = p_p - p_a = 4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)$$

ขั้นตอนที่ ๓ จาก Static Equilibrium

$$\sum \text{Horizontal Forces} = 0$$

$$P_1 - p_6 D = F$$

$$\text{เมื่อ } P_1 = \text{พื้นที่รูป ACD}$$

ขั้นตอนที่ ๔ จาก Static Equilibrium

$$\sum \text{Moment รอบ } O' = 0$$

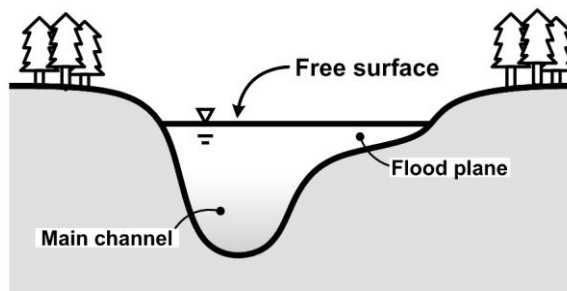
$$P_1 (L_1 + L_2 - l_1 - \bar{z}_1) - p_6 D (l_2 + L_2 + \frac{D}{2}) = 0$$

$$\text{หรือ } p_6 D^2 + 2p_6 D (L_1 + L_2 - l_1) - 2P_1 (L_1 + L_2 - l_1 - \bar{z}_1) = 0$$

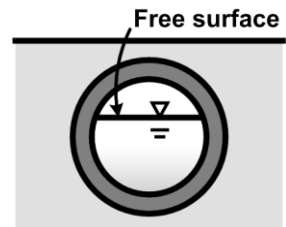
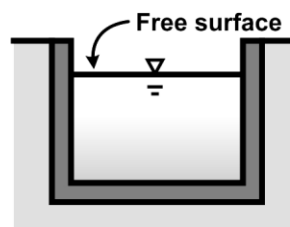
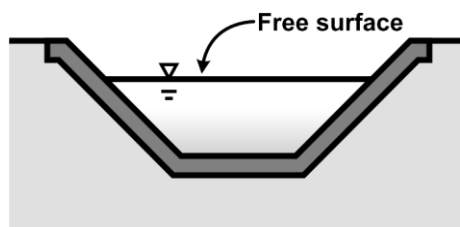
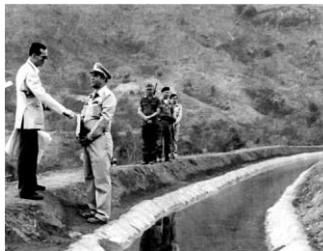
ขั้นตอนที่ ๕ ตำแหน่งของโมเมนต์สูงสุดเกิดขึ้นที่ตำแหน่งในระดับความลึกระหว่าง L_1 และ $(L_1 + L_2)$

ความรู้ด้านวิศวกรรมชลศาสตร์

การไหลในทางน้ำเปิด (Open Channel Flow) คือการไหลของของไหลไปตามทางน้ำโดยมีผิวอิสระ สัมผัสกับอากาศด้านบน การไหลจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของความดันบรรยากาศโดยรอบ (Atmospheric pressure) และแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) ซึ่งการไหลในลักษณะนี้สามารถพบเห็นได้ทั่วไปเช่น การไหลในแม่น้ำลำคลอง การไหลในคลองส่งน้ำ การไหลในท่อหรือรางระบายน้ำ เป็นต้น



รูป ทางน้ำธรรมชาติ



รูป ทางน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น

๑. ประเภทของทางน้ำเปิด (Type of channel)

ทางน้ำเปิดที่พบเห็นโดยทั่วไปนั้นสามารถจำแนกได้ ๒ ประเภทคือ

- ทางน้ำธรรมชาติ (Natural channel) คือทางน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ รูปร่างของรูปตัดขวางของทางน้ำและความลาดเทของท้องทางน้ำ จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพพื้นที่ (Non-Prismatic channel) เช่น ลำธารคลอง หรือแม่น้ำ เป็นต้น (ดังรูปทางน้ำธรรมชาติ)

- ทางน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (Artificial channel) คือทางน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อสนองต่อความต้องการด้านต่าง ๆ เช่น การส่งน้ำเพื่อการชลประทาน การระบายน้ำ หรือเพื่อการคมนาคมขนส่ง เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปลักษณะของทางน้ำจะมีรูปตัดขวาง และความลาดเทของท้องรางคงที่ (Prismatic channel) เช่น คลองส่งน้ำ ดาดคอนกรีต รางหรือท่อระบายน้ำ เป็นต้น (ดังรูปทางน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น)

๒. การจำแนกประเภทการไหลในทางน้ำเปิด (Open channel flow classification)

ในการวิเคราะห์ด้านชลศาสตร์ ประเด็นในการวิเคราะห์เพื่อจำแนกประเภทของการไหลในทางน้ำเปิด จะถูกแบ่งออกเป็น ๒ ส่วนคือ จำแนกโดยพิจารณาจากรูปแบบของการไหล (Type of flow) และจำแนกโดยพิจารณาจากสภาวะของการไหล (State of flow)

๒.๑ การจำแนกประเภทการไหลในทางน้ำเปิดโดยพิจารณาจากรูปแบบของการไหล (Type of flow) ในการจำแนกจะมีหลักเกณฑ์ ๒ ประการคือ

๒.๑.๑ พิจารณาการเปลี่ยนแปลงกับเวลา

a) การไหลคงที่ (Steady flow) คือการไหลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา กล่าวคือตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการไหล เช่น ความลึก (y) ความเร็ว (V) อัตราการไหล (Q) พื้นที่หน้าตัดการไหล (A) จะคงที่ตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา

$$\frac{d}{dt}(y, A, v, Q) = 0$$

b) การไหลไม่คงที่ (Unsteady flow) คือการไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา กล่าวคือตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการไหล เช่น ความลึก ความเร็ว อัตราการไหล พื้นที่หน้าตัดการไหล ไม่คงที่ตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา

$$\frac{d}{dt}(y, A, v, Q) \neq 0$$

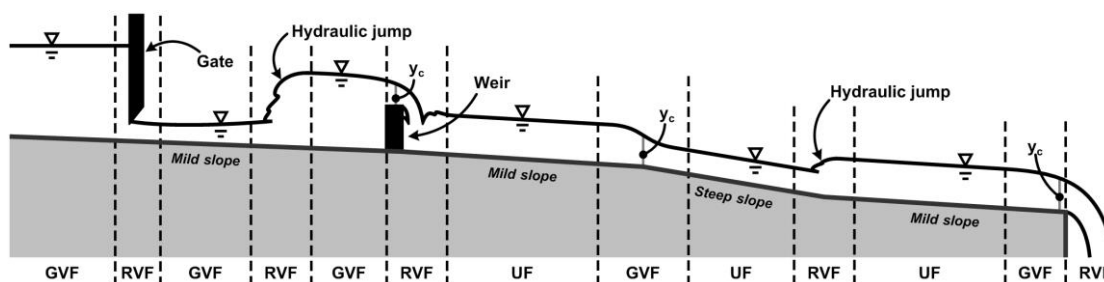
๒.๑.๒ พิจารณาการเปลี่ยนแปลงรูปตัดขวางของการไหลในช่วงใดๆ

a) การไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform Flow: UF) คือการไหลที่มีความลึก (y) และพื้นที่หน้าตัดการไหล (A) คงที่ตลอดช่วงความยาวที่พิจารณา

b) การไหลแบบแปรเปลี่ยน (Varied flow หรือ Non-Uniform flow) คือการไหลที่มีความลึก และพื้นที่หน้าตัดการไหล ไม่คงที่ตลอดช่วงความยาวที่พิจารณา ซึ่งแบ่งเป็น ๒ ลักษณะคือ

- การไหลแบบแปรเปลี่ยนแบบค่อยเป็นค่อยไป (Gradually Varied Flow: GVF) คือการไหลที่ความลึก และพื้นที่หน้าตัดการไหล มีการเปลี่ยนแปลงที่ค่อยๆ ไปตามความยาวของช่วงที่พิจารณา

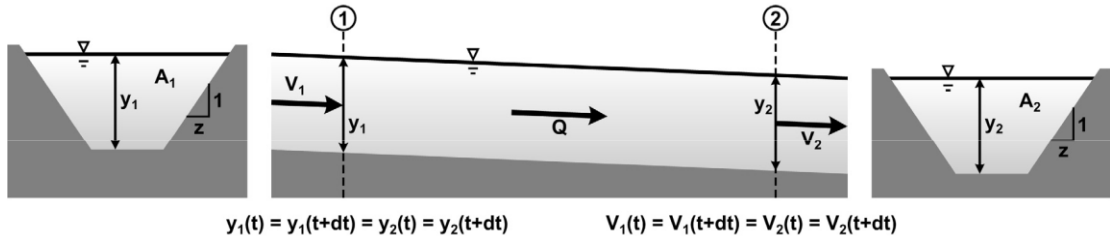
- การไหลแบบแปรเปลี่ยนแบบฉับพลัน (Rapidly Varied Flow: RVF) คือการไหลที่ความลึกและพื้นที่หน้าตัดการไหล มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในช่วงความยาวที่พิจารณา



รูป ตัวอย่างการแบ่งประเภทการไหลโดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงรูปตัดเป็นเกณฑ์

ดังนั้นหากพิจารณาเกณฑ์ทั้งสองข้อ เราจะสามารถจำแนกประเภทของการไหลที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

- การไหลแบบสม่ำเสมอไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Steady Uniform flow) คือ สภาพการไหลที่มีค่าความลึก ความเร็ว อัตราการไหล และพื้นที่หน้าตัดการไหล คงที่ตลอดช่วงความยาวที่พิจารณาโดยจะไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา ซึ่งเกือบทั้งหมดมักจะเกิดในทางน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น เนื่องจากรูปตัดขวางของทางน้ำมักจะสร้างให้มีรูปร่างคงที่ และในการใช้งานเราสามารถควบคุมความเร็ว และอัตราการไหลได้

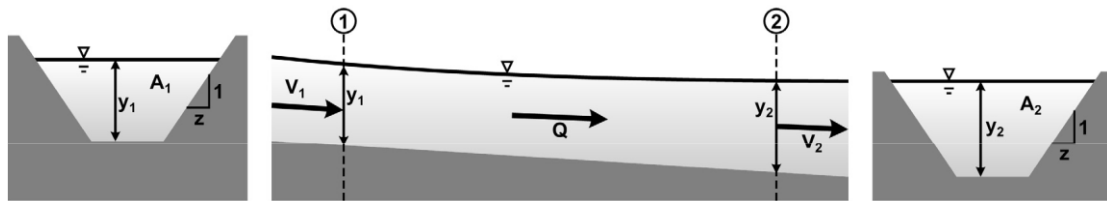


$$y_1(t) = y_1(t+dt) = y_2(t) = y_2(t+dt) \quad V_1(t) = V_1(t+dt) = V_2(t) = V_2(t+dt)$$

$$A_1(t) = A_1(t+dt) = A_2(t) = A_2(t+dt) \quad Q(t) = Q(t+dt)$$

รูป การไหลแบบ Steady uniform flow

- การไหลแปรเปลี่ยนแบบค่อยเป็นค่อยไปแต่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Steady Gradually Varied flow) คือ สภาพการไหลที่มีค่าความลึก ความเร็ว และพื้นที่หน้าตัดการไหลเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องแบบค่อยเป็นค่อยไปตลอดช่วงความยาวที่พิจารณา แต่ความลึก ความเร็ว และพื้นที่หน้าตัดการไหลที่จุดใดจุดหนึ่งนั้นจะคงที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา

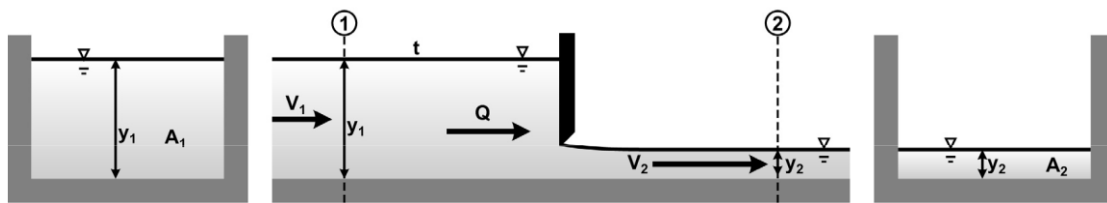


$$y_1(t) = y_1(t+dt) \neq y_2(t) = y_2(t+dt) \quad V_1(t) = V_1(t+dt) \neq V_2(t) = V_2(t+dt)$$

$$A_1(t) = A_1(t+dt) \neq A_2(t) = A_2(t+dt) \quad Q(t) = Q(t+dt)$$

รูป การไหลแบบ Steady gradually varied flow

- การไหลแปรเปลี่ยนแบบฉับพลันแต่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Steady Rapidly Varied flow) คือ สภาพการไหลที่มีค่าความลึก ความเร็ว และพื้นที่หน้าตัดการไหลเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในช่วงความยาวที่พิจารณา แต่ความลึก ความเร็ว และพื้นที่หน้าตัดการไหลที่จุดใดจุดหนึ่งนั้นจะคงที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา



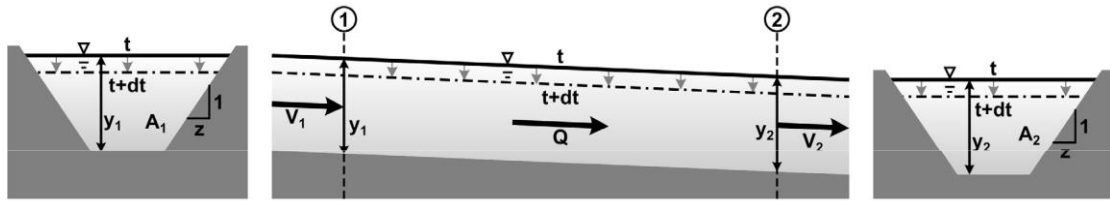
$$y_1(t) = y_1(t+dt) \neq y_2(t) = y_2(t+dt) \quad V_1(t) = V_1(t+dt) \neq V_2(t) = V_2(t+dt)$$

$$A_1(t) = A_1(t+dt) \neq A_2(t) = A_2(t+dt) \quad Q(t) = Q(t+dt)$$

รูป การไหลแบบ Steady rapidly varied flow

- การไหลแบบสม่ำเสมอแปรเปลี่ยนตามเวลา (Unsteady Uniform flow)

คือสภาพการไหลที่มีค่าความลึก ความเร็ว อัตราการไหล พื้นที่หน้าตัดการไหล เท่ากันตลอดช่วงความยาวที่พิจารณา แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา



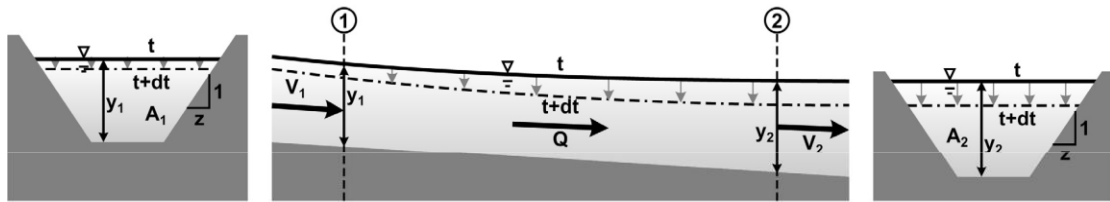
$$Q(t) \neq Q(t+dt)$$

$$\begin{array}{llllll} y_1(t) \neq y_1(t+dt) & y_1(t) = y_2(t) & A_1(t) \neq A_1(t+dt) & A_1(t) = A_2(t) & V_1(t) \neq V_1(t+dt) & V_1(t) = V_2(t) \\ y_1(t) \neq y_2(t+dt) & y_1(t+dt) = y_2(t+dt) & A_1(t) \neq A_2(t+dt) & A_1(t+dt) = A_2(t+dt) & V_1(t) \neq V_2(t+dt) & V_1(t+dt) = V_2(t+dt) \end{array}$$

รูป การไหลแบบ Unsteady uniform flow

- การไหลแปรเปลี่ยนแบบค่อยเป็นค่อยไปและแปรเปลี่ยนตามเวลา (Unsteady Gradually Varied flow)

คือสภาพการไหลที่มีค่าความลึก ความเร็ว และพื้นที่หน้าตัดการไหลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องแบบค่อยเป็นค่อยไปตลอดช่วงความยาวที่พิจารณา และเปลี่ยนแปลงตามเวลาไปพร้อม ๆ กัน



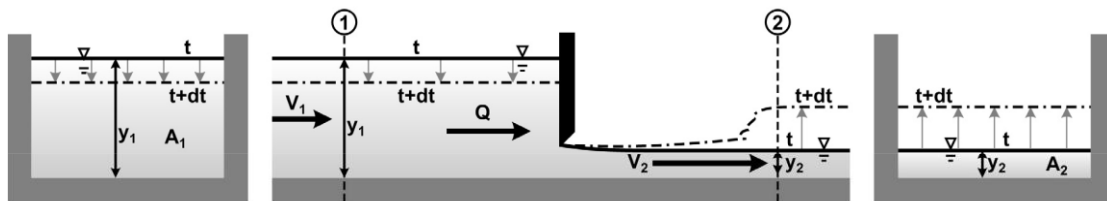
$$Q(t) \neq Q(t+dt)$$

$$\begin{array}{llllll} y_1(t) \neq y_1(t+dt) & y_1(t) \neq y_2(t) & A_1(t) \neq A_1(t+dt) & A_1(t) \neq A_2(t) & V_1(t) \neq V_1(t+dt) & V_1(t) \neq V_2(t) \\ y_1(t) \neq y_2(t+dt) & y_1(t+dt) \neq y_2(t+dt) & A_1(t) \neq A_2(t+dt) & A_1(t+dt) \neq A_2(t+dt) & V_1(t) \neq V_2(t+dt) & V_1(t+dt) \neq V_2(t+dt) \end{array}$$

รูป การไหลแบบ Unsteady gradually varied flow

- การไหลแปรเปลี่ยนแบบฉับพลันและแปรเปลี่ยนตามเวลา (Unsteady Rapidly Varied flow)

คือ สภาพการไหลที่มีค่าความลึก ความเร็ว และพื้นที่หน้าตัดการไหล มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในช่วงความยาวที่พิจารณา และเปลี่ยนแปลงตามเวลาไปพร้อม ๆ กัน



$$Q(t) \neq Q(t+dt)$$

$$\begin{array}{llllll} y_1(t) \neq y_1(t+dt) & y_1(t) \neq y_2(t) & A_1(t) \neq A_1(t+dt) & A_1(t) \neq A_2(t) & V_1(t) \neq V_1(t+dt) & V_1(t) \neq V_2(t) \\ y_1(t) \neq y_2(t+dt) & y_1(t+dt) \neq y_2(t+dt) & A_1(t) \neq A_2(t+dt) & A_1(t+dt) \neq A_2(t+dt) & V_1(t) \neq V_2(t+dt) & V_1(t+dt) \neq V_2(t+dt) \end{array}$$

รูป การไหลแบบ Unsteady rapidly varied flow

๒. การจำแนกประเภทตามสถานะของการไหล (State of flow)

การจำแนกประเภทการไหลตามสถานะของการไหลนั้น จะพิจารณาจากพฤติกรรมของการเคลื่อนตัวของของไหลในทางน้ำ รวมถึงผลกระทบของแรงที่มีอิทธิพลต่อการไหล

๒.๑ จำแนกโดยพิจารณาจาก เรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynold number: Re)

Reynold number คือตัวเลขที่วิเคราะห์โดยคำนึงถึงอิทธิพลของแรงอันเนื่องมาจากความหนืด (Viscous force) และแรงอันเนื่องมาจากความเฉื่อยของมวล (Inertia force) ซึ่งตัวเลขดังกล่าวนี้จะสามารถบ่งบอกถึงพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ของอนุภาคของไหลได้สำหรับการไหลในทางน้ำเปิด Re สามารถคำนวณได้จาก

$$R_e = \frac{VR}{\nu} \quad \dots\dots\dots (๑)$$

เมื่อ	R	=	รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius)
	V	=	ความเร็วเฉลี่ย
	ν	=	ความหนืดคิเนมาติกของของไหล

เช่นเดียวกับการไหลในท่อ การไหลในทางน้ำเปิดสามารถแบ่งสถานะการไหลได้เป็น ๓ ประเภทคือ

- การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) อนุภาคของของไหลจะเคลื่อนตัวอย่างเป็นระเบียบ จะเกิดขึ้นกับการไหลที่มีความเร็วต่ำ หรือความหนืดของของไหลมาก โดยเรย์โนลด์นัมเบอร์จะมีค่าต่ำกว่า ๕๐๐
- การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) อนุภาคของของไหลจะเคลื่อนตัวอย่างไม่เป็นระเบียบจะเกิดขึ้นกับการไหลที่มีความเร็วสูง หรือความหนืดของของไหลต่ำ โดยเรย์โนลด์นัมเบอร์จะมีค่ามากกว่า ๒,๐๐๐
- การไหลแบบแปรเปลี่ยน (Transitional flow) เป็นสถานะการไหลที่ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นแบบปั่นป่วนหรือ ราบเรียบ โดยเรย์โนลด์นัมเบอร์จะมีค่าอยู่ระหว่าง ๕๐๐ ถึง ๒,๐๐๐

๒.๒ จำแนกโดยพิจารณาจาก ฟรูดนัมเบอร์ (Froude number: Fr)

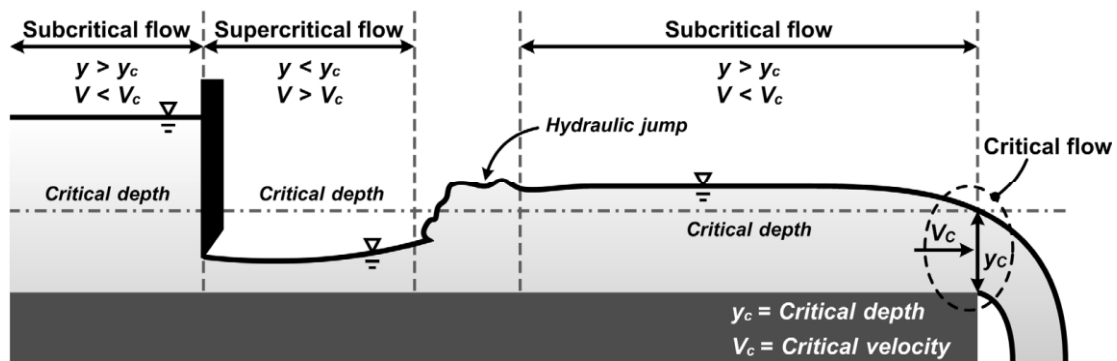
Froude number คือตัวเลขที่วิเคราะห์โดยคำนึงถึงอิทธิพลของแรงอันเนื่องมาจากความโน้มถ่วง (Gravity force) และแรงอันเนื่องมาจากความเฉื่อยของมวล (Inertia force) ตัวเลขดังกล่าวนี้จะสามารถบ่งบอกถึงพฤติกรรมของการไหลได้ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}} \quad \dots\dots\dots (๒)$$

เมื่อ	D	=	ความลึกชลศาสตร์ (hydraulic depth)
	g	=	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

การไหลในทางน้ำเปิดสามารถแบ่งสถานะการไหลได้เป็น ๓ ประเภทคือ

- การไหลวิกฤต (Critical flow) จะเกิดขึ้นเมื่อค่าฟรูดนัมเบอร์เท่ากับ ๑ ค่าความลึก และความเร็วที่สถานะนี้จะเรียกว่า ความลึกวิกฤต และความเร็ววิกฤต
- การไหลต่ำกว่าวิกฤต (Subcritical flow) จะเกิดขึ้นเมื่อค่าฟรูดนัมเบอร์ต่ำกว่า ๑ ที่สถานะนี้ ความลึก จะมากกว่า ความลึกวิกฤต แต่ความเร็วจะน้อยกว่า ความเร็ววิกฤต เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลเท่ากัน
- การไหลเหนือกว่าวิกฤต (Supercritical flow) จะเกิดขึ้นเมื่อค่าฟรูดนัมเบอร์มากกว่า ๑ ที่สถานะนี้ ความลึกจะน้อยกว่า ความลึกวิกฤต แต่ความเร็วจะมากกว่า ความเร็ววิกฤต เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลเท่ากัน



รูป สภาวะการไหลแบบต่าง

๓. สมการพื้นฐานของการไหลในทางน้ำเปิด (Basic equation of open channel flow)

เนื่องจากเนื้อหาในบทนี้เป็นการกล่าวถึงหลักการพื้นฐานของการไหลในทางน้ำเปิด ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ภายใต้สมมุติฐานที่ว่าของไหลเป็นของไหลจินตภาพ บีบอัดตัวไม่ได้ (Ideal fluid , Incompressible fluid) นอกจากนี้ในการวิเคราะห์จะกล่าวถึงเฉพาะการไหลแบบคงที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Steady flow) เท่านั้น เพื่อความสะดวกในการศึกษา จะขอกล่าวถึงนิยามของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การไหลในทางน้ำเปิดเสียก่อน ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรดังต่อไปนี้

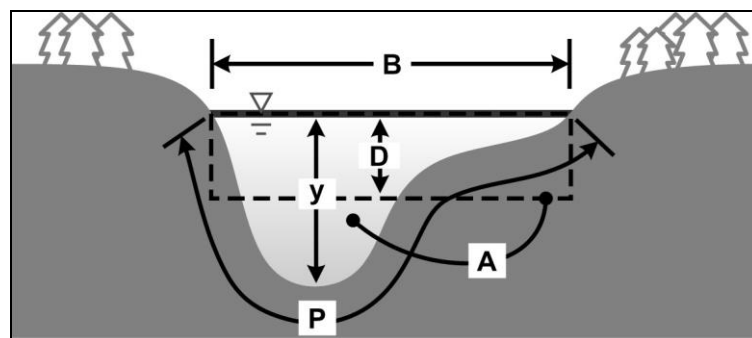
- ความลึก (Depth: y) คือระยะในแนวดิ่งที่วัดจากจุดต่ำสุดจนถึงผิวอิสระของหน้าตัดการไหล
- ความกว้างผิว (Top width: B) คือความกว้างของผิวอิสระของพื้นที่หน้าตัดการไหล
- ความลึกชลศาสตร์ (Hydraulic depth: D) คือความลึกเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัดการไหลที่มีความกว้างเท่ากับ ความกว้างผิว ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$D = \frac{A}{B} \quad (\text{ในกรณีที่ทางน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก } D = y)$$

- ความยาวเส้นขอบเปียก (Wetted perimeter: P) คือความยาวเส้นขอบด้านสัมผัสกับทางน้ำของพื้นที่หน้าตัดการไหล

- รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius: R) คือตัวแปรที่มีคุณลักษณะคล้ายกับรัศมี ซึ่งคำนวณจาก

$$R = \frac{A}{P}$$

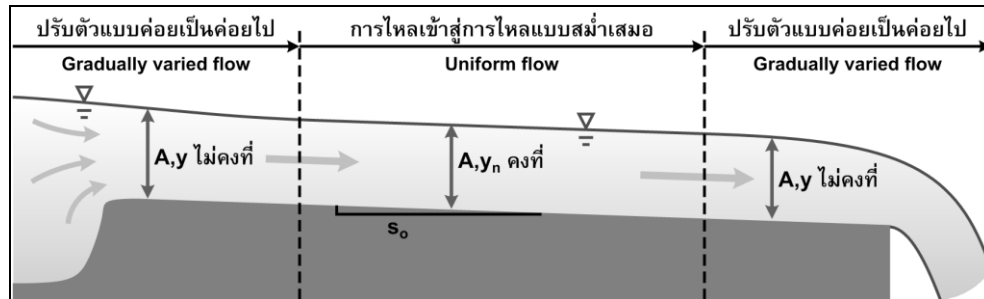


รูปตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการไหลในทางน้ำเปิด

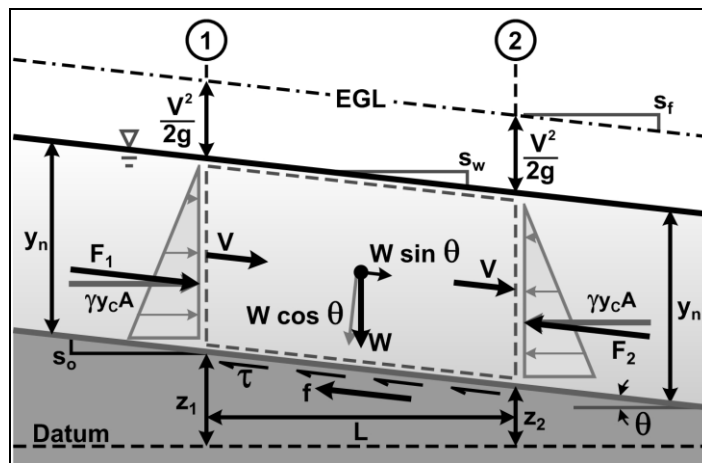
๔. การวิเคราะห์การไหลแบบสม่ำเสมอไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Steady Uniform Flow)

เมื่อการไหลนั้นเกิดขึ้นในทางน้ำที่มีหน้าตัดสม่ำเสมอเป็นระยะทางยาวมาก ๆ ในช่วงเริ่มต้นของทางน้ำการไหลจะมีการปรับตัวเพื่อให้แรงกระทำต่างๆ ในระบบเข้าสู่สภาวะที่สมดุล ไม่มีความเร่ง ซึ่งเมื่อเข้าสู่สภาวะที่สมดุลแล้วพื้นที่หน้าตัดตามขวางของการไหล จะมีรูปร่างคงที่ต่อเนื่องตามความยาวของทางน้ำไปจนกว่าทางน้ำนั้น

เปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิม ด้วยเหตุนี้ความลาดชันของผิวน้ำ (S_w) ตลอดช่วงของการไหลแบบสม่ำเสมอ จะเท่ากับความลาดชันของท้องทางน้ำ (S_o) และเท่ากับความลาดชันของเส้นระดับพลังงาน (S_f) ดังรูปการวิเคราะห์การไหลแบบ Uniform flow



รูป การเกิดการไหลแบบ Uniform flow



รูป การวิเคราะห์การไหลแบบ Uniform flow

จากรูปการเกิดการไหลแบบ Uniform flow เมื่อพิจารณาสมดุลของแรงที่เกิดขึ้นกับของไหลในปริมาตรควบคุม ในทิศทางที่ขนานกับการไหลจะเห็นได้ว่า เนื่องจากการไหลมีพื้นที่หน้าตัดคงที่ จึงทำให้แรงดัน F_1 หักล้างกับแรงดัน F_2 ดังนั้นจะได้ว่า

$$f = W \sin \theta$$

ในกรณีที่ความลาดชันมีค่าน้อย ระยะในแนวเอียงจะใกล้เคียงกับระยะในแนวราบ (L) และ $\sin \theta \approx \tan \theta = S_o$

$$\tau(PL) = (\gamma AL) \tan \theta$$

$$\tau = \frac{(\gamma AL) S_o}{PL}$$

$$\tau = \gamma R S_o \quad \dots \dots \dots (๓)$$

เมื่อ τ คือความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นบริเวณผนังทางน้ำ (Wall shear stress)

ในปี ค.ศ. ๑๗๗๓ Antoni Chezy ได้ทำการศึกษาพบว่า ในสภาพการไหลแบบปั่นป่วน ความเค้นเฉือนที่ผนัง จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเร็วเฉลี่ย (V) ยกกำลังสอง

$$\tau \propto V^2$$

$$\tau = K V^2 \quad (K \text{ คือค่าคงที่}) \quad \dots \dots \dots (๔)$$

แทนค่า τ จากสมการ ๔ ลงในสมการ ๓ จะได้

$$\begin{aligned} KV^2 &= \gamma R s_0 \\ V &= \sqrt{\frac{\gamma R s_0}{K}} \\ V &= C \sqrt{R s_0} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (๕)$$

สมการที่ ๕ นั้นเรียกว่าสมการ Chezy หรือ สูตร Chezy (Chezy's Formula) โดยที่

$C = \sqrt{\frac{\gamma}{K}}$ คือค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy (Chezy coefficient) ซึ่งมีลักษณะเป็นสัมประสิทธิ์การไหลชนิดหนึ่ง โดยจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของทางน้ำและความหยาบของพื้นผิวทางน้ำต่อมาในปี ค.ศ. ๑๘๙๐ Robert Manning ได้พัฒนาสมการของ Chezy โดยนำผลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ และข้อมูลในภาคสนามมาวิเคราะห์พบว่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy จะมีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning (Manning's roughness coefficient) ดังสมการที่ ๖ และ ๗

$$\text{สำหรับระบบ SI} \quad C = \frac{1}{n} (R)^{\frac{1}{6}} \quad \dots\dots\dots (๖)$$

$$\text{หรือสำหรับระบบ BG} \quad C = \frac{1.49}{n} (R)^{\frac{1}{6}} \quad \dots\dots\dots (๗)$$

เมื่อ n คือสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning (Manning's roughness coefficient) ซึ่งมีลักษณะเป็นสัมประสิทธิ์ความเสียดทานชนิดหนึ่ง โดยจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของทางน้ำ และความหยาบของพื้นผิวทางน้ำ เช่นเดียวกับสัมประสิทธิ์ของ Chezy (ตารางที่ ๑)

ดังนั้นหากพิจารณาจากสมการที่ ๕ เมื่อเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy เป็นสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning จะได้ว่า

$$\text{สำหรับระบบ SI} \quad V = \frac{1}{n} \cdot (R)^{\frac{2}{3}} \cdot (S)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (๘)$$

$$\text{หรือ} \quad Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot (R)^{\frac{2}{3}} \cdot (S)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (๙)$$

$$\text{สำหรับระบบ BG} \quad V = \frac{1.49}{n} \cdot (R)^{\frac{2}{3}} \cdot (S)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (๑๐)$$

$$\text{หรือ} \quad Q = \frac{1.49}{n} \cdot A \cdot (R)^{\frac{2}{3}} \cdot (S)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (๑๑)$$

สมการที่ ๘ และ ๑๐ นั้นเรียกว่าสมการ Manning หรือ สูตร Manning (Manning's Formula)

ตารางที่ ๑ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning (Manning's roughness coefficient)

Surface Material / Type of Channel	Manning's Roughness Coefficient (<i>n</i>)
Asbestos cement	0.011
Asphalt	0.016
Brass	0.011
Brickwork	0.015-0.016
Cast-iron, Wrought-iron	0.012-0.015
Clay tile	0.014
Concrete - finished	0.012
Concrete - unfinished	0.014
Concrete - steel forms	0.011
Concrete - wooden forms	0.015
Concrete - centrifugally spun	0.013
Copper	0.011
Corrugated metal	0.022
Earth	0.025
Earth channel - clean	0.022
Earth channel - gravelly	0.025
Earth channel - weedy	0.030
Earth channel - stony, cobbles	0.035
Floodplains - pasture, farmland	0.035
Floodplains - light brush	0.050
Floodplains - heavy brush	0.075
Floodplains - trees	0.150
Galvanized iron	0.016
Glass	0.010
Gravel	0.029
Lead	0.011
Masonry	0.025
Metal - corrugated	0.022
Natural streams - clean and straight	0.030
Natural streams - major rivers	0.035
Natural streams - sluggish with deep pools	0.040
Plastic	0.009
Polyethylene PE - Corrugated with smooth inner walls	0.009 - 0.015
Polyethylene PE - Corrugated with corrugated inner walls	0.018 - 0.025
Polyvinyl Chloride PVC - with smooth inner walls	0.009 - 0.011
Rubble	0.030
Steel - Coal-tar enamel	0.010
Steel - smooth	0.012
Steel - New unlined	0.011
Steel - Riveted	0.017-0.019
Wood - planed	0.012
Wood - unplaned	0.013
Wood stave	0.012

ความรู้ด้านการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

น้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้าง

น้ำหนักหรือแรงที่กระทำกับโครงสร้างมีส่วนทำให้ โครงสร้างอาคารมีขนาดต่างกัน ผู้ออกแบบโครงสร้างอาคารจะเป็นผู้กำหนดน้ำหนักที่จำเป็น โดยพิจารณาถึงผลประโยชน์ของอาคารที่สร้างขึ้นมาเป็นเกณฑ์กำหนด น้ำหนักที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างอาคารมีดังนี้ คือ

๑. น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) หมายถึง น้ำหนักที่มีตำแหน่งกระทำคงที่ถาวร และไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าขนาดของน้ำหนัก ทั้งนี้เป็นน้ำหนักของโครงสร้างหรือองค์อาคารของโครงสร้างเอง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักของวัสดุประกอบโครงสร้างคูณด้วยปริมาตรขององค์อาคารหรือชิ้นส่วนอาคารนั้นๆ เช่น พื้นคอนกรีต เสาคอนกรีต และคานคอนกรีต เป็นต้น หน่วยน้ำหนักของวัสดุประกอบมักมีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ ๑.๑ น้ำหนักบรรทุกคงที่หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุกคงที่ (kg/m^3)
๑. คอนกรีตเสริมเหล็ก	๑๖๐๐ - ๒๔๐๐
๒. เหล็ก	๗๘๕๐
๓. ไม้	๘๐๐ - ๙๐๐
๔. อิฐ	๑๙๐๐

ตารางที่ ๑.๒ น้ำหนักบรรทุกคงที่หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุกคงที่ (kg/cm^2)
๑. วัสดุผนังหลังคา	๕๐
๒. กระเบื้องลอนคู่	๑๕
๓. กระเบื้องเคลือบ	๕๐
๔. แป้นไม้	๕
๕. แป้นเหล็ก	๕ - ๑๕
๖. ก่ออิฐมวลอุดครึ่งแผ่น	๑๘๐
๗. ก่ออิฐมวลอุดเต็มแผ่น	๓๖๐
๘. ก่ออิฐบล็อกครึ่งแผ่น	๑๒๐
๙. ก่ออิฐบล็อกเต็มแผ่น	๒๒๐
๑๐. ฝ้าเพดาน	๑๔ - ๒๖

๒. น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) หมายถึง น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้างแบบครั้งคราวเคลื่อนที่ได้ และยังสามารถเปลี่ยนแปลงค่าขนาดน้ำหนักได้ตลอดเวลา น้ำหนักดังกล่าวนี้มีหลายชนิด เช่น น้ำหนักของตัวผู้พักอาศัยเอง สิ่งของ รถยนต์ เป็นต้น โดยน้ำหนักบรรทุกดังกล่าวเป็นน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง ตามแรงโน้มถ่วงของโลก ในตารางที่ ๓ เป็นตัวอย่างน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับใช้คำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. ๒๕๒๒ และนอกจากน้ำหนักบรรทุกที่กระทำในแนวดิ่งนี้แล้วยังมีแรงที่กระทำต่อโครงสร้างแนวระนาบหรือด้านข้างของอาคาร

ตารางที่ ๑.๓ น้ำหนักบรรทุกจรตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. ๒๕๖๒

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุกจร (kg/m ^๒)
๑. หลังคา	๕๐
๒. กันสาด หลังคาคอนกรีต (ดาดฟ้า)	๑๐๐
๓. ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	๑๕๐
๔. อาคารชุด หอพัก โรงแรม	๒๐๐
๕. สำนักงาน ธนาคาร	๒๕๐
๖. อาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย โรงเรียนห้องโถง บันได ทางเดิน อาคารชุด หอพัก โรงแรม ตลอดทั้งโรงพยาบาล สำนักงาน ธนาคาร ห้างสรรพสินค้า โรงมหรสพ หอประชุม ภัตตาคาร	๓๐๐
๗. ที่จอดรถห้องโถง บันได ทางเดินอาคารพาณิชย์มหาวิทยาลัย โรงเรียนคลังสินค้า พิพิธภัณฑ์ อิมจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม	๔๐๐
๘. โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ ห้องโถง บันได ทางเดิน ห้างสรรพสินค้าโรงมหรสพ หอประชุม ภัตตาคาร หอสมุด	๕๐๐
๙. ห้องเก็บหนังสือของหอสมุด	๖๐๐
๑๐. ที่จอดรถหรือเก็บรถยนต์บรรทุกทุกเปล้า และรถอื่นๆ	๘๐๐

๑. **น้ำหนักกระแทก (Impacted Load)** หมายถึง น้ำหนักที่ตกกระแทกจากที่สูงจะมีผลทำให้ Live Load ซึ่งมีค่าปกติอยู่แล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม เช่น สถานที่เดินร่ำ โรงยิมเนเซียม ฯลฯ จะมีค่ามากขึ้นเพียงใด ขึ้นอยู่กับ Live Load และ ระยะตก

๒. **น้ำหนักเคลื่อนที่ (Moving Load)** หมายถึงน้ำหนักบรรทุกจรที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาไม่หยุดนิ่ง จะมีผลทำให้ Live Load ลดลงจากเดิม โดยอาศัยความเร็วเป็นตัวพยุ่งน้ำหนักไว้ เช่น รถยนต์เคลื่อนที่ผ่าน สะพาน ฯลฯ

๓. **แรงลม (Wind Load)** หมายถึง แรงลมที่พัดผ่านตัวอาคาร การเคลื่อนย้ายของลมมีลักษณะคล้ายกับการไหลของน้ำ สามารถทำให้สิ่งที่ยาวทิศทางอยู่โคนลง หรือพังทลายลงมา เช่น อาคารสร้างขึ้นในที่โล่ง บริเวณใกล้ๆ ไม่มีอาคารและต้นไม้ใหญ่อยู่เลย อาคารนั้นจะรับแรงลมอย่างเต็มที่ จะต้องระมัดระวังแรงลมเป็นกรณีพิเศษ แต่ถ้ามีอาคารและต้นไม้ใหญ่อยู่ใกล้ๆ อาคารที่สร้างขึ้น จะทำให้กระแสลมที่กระทำกับอาคารลดลง โดยเทศบัญญัติได้กำหนดไว้ในตารางที่ ๔

ตารางที่ ๑.๔ แรงลมสำหรับออกแบบอาคาร

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุกจร (kg/m ^๒)
๑. อาคารสูงไม่เกิน ๑๐ เมตร	๕๐
๒. อาคารสูงไม่เกิน ๑๐ - ๒๐ เมตร	๘๐
๓. อาคารสูงไม่เกิน ๒๐ - ๔๐ เมตร	๑๒๐
๔. อาคารสูงเกิน ๔๐ เมตร	๑๖๐

๑. **น้ำหนักหิมะ(Snow Load)** หมายถึง น้ำหนักหิมะที่เกิดเฉพาะอาณาเขตที่มีอากาศหนาวเย็น บริเวณใกล้ขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้ มีสภาพเหมือนกับน้ำแข็งปกคลุมหลังคาของอาคาร ในขณะที่อุณหภูมิลดต่ำลงไอน้ำจะรวมตัวกันเป็นก้อน หิมะจะปกคลุมหลังคาในช่วงระหว่างนี้ น้ำหนักของหิมะไม่มีผลต่ออาคาร จะมีผลกระทบกับอาคารก็ต่อเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นหิมะจะเกิดการละลาย น้ำหนักของหิมะจะกระทำกับอาคารอย่างเต็มที่ แต่สำหรับประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน ไม่มีหิมะเลย จึงไม่ต้องคำนึงถึงน้ำหนักของหิมะ

๒. **แผ่นดินไหว (Earth Quake)** หมายถึง การเกิดแผ่นดินไหวซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในของโลก มีผลกระทบต่อผิวโลก อาจเกิดจากภูเขาไฟระเบิด เกิดจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อาคารที่สร้างขึ้นมาจะอยู่ในสภาพนิ่ง เมื่อเกิดแผ่นดินไหวจะเกิดแรงกระแทกพื้นฐานราก ทำให้ฐานรากเกิดการเคลื่อนที่เมื่อส่วนล่างเคลื่อนที่ส่วนบนจะอยู่นิ่ง จึงเสมือนกับมีแรงสวนทางกัน การออกแบบอาคารให้สามารถรับแผ่นดินไหวได้ จะต้องเพิ่มความแข็งแรงให้มากขึ้น คือ เพิ่มค่าปลอดภัย (Factor of safety) ให้สูงมากกว่าอาคารปกติ จะมากเพียงไรนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลของแผ่นดินไหวว่าจะรุนแรงเพียงใด หรืออาจมีการออกแบบฐานรากให้มีลักษณะยืดหยุ่นได้ (Flexible) หรือเคลื่อนที่ได้โดยให้ตัวอาคารอยู่นิ่งเฉย ขณะเดียวกันฐานรากเกิดการเคลื่อนที่โดยมี Roller ระหว่างตัวอาคารกับฐานราก

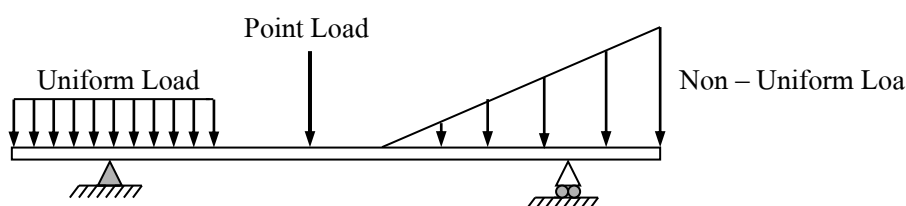
แรงและน้ำหนักดังกล่าว เมื่อนำมาเกี่ยวข้องกับโครงสร้างอาคารเรียกว่า แรงภายนอก (External Force) แบ่งออกเป็น ๒ อย่าง คือ

ก. **Concentrated Load** หมายถึง น้ำหนักที่กระทำเป็นจุด (Point Load) โดยมีน้ำหนัก หรือแรงกระทำกับพื้นที่ที่รองรับเล็กน้อย ได้แก่ น้ำหนักตงวางพาดลงบนคาน น้ำหนักที่ถ่ายจากเสาลงคาน ที่รองรับน้ำหนักของล้อรถยนต์ที่ถ่ายลงสู่ถนน ที่รองรับปลายคาน เป็นต้น

ข. **Distributed Load** หมายถึง น้ำหนักที่แผ่กระจายเต็มพื้นที่ที่รองรับในบริเวณกว้าง ได้แก่ น้ำหนักกำแพงถ่ายลงคาน น้ำหนักพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กถ่ายลงคาน น้ำหนักคาน น้ำหนักพื้น แบ่งออกเป็น ๒ อย่าง คือ

๑. **Uniform Load** น้ำหนักจะแผ่กระจายเท่ากันหมดทุกพื้นที่ย่อยๆ ได้แก่ แรงลมที่กระทำกับลูกโป่ง แรงดันของน้ำกระทำกับก้นถัง น้ำหนักคาน การรับน้ำหนักของตง การรับน้ำหนักของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น

๒. **Non – Uniform Load** น้ำหนักจะแผ่กระจายไม่เท่ากันหมดทุกพื้นที่ย่อยๆ พื้นที่ส่วนหนึ่งรับน้ำหนักมาก และอีกแห่งหนึ่งรับน้ำหนักน้อย ซึ่งเปรียบเทียบในบริเวณเดียวกัน ได้แก่ แรงดันของน้ำกับผนัง ส่วนล่างจะรับน้ำหนักมาก ส่วนบนจะรับน้ำหนักน้อยลง เป็นต้น



รูปที่ ๑.๑ ลักษณะของแรงภายนอกที่กระทำกับโครงสร้าง

หน่วยแรงที่ใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้าง

กำลังของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก จะมี ๒ อย่าง คือ คอนกรีตและเหล็กเสริม โครงสร้างรับน้ำหนักจะมีขนาดแตกต่างกัน ถ้าใช้กำลังของวัสดุไม่เหมือนกัน หากใช้วัสดุก่อสร้างที่สามารถรับกำลังได้สูง ย่อมต้องการขนาดของโครงสร้างเล็กๆ แต่ถ้าใช้กำลังของวัสดุก่อสร้างต่ำ ก็จะต้องใช้โครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ผู้ออกแบบโครงสร้างจะต้องทำหน้าที่เลือกวัสดุก่อสร้างให้สามารถรับน้ำหนักได้ตามความเหมาะสม เมื่อกำหนดแล้วจะต้องเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพให้สอดคล้องกันด้วย

คอนกรีต (Concrete)

คอนกรีตเป็นวัสดุที่นำมาใช้เป็นองค์อาคารโดยใช้ร่วมกับเหล็กเสริมคอนกรีต เรียกว่า คอนกรีตเสริมเหล็ก อย่างไรก็ตามในส่วนของเหล็กเสริมคอนกรีตจะกล่าวทีหลัง หากกล่าวถึงคอนกรีตแล้ว ในความหมายทั่วไปหมายถึงการนำปูนซีเมนต์ ทราย หิน และน้ำ มาผสมรวมกันและเกิดการแข็งตัว ให้ค่ากำลัง มีความแข็งแรงสามารถรับแรงต่างๆ ได้ดี

๑.ซีเมนต์ (Cement)

ปูนซีเมนต์จะทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานหรือเหมือนกาวที่จะเชื่อมยึดวัสดุผสมเข้าด้วยกันหรือให้ติดกัน หากผิวของวัสดุผสมสกปรกซึ่งเคลือบอยู่ที่ผิว ซีเมนต์จะไม่สามารถยึดให้ติดกันแน่นได้ ทำให้ขาดความแข็งแรง การเลือกใช้ซีเมนต์จะต้องให้เหมาะสมกับสภาพของการใช้งานประเภทต่าง ๆ มาตรฐานการทดสอบวัสดุตาม ASTM C๑๕๐ ได้แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็น

๕ ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ ๑ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement)

ใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป เช่น เสา คาน ฐานรากของอาคาร ถนน เป็นต้น ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้กำลังสูงในระยะเวลาไม่รวดเร็วมากนักและให้ความร้อนปานกลาง ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว ตราเพชร และตราที่พีไอสีแดง ฯลฯ

ประเภทที่ ๒ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement)

เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนไม่สูงมากนัก ความร้อนที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่าของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ ๑ และให้กำลังใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ ๑ เหมาะสำหรับใช้ในการทำคอนกรีตหรือ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่เกิดความร้อน และ ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารละลายซัลเฟตได้ปานกลาง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้มีใช้ค่อนข้างน้อยในประเทศไทย ที่มีอยู่ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

ประเภทที่ ๓ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว (High early strength Portland Cement)

เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้กำลังได้อย่างรวดเร็ว ในเวลาอันสั้น เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ผสมคอนกรีตในช่วงเวลา ๒๔ ชั่วโมง จะมีความแข็งแรงเท่ากับคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ ๑ และอายุ ๓ วัน เท่ากับงานที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ ๑ อายุ ๒๘ วัน เหมาะสำหรับงานที่ต้องการใช้งานเร็ว เช่น งานซ่อมแซม หรือ งานที่ต้องการถอดไม้แบบเร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต เสาไฟฟ้า คอนกรีต ผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูป (Precast concrete) ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ ตราเอราวัณ ตราพญานาคสีแดง และตราสามเพชร ตราที่พีไอสีดำ ฯลฯ

ประเภทที่ ๔ ปูนซีเมนต์ให้ความร้อนต่ำ (Low heat Portland Cement)

ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ที่ต่ำมากเพราะมีปริมาณของไตรแคลเซียมซิลิเกต (C₃S) ต่ำ คือโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณร้อยละ ๒๕ ถึง ๓๐ แต่จะมีไดแคลเซียมซิลิเกต (C₂S) ที่ค่อนข้างสูงคือโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ ๕๐ ถึง ๖๐ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับใช้งานในการก่อสร้างคอนกรีตหนา เช่น เขื่อนคอนกรีตต่อม่อขนาดใหญ่เนื่องจากมีคุณสมบัติในการให้อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำปูนซีเมนต์ชนิดนี้ไม่มีจำหน่ายในท้องตลาดในประเทศไทยต้องสั่งโดยตรงจากผู้ผลิต

ประเภทที่ ๕ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตได้สูง (Sulphate resistance Portland Cement)

ใช้กับโครงสร้างที่อยู่ในสภาพที่มีการกระทำของซัลเฟตอย่างรุนแรง ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่สร้างอยู่ในที่มีเกลือหรือสารละลายซัลเฟต เช่น โครงสร้างในทะเล ริมทะเล ท่าเรือ หรือ บริเวณที่มีดินเค็ม ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ ตราช้างสีฟ้า ตราปลาฉลาม และตราที่พีไอสีฟ้า

๒. มวลรวม (Aggregate)

ปกติแล้วในคอนกรีตประกอบด้วยมวลรวมคิดเป็นประมาณร้อยละ ๕๐ - ๘๐ ของปริมาตรทั้งหมดของคอนกรีตนั้นๆ โดยทั่วไปมวลรวมที่ใช้ในงานคอนกรีตประกอบด้วย ทราย และหินย่อย ความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตขึ้นอยู่กับการรูปร่างและลักษณะผิวของมวลรวมที่ใช้ผสมคอนกรีต โดยพบว่ามวลรวมก้อนกลมและผิวเรียบต้องการซีเมนต์เพสต์เพื่อเคลือบผิวน้อยกว่ามวลรวมรูปร่างอื่น นอกจากนี้ยังมีการขัดกันระหว่างก้อนมวลรวมต่ำ ดังนั้นจึงทำให้คอนกรีตมีความสามารถทำงานได้ดีซึ่งมวลรวมเหล่านี้ ได้แก่ ทรายตามธรรมชาติเพราะส่วนมากมีลักษณะกลมและผิวเรียบ สำหรับหินย่อยที่ได้มาจากการย่อยหินที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงตามต้องการมีลักษณะเป็นเหลี่ยมและส่วนมากผิวหยาบ มวลรวมก้อนเหลี่ยมและผิวหยาบมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาณสูง ทำให้ต้องการซีเมนต์เพสต์มาเคลือบผิวมากขึ้น และความเป็นเหลี่ยมยังทำให้เกิดการขัดกันระหว่างก้อนมวลรวมทำให้คอนกรีตมีความสามารถทำงานได้ต่ำ รูปร่างและลักษณะผิวของมวลรวมละเอียดมีความสำคัญต่อความต้องการน้ำของส่วนผสมมาก มวลรวมละเอียดที่มีช่องว่างอยู่มากจะมีการดูดน้ำมากทำให้ส่วนผสมคอนกรีตต้องการน้ำสูงขึ้น

๒.๑ วัสดุผสมละเอียด (Fine Aggregate) มีขนาดเล็กกว่า ๔.๕ มม. หมายถึง ทรายที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ทำหน้าที่แทรกอยู่ระหว่างของวัสดุผสมที่มีขนาดใหญ่ มีความถ่วงจำเพาะ ๒.๖๕ พิกัดความละเอียด ๒.๕ - ๓.๐ น้ำหนัก ๑๖๕๐ กก./ม^๓. ขนาดของทรายแบ่งเป็น ๓ ขนาด คือ

ทรายละเอียด	ขนาด	๐.๕ - ๑.๕ มม.	ใช้ในงานปูนฉาบ
ทรายกลาง	ขนาด	๑.๐ - ๓.๐ มม.	ใช้ในงานปูนก่อ
ทรายหยาบ	ขนาด	๒.๐ - ๔.๕ มม.	ใช้ในงานคอนกรีต

๒.๒ วัสดุผสมหยาบ (Coarse Aggregate) มีขนาดโตกว่า ๔.๕ มม. หมายถึง กรวด หรือหินย่อย เป็นส่วนที่ทำให้คอนกรีตมีราคาถูก มีความถ่วงจำเพาะ ๒.๖๕ พิกัดความละเอียด ๕.๐ - ๗.๕ น้ำหนัก ๑๖๐๐ kg/m^๓. มีการแบ่งขนาดของวัสดุผสมหยาบได้ดังนี้ คือ

เบอร์ ๐	ขนาดเล็กกว่า	๓/๑๖"
เบอร์ ๑	ขนาด	๓/๑๖" - ๓/๘"
เบอร์ ๒	ขนาด	๓/๘" - ๑ ๑/๒"
เบอร์ ๓	ขนาด	๑ ๑/๒" - ๓"
เบอร์ ๔	ขนาด	๓" - ๔"
เบอร์ใหญ่พิเศษ	ขนาดตั้งแต่	๔" ขึ้นไป

วัสดุผสมที่นำมาใช้ผสมคอนกรีต จะต้องมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้คือ

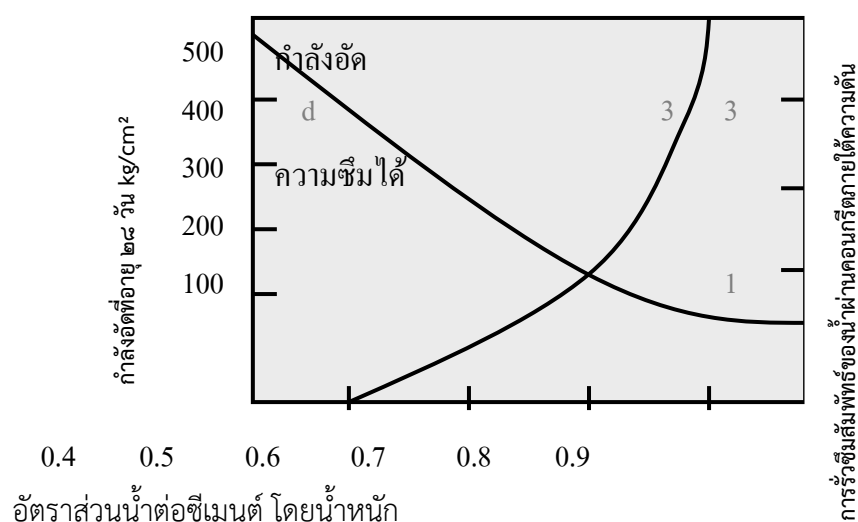
ความแข็งแรง	เม็ดแข็ง สามารถรับแรงได้ดี
ความสะอาด	ไม่มีสารอินใดเจือปน
รูปร่างเป็นลูกบาศก์	อาจกลมหรือสามเหลี่ยมก็ได้ แต่ไม่แบนหรือยาว
ผิวขรุขระ	ผิวหยาบการเกาะยึดดีกว่าผิวเรียบ
ส่วนคละ	มีขนาดต่างๆ คละกันทั่ว
ยืดหดตัวต่ำ	เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง วัสดุไม่เปลี่ยนแปลงขนาด
ความคงทน	ทนต่อการสึกกร่อน และทนต่อปฏิกิริยาทางเคมีได้

๓. น้ำ (Water)

น้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต้องสะอาด ปราศจากกลืน สี น้ำมัน กรด ต่าง และอินทรีย์สารใดๆ โดยทั่วไปน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตจะเป็นน้ำที่ดื่มได้ มีรสจืด และปริมาณน้ำที่ใช้ต้องพอเหมาะ คอนกรีตจึงจะรับน้ำหนักได้ดี น้ำมีส่วนที่ทำให้คอนกรีตมีความเหลว สามารถเทลงแบบได้สะดวก หากใช้น้ำมากเกินไปวัสดุในคอนกรีตจะเกิดการแยกตัว วัสดุผสมที่มีขนาดใหญ่จะตกลงไปด้านล่าง ส่วนที่มีความละเอียดจะลอยขึ้นอยู่ด้านบน น้ำที่เป็นส่วนเกินนี้ยังไปเกี่ยวข้องกับคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้ว คือจะเป็นโพรงขนาดเล็กทั่วเนื้อคอนกรีต ทำให้ความหนาแน่นลดลง หากใส่น้ำน้อยผลเสีย คือ เทคอนกรีตได้ยากเป็นโพรงขนาดใหญ่ได้ง่าย ถ้าสามารถเขย่าคอนกรีตให้มีเนื้อแน่น จะรับกำลังได้สูง

๔. อัตราส่วนผสม (Concrete Proportion)

คอนกรีตใน ๑ ลูกบาศก์ประกอบด้วย น้ำ ซีเมนต์ วัสดุผสมละเอียด วัสดุผสมหยาบ ปริมาณอย่างละเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบส่วนผสม โดยการศึกษาข้อมูลจากวัสดุผสม ทดลองผสม และทดสอบกำลังของคอนกรีตจากแท่งตัวอย่างในห้องทดลอง เมื่อทดสอบแท่งตัวอย่างจำนวนมากในอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันจนเป็นที่พอใจจึงกำหนดอัตราส่วนผสมที่จะใช้กับงานจริงต่อไป



รูปที่ ๑.๒ แสดงลักษณะของคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

อัตราส่วนผสมได้จากการเลือกใช้คุณภาพของคอนกรีต ซึ่งจะกำหนดให้รับกำลังได้เท่าไร ตัวการสำคัญคืออัตราส่วนของน้ำกับซีเมนต์ (Water Cement Ratio = WC.) ดังแสดงในรูปที่ ๒ ถ้าใช้น้ำน้อยกำลังสูง ถ้าใช้น้ำมากกำลังต่ำ แต่ในการทำงานในสนามจะใช้น้ำมาก เพราะผสมคอนกรีตเทลงแบบง่าย น้ำน้อยเทยากมีโอกาสเป็นโพรงได้ง่าย เนื้อคอนกรีตจะไม่แน่น สำหรับวัสดุผสมจะเกี่ยวข้องกับราคาของคอนกรีต ใช้วัสดุขนาดใหญ่มีราคาถูก ขนาดเล็กจะมีราคาแพง ส่วนสำคัญของวัสดุที่เป็นวัสดุผสมหยาบกับวัสดุผสมละเอียดต้องคละกัน มีขนาดลดหลั่นใหญ่ไปหาเล็กตามลำดับ สำหรับสัดส่วนของซีเมนต์และวัสดุผสมจะต้องมีอัตราส่วนที่เหมาะสม ซีเมนต์น้อยเกินไปทำให้การยึดเกาะไม่ดี เมื่อซีเมนต์มากเกินไปราคาคอนกรีตก็จะแพง อัตราส่วนที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ

๑ : ๒ : ๔ = ซีเมนต์ ๑ ส่วน : ทรายหยาบ ๒ ส่วน : หินเบอร์ ๒ ๔ ส่วน
๑ : ๒ : ๓ = ซีเมนต์ ๑ ส่วน : ทรายหยาบ ๒ ส่วน : หินเบอร์ ๑ ๓ ส่วน

ซีเมนต์เพสต์			ตัวแทรกที่เป็นแร่ธาตุเฉื่อย
อากาศ ๕%	น้ำ ๑๕%	ซีเมนต์ ๑๐%	วัสดุผสมละเอียดและวัสดุผสมหยาบ ๗๐%

ตารางที่ ๑.๕ ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมของคอนกรีตทั่ว ๆ ไป

๕. การผสมคอนกรีต (Mixing Concrete)

การนำวัสดุที่เป็นส่วนผสมประเภทซีเมนต์ หิน และน้ำ ผสมให้วัสดุทุกส่วนคละกัน ปริมาณของวัสดุที่ผสมได้จากการตวงหรือการชั่งน้ำหนัก ในกรณีที่วัสดุแห้งจะตวงหรือชั่งก็ได้ ส่วนผสมไม่เปลี่ยนแปลง หากวัสดุมีความชื้นส่วนผสมที่ได้จากการชั่งน้ำหนักจะได้ปริมาณวัสดุแน่นอนกว่า โดยเฉพาะทรายเมื่อมีความชื้นจะเกิดการพองตัว ทำให้ปริมาณของวัสดุลดลง ส่วนสำคัญของการผสมในแต่ละครั้ง ต้องได้ส่วนผสมที่มีความคละกันดี และการผสมทุกๆ ครั้งต้องได้ส่วนผสมเหมือนกัน

๖. การลำเลียงคอนกรีต (Transporting Concrete)

การลำเลียงคอนกรีตจากเครื่องผสมคอนกรีต ไปเทลงในแบบหล่อ จะต้องระมัดระวังเรื่องการแยกตัวของวัสดุผสม ระยะทางที่ใช้ในการลำเลียงต้องสั้นที่สุด ต้องใช้เวลาในการลำเลียงไม่เกินระยะการแข็งตัวครั้งแรก (Initial Setting Time) หากใช้รถเข็นในการลำเลียงจะต้องทำให้พื้นให้เรียบ เมื่อผิวทางวิ่งของรถเข็นขรุขระ วัสดุจะเกิดการแยกตัวได้ง่าย จึงจำเป็นต้องเตรียมการไว้ก่อนที่จะผสมคอนกรีต

๗. การเทคอนกรีต (Placing Concrete)

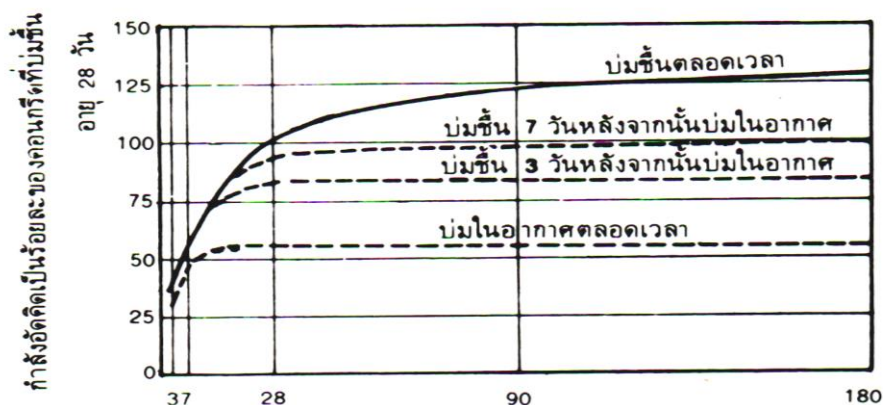
ในการเทคอนกรีตลงในแบบหล่อจะต้องพึงระมัดระวังเรื่องการแยกตัวของคอนกรีตเป็นพิเศษ จะต้องใช้ความพยายามที่จะทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นมากที่สุด การทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นได้จากการนำเหล็กกระทุ้งคอนกรีต ในกรณีที่คอนกรีตใช้น้ำน้อย จำเป็นจะต้องใช้เครื่องเขย่าคอนกรีต และแต่งผิวหน้าให้เรียบ หากต้องเทคอนกรีตต่อจากที่เทค้างไว้ จะต้องหาวิธีที่จะทำให้เนื้อคอนกรีตใหม่และเก่าผสานเป็นเนื้อเดียวกัน ภายหลังจากการเทคอนกรีตเสร็จ ต้องปล่อยทิ้งไว้ จนกว่าคอนกรีตจะแข็งตัวดี จึงจะยอมให้คอนกรีตรับแรงได้

๘. แบบหล่อคอนกรีต (Form work)

แบบหล่อคอนกรีตจะต้องได้รูปร่าง แนบ และขนาดตรงตามลักษณะของโครงสร้างอาคารที่แบบกำหนดไว้ ต้องมีความสนิทแนบ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของน้ำปูน (Mortar) และต้องมีการยึดอย่างแน่นพอที่จะรับคอนกรีตเหลวได้ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจนกว่าคอนกรีตจะแข็งตัวพอที่จะรับน้ำหนัก เมื่อคอนกรีตแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักได้จึงจะถอดไม้แบบ การถอดไม้แบบจะต้องระมัดระวังอย่างให้กระทบกระเทือนคอนกรีตเพราะจะทำให้คอนกรีตแตก การทำไม้แบบหล่อจะต้องนึกถึงการถอดไม้แบบด้วย ถอดไม้แบบด้วย ถอดไม้แบบง่าย โอกาสที่จะกระทบกระเทือนกำลังของคอนกรีตก็น้อย ระยะเวลาของการถอดไม้แบบหลังจากเทคอนกรีต ในกรณีที่พื้น คาน เสา และแบบทางแนวตั้งต่างๆ อาจจะถอดไม้แบบเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ ๒๔ ชั่วโมง ส่วนไม้แบบที่รับน้ำหนักโครงสร้างโดยตรง ขึ้นอยู่กับคุณภาพของซีเมนต์

๙. การบ่มคอนกรีต (Curing Concrete)

ภายหลังจากเทคอนกรีตลงในแบบเรียบร้อยแล้ว ปล่อยทิ้งไว้ให้คอนกรีตแข็งตัวใช้เวลาประมาณ ๑๕ ชั่วโมง แต่ไม่เกิน ๒๔ ชั่วโมง จะต้องทำการบ่มคอนกรีตทันที การบ่มก็เพื่อต้องการให้ความร้อนที่อยู่ภายในเนื้อคอนกรีตออก วัตถุประสงค์สำคัญก็คือ ให้มีการหดตัวของคอนกรีตทั้งภายในและภายนอกพร้อมๆ กัน เพราะธรรมชาติของคอนกรีตสดจะมีปริมาตรมากที่สุด เมื่อแข็งตัวปริมาตรจะลดลง การหดตัวจะเริ่มจากภายนอกก่อน การบ่มจึงเป็นการประวิงเวลาเอาไว้เพื่อให้คอนกรีตภายในหดตัวทันภายนอก หากปล่อยทิ้งไว้โดยไม่มีการบ่ม คอนกรีตภายนอกจะแข็งตัวเร็ว จะมีผลทำให้การรับกำลังลดลง การบ่มคอนกรีตจะช่วยได้มากที่จะทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้น จะมากเพียงไรนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มที่ต่อเนื่องกัน ตั้งแต่คอนกรีตเริ่มแข็งตัว ในกรณีที่คอนกรีตมีความหนาหลายๆ ต้องใช้เวลาในการบ่มนาน ส่วนคอนกรีตแผ่นบางๆ ระยะเวลาที่ใช้บ่มน้อย วิธีการบ่มคอนกรีตมีหลายวิธี เช่น การชั่งน้ำ การฉีบน้ำ วัสดุเปียกขึ้นคลุม กระดาษกันน้ำซีม ไม้แบบ สารเคมีเคลือบผิวไอน้ำ เป็นต้น



รูปที่ 1.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการบ่มและกำลังคอนกรีต

กำลังอัดของคอนกรีต (f_c')

กำลังอัดของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติที่สำคัญต่อการออกแบบ ดังนั้นในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมจึงควรพิจารณาถึงกำลังของคอนกรีตโดยเฉพาะกำลังอัดของคอนกรีต เนื่องจากต้องใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อรับน้ำหนักหรือแรงกระทำ การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กใช้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ ๒๘ วัน ด้วยการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตในแบบหล่อรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ ๑๕ เซนติเมตร และสูงเท่ากับ ๓๐ เซนติเมตร ตามมาตรฐานของ ASTM C๑๙๒ หรือ ทดสอบตัวอย่าง คอนกรีตในแบบหล่อรูปทรงลูกบาศก์ขนาดเท่ากับ ๑๕ เซนติเมตร ตามมาตรฐานของ BS ๑๘๘๑ Part ๑๐๘ เมื่อถอดแบบและบ่มจนกระทั่งอายุครบตามกำหนดนำไปทดสอบแรงอัดเป็น kg/cm^2 (ผลการทดสอบกำลังของแท่งลูกบาศก์ จะสูงกว่าแท่งทรงกระบอกประมาณ ๑๓%) นำค่าปลดภัยเข้ามาเกี่ยวข้อง จะได้หน่วยแรงของคอนกรีต ดังนี้

$$\text{หน่วยแรงอัด } f_c = 0.25 f_c' \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$๑. \text{ หน่วยแรงเฉือน } v = 0.25 \sqrt{f_c'} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

๒. หน่วยแรงยึดเกาะ

$$- \text{ เหล็กข้ออ้อย } u = \frac{2.29 \sqrt{f_c'}}{D} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$- \text{ เหล็กผิวเรียบ } u = \frac{1.145 \sqrt{f_c'}}{D} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$๓. \text{ โมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นของคอนกรีต } E_c = W^{๐.๕} ๔๒๗๐ \sqrt{f_c'} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$๔. \text{ โมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นของเหล็ก } E_s = ๒,๐๔๐,๐๐๐ \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$๕. \text{ อัตราส่วนโมดูลัส } n = \frac{E_s}{E_c}$$

เมื่อ

$$f_c = \text{หน่วยแรงอัดสูงสุดที่ได้จากการทดสอบกำลัง (kg/cm}^2\text{)}$$

$$W = \text{น้ำหนักของคอนกรีตล้วน (โดยปกติมีค่า ๒.๓๓ T/m}^3\text{)}$$

$$D = \text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริม}$$

ตารางที่ ๑.๖ หน่วยที่ยอมให้ของคอนกรีต

รายการ	หน่วยแรงที่ยอมให้ กก/ชม ^๒ .								
	สูตร		สำหรับคอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัย						
			kg/cm ^๒ (f _c ')						
			๑๐๐	๑๔๐	๑๘๐	๒๑๐	๒๘๐	๓๓๐	๓๕๐
อัตราส่วนโมดูลัส	n	$\frac{2040,000}{w^{1.5} 4270 \sqrt{f_c'}}$	๑๔	๑๑	๑๐	๙	๘	๘	๗
แรงดัด: - หน่วยแรงอัดที่ผิว	f _c	๐.๔๕ f _c '	๔.๕	๖๐	๘๐	๙๐	๑๒๐	๑๓๐	๑๕๐
- หน่วยแรงดึงที่ผิว	f _c	๐.๔๒ √f _c '	๔.๒	๔.๙๗	๕.๖๓	๖.๐๘	๗.๐๒	๗.๓๘	๗.๕๔
ฐานรากและกำแพง คอนกรีตล้วน									
แรงเฉือน: - คานที่ไม่มีเหล็ก รับแรงเฉือน	V _c	๐.๒๙ √f _c '	๒.๙	๓.๔๓	๓.๘๙	๔.๒	๔.๘๕	๕.๑๐	๕.๔๒
- ตงที่ไม่มีเหล็กรับ แรงเฉือน	V _c	๐.๓๒ √f _c '	๓.๒	๓.๗๘	๔.๒๙	๔.๖๓	๕.๓๕	๕.๖๓	๕.๙๘
- โครงสร้างที่เสริม เหล็กรับแรงเฉือน	V _c	๑.๓๒ √f _c '	๑๓.๒	๑๕.๖	๑๗.๗	๑๙.๑	๒๒.๑	๒๓.๒	๒๔.๗
- พื้นและฐานตาม เส้นขอบ	V _c	๐.๕๓ √f _c '	๕.๓	๖.๓	๗.๑	๗.๖๗	๘.๗๐	๙.๓๒	๙.๙๐
แรงอัด: - รับเต็มเนื้อที่	f _c	๐.๒๕ f _c '	๒๕.๐	๓๕.๐	๔๕.๐	๕๒.๕	๗๐.๗	๗๗.๔	๘๗.๕
- รับ ๑/๓ ของเนื้อ ที่หรือน้อยกว่า	f _c	๐.๓๗ f _c '	๓๗.๐	๕๑.๗	๖๖.๖	๗๗.๖	๑๐๓.๕	๑๑๔.๕	๑๒๙

เหล็กเสริม (Reinforced Steel)

เหล็กเสริมที่ใช้ในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นเหล็กกล้าละมุน หรือเรียกว่า Mild Steel เหล็กเสริมคอนกรีตมีทั้งเหล็กกลมแบบผิวเรียบ (Round bars) และเหล็กเส้นเส้นกลมแบบข้ออ้อย (Deformed bars) มาตรฐานที่ใช้ควบคุมคุณภาพเหล็กเส้นในประเทศไทย คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เหล็กเส้นกลมแบบผิวเรียบ (Round bars) มีผิวเรียบตลอดความยาว ส่วนเหล็กเส้นเส้นกลมแบบข้ออ้อย (Deformed bars) มีลักษณะเป็นปล้องครึ่งเกลียวตลอดความยาว

เหล็กเส้นกลมแบบผิวเรียบ (Round bars)

เมื่อปรากฏอยู่ในแบบหรือรูปแบบรายการก่อสร้างมักใช้สัญลักษณ์เป็นอักษรย่อภาษาอังกฤษว่า **RB** ซึ่งมาจากคำว่า **Round bars** นั้นเอง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ ๖ มิลลิเมตร จนถึง ๒๕ มิลลิเมตร และชั้นคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) คือ SR๒๔ หมายถึงมีค่ากำลังต้านทานแรงดึงจุดครากของเหล็กไม่น้อยกว่า ๒๔๐๐ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การกำหนดในแบบวิศวกรรมโครงสร้างมักใช้อักษรย่อ **RB** ตามด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เช่น ๔RB๑๒ หมายถึงใช้เหล็กเส้นกลมแบบผิวเรียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ ๑๒ มิลลิเมตร จำนวน ๔ เส้น ซึ่งมักปรากฏในแบบขยายเสาหรือคาน เป็นต้น

เหล็กเส้นเส้นกลมแบบข้ออ้อย (Deformed bars)

ดังกล่าวมาข้างต้นว่าเหล็กเส้นกลมแบบข้ออ้อยมีผิวโดยรอบความยาวเป็นปล้องหรือครีบกี้เมื่อปรากฏอยู่ในแบบรายการก่อสร้างมักใช้สัญลักษณ์เป็นอักษรย่อภาษาอังกฤษว่า **DB** ซึ่งย่อมาจากคำว่า **Deformed bars** นั้นเอง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ ๑๐ มิลลิเมตร จนถึง ๓๒ มิลลิเมตร และชั้นคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) กำหนดไว้คือ SD๓๐, SD๔๐ และ SD๕๐ หมายถึงมีค่ากำลังต้านทานแรงดึงจุดครากของเหล็กไม่น้อยกว่า ๓๐๐๐, ๔๐๐๐ และ ๕๐๐๐ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การกำหนดในแบบวิศวกรรมโครงสร้างมักใช้อักษรย่อ **DB** ตามด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เช่น ๔DB๑๒ หมายถึง ใช้เหล็กเส้นกลมแบบผิวข้ออ้อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ ๑๒ มิลลิเมตร จำนวน ๔ เส้น ซึ่งมักปรากฏในแบบขยายเสาหรือคาน

ตารางที่ ๑.๗ หน่วยยึดเกาะที่ยอมให้ของคอนกรีต

เหล็กเสริมบนรับแรงดึง $\mu = \frac{2.29\sqrt{f'_c}}{D}$ แต่ไม่เกิน ๒๔.๖ kg/cm ^๒						
ขนาดของ เหล็ก (mm)	$f'_c = ๑๔๐$ kg/cm ^๒		$f'_c = ๒๑๐$ kg/cm ^๒		$f'_c = ๒๘๐$ kg/cm ^๒	
	เหล็กข้อ อ้อย (DB)	เหล็กเสริม กลม (RB)	เหล็กข้อ อ้อย (DB)	เหล็กเสริม กลม(RB)	เหล็กข้อ อ้อย(DB)	เหล็กเสริม กลม(RB)
RB ๖ -	-	๑๑.๒๐	-	๑๑.๒๐	-	๑๑.๒๐
RB ๙ -	-	๑๑.๒๐	-	๑๑.๒๐	-	๑๑.๒๐
RB ๑๒ DB	๒๒.๕๘	๑๑.๒๐	๒๔.๖๐	๑๑.๒๐	๒๔.๖๐	๑๑.๒๐
RB ๑๕ -	-	๙.๐๓	-	๑๑.๐๖	-	๑๑.๒๐
- ๑๖ DB	๑๖.๙๔	-	๒๐.๗๔	-	๒๓.๙๙	-
RB ๑๘ DB	๒๔.๒๖	๗.๑๓	๑๗.๔๖	๘.๗๓	๒๐.๑๗	๑๐.๐๘
RB ๒๒ -	-	๖.๑๖	-	๗.๕๔	-	๘.๗๑
RB ๒๕ DB	๑๐.๘๔	๕.๔๒	๑๓.๒๗	๖.๖๓	๑๕.๓๓	๗.๖๖
RB ๒๘ DB	๙.๖๘	๔.๔๘	๑๑.๘๕	๕.๙๒	๑๓.๖๘	๖.๘๔

เหล็กเสริมบนรับแรงดึง $\mu = \frac{3.23\sqrt{f_c'}}{D}$ แต่ไม่เกิน ๓๕.๒ kg/cm ^๒						
ขนาดของเหล็ก (mm.)	$f_c' = ๑๔๐$ kg/cm ^๒		$f_c' = ๒๑๐$ kg/cm ^๒		$f_c' = ๒๘๐$ kg/cm ^๒	
	เหล็กข้ออ้อย (DB)	เหล็กเสริมกลม(RB)	เหล็กข้ออ้อย(DB)	เหล็กเสริมกลม(RB)	เหล็กข้ออ้อย(DB)	เหล็กเสริมกลม(RB)
RB ๖	-	๑๑.๒๐	-	๑๑.๒๐	-	๑๑.๒๐
-						
RB ๘	-	๑๑.๒๐	-	๑๑.๒๐	-	๑๑.๒๐
-						
RB ๑๒	๓๑.๖๕	๑๑.๒๐	๓๕.๒๐	๑๑.๒๐	๓๕.๒๐	๑๑.๒๐
DB						
RB ๑๕	-	๑๑.๒๐	-	๑๑.๒๐	-	๑๑.๒๐
-						
- ๑๖	๒๓.๘๘	-	๒๙.๒๕	-	๓๓.๗๘	-
DB						
RB ๑๘	๒๐.๑๒	๑๐.๐๖	๒๔.๖๔	๑๑.๒๐	๒๘.๔๕	๑๑.๒๐
DB						
RB ๒๒	-	๘.๖๘	-	๑๐.๖๔	-	๑๑.๒๐
-						
RB ๒๕	๑๕.๒๙	๗.๖๔	๑๘.๗๒	๙.๓๖	๒๑.๖๒	๑๐.๘๑
DB						
RB ๒๘	๑๓.๖๕	๖.๘๒	๑๖.๗๒	๘.๙๖	๑๙.๓๐	๙.๖๕
DB						

เหล็กเสริมได้จากการนำธาตุเหล็ก (Iron) ผสมกับคาร์บอน ซิลิคอน แมงกานีส ฟอสฟอรัส และกำมะถัน ให้ความร้อนถึงจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงกว่า ๓๒๐๐ °C การที่เหล็กจะมีความสามารถรับแรงได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุอื่นที่ใส่เข้าไป หน่วยแรงของเหล็กอยู่ในตารางที่ ๓ เหล็กที่ใช้เสริมในคอนกรีตมี ๒ ชนิด คือ เหล็กเสริมกลม (Round bar) และเหล็กข้ออ้อย (Deformed bar) ซึ่งมีราคาแพงกว่าเหล็กเสริมกลมประมาณ ๓% – ๑๐% แต่มีกำลังสูงกว่า ๑๐% – ๖๐%

ตารางที่ ๑.๘ หน่วยแรงและคุณสมบัติของเหล็กเสริม

คุณสมบัติทางกล				
ชนิดและ ชั้น คุณภาพ	แรงเค้นดึงที่จุด ยึด kg/cm ^๒	ความเค้นดึง สูงสุด kg/cm ^๒	ความยืด	มุมดัดโค้ง เย็น
กลม SR - ๒๔	ไม่น้อยกว่า ๒๔๐๐	ไม่น้อยกว่า ๔๑๐๐	ไม่น้อยกว่า ๒๒% (สำหรับเหล็กขนาดเล็กกว่า ๙ มม.)และไม่น้อยกว่า ๒๕ % (สำหรับเหล็กขนาดเล็กกว่า ๙ มม.หรือโตกว่า)	๑๘๐°(๑.๕๐)
กลม มีข้อ SD - ๓๐	ไม่น้อยกว่า ๓๐๐๐	ไม่น้อยกว่า ๔๖๐๐- ๖๓๐๐	ไม่น้อยกว่า ๑๗%	๑๘๐°(๔D)
กลม SR - ๓๕	ไม่น้อยกว่า ๓๕๐๐	ไม่น้อยกว่า ๕๐๐๐	ไม่น้อยกว่า ๒๐%	๑๘๐°(๔D)
กลม SD - ๔๐	ไม่น้อยกว่า ๔๐๐๐	ไม่น้อยกว่า ๕๗๐๐	ไม่น้อยกว่า ๑๘%	๙๐°(๕D)

คุณสมบัติทางเคมี

ชนิดและคุณภาพ	คุณสมบัติทางเคมี				
	ส่วนประกอบทางเคมีไม่เกินร้อยละ (โดยน้ำหนัก)				
	คาร์บอน (C)	แมงกานีส (Mn)	ฟอสฟอรัส(P)	ซัลเฟอร์ (S)	$C + \frac{Mn}{6}$
SR - ๒๔	๐.๒๕	-	๐.๐๕	๐.๐๕	-
SR - ๒๔	๐.๒๕	-	๐.๐๕	๐.๐๕	๐.๔๕
SR - ๒๔	-	๑.๖๐	๐.๐๕	๐.๐๕	๐.๕๐
SR - ๒๔	-	๑.๖๐	๐.๐๕	๐.๐๕	๐.๕๕

ตารางที่ ๑. ๙ ขนาดและพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมน้ำหนักและเส้นรอบวง

ขนาด mm.	น้ำหนัก kg/m	$\Sigma A =$ cm^2 $\Sigma_0 = \text{cm}^2$	จำนวนเส้นเหล็กเสริม									
			๑	๒	๓	๔	๕	๖	๗	๘	๙	๑๐
RB ๖ -	๐.๒๒๒	ΣA	๐.๒๘	๐.๕๗	๐.๘๕	๑.๑๓	๑.๔๒	๑.๗๐	๑.๙๘	๒.๒๖	๒.๕๕	๒.๘๓
		Σ_0	๑.๘๙	๓.๗๗	๕.๖๖	๗.๕๔	๙.๔๓	๑๑.๓๒	๑๓.๒๐	๑๕.๐๙	๑๖.๙๗	๑๘.๘๖
RB ๙ -	๐.๔๙๙	ΣA	๐.๖๔	๑.๒๗	๑.๙๑	๒.๕๔	๓.๑๘	๓.๘๒	๔.๔๕	๕.๐๙	๕.๗๒	๖.๓๖
		Σ_0	๒.๘๓	๕.๖๖	๘.๔๙	๑๑.๓๒	๑๔.๑๔	๑๖.๙๗	๑๙.๘๐	๒๒.๖๓	๒๕.๔๖	๒๘.๒๙
- ๑๐ DB	๐.๖๑๗	ΣA	๐.๗๘	๑.๕๖	๒.๓๔	๓.๑๒	๓.๙๐	๔.๖๘	๕.๔๖	๖.๒๔	๗.๐๒	๗.๘๐
		Σ_0	๓.๑๔	๖.๒๘	๙.๔๒	๑๒.๕๖	๑๕.๗๐	๑๘.๘๔	๒๑.๙๘	๒๕.๑๒	๒๘.๒๖	๓๑.๔๐
RB ๑๒ DB	๐.๘๘๘	ΣA	๑.๑๓	๒.๒๖	๓.๓๙	๔.๕๒	๕.๖๕	๖.๗๘	๗.๙๑	๙.๐๔	๑๐.๑๗	๑๑.๓๐
		Σ_0	๓.๗๗	๗.๕๔	๑๑.๓๑	๑๕.๐๘	๑๘.๘๖	๒๒.๖๓	๒๖.๔๐	๓๐.๑๗	๓๓.๙๔	๓๗.๗๑
RB ๑๕ -	๑.๓๙	ΣA	๑.๗๗	๓.๕๔	๕.๓๑	๗.๐๘	๘.๘๕	๑๐.๖๒	๑๒.๓๙	๑๔.๑๖	๑๕.๙๓	๑๗.๗๐
		Σ_0	๔.๗๑	๙.๔๓	๑๔.๑๔	๑๘.๘๖	๒๓.๕๗	๒๘.๒๘	๓๓.๐๐	๓๗.๗๑	๔๒.๔๓	๔๗.๑๔
- ๑๖ DB	๑.๕๘	ΣA	๒.๐๑	๔.๐๒	๖.๐๓	๘.๐๔	๑๐.๐๕	๑๒.๐๖	๑๔.๐๗	๑๖.๐๘	๑๘.๐๙	๒๐.๑๐
		Σ_0	๕.๐๓	๑๐.๐๖	๑๕.๐๙	๒๐.๑๒	๒๕.๑๔	๓๐.๑๗	๓๕.๒๐	๔๐.๒๓	๔๕.๒๖	๕๐.๒๙
RB ๑๙ DB	๒.๒๓	ΣA	๒.๘๔	๕.๖๘	๘.๕๒	๑๑.๓๖	๑๔.๒๐	๑๗.๐๔	๑๙.๘๘	๒๒.๗๒	๒๕.๕๖	๒๘.๔๐
		Σ_0	๕.๙๗	๑๑.๙๔	๑๗.๙๑	๒๓.๘๘	๒๙.๘๖	๓๕.๘๓	๔๑.๘๐	๔๗.๗๗	๕๓.๗๔	๕๙.๗๑
- ๒๐ DB	๒.๔๗	ΣA	๓.๑๔	๖.๒๘	๙.๔๒	๑๒.๕๖	๑๕.๗๐	๑๘.๘๔	๒๑.๙๘	๒๕.๑๒	๒๘.๒๖	๓๑.๔๐
		Σ_0	๖.๒๙	๑๒.๕๘	๑๘.๘๗	๒๕.๑๖	๓๑.๔๕	๓๗.๗๔	๔๔.๐๓	๕๐.๓๒	๕๖.๖๑	๖๒.๙๐
B ๒๒ -	๒.๙๘	ΣA	๓.๘๐	๗.๖๐	๑๑.๔๐	๑๕.๒๐	๑๙.๐๐	๒๒.๘๐	๒๖.๖๐	๓๐.๔๐	๓๔.๒๐	๓๘.๐๐
		Σ_0	๖.๙๑	๑๓.๘๓	๒๐.๗๔	๒๗.๖๖	๓๔.๕๗	๔๑.๔๘	๔๘.๔๐	๕๕.๓๑	๖๒.๒๓	๖๙.๑๔
RB ๒๕ -	๓.๘๕	ΣA	๔.๙๑	๙.๘๒	๑๔.๗๓	๑๙.๖๔	๒๔.๕๕	๒๙.๔๖	๓๔.๓๗	๓๙.๒๘	๔๔.๑๙	๔๙.๑๐
		Σ_0	๗.๘๖	๑๕.๗๑	๒๓.๕๗	๓๑.๔๓	๓๙.๒๘	๔๗.๑๔	๕๕.๐๐	๖๒.๘๖	๗๐.๗๑	๗๘.๕๗
RB ๒๘ DB	๔.๘๓	ΣA	๖.๑๑	๑๒.๒๒	๑๘.๓๓	๒๔.๔๔	๓๐.๕๕	๓๖.๖๖	๔๒.๗๗	๔๘.๘๘	๕๔.๙๙	๖๑.๑๐
		Σ_0	๘.๘๐	๑๗.๖๐	๒๖.๔๐	๓๕.๒๐	๔๔.๐๐	๕๒.๘๐	๖๑.๖๐	๗๐.๔๐	๗๙.๒๐	๘๘.๐๐

ตารางที่ ๑.๑๐ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดสำหรับคานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ความลึก d cm	ระยะหุ้มเหล็ก บน d' cm.	f_c kg/cm ^๒	n	ค่า K	
				ts = ๑๒๐๐ kg/cm ^๒	fs = ๑๕๐๐ kg/cm ^๒
๒๒	๓	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๔๓ ๑.๕๘ ๑.๓๑	๑.๙๘ ๒.๒๑ ๑.๘๐
๒๗	๓	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๒๘ ๑.๔๑ ๑.๑๘	๑.๗๓ ๑.๙๑ ๑.๕๙
๓๒	๓	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๒๐ ๑.๓๑ ๑.๑๑	๑.๖๐ ๑.๗๕ ๑.๔๗
๓๕	๕	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๔๗ ๑.๖๓ ๑.๓๕	๒.๐๖ ๒.๓๒ ๑.๘๗
๔๐	๕	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๓๖ ๑.๕๐ ๑.๒๕	๑.๘๖ ๒.๐๗ ๑.๗๐
๔๕	๕	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๒๘ ๑.๔๑ ๑.๑๘	๑.๗๓ ๑.๙๑ ๑.๕๙
๕๐	๕	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๒๓ ๑.๓๔ ๑.๑๔	๑.๖๔ ๑.๘๑ ๑.๕๑
๕๕	๕	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๑๘ ๑.๒๘ ๑.๑๐	๑.๕๗ ๑.๗๒ ๑.๔๔
๕๙	๖	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๒๓ ๑.๓๔ ๑.๑๔	๑.๖๔ ๑.๘๑ ๑.๕๑
๖๔	๖	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๒๐ ๑.๓๑ ๑.๑๑	๑.๕๙ ๑.๗๕ ๑.๔๖
๕๙	๖	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๑๗ ๑.๒๘ ๑.๐๘	๑.๕๕ ๑.๖๙ ๑.๔๓
๗๔	๖	๔๕ ๔๕ ๖๐	๑๕ ๑๔ ๑๒	๑.๑๕ ๑.๒๕ ๑.๐๖	๑.๕๑ ๑.๖๕ ๑.๓๙

หลักการออกแบบ (General Design Principle)

การออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างนั้น เราจำเป็นต้องมีความรู้ในด้านวิชากลศาสตร์โครงสร้าง (Structure Mechanic) วิเคราะห์โครงสร้าง (Structure Analysis) เป็นอย่างดี จึงจะสามารถออกแบบโครงสร้างได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด สิ่งที่เราควรคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่งก็คือ ให้เป็นไปตามหลักทฤษฎีและปฏิบัติ ตัวอย่างเช่น เมื่อเราคำนวณโครงสร้างออกมาแล้ว ได้หน้าตัดของคอนกรีตและเหล็กเสริม เราจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม การทำงานจะต้องง่ายด้วย ในกรณีที่เราเลือกใช้หน้าตัดของเหล็กเล็ก จะต้องใช้จำนวนเหล็กมากเมื่อจำนวนเหล็กมากการเทคอนกรีต ย่อมยากลำบาก แต่ถ้าเราเสริมเหล็กขนาดใหญ่จำนวนเส้นน้อยจะมีผลเสียในเรื่องการยึดเหนี่ยว (Bond Stress) ดังนั้นผลในการคำนวณของแต่ละคนย่อมจะต่างกันไป

การกำหนดน้ำหนักที่มากกระทำบนโครงสร้างก็เหมือนกับการประมาณราคา ถ้าลืมนิดบางอย่างไปงานที่สร้างเสร็จออกมา ก็จะประสบกับการขาดทุน แต่ถ้าเผื่อไว้มากเกินไปก็จะได้งาน ในวิชา Reinforce Concrete Design ก็เช่นเดียวกัน เมื่อคือน้ำหนักขาดไปโครงสร้างอาจรับกำลังไม่พอ จะมีผลเสียต่อโครงสร้าง อาจพังลงมาในระยะเวลาอันสั้น ถ้าเผื่อมากเกินไป โครงสร้างไม่ประหยัด ทำให้สิ้นเปลืองวัสดุ เสียค่าใช้จ่ายสูง

สำหรับค่า Stress ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้โครงสร้างขนาดใหญ่ หรือขนาดเล็ก เมื่อใช้ค่า Stress สูง โครงสร้างจะมีขนาดเล็ก แต่ถ้าใช้ค่า Stress ต่ำ โครงสร้างจะมีขนาดใหญ่ ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ โครงสร้างที่จะพิจารณาเอาเอง ว่าจะควบคุมคุณภาพของวัสดุที่จะใช้มีความแข็งแรงมากน้อยเพียงใด การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมี ๒ วิธี คือ

๑. การออกแบบโดยวิธีกำลัง (Strength design method : SDM)
๒. การออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design : WSD)

การออกแบบโดยวิธีกำลัง (Strength design method : SDM)

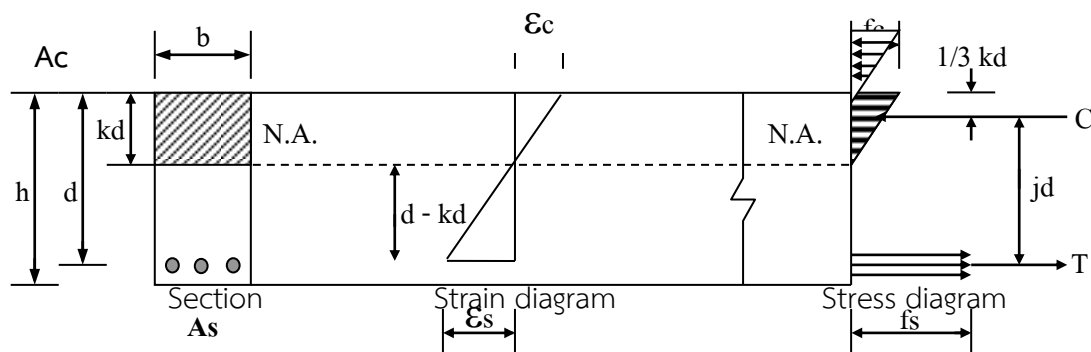
เป็นการออกแบบให้รูปตัดสามารถต้านทานต่อโมเมนต์และแรงต่างๆ ที่คำนวณหาค่ามาจากการวิเคราะห์โดยทฤษฎีอีลาสติก ให้น้ำหนักบรรทุกได้เท่ากับผลคูณของน้ำหนักบรรทุก ตามประเภทของอาคารกับส่วนปลอดภัยตามชนิดของน้ำหนักบรรทุก แล้วนำมาออกแบบโดยใช้หน่วยแรงประลัย ทั้งคอนกรีตและเหล็กเสริม ในปัจจุบันนี้ทางราชการยังไม่ยอมให้ออกแบบด้วยวิธีนี้ หากงานก่อสร้างในอนาคตมีมาตรฐานสูงขึ้นไปอีก ก็อาจมีการยินยอมให้ออกแบบด้วยวิธีนี้ต่อไป

การออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design : WSD)

เป็นการออกแบบให้รูปตัดสามารถต้านทานต่อโมเมนต์ และแรงต่างๆ ที่คำนวณหาค่ามาจากการวิเคราะห์โดยทฤษฎีอีลาสติก ให้น้ำหนักบรรทุกตามประเภทของอาคาร โดยใช้หน่วยแรงที่ยอมให้ในช่วงที่เป็นเส้นตรง ของเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต และหน่วยการยืดตัวของเหล็กเสริม สำหรับค่าของหน่วยแรงที่ยอมให้จะต้องใช้ค่าที่อนุญาตโดยเทศบัญญัติควบคุมการสร้างอาคาร

ในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตทำหน้าที่รับแรงอัด ส่วนเหล็กทำหน้าที่รับแรงดึง คานที่รับ Bending moment เป็นบวก ส่วนบนจะรับแรงอัด โดยรับจาก Neutral axis ถึงผิวบน ส่วนเหล็กรับแรงดึงไว้ทั้งหมด ตามหลักของ Hook แรงดึงและแรงอัดจะหักล้างกัน

$$\therefore \text{แรงอัด (C)} = \text{แรงดึง (T)}$$



รูปที่ ๑.๕ แสดงการรับแรงของหน้าตัดคานรับโมเมนต์บวก

การหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน

$$\epsilon_c = \frac{f_c}{E_c} \dots \dots \text{หน่วยการหดตัวของคอนกรีต}$$

$$\epsilon_s = \frac{f_s}{E_s} \dots \dots \text{หน่วยการยืดตัวของเหล็กเสริม}$$

$$\text{ฉะนั้น } \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s} = \frac{\frac{f_c}{E_c}}{\frac{f_s}{E_s}} = \frac{f_c}{f_s} \times \frac{E_s}{E_c} = n \cdot \frac{f_c}{f_s}$$

$$\text{จากรูป :-} \quad \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s} = \frac{kd}{d - kd} = \frac{k(1)}{1 - k(1)} = \frac{k}{1 - k}$$

$$\therefore \frac{k}{1 - k} = n \cdot \frac{f_c}{f_s}$$

$$\begin{aligned} k \cdot f_s &= n \cdot f_c (1 - k) \\ &= n \cdot f_c - k \cdot n \cdot f_c \end{aligned}$$

$$k \cdot n \cdot f_c + k \cdot f_s = n \cdot f_c$$

$$k \cdot (n \cdot f_c + f_s) = n \cdot f_c$$

$$k = \frac{n \cdot f_c}{f_s + f_c \cdot n}$$

$$\therefore k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n \cdot f_c}}$$

ภาคผนวก ข

รายละเอียด

โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิต ถึง บริเวณโอีสถานนท์

- แผนที่โครงการ
- วัตถุประสงค์ ปริมาณงาน

**จุดสิ้นสุด
โครงการฯ**



โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่าง จากบริเวณสะพานดำรงสถิต ถึง บริเวณ สะพานโอสถานนท์

วัตถุประสงค์

รัฐบาลและกรุงเทพมหานครมีนโยบายจัดระเบียบปรับปรุงภูมิทัศน์และพัฒนาสภาพแวดล้อมโดยรอบเกาะรัตนโกสินทร์บริเวณ คลองโอ่งอ่างให้เกิดความเป็นระเบียบเรียบร้อย สวยงาม พัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ทางวัฒนธรรม โดยประชาชนสามารถเข้าใช้ ประโยชน์ในที่สาธารณะร่วมกันอย่างสมบูรณ์และยั่งยืน กรุงเทพมหานครจึงได้ดำเนินการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างที่รुकล้ำจนเสร็จเรียบร้อยตั้งแต่ เดือนตุลาคม ๒๕๕๘ พบว่าสภาพเขื่อนชำรุดเสียหาย บางแห่งพังทลายลงไปในคลอง มีสภาพโครงสร้างที่ไม่มั่นคงแข็งแรง หากปล่อยทิ้งไว้ จะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนและเพื่อป้องกันการบุกรุกพื้นที่สาธารณะบริเวณคลองโอ่งอ่าง รวมทั้ง พัฒนาระบบระบายน้ำพื้นที่เขตชั้นในออกสู่แม่น้ำเจ้าพระยา จึงมีวัตถุประสงค์ดังนี้ ๑. เพิ่มประสิทธิภาพด้านการระบายน้ำ รวมถึงเก็บรวบรวม น้ำเสียจากบ้านเรือนประชาชนไม่ให้ปล่อยลงคลอง ทำให้น้ำไม่ท่วมขังในพื้นที่และน้ำในคลองมีคุณภาพดีขึ้น ๒. เพื่อพัฒนาคูคลองให้มีสภาพภูมิ ทัศน์ที่สวยงาม และสอดคล้องกับแผนอนุรักษ์คลองเพื่อพัฒนาให้เป็นเส้นทางในการท่องเที่ยวทางน้ำต่อไป ๓. ทำให้ภูมิทัศน์บริเวณคลองโอ่ง อ่างให้เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจและพัฒนาเป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ทางวัฒนธรรมที่ประชาชนสามารถเข้าใช้ประโยชน์ร่วมกันได้

ปริมาณงานก่อสร้าง

๑. งานปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจาก บริเวณสะพานดำรงสถิต ถึง บริเวณสะพานโอสถานนท์
 - ๑.๑ งานก่อสร้างเขื่อนค.ส.ล.และท่อรวบรวมระบบสาธารณูปโภค ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร
 - ๑.๒ งานก่อสร้างระบบระบายน้ำเสียและระบายน้ำ ความยาวประมาณ ๑๕๐๐ เมตร
๒. งานก่อสร้างและปรับปรุงภูมิทัศน์ริมคลอง ความยาวประมาณ ๑๕๐๐ เมตร
๓. งานปรับปรุงสะพานข้ามคลองโอ่งอ่าง จำนวน ๕ แห่ง

ระยะเวลาก่อสร้าง : ๓๖๐ วัน

วงเงินงบประมาณ : ๒๕๒,๑๘๓,๓๖๐

งบประมาณดำเนินการ : งบประมาณปี ๒๕๖๒

ภาคผนวก ค

รายละเอียดการคำนวณประมาณระยะเวลาการก่อสร้าง

โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอศถานนท์

รายละเอียดการคำนวณประมาณระยะเวลาการก่อสร้าง

โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอสถานนท์

๑. การเตรียมงาน เช่น เคลียร์พื้นที่ , กำหนดแนวก่อสร้าง , ก่อสร้างนั่งร้าน , หล่อเสาเข็ม , หล่อแผงกันดิน
ระยะเวลา ๓๐ วัน

๒. การก่อสร้าง

ขั้นตอนที่ ๑	- ตอกเสาเข็มเชื่อม	ดำเนินการได้	๑๒ ต้น/วัน
ปันจัน ๑ ชุด	- ใส่แผงกันดิน	ดำเนินการได้	๑๒ ช่อง/วัน
ขั้นตอนที่ ๒	- สกัดหัวเสา	ดำเนินการได้	๖ ต้น/คน/วัน (ใช้คนงานประมาณ๕คน)
คนงาน ๑ ชุด	- ประกอบแบบ	ดำเนินการได้	๓๐ ม./วัน (ใช้คนงานประมาณ๗คน)
ประมาณ ๓๐ คน	- ผูกเหล็ก	ดำเนินการได้	๓๐ ม./วัน (ใช้คนงานประมาณ๑๐คน)
	- เทคอนกรีต	ดำเนินการได้	๑๐๐ ม./ชุด/วัน (ใช้คนงานประมาณ๖คน)
ขั้นตอนที่ ๓	- งานขุดลอกคลอง	ดำเนินการได้	๒๐ ม./คัน
แบร์คโฮ ๑ คัน			

โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอสถานนท์ มีปริมาณงานก่อสร้าง ดังนี้

- ก. งานก่อสร้างเชื่อมค.ส.ล.และท่อรวบรวบระบบสาธารณูปโภค ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร

๑. งานก่อสร้างและปรับปรุงเชื่อม ค.ส.ล. ตามแบบเลขที่ CK ๕๖๐๑ คิดต่อช่วงความยาว ๓๐ เมตร
มีเสาเข็มเชื่อมจำนวน ๔๐ ต้น จำนวนแผงกันดิน ๓๙ ช่อง

ขั้นตอนที่ ๑	- ตอกเสาเข็มเชื่อม	๓.๓๓ วัน (๔๐/๑๒)
	- ใส่แผงกันดิน	๓.๒๕ วัน (๓๙/๑๒)

รวมเวลาดำเนินการขั้นตอนที่ ๑ ๖.๕๘ วัน ประมาณ ๗ วัน

ขั้นตอนที่ ๒	- สกัดหัวเสา	๖.๖๖ วัน (๔๐/๖)
	- ประกอบแบบ	๑.๐๐ วัน (๓๐/๓๐)
	- ผูกเหล็ก	๑.๐๐ วัน (๓๐/๓๐)
	- เทคอนกรีต	๐.๓๐ วัน (๓๐/๑๐๐)

รวมเวลาดำเนินการขั้นตอนที่ ๒ ๘.๙๖ วัน ประมาณ ๙ วัน

ขั้นตอนที่ ๓	- งานขุดลอกคลอง	๑.๕๐ วัน (๓๐/๒๐)
--------------	-----------------	------------------

ขณะดำเนินการ ๓ ขั้นตอนพร้อมกัน ขั้นตอนที่๒ เป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการทำงานคือ ๙ วัน

ดังนั้น เชื่อมความยาว ๑,๕๐๐ เมตร ปันจัน ๑ ชุด ใช้เวลาทำงาน $(๑,๕๐๐ \times ๙) / ๓๐ = ๔๕๐$ วัน

กำหนดใช้ปันจัน ๔ ชุด วางแผนระยะเวลาทำงานประมาณ $๔๕๐ / ๓ = ๑๕๐$ วัน

๒.งานก่อสร้างท่อรวบรวมระบบสาธารณสุขปึก ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร

๒.๑ เสาค้ำขนาด ๑.๓๐x๐.๓๕x๙.๐๐ เมตร จำนวน ๓,๒๑๒ ต้น

- จำนวนคน ๕ คน ใช้รถแบ็คโฮ ๘ คัน ทำได้ ๓๐ต้น/วัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๓ วัน

๒.๒ กำแพงกันดินรวบรวมระบบไฟฟ้า ความยาว ๗๕๐ เมตร

๒.๒.๑ งานขุดดินชั้นที่ ๑ จำนวน ๖,๔๖๙ ลบ.ม.

- จำนวนคน ๑ คน ใช้รถแบ็คโฮ ๒ คัน ทำได้ ๓๕๐ลบ.ม./วัน/คัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๙.๒ วัน

๒.๒.๒ งานขุดดินถมกลับ จำนวน ๓,๗๕๐ ลบ.ม.

- จำนวนคน ๒ คน ใช้รถแบ็คโฮ ๒ คัน ทำได้ ๕๐๐ ลบ.ม./วัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๓.๗๕ วัน

๒.๒.๓ งานแบบหล่อคอนกรีต จำนวน ๖,๐๐๐ ตร.ม.

- จำนวนคน ๔ คน/ชุด ทำได้ ๓๐ ตร.ม./วัน จำนวน ๘ ชุด ใช้ระยะเวลา ๒๕ วัน

๒.๒.๔ งานตัด ดัดและผูกเหล็ก จำนวน ๑๐๘,๒๒๕ กก.

- จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๔๘๐ กก./วัน จำนวน ๑๐ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๒๒ วัน

๒.๒.๕ งานคอนกรีต จำนวน ๘๖๒.๕ ลบ.ม.

- จำนวนคน ๑๐ คน ทำได้ ๑๐ ลบ.ม./วัน จำนวน ๑๐ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๘.๕ วัน

๒.๓ กำแพงกันดินรวบรวมท่อระบายน้ำและสาธารณสุขปึก ความยาว ๑,๕๐๐ เมตร

๒.๓.๑ งานขุดดินชั้นที่ ๑ จำนวน ๓,๗๕๐ ลบ.ม.

- จำนวนคน ๒ คน ใช้รถแบ็คโฮ ๒ คัน ทำได้ ๓๕๐ลบ.ม./วัน/คัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๕.๓ วัน

๒.๓.๒ งานขุดดินถมกลับ จำนวน ๓,๗๕๐ ลบ.ม.

- จำนวนคน ๒ คน ใช้รถแบ็คโฮ ๒ คัน ทำได้ ๕๐๐ลบ.ม./วัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๓.๗๕ วัน

๒.๓.๓ งานแบบหล่อคอนกรีต จำนวน ๖,๖๐๐ ตร.ม.

- จำนวนคน ๔ คน/ชุด ทำได้ ๓๐ ตร.ม./วัน จำนวน ๘ ชุด ใช้ระยะเวลา ๒๗.๕ วัน

๒.๓.๔ งานตัด ดัดและผูกเหล็ก จำนวน ๑๕๕,๒๕๐ กก.

- จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๔๘๐ กก./วัน จำนวน ๑๐ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๓๒ วัน

๒.๓.๕ งานคอนกรีต จำนวน ๑,๓๕๐ ลบ.ม.

- จำนวนคน ๑๐ คน ทำได้ ๑๐ ลบ.ม./วัน จำนวน ๑๐ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๓.๕ วัน

รวมใช้ระยะเวลาวางแผนการทำงานทั้งสิ้น ๑๖๓ วัน

๓. งานก่อสร้างผนังก่ออิฐโชว์ลาย ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร

๓.๑ เสาค้ำสี่เหลี่ยมตันขนาด ๐.๓๐x๐.๓๐x๑๒.๐๐ เมตร จำนวน ๑,๐๐๘ ต้น

- จำนวนคน ๓ คน ปั่นจั่น ๑ ชุด ทำได้ ๑๒ ต้น/วัน ใช้ปั้นจั่น ๓ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๒๘ วัน

๓.๒ คานทับหลังค.ส.ล.รับผนังอิฐก่อโชว์ลาย

๓.๒.๑ งานแบบหล่อคอนกรีต จำนวน ๒,๒๕๐ ตร.ม.

- จำนวนคน ๔ คน/ชุด ทำได้ ๓๐ ตร.ม./วัน จำนวน ๕ ชุด ใช้ระยะเวลา ๑๕ วัน

๓.๒.๒ งานตัด ดัดและผูกเหล็ก จำนวน ๓๒,๖๔๐ กก.

- จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๔๘๐ กก./วัน จำนวน ๖ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๑ วัน

๓.๒.๓ งานคอนกรีต จำนวน ๓๙๐ ลบ.ม.

- จำนวนคน ๑๐ คน ทำได้ ๑๐ ลบ.ม./วัน จำนวน ๔ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๐ วัน

๓.๓ งานผนังอิฐก่อโชว์ลาย

๓.๓.๑ แผ่นพื้นคอร.หนา ๐.๐๕ ม. จำนวน ๓,๓๐๐ ตร.ม.

- จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๔๔ ตร.ม./วัน จำนวน ๔ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๙ วัน

๓.๓.๒ อิฐก่อโชว์ลาย จำนวน ๓,๓๐๐ ตร.ม.

- จำนวนคน ๓ คน ทำได้ ๘ ตร.ม./วัน จำนวน ๘ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๕๑ วัน
รวมใช้ระยะเวลาวางแผนการทำงานทั้งสิ้น ๑๓๔ วัน

๔. บันได ค.ส.ล. ลงทำน้ำ จำนวน ๔ แห่ง

- ๔.๑ เสาค้ำขนาด 1 ๐.๓๕x๐.๓๕x๑.๔๐ เมตร จำนวน ๘๘ ต้น
 - จำนวนคน ๓ คน ใช้ปูนจัน ๑ ชุด ทำได้ ๑๒ ต้น/วัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๗.๓ วัน
- ๔.๒ แผงกันดิน จำนวน ๔๐ ช่อง
 - จำนวนคน ๒ คน ทำได้ ๑๒ ช่อง/วัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๓.๓ วัน
- ๔.๓ งานแบบหล่อคอนกรีต จำนวน ๑๕๐ ตร.ม.
 - จำนวนคน ๔ คน/ชุด ทำได้ ๓๐ ตร.ม./วัน ใช้ระยะเวลา ๕ วัน
- ๔.๔ งานตัด ดัดและผูกเหล็ก จำนวน ๔,๐๑๘ กก.
 - จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๔๘๐ กก./วัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๘.๓๗ วัน
- ๔.๕ งานคอนกรีต จำนวน ๔๓.๕๒ ลบ.ม.
 - จำนวนคน ๑๐ คน ทำได้ ๑๐ ลบ.ม./วัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๔.๓๕ วัน
- รวมใช้ระยะเวลาวางแผนการทำงานทั้งสิ้น ๓๐ วัน

ข. งานก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสียและระบายน้ำ ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร

๑. งานก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสียย่อย

- ๑.๑ งานก่อสร้างท่อรวบรวมน้ำเสีย Ø ๓๑๕ มม.
 - ๑.๑.๑ ท่อ HDPE PN๑๐ Ø ๓๑๕ มม. ความยาว ๑,๕๐๐ เมตร
 - จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๕๐ม./วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๕ วัน
- ๑.๒ งานก่อสร้างท่อระบายน้ำเสียจากอาคาร Ø ๒๐๐ มม.
 - ๑.๒.๑ ท่อ HDPE PN๑๐ Ø ๒๐๐ มม. ความยาว ๒,๑๐๐ เมตร
 - จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๘๐ม./วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๓.๑๒ วัน
 - ๑.๒.๒ งานเชื่อมต่อต่างๆ จำนวน ๓๕๐ ชุด
 - จำนวนคน ๒ คน ทำได้ ๓๐ชุด/วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๖ วัน
- ๑.๓ งานก่อสร้างบ่อดักน้ำเสีย จำนวน ๓ บ่อ
 - ๑.๓.๑ ขุดดินและขนไปทิ้งนอกบริเวณ จำนวน ๑๑๓ ลบ.ม.
 - จำนวนคน ๑ คน ใช้รถแบร็คโฮ ๑ คัน ทำได้ ๓๕๐ ลบ.ม./วัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๐.๓๒ วัน
 - ๑.๓.๒ งานแบบหล่อคอนกรีต จำนวน ๑๘๘ ตร.ม.
 - จำนวนคน ๔ คน/ชุด ทำได้ ๓๐ ตร.ม./วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลา ๓.๑๓ วัน
 - ๑.๓.๓ งานตัด ดัดและผูกเหล็ก จำนวน ๒,๓๗๖ กก.
 - จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๔๘๐ กก./วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๒.๔๗ วัน
 - ๑.๓.๔ งานคอนกรีต จำนวน ๒๓ ลบ.ม.
 - จำนวนคน ๕ คน ทำได้ ๕ ลบ.ม./วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๒.๓ วัน
- รวมใช้ระยะเวลาวางแผนการทำงานทั้งสิ้น ๔๒ วัน

๒. งานก่อสร้างระบบสูบน้ำเสีย

- ๒.๑ งานก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสีย จำนวน ๔ บ่อ
 - ๒.๑.๑ ขุดดินและขนไปทิ้งนอกบริเวณ จำนวน ๕๔ ลบ.ม.
 - จำนวนคน ๑ คน ใช้รถแบร็คโฮ ๑ คัน ทำได้ ๓๕๐ลบ.ม./วัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๐.๑๕ วัน
 - ๒.๑.๒ งานแบบหล่อคอนกรีต จำนวน ๓๔๓ ตร.ม.

- จำนวนคน ๔ คน/ชุด ทำได้ ๓๐ ตร.ม./วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลา ๕.๗๑ วัน
 - ๒.๑.๓ งานตัด ดัดและผูกเหล็ก จำนวน ๘,๗๖๓ กก.
- จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๔๘๐ กก./วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๙.๑๒ วัน
 - ๒.๑.๔ งานคอนกรีต จำนวน ๖๐ ลบ.ม.
- จำนวนคน ๕ คน ทำได้ ๕ ลบ.ม./วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๖ วัน
 - ๒.๑.๕ งานถมบ่อ ๔ บ่อ
- จำนวนคน ๕ คน ทำได้ ๓ วัน/บ่อ จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๖ วัน
 - ๒.๑.๖ เสาค้ำเหล็กเหลี่ยมกลางขนาด ๑๕ ซม.ยาว ๖ เมตร จำนวน ๗๒ ต้น
- จำนวนคน ๒ คน ใช้รถแบ็คโฮ ๒ คัน ทำได้ ๒๐ ต้น/วัน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๑.๘ วัน
 - ๒.๒ งานก่อสร้างท่อสูบน้ำเสีย Ø ๒๒๕ มม.โดยวิธีขุดวาง ความยาว ๔๐ เมตร
 - ๒.๒.๑ ขุดดิน และขนไปทิ้งนอกบริเวณ จำนวน ๑๖ ลบ.ม.
- จำนวนคน ๑ คน ใช้รถแบ็คโฮ ๑ คัน ทำได้ ๓๕๐ ลบ.ม./วัน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๐.๐๕ วัน
 - ๒.๒.๒ ท่อ HDPE PN๑๐ Ø ๒๒๕ มม. ความยาว ๔๐ เมตร
- จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๕๐ม./วัน จำนวน ๑ ชุด ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๐.๘ วัน
 - ๒.๓ งานก่อสร้างท่อสูบน้ำเสีย Ø ๒๒๕ มม.โดยวิธีเจาะตึงท่อ ความยาว ๓๐ เมตร
 - ๒.๓.๑ ขุดดิน และขนไปทิ้งนอกบริเวณ จำนวน ๑๒ ลบ.ม.
- จำนวนคน ๑ คน ใช้รถแบ็คโฮ ๑ คัน ทำได้ ๓๕๐ ลบ.ม./วัน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๐.๐๓ วัน
 - ๒.๓.๒ ท่อ HDPE PN๑๐ Ø ๒๒๕ มม. ความยาว ๓๐ เมตร
- จำนวนคน ๔ คน ทำได้ ๕๐ม./วัน จำนวน ๑ ชุด ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๐.๖ วัน
 - ๒.๔ งานจัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสีย
 - ๒.๔.๑ เครื่องสูบน้ำขนาดมอเตอร์ ๒.๒kw. อัตราการสูบน้ำไม่น้อยกว่า ๐.๖ ลบ.ม./นาที่
- จำนวน ๘ เครื่อง
- จำนวนคน ๓ คน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๒ วัน
 - ๒.๔.๒ สายไฟและท่อร้อยสายไฟ ความยาว ๘๐ เมตร
- จำนวนคน ๓ คน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๕ วัน
 - ๒.๔.๓ ท่อ HDPE Ø ๑๖๐ mm. PN ๑๐ ความยาว ๓๐ เมตร
- จำนวนคน ๔ คน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๑ วัน
 - ๒.๔.๔ Check Valve ๖" จำนวน ๘ ตัว
- จำนวนคน ๑ คน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๑ วัน
 - ๒.๔.๕ ประตูเหล็กหล่อปีกผีเสื้อขนาด ๖" จำนวน ๘ ตัว
- จำนวนคน ๔ คน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๓ วัน
 - ๒.๔.๖ หน้างานสแตนเลส ๖" จำนวน ๔๘ ตัว
- จำนวนคน ๔ คน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๔ วัน
 - ๒.๔.๗ สตั๊ปเอน ๖" จำนวน ๔๘ ตัว
- จำนวนคน ๔ คน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๔ วัน
 - ๒.๔.๘ ลูกกลอย จำนวน ๑๖ ตัว
- จำนวนคน ๒ คน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๒ วัน
 - ๒.๔.๙ Guide Rail สแตนเลส จำนวน ๘ ชุด
- จำนวนคน ๒ คน ใช้ระยะเวลาดำเนินงาน ๔ วัน
 - ๒.๔.๑๐ โซ่สแตนเลส สแตนเลส จำนวน ๘ ชุด

- จำนวนคน ๒ คน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๔ วัน
รวมใช้ระยะเวลาวางแผนการทำงานทั้งสิ้น ๖๐ วัน

ค. งานก่อสร้างและปรับปรุงภูมิทัศน์ริมคลอง ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร

๑. หมวดยานรื้อถอน

๑.๑ รื้อฐานรั้ว ค.ส.ล.พร้อมราวจับเหล็กกลมเดิม ความยาว ๔๑๗ เมตร

- จำนวนคน ๕ คน ใช้รถแบ็คโฮ ๑ คัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๓๐ วัน

๑.๒ รื้อทางเท้าเดิม , วัชพืช พร้อมขนทิ้ง ความยาว ๙,๘๓๐ ตร.ม.

- จำนวนคน ๕ คน ใช้รถแบ็คโฮ ๒ คัน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๔๐ วัน

๑.๓ รื้อถอนต้นไม้เดิม จำนวน ๑๓ ต้น

- จำนวนคน ๕ คน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๒๐ วัน

รวมใช้ระยะเวลาวางแผนการทำงานทั้งสิ้น ๙๐ วัน

๒. หมวดยานโครงสร้างและพื้นผิว

๒.๑ ปูอิฐปูทางเท้าขนาด ๙x๓๙x๔ ซม. ปูด้าน ๔ ซม. ขึ้นด้านบน พื้นที่ประมาณ ๙,๖๓๐ ตร.ม.

- จำนวนคน ๓ คน/ชุด ทำได้ ๒๐ตร.ม./วัน จำนวน ๔ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๒๐ วัน

๒.๒ ฝาท่อเหล็กหล่อ ลวดลายตามแบบ จำนวน ๕ ฝา

- จำนวนคน ๒ คน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๓ วัน

รวมใช้ระยะเวลาวางแผนการทำงานทั้งสิ้น ๑๒๓ วัน

๓. หมวดยานภูมิสถาปัตยกรรม

๓.๑ ปลุกต้นเสลาขนาดประมาณ ๘"สูงประมาณ ๖.๐๐ม.@๖.๐๐ม. จำนวน ๑๕๐ ต้น

- จำนวนคน ๓ คน/ชุด ทำได้ ๑๐ต้น/วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๗.๕ วัน

๓.๒ ติดตั้งฝาท่อคอนกรีตไม้(FRP) ขนาด๑.๒X๑.๒ หนา ๓ ซม. จำนวน ๒๐๖ ชุด

- จำนวนคน ๒ คน ทำได้ ๑๐ชุด/วัน จำนวน ๔ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๕.๑๕ วัน

๓.๓ ปลุกไทรเกาหลี สูง ๑ เมตร จำนวน ๙๐๐ ต้น

- จำนวนคน ๓ คน/ชุด ทำได้ ๓๐ต้น/วัน จำนวน ๓ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๐ วัน

๓.๔ ปลุกต้นกระดุมทองเลื้อย @๐.๓๐ม. จำนวน ๑๔,๗๐๐ ต้น

- จำนวนคน ๓ คน/ชุด ทำได้ ๑๕๐ต้น/วัน จำนวน ๓ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๓๒ วัน

๓.๕ ขอบคันหินเล็กทรงเหลี่ยม สำเร็จรูป ของSCG ขนาด ๑๑ x ๒๐ x ๕๐ ซม. จำนวน ๑,๖๙๕ ม.

- จำนวนคน ๓ คน/ชุด ทำได้ ๕๐ม./วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๗ วัน

๓.๖ ราวกันตกเหล็กกล่องพร้อมอุปกรณ์ยึด ความยาว ๑,๒๑๙ เมตร

- จำนวนคน ๓ คน/ชุด ทำได้ ๑๐ม./วัน จำนวน ๓ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๔๑ วัน

๓.๗ เสาดรณาลมลูก ขนาด ๘๐ ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง ๘ ซม. จำนวน ๑๔๔ ต้น

- จำนวนคน ๓ คน/ชุด ทำได้ ๑๐ต้น/วัน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๗.๒ วัน

๓.๘ ติดตั้งป้ายสื่อความหมายประวัติศาสตร์ จำนวน ๔ ป้าย

- จำนวนคน ๒ คน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑ วัน

๓.๙ ติดตั้งป้ายชี้ทางแหล่งท่องเที่ยว จำนวน ๔ ป้าย

- จำนวนคน ๒ คน ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑ วัน

รวมใช้ระยะเวลาวางแผนการทำงานทั้งสิ้น ๑๒๑ วัน

๔. หมวดงานไฟฟ้าแสงสว่างและไฟประดับ

๔.๑ งานไฟฟ้าแสงสว่างและไฟประดับ ๑ รายการ

- จำนวนคน ๑๐ คน จำนวน ๒ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๒๐ วัน
- รวมใช้ระยะเวลาวางแผนการทำงานทั้งสิ้น ๑๒๐ วัน

ง. งานปรับปรุงสะพานข้ามคลองโอ่งอ่าง จำนวน ๕ แห่ง

๑. สะพานหิน จำนวน ๑ รายการ

- จำนวนคน ๑๐ คน จำนวน ๑ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๙๐ วัน

๒. สะพานบพิตร์พิมุข จำนวน ๑ รายการ

- จำนวนคน ๑๐ คน จำนวน ๑ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๙๐ วัน

๓. สะพานโอสถานนท์ จำนวน ๑ รายการ

- จำนวนคน ๑๐ คน จำนวน ๑ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๖๐ วัน

๔. สะพานดำรงสถิต จำนวน ๑ รายการ

- จำนวนคน ๑๐ คน จำนวน ๑ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๐๐ วัน

๕. สะพานภาณุพันธุ์ จำนวน ๑ รายการ

- จำนวนคน ๑๐ คน จำนวน ๑ ชุด ใช้ระยะเวลาทำงาน ๑๕๐ วัน

๖. Povisional Sum(ค่าใช้จ่ายในการจ้างที่ปรึกษาและงานเพิ่มต่างๆ)

- ใช้ระยะเวลาทำงาน ๖๐ วัน

สรุประยะเวลาการก่อสร้างของแต่ละงาน

ลำดับ ที่	รายการ	วางแผน ระยะเวลา ก่อสร้าง	หมายเหตุ
-	การเตรียมงาน เช่น เคลียร์พื้นที่ , กำหนดแนวก่อสร้าง , ก่อสร้างนั่งร้าน , หล่อเสาเข็ม , หล่อแผงกันดิน	๓๐ วัน	
ก.	งานก่อสร้างเขื่อนค.ส.ล.และท่อรวบรวมระบบสาธารณูปโภค ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร ๑. งานก่อสร้างและปรับปรุงเขื่อนค.ส.ล.ตามแบบเลขที่ CK ๕๖๐๑ ๒. งานก่อสร้างท่อรวบรวมระบบสาธารณูปโภค ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร ๓. งานก่อสร้างผนังท่ออิฐหุ้มทราย ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร ๔. บันได ค.ส.ล. ลงท่อน้ำ จำนวน ๔ แห่ง	๑๕๐ วัน ๑๖๓ วัน ๑๓๔ วัน ๓๐ วัน	
ข.	งานก่อสร้างระบบรวมน้ำเสียและระบายน้ำ ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร ๑. งานก่อสร้างระบบรวมน้ำเสียย่อย ๒. งานก่อสร้างระบบสูบน้ำเสีย	๔๒ วัน ๖๐ วัน	
ค.	งานก่อสร้างและปรับปรุงภูมิทัศน์ริมคลองความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร ๑. หมวดงานรื้อถอน ๒. หมวดงานโครงสร้างและพื้นผิว ๓. หมวดงานภูมิสถาปัตยกรรม ๔. หมวดงานไฟฟ้าแสงสว่างและไฟประดับ	๙๐ วัน ๑๒๓ วัน ๑๒๑ วัน ๑๒๐ วัน	
ง.	งานปรับปรุงสะพานข้ามคลองโอง่าง จำนวน ๕ แห่ง ๑. สะพานหัน ๒. สะพานบพิตรพิมุข ๓. สะพานโอสถานนท์ ๔. สะพานดำรงสถิต ๕. สะพานภาณุพันธุ์ ๖. Povisional Sum(ค่าใช้จ่ายในงานเพิ่มเติมต่างๆ)	๙๐ วัน ๙๐ วัน ๖๐ วัน ๑๒๐ วัน ๑๕๐ วัน ๖๐ วัน	

ภาคผนวก ง

การวางแผนงานก่อสร้าง

โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิต ถึง บริเวณสะพานโอศถานนท์

- ระบบตารางเวลา (Bar Chart)
- แผนงานระบบสายงานวิกฤต (CPM)
- เส้นกราฟ (S-Curve)

การวางแผนงานก่อสร้างโดยระบบ Bar Chart

การวางแผนงานระบบ Bar Chart เป็นระบบการวางแผนงานล่วงหน้าซึ่งเริ่มจากการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบการทำงานกับระยะเวลาที่ต้องการของแต่ละงานเป็นระบบที่จัดทำกันทั่วไป สามารถอ่านและเข้าใจถึงแผนการดำเนินการได้ง่ายซึ่งมีขั้นตอนในการจัดเตรียมข้อมูลในการเตรียมแผนงาน ดังนี้

๑. ศึกษาแบบก่อสร้าง รายการประกอบแบบ และสัญญาจ้างก่อสร้าง
๒. การจัดแบ่งงาน
๓. การจัดลำดับขั้นตอนของงาน
๔. การกำหนดเวลาทำงานของแต่ละงาน

๑. ศึกษาแบบก่อสร้าง รายการประกอบแบบ และสัญญาจ้างก่อสร้าง

ผู้วางแผนงานจะต้องพิจารณาลักษณะของโครงสร้างถือว่าเป็นเชื่อนชนิดใด ความยาวเท่าไร เพื่อที่จะได้กำหนดวิธีการก่อสร้าง เครื่องมือ เครื่องจักร ที่จะต้องใช้ทำงานตลอดจนจะต้องศึกษาให้ทราบถึงเงื่อนไขการจ่ายเงินงวดงาน รู้กำหนดเวลาเริ่มต้น และกำหนดเวลาสิ้นสุดของโครงการ รู้จำนวนปริมาณงาน และราคาของงานต่างๆทั้งโครงการ

๒. การจัดแบ่งงาน

ในโครงการ (Project) หนึ่งๆจะประกอบขึ้นด้วยงานย่อย (Activities) หลายๆ งานตามที่ผังวางแผนงานจัดแบ่งไว้ ซึ่งจะจัดแยกให้ละเอียดไปถึงระดับใด จะจัดแยกเป็นจำนวนที่งานย่อยนั้นก็ต้องขึ้นอยู่กับความเหมาะสม และครอบคลุมรายละเอียดทั้งหมดของโครงการได้เด่นชัด สามารถใช้งานได้ผลบรรลุตามจุดประสงค์

๓. การจัดลำดับขั้นตอนของงาน

การจัดลำดับขั้นตอนของงาน จะพิจารณาถึงลำดับของงานต่างๆทั้งหมดที่จะต้องทำถ้าหากกำหนดลำดับขั้นตอนของงานก่อสร้างทำได้ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง ก็จะทำให้งานก่อสร้างสามารถดำเนินการไปได้อย่างต่อเนื่อง เป็นผลทำให้งานแล้วเสร็จตามแผน เพราะฉะนั้น ผู้ที่วางแผนจะต้องมีความรู้ ความชำนาญ และมีประสบการณ์ในงานนั้นๆพอสมควร

การจัดลำดับขั้นตอนของงาน อาจพิจารณาได้ดังนี้

๓.๑ พิจารณาจัดตามสภาพที่เป็นจริงของงาน งานใดจะต้องทำเสร็จก่อนงานอื่นจึงจะสามารถทำต่อไปได้

๓.๒ งานบางอย่างสามารถปฏิบัติได้หลายวิธี ควรพิจารณาเลือกวิธีที่ใช้เวลาดำเนินการน้อยที่สุดวิธีที่ง่าย สะดวก และปลอดภัยที่สุด ทั้งนี้ควรคำนึงถึงข้อจำกัดด้านแรงงาน เครื่องมือ เครื่องจักรที่มีอยู่แล้วด้วย

๓.๓ พิจารณาจัดให้งานที่สามารถดำเนินการไปพร้อมกันได้ ดำเนินการในช่วงเวลาเดียวกัน หรือมีงานใดบ้างที่จะสามารถทำคาบเกี่ยวไล่กันไปได้โดยไม่ต้องรอให้อีกงานหนึ่งแล้วเสร็จ ๑๐๐% ก่อนก็จะให้พิจารณาทำงานคาบเกี่ยวไล่กันไป

๔. การกำหนดเวลาทำงานของแต่ละงาน

ระยะเวลารวมทั้งหมดของแต่ละงานย่อยต้องไม่มากกว่าระยะเวลาก่อสร้างในสัญญาจ้าง ดังนั้นหากกำหนดระยะเวลาของงานย่อยไว้น้อยเกินไปก็จะทำให้งานก่อสร้างเสร็จเร็วกว่ากำหนด แต่หากกำหนดมากไปก็อาจทำให้งานก่อสร้างล่าช้าในเวลาก่อสร้างมากเกินไปได้ ดังนั้นการพิจารณากำหนดเวลาก่อสร้างจะต้องกระทำโดยละเอียดรอบคอบโดยมีข้อควรคำนึง ดังนี้

๔.๑ จะต้องทราบปริมาณงานที่จะต้องทำ ซึ่งจะทราบได้จากใบแสดงปริมาณงาน (Bill of Quantity) หรือคิดคำนวณออกมาจากแบบก่อสร้าง และจากการสำรวจสถานที่ก่อสร้างเพื่อนำมาเขียนลงในช่องปริมาณงานใน Bar chart

๔.๒ จะต้องทราบศักยภาพข้อจำกัดและขีดความสามารถของผู้ดำเนินการก่อสร้างผู้วางแผนต้องเข้าใจนโยบายการปฏิบัติงาน ความพร้อมด้านเครื่องมืออุปกรณ์ ด้านช่าง ด้านแรงงาน ว่ามีความพร้อมมากน้อยเพียงใด

๔.๓ จำนวนวันที่จะใช้ในการทำงาน ผู้วางแผนสามารถที่จะกำหนดขึ้นได้ ดังนี้

๔.๓.๑ จากประสบการณ์ หรือความชำนาญประเภทรูปแบบนั้นๆ มาเป็นเวลานาน หรือสอบถามจากผู้รู้

๔.๓.๒ จากสถิติข้อมูลการปฏิบัติงานเฉลี่ยจากผลงานที่ผ่านมาแล้วหลายๆ งาน เช่น สถิติการตอก

เสาเข็ม เป็นต้น

๔.๓.๔ การเพิ่มจำนวนวันทำงานเป็นกรณีพิเศษ ในการปฏิบัติงานชนิดเดียวกันแต่สถานที่ก่อสร้างแต่ละแห่ง หรือผู้ดำเนินการก่อสร้างแต่ละรายย่อยใช้เวลาก่อสร้างที่แตกต่างกันไป ผู้วางแผนจึงต้องสามารถคาดคะเนได้อย่างใกล้เคียงกับความจริง ตัวแปรที่อาจทำให้ต้องเพิ่มเวลาทำงานมากกว่าปกติ เช่น

๑) สภาพพื้นที่ก่อสร้างอยู่ใจกลางเมืองการเข้าพื้นที่ก่อสร้างยากลำบาก

๒) สภาพดินฟ้าอากาศ มีช่วงเดือนไหนเป็นฤดูฝน ช่วงไหนเป็นฤดูมรสุมหรือช่วงไหน

เป็นช่วงน้ำท่วมสูงสุด

๓) จำนวนและประสิทธิภาพของเครื่องมือ อุปกรณ์ และช่างที่ปฏิบัติงานนั้นถ้าขาดช่างที่มีประสิทธิภาพ และเครื่องมือที่เก่าชำรุดก็จะมีผลให้งานล่าช้าได้

ขั้นตอนในการเขียน Bar Chart

๑. เขียนชื่อโครงการ สถานที่ก่อสร้าง ผู้รับผิดชอบ วันเริ่มต้น วันสิ้นสุดของสัญญา ระยะเวลาก่อสร้าง และค่าก่อสร้าง ลงในช่องตอนบนของตาราง

๒. เขียนชื่อรายการงานก่อสร้างทั้งหมดลงในช่องรายการ โดยจัดเรียงลำดับตามขั้นตอนการทำงาน ก่อน-หลัง ที่ได้พิจารณาจัดเตรียมไว้แล้ว

๓. เขียนปริมาณงาน จำนวนเงินลงทุนทุกรายการ และคำนวณหา % ของเงินแต่ละรายการแล้วกรอกลงในช่อง % จำนวนเงิน

๔. เขียนหน่วยงานของเวลาลงในแถวบนของตาราง ซึ่งอาจกำหนดเป็น วัน สัปดาห์ เดือนหรือปี ก็ได้ตามความเหมาะสม โดยเขียนตั้งแต่เดือนเริ่มสัญญาไปจนถึงเดือนที่หมดสัญญาเป็นอย่างน้อย

๕. เขียนแถบเส้นในแนวนอน โดยให้จุดเริ่มต้นเป็นวันที่จะเริ่มงาน และจุดสิ้นสุดเป็นวันที่คาดว่าจะงานจะแล้วเสร็จ

๖. จัดแบ่งปริมาณงานที่จะดำเนินการในแต่ละเดือน แล้วเขียนไว้ที่แถบเส้นแต่ละเดือน โดยเปรียบเทียบเป็นร้อยละ (%) ของแต่ละงาน

๗. รวมผลงานในแต่ละเดือนโดยคิดเป็นร้อยละ (%) ของทั้งโครงการไว้ในช่อง % แผนงานรวมรายเดือน พร้อมทั้งรวมตัวเลขหา % แผนงานสะสม

๘. Plot กราฟแผนงานโดยใช้แกนนอนเป็นหน่วยของเวลา และแกนตั้งเป็นเปอร์เซ็นต์แผนงานสะสม

CPM: Critical Path Method (วิถีวิกฤต)

CPM เป็นเส้นทางยาวที่สุดของกิจกรรมของโครงข่าย จากจุดเริ่มต้นจนถึงสุดท้ายของโครงการระยะเวลาทั้งหมดบนทางวิกฤต จะมี total float เป็นศูนย์ เป็นช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของโครงการ

Dummy arrow

เป็นลูกศรที่ใช้เส้นประแสดงในงานโครงข่าย เพื่อบอกความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อโครงการ เป็นกิจกรรมที่ไม่มีระยะเวลาและไม่มีจริง เป็นกิจกรรมสมมุติ จึงใช้เวลาทำงานเป็นศูนย์ ใช้สัญลักษณ์➔

Float

เป็นจำนวนเวลาของโครงการที่สามารถทำให้ช้าลงได้โดยไม่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของโครงการ คำนวณได้จากผลต่างของงานที่ต้องทำให้เสร็จทั้งหมดกับระยะเวลาที่ประเมินไว้

Critical path

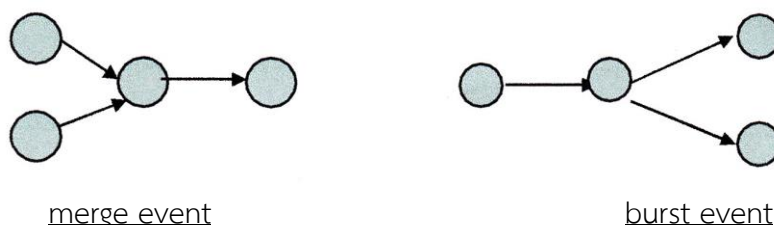
เส้นทางวิกฤต เป็นเส้นทางที่ยาวที่สุดของกิจกรรมของโครงข่ายงานจากจุดเริ่มต้น จนถึงจุดสุดท้ายของโครงการ

Network

Network คือ รูปที่เขียนบอกขั้นตอนการทำงานของโครงการ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของงานของโครงการว่างานใดจะต้องทำก่อน งานใดจะทำไปพร้อมกับงานอื่น งานใดจะต้องรองานอื่นๆ ให้เสร็จก่อนรูป network ที่ได้กำหนดเวลาปฏิบัติการแล้วจะเป็นแผนปฏิบัติการของโครงการนั้น

Events

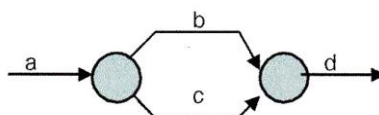
อาจแทนด้วยคำว่า node หรือ connector เป็นจุดที่ใช้แสดงจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดของงานถ้าจุด event แทนเวลาสิ้นสุดของงานมากกว่าหนึ่งงานขึ้นไปเรียกว่า จุดรวมตัว (merge event) และถ้าจุด event แทนเวลาเริ่มต้นของงานมากกว่าหนึ่งขึ้นไปเรียกว่า จุดแตกตัว (burst event) ดังรูป



รูป จุดรวมตัวและจุดแตกตัว

เกณฑ์การเขียนรูป network

๑. ก่อนที่งานใดจะเริ่มต้นได้จะต้องรอให้งานก่อนหน้านั้นสิ้นสุดก่อน
๒. ลูกศรใช้เขียนเพื่อแสดงความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานต่างๆ
 - หางลูกศร แสดงจุดเริ่มต้นของงาน
 - หัวลูกศร แสดงจุดสิ้นสุดของงาน
 - ความยาวลูกศร ไม่เกี่ยวกับระยะเวลาของงาน
๓. เส้นตรงหนึ่งเส้นที่เชื่อมจุด event ๒ จุด จะใช้แทนงาน ๒ งานไม่ได้ หรือเส้นตรง ๒ เส้นจะใช้แทนงานเดียวไม่ได้



งาน b และ c ถือว่าเป็นงานซ้อน (duplicate activity) เพราะถ้าป้อนข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ จะถือว่าเส้นตรงทั้ง ๒ เส้นเป็นงานอันเดียวกัน เพราะ

ประเภทงาน

code หมายเลข

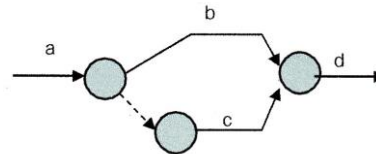
b

๒-๔

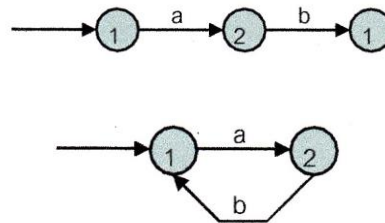
c

๒-๔

การแก้ปัญหาทำได้โดยเพิ่มจุด event หรือใช้งานดัมมี่ ดังนี้



๔. หมายเลขของจุด event จะซ้ำกันไม่ได้ เพราะจะทำให้เกิดวงจร (loop) ซึ่งโดยปกติจะเกิดเหตุการณ์นี้ไม่ได้ในธรรมชาติ และการวิเคราะห์ทั่วไป



จะกลายเป็น

๕. หมายเลขของจุด event ต้องเริ่มจากเลขน้อยที่ปลายลูกศร ไปสู่เลขมากกว่าทางหัวลูกศร

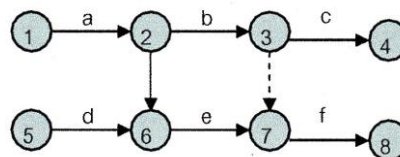
๖. ไม่ควรเขียนเส้นโค้ง

๗. ไม่ควรเขียนเส้นทับกัน

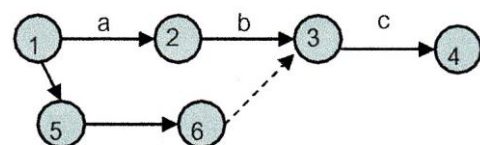
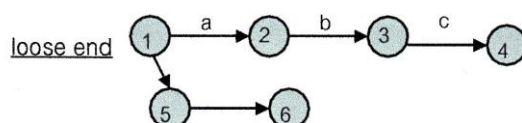
๘. รูป network จะต้องมียุคเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเพียงจุดเดียว

๙. หลักการใช้ dummy

- ใช้ dummy แสดงความสัมพันธ์ภายในของ activity เช่นในรูปของงาน a และ b จะต้องเสร็จก่อนที่งาน f จะเริ่มได้



- ใช้ dummy เพื่อแก้ปัญหา loose end หรือ dangle เพราะกิจกรรมสุดท้ายจะต้องมีลูกศรไปหาอีกกิจกรรมหนึ่ง



โครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอศถานนท์

วิเคราะห์โดยวิธี CPM กำหนดข่ายงานดังนี้

A = เตรียมงาน เช่น เคลียร์พื้นที่ , กำหนดแนวก่อสร้าง , หล่อเสา , หล่อแผงกันดิน , ก่อสร้างนั่งร้าน

B = งานก่อสร้างเขื่อนค.ส.ล.และท่อรวบรวมระบบสาธารณูปโภค ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร

B๑ = งานก่อสร้างและปรับปรุงเขื่อน ค.ส.ล. ตามแบบเลขที่ CK ๕๖๐๑

B๒ = งานก่อสร้างท่อรวบรวมระบบสาธารณูปโภค ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร

B๓ = งานก่อสร้างผนังก่ออิฐโชว์ลาย ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร

B๔ = บันได ค.ส.ล. ลงทำน้ำ จำนวน ๔ แห่ง

C = ก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสียและระบายน้ำ ความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร

C๑ = งานก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสียย่อย

C๒ = งานก่อสร้างระบบสูบน้ำเสีย

D = งานก่อสร้างและปรับปรุงภูมิทัศน์ริมคลองความยาวประมาณ ๑,๕๐๐ เมตร

D๑ = หมุดงานรื้อถอน

D๒ = หมุดงานโครงสร้างและพื้นผิว

D๓ = หมุดงานภูมิสถาปัตยกรรม

D๔ = หมุดงานไฟฟ้าแสงสว่างและไฟประดับ

E = งานปรับปรุงสะพานข้ามคลองโอ่งอ่าง จำนวน ๕ แห่ง

E๑ = งานตรวจสอบและประเมินสภาพความเสียหายก่อนการจัดซ่อม

E๒ = สะพานหิน จำนวน ๑ รายการ

E๓ = สะพานบพิตรพิมุข จำนวน ๑ รายการ

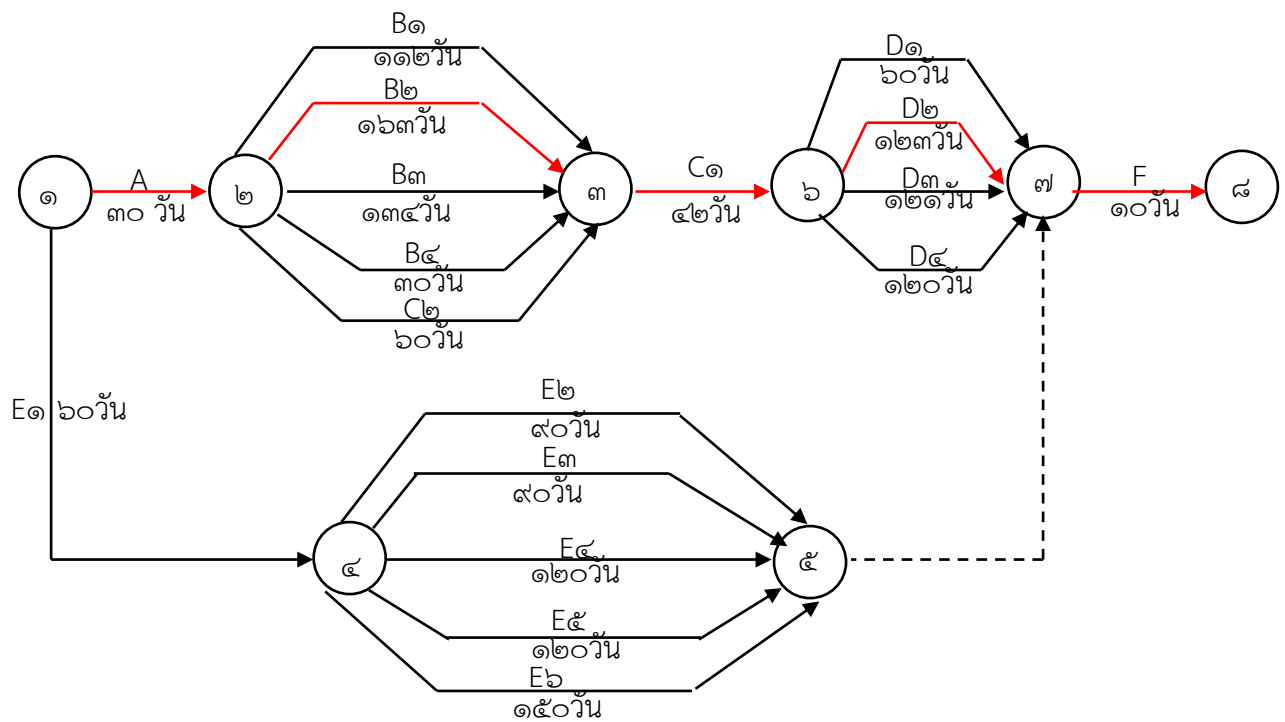
E๔ = สะพานโอศถานนท์ จำนวน ๑ รายการ

E๕ = สะพานดำรงสถิต จำนวน ๑ รายการ

E๖ = สะพานภาณุพันธุ์ จำนวน ๑ รายการ

F = เก็บงาน

แผนผังข่ายงานโครงการปรับปรุงภูมิทัศน์คลองโอ่งอ่างจากบริเวณสะพานดำรงสถิตถึงบริเวณสะพานโอสถานนท์



สายงานวิกฤตของโครงการ คือ เส้นทาง A B๒ C๑ D๒ F ที่เป็นเส้นทางของงานวิกฤต และเป็นเส้นทางที่ใช้เวลาในการดำเนินโครงการนานที่สุด คิดรวมเป็นระยะเวลา ๓๖๘ วัน

ภาคผนวก จ

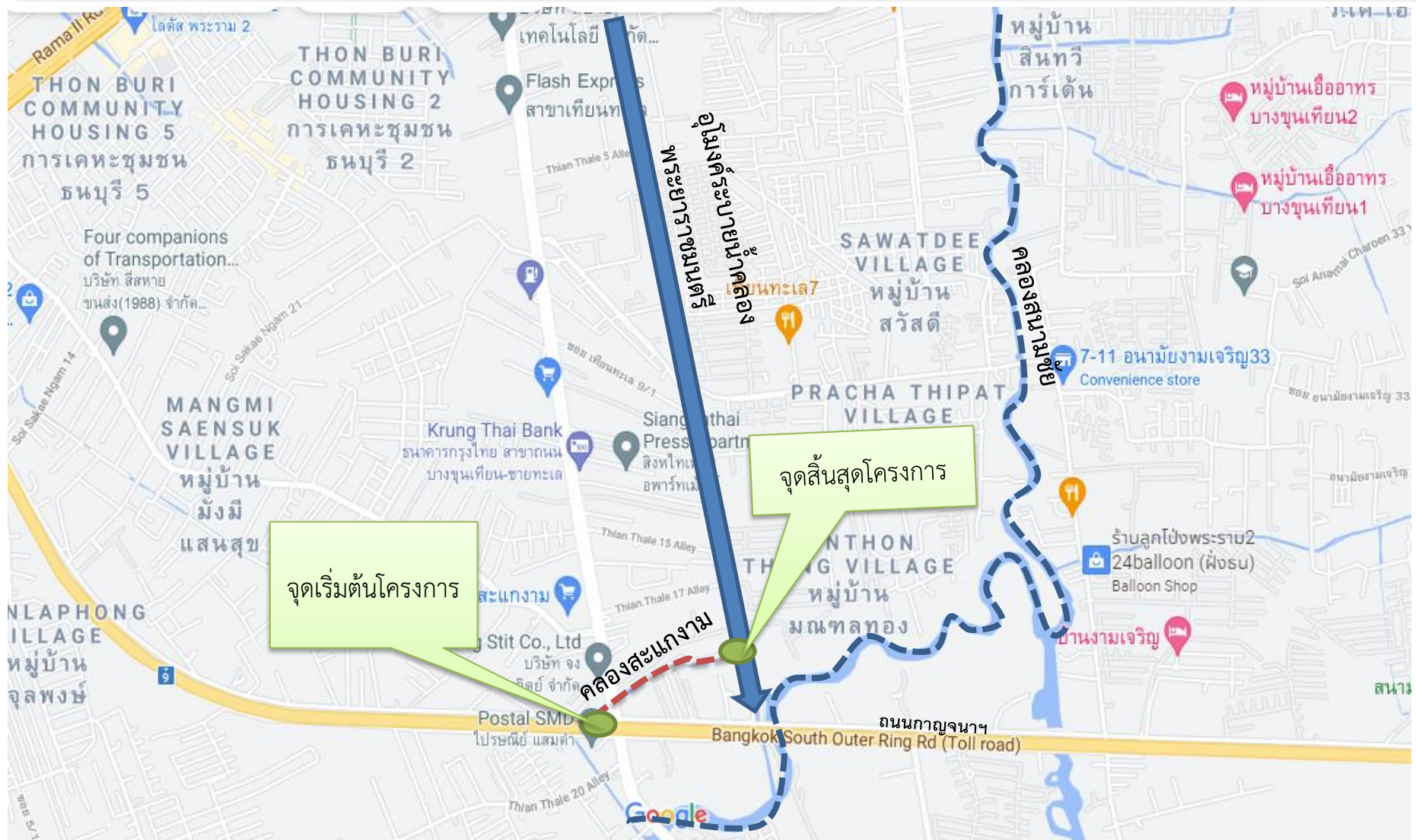
ศึกษาแผนการพัฒนาระบบระบายน้ำเพื่อแก้ไขจุดอ่อนน้ำท่วมโดยอาศัยระบบคลองสายหลักในพื้นที่เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอนและเขตบางขุนเทียน

- แผนผังคลองที่เสนอตามพื้นที่จุดอ่อนน้ำท่วม
- แนวความคิดและแนวทางการกำหนดรูปแบบเขื่อน

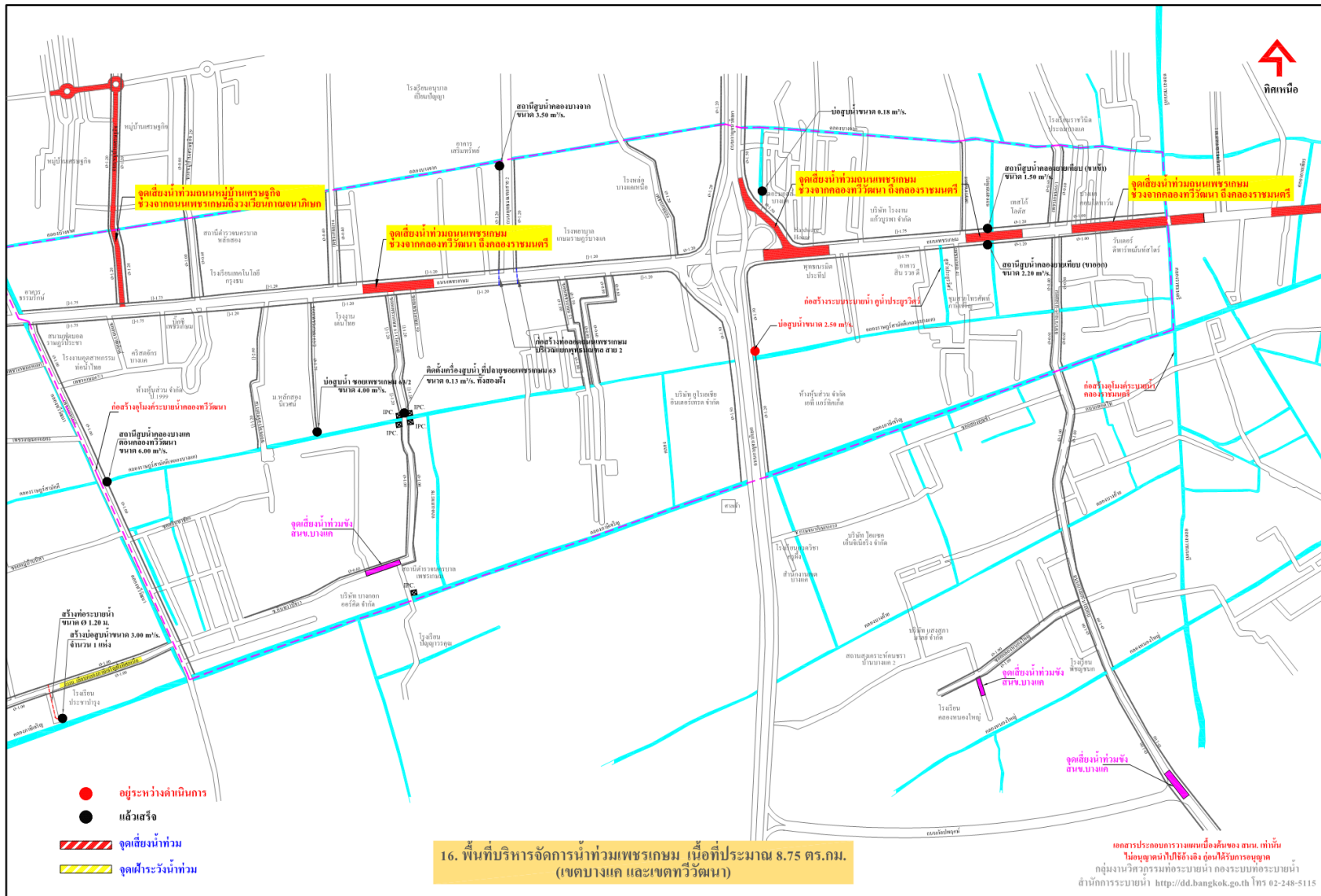
คลองที่เสนอในพื้นที่จุดเสี่ยงน้ำท่วม จุดเฝ้าระวังน้ำท่วม เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอนและเขตบางขุนเทียน



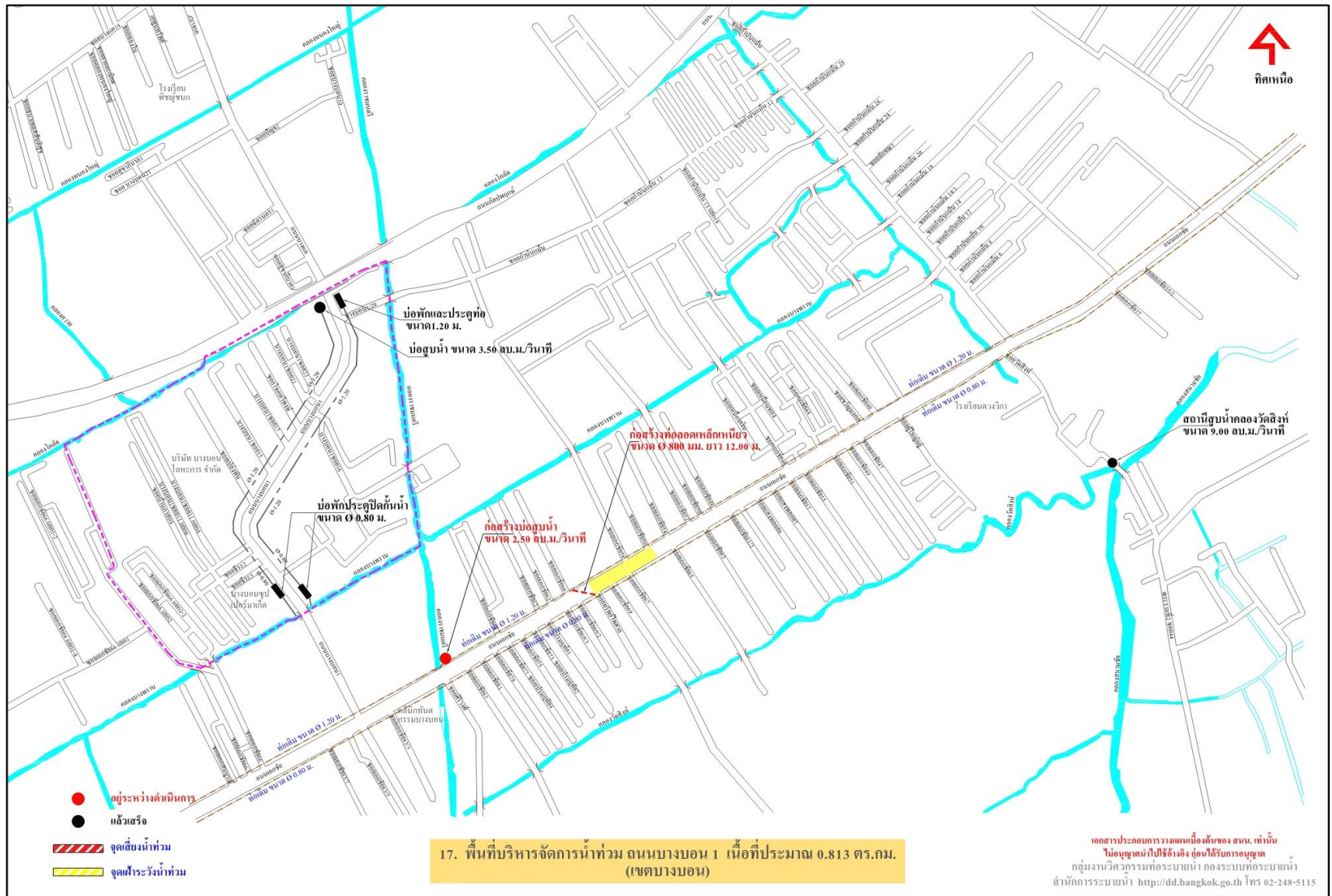
คลองที่เสนอในพื้นที่จุดเสี่ยงน้ำท่วม จุดเฝ้าระวังน้ำท่วม เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตบางบอนและเขตบางขุนเทียน



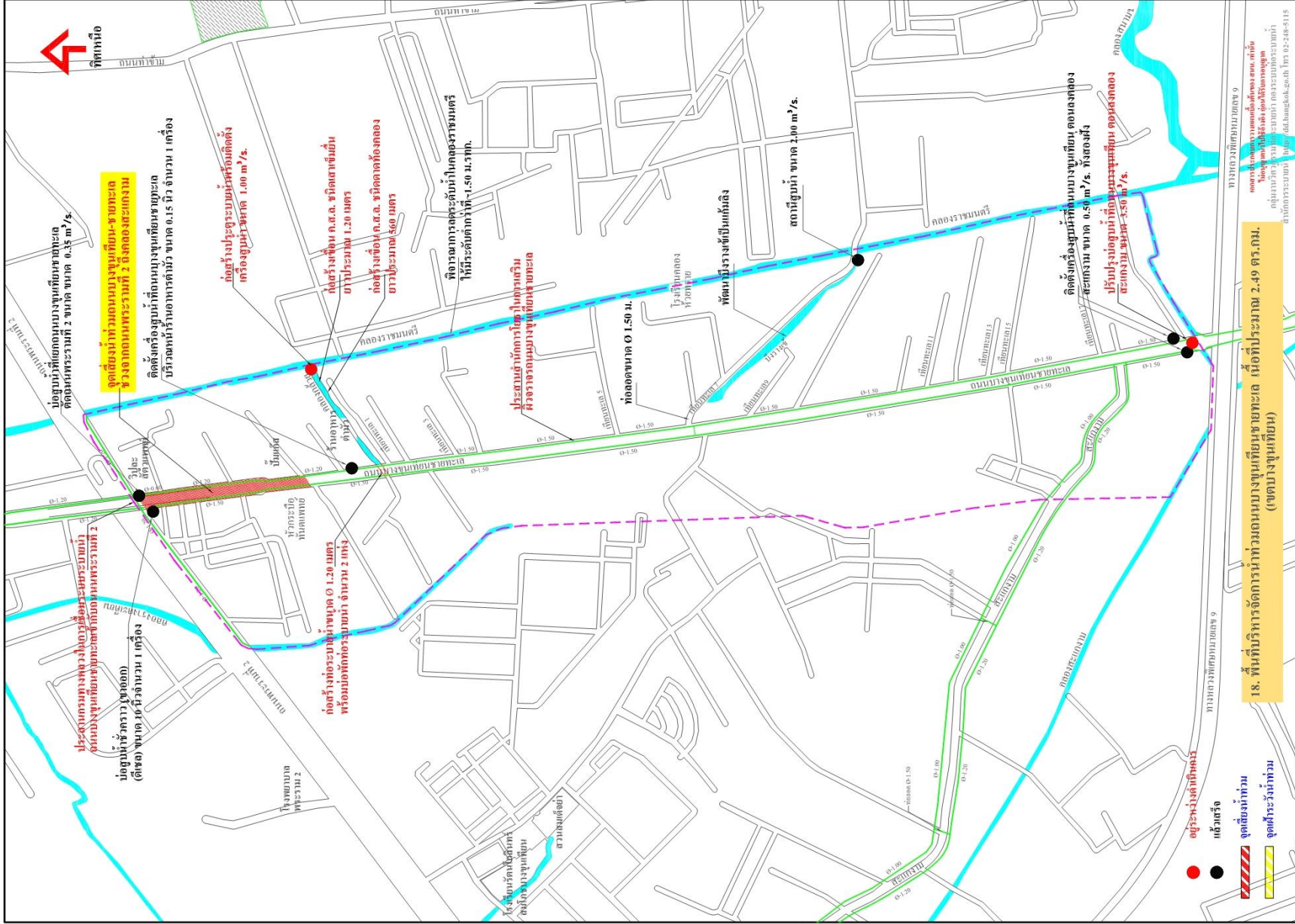
แผนผังแสดง จุดเสี่ยงน้ำท่วม เขตภาษีเจริญ และจุดเฝ้าระวังน้ำท่วม เขตบางแค



แผนผังแสดง จุดเสี่ยงน้ำท่วม เขตบางบอน



แผนผังแสดง จุดเฝ้าระวังน้ำท่วม เขตบางขุนเทียน



แนวความคิดและแนวทาง

การกำหนดรูปแบบเขื่อนคลอง คลองบางอ้าย คลองบางระเนนน้อย คลองหนองใหญ่ คลองบางไทร และ คลองบางโคล่

๑. ความเป็นมา : จะก่อสร้างปรับปรุงคลองเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการระบายน้ำ
๒. วัตถุประสงค์ : ได้คลองที่มั่นคงแข็งแรง/ตัดปัญหาการบุกรุก/ระบายน้ำได้ตามข้อกำหนด
๓. เป้าหมาย : ข้อกำหนดระบายน้ำฝนที่ความเข้มฝน ๑๐๐ มม.
๔. แนวทาง : (๑) สามารถระบายน้ำได้ตามแนวทางที่กำหนด
(๒) สามารถใช้คลองเพิ่มปริมาตรเก็บกักน้ำชั่วคราว (แก้มลิง)

- ความกว้างคลองบางอ้าย กว้างเฉลี่ย ๕ เมตร
- ความกว้างคลองบางระเนนน้อย กว้างเฉลี่ย ๙.๕ เมตร
- ความกว้างคลองหนองใหญ่ กว้างเฉลี่ย ๘ เมตร
- ความกว้างคลองบางไทร กว้างเฉลี่ย ๗ เมตร
- ความกว้างคลองบางโคล่ กว้างเฉลี่ย ๘ เมตร
- กรณีขุดลอกคลอง -๒.๐๐ ม.รทก. ยอมให้น้ำขึ้นมาถึงที่ระดับ +๑.๐๐ ม.รทก. จะมีค่า effective depth ประมาณ +๓.๐๐ ม.รทก.
- ดังนั้น ได้พื้นที่การไหล $A = (๕+๙.๕+๘+๗+๘) \times ๓.๐๐ = ๑๑๒.๕$ ตารางเมตร
- ความเร็วการไหลในคลอง Varies ได้ประมาณ ๐.๕ เมตร/วินาที
- ดังนั้น จะได้ Q ในคลอง บางอ้าย+บางระเนน+หนองใหญ่+บางไทร+บางโคล่ = $๑๑๒.๕ \times ๐.๕ = ๕๖.๒๕$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
คิดพื้นที่อิทธิพลรับน้ำ ประมาณ ๘.๐ ตารางกิโลเมตร

คิดปริมาณน้ำท่า จากฝนที่เกิดจากรอบการเกิดซ้ำที่ ๕ ปี เท่ากับ ๑๐๐.๐๘ มิลลิเมตร/วัน

- หากเกิดฝนตกหนักมาก = ๑๐๐ มม. / วัน ทั้งพื้นที่ (ฝนตกภายใน ๓ ชม.)

$$Q \text{ ที่ไหลลงสู่คลองเฉลี่ย} \cong \frac{(๘ \times ๑๐๐)}{๑,๐๐๐} \times ๑,๐๐๐,๐๐๐ = ๘๐๐,๐๐๐ \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

เมื่อคิดน้ำท่าไหลออกมา (คิดเป็น ๗๐ % ของพื้นที่) = $๐.๗ \times ๘๐๐,๐๐๐ = ๕๖๐,๐๐๐$ ลูกบาศก์เมตร

คิดปริมาณน้ำกักเก็บ (Storage)

- ถ้าลดระดับน้ำที่ - ๑.๕๐ ม.รทก. ยอมให้น้ำขึ้นมาถึงที่ระดับ + ๑.๐๐ ม.รทก.
- ความกว้างเฉลี่ยของคลองเท่ากับ ๗.๕๐ เมตร ความยาวรวม เท่ากับ ๑๐.๑๔ กิโลเมตร

Storage	$\cong$	๗.๕๐ ม. x ๒.๕ ม. x ๑๐,๑๔๑ ม.
(แก้มลิง)	=	๑๙๐,๑๔๓ ม. ^๓

$$\begin{aligned}\text{Storage Required ต้องไม่น้อยกว่า} &= ๕๖๐,๐๐๐ - ๑๙๐,๑๔๓ \\ &= ๓๖๙,๘๕๗ \text{ ลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

จึงเลือกใช้

รูปแบบเขื่อน ค.ส.ล. ตามแบบ RB ๑๕๑๖๐๔-๐๑ รองรับการขุดลอกได้ทีละระดับ - ๒.๐๐ ม.รทก.
(ลดระดับน้ำที่ - ๑.๕๐ ม.รทก. และยอมให้น้ำขึ้นถึงระดับ + ๑.๐๐ ม.รทก.)

ดังนั้นจะต้องสูบน้ำออกอีก ๓๖๙,๘๕๗ ลูกบาศก์เมตร

ฉะนั้นจะต้อง ก่อสร้างสถานีสูบน้ำที่ปลายคลองทั้งสองด้าน

โดยใช้ปั๊มน้ำมีกำลังสูบ ๓ ม.^๓ /sec จำนวน $\frac{๓๖๙,๘๕๗}{(๓ \times ๖๐ \times ๖๐) \times ๒} = ๑๗$ เครื่อง / ใช้เวลาสูบ ๒ ชั่วโมง

ฉะนั้น

1. จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่ปลายคลองบางอ้าย สูบออกทางคลองพระยาราชมนตรี ขนาด 3 ม.^๓ /sec จำนวน 3 เครื่อง
2. จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่ปลายคลองบางระแนะน้อย สูบออกทางคลองพระยาราชมนตรี ขนาด 3 ม.^๓ /sec จำนวน 2 เครื่อง
3. จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่ปลายคลองหนองใหญ่ สูบออกทางคลองพระยาราชมนตรี ขนาด 3 ม.^๓ /sec จำนวน 3 เครื่อง
4. จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่ปลายคลองบางไทร สูบออกทางคลองพระยาราชมนตรี ขนาด 3 ม.^๓ /sec จำนวน 3 เครื่อง
5. จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่ปลายคลองบางโคลัด สูบออกทางคลองพระยาราชมนตรีทั้ง 2 ด้าน ขนาด 3 ม.3 /sec จำนวน 6 เครื่อง
6. ติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำเพื่อรักษาอัตราการไหลให้คงที่เป็นช่วงๆตลอดความยาวคลอง

หมายเหตุ

โดยที่จะต้องพัฒนาร่วมกับการก่อสร้างเขื่อน ค.ส.ล. คลองพระยาราชมนตรี

จากคลองภาษีเจริญถึงบริเวณบางโคลัด (ถนนกัลปพฤกษ์) ให้สามารถรองรับการขุดลอกได้ถึงระดับ - 2.50 ม.รทก. จะทำให้สามารถรองรับน้ำเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 60,000 ม.^๓ ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีเขื่อนป้องกันน้ำท่วม และช่วยในการส่งน้ำจากคลองพระยาราชมนตรีลงสู่อุโมงค์พระยาราชมนตรีที่จะกำลังก่อสร้างในอนาคตและ กรณีฝนตกหนักมาก (๑๐๐ มม. เกินกว่า ๓ ชม.) จะต้องไม่ระบายน้ำผ่านคลองโดยตรงต้องจัดหาแก้มลิง (Water Bank) ในพื้นที่เอกชนที่ยินยอม และเพิ่มแก้มลิงบริเวณบึงรับน้ำในพื้นที่ของกรมทางหลวงจะได้ช่วยกักเก็บชะลอน้ำก่อนระบายลงคลองอีกทางหนึ่ง

แนวความคิดและแนวทาง

การกำหนดรูปแบบเขื่อนคลอง คลองบางพราน คลองบางบอน คลองวัดสิงห์ และคลองสี่บาท

ความเป็นมา	:	จะก่อสร้างปรับปรุงคลองเพื่อเพิ่มขีดความสามารถระบายน้ำ
วัตถุประสงค์	:	ได้คลองที่มั่นคงแข็งแรง/ตัดปัญหาการบุกรุก/ระบายน้ำได้ตามข้อกำหนด
เป้าหมาย	:	ข้อกำหนดระบายน้ำฝนที่ความเข้มฝน ๑๐๐ มม.
แนวทาง	:	(๑) สามารถระบายน้ำได้ตามแนวทางที่กำหนด (๒) สามารถใช้คลองเพิ่มปริมาตรเก็บกักน้ำชั่วคราว (แก้มลิง)

- ความกว้างคลองบางพราน กว้างเฉลี่ย ๖.๕ เมตร
- ความกว้างคลองบางบอน กว้างเฉลี่ย ๘.๕ เมตร
- ความกว้างคลองวัดสิงห์ กว้างเฉลี่ย ๗.๐ เมตร
- ความกว้างคลองสี่บาท กว้างเฉลี่ย ๗.๐ เมตร
- กรณีขุดลอกคลอง -๒.๕๐๐ ม.รทก. ยอมให้น้ำขึ้นมาถึงที่ระดับ +๑.๐๐ ม.รทก. จะมีค่า effective depth ประมาณ +๓.๕๐ ม.รทก.
- ดังนั้น ได้พื้นที่การไหล $A = (๖.๕ + ๘.๕ + ๗.๐ + ๗.๐) \times ๓.๕๐ = ๑๐๑.๕$ ตารางเมตร
- ความเร็วการไหลในคลอง Varies ได้ประมาณ ๐.๕ เมตร/วินาที
- ดังนั้น จะได้ Q ในคลอง บางพราน+บางบอน+วัดสิงห์+สี่บาท = $๑๐๑.๕ \times ๐.๕ = ๕๐.๗๕$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

คิดพื้นที่อิทธิพลรับน้ำ ประมาณ ๑๓.๕ ตารางกิโลเมตร

คิดปริมาณน้ำท่า จากฝนที่เกิดจากรอบการเกิดซ้ำที่ ๕ ปี เท่ากับ ๑๐๐.๐๘ มิลลิเมตร/วัน

- หากเกิดฝนตกหนักมาก = ๑๐๐ มม. / วัน ทั้งพื้นที่ (ฝนตกภายใน ๓ ชม.)

$$Q \text{ ที่ไหลลงสู่คลองเฉลี่ย} \cong \frac{(๑๓.๕ \times ๑๐๐)}{๑,๐๐๐} \times ๑,๐๐๐,๐๐๐ = ๑,๓๕๐,๐๐๐ \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

เมื่อคิดน้ำท่าไหลออกมา (คิดเป็น ๗๐ % ของพื้นที่) = $๐.๗ \times ๑,๓๕๐,๐๐๐ = ๙๔๕,๐๐๐$ ลูกบาศก์เมตร

คิดปริมาณน้ำกักเก็บ (Storage)

- ถาลดระดับน้ำที่ - ๒.๐๐ ม.รทก. ยอมให้น้ำขึ้นมาถึงที่ระดับ + ๑.๐๐ ม.รทก.

ความกว้างเฉลี่ยของคลองเท่ากับ ๗.๒๕ เมตร ความยาวรวม เท่ากับ ๑๔.๔๖ กิโลเมตร

Storage	$\cong$	๗.๒๕ ม. x ๓.๐ ม. x ๑๔,๔๖๐ ม.
	=	๓๑๔,๕๐๕ ม. ^๓

$$\begin{aligned}\text{Storage Required ต้องไม่น้อยกว่า} &= ๙๔๕,๐๐๐ - ๓๑๔,๕๐๕ \\ &= ๖๓๐,๔๙๕ \text{ ลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

จึงเลือกใช้

รูปแบบเขื่อน ค.ส.ล. ตามแบบ RB ๑๕๑๖๐๕-๐๔ รองรับการขุดลอกได้ทุกระดับ - ๒.๕๐ ม.รทก. (ลดระดับน้ำที่ - ๒.๐๐ ม.รทก. และยอมให้น้ำขึ้นถึงระดับ + ๑.๐๐ ม.รทก.)

ดังนั้นจะต้องสูบน้ำออกอีก ๖๓๐,๔๙๕ ลูกบาศก์เมตร

ฉะนั้นจะต้อง ก่อสร้างสถานีสูบน้ำที่ปลายคลองทั้งสองด้าน

โดยใช้ปั๊มน้ำกำลังสูบ ๓ ม.^๓ /sec จำนวน $\frac{๖๓๐,๔๙๕}{(๓ \times ๖๐ \times ๖๐) \times ๒} = ๒๙$ เครื่อง / ใช้เวลาสูบ ๒ ชั่วโมง

หมายเหตุ เนื่องจากบริเวณปากคลองวัดสิงห์และปากคลองสี่บาท มีป้อมอยู่แล้ว ขนาด ๓ ม.^๓ /sec คลองละ ๓ ตัว ทั้งหมดจำนวน ๖ ตัว บริเวณปากคลองสนามชัย ดังนั้น จึงเหลือความต้องการปั๊มน้ำขนาดกำลังสูบ ๓ ม.^๓ /sec

จำนวน $(๒๙ - ๖) = ๒๓$ ตัว

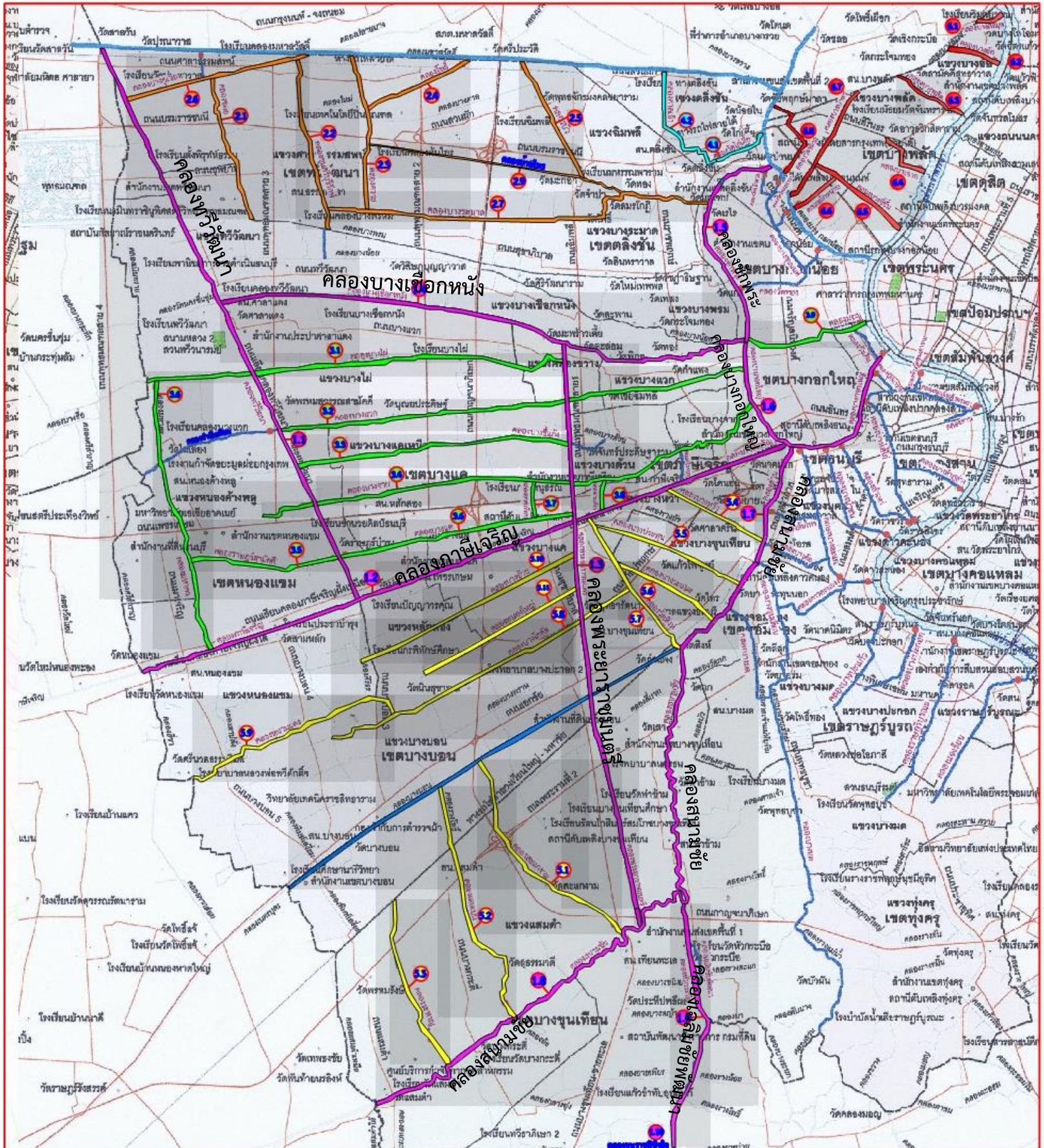
ฉะนั้น

1. จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่ปลายคลองบางพราน สูบน้ำออกทางคลองพระยาราชมนตรี ทั้ง 2 ด้าน ขนาด 3 ม.^๓ /sec จำนวน 7 เครื่อง
2. จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่ปลายคลองบางบอน สูบน้ำออกทางคลองพระยาราชมนตรี ขนาด 3 ม.^๓ /sec จำนวน 6 เครื่อง
3. จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่ปลายคลองวัดสิงห์ สูบน้ำออกทางคลองพระยาราชมนตรี ขนาด 3 ม.^๓ /sec จำนวน 3 เครื่อง
4. จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่ปลายคลองสี่บาท สูบน้ำออกทางคลองพระยาราชมนตรี ทั้ง 2 ด้าน ขนาด 3 ม.^๓ /sec จำนวน 7 เครื่อง

หมายเหตุ โดยที่จะต้องพัฒนาร่วมกับการก่อสร้างเขื่อน ค.ส.ล. คลองพระยาราชมนตรี จากคลองบางโคล่ถึงบริเวณคลองสี่บาท (ถนนพระราม2) ให้สามารถรองรับการขุดลอกได้ถึงระดับ - 3.00 ม.รทก. จะทำให้สามารถรองรับน้ำเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 160,000 ม.^๓ ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีเขื่อนป้องกันน้ำท่วม และช่วยในการส่งน้ำจากคลองพระยาราชมนตรีลงสู่อุโมงค์พระยาราชมนตรีที่จะกำลังก่อสร้างในอนาคตและ กรณีฝนตกหนักมาก (๑๐๐ มม. เกินกว่า ๓ ชม.) จะต้องไม่ระบายน้ำผ่านคลองโดยตรงต้องจัดหาแก้มลิง (Water Bank) ในพื้นที่เอกชนที่ยินยอมและเพิ่มแก้มลิงบริเวณบึงรับน้ำในพื้นที่ของกรมทางหลวงจะได้ช่วยกักเก็บชะลอน้ำก่อนระบายลงคลองอีกทางหนึ่ง

ในส่วนคลองพระยาราชมนตรีจากถนนพระรามที่2 ไปจนถึง สถานีสูบน้ำคลองพระยาราชมนตรี ซึ่งช่วงดังกล่าวได้มีการก่อสร้างเขื่อนของสำนักการระบายน้ำเรียบร้อยแล้ว มีความยาวคลองประมาณ 3,500 เมตร สามารถรองรับน้ำเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 280,000 ม.^๓

แผนที่คลองสายหลัก-สายรองในพื้นที่ฝั่งธนบุรี



แผนที่แสดงคลองสายหลัก - สายรองในพื้นที่ฝั่งธนบุรี

หมายสีแนวคลองที่แสดงจากแผนที่ :

- คลองสายหลักในแนวเหนือ-ใต้เพื่อช่วยรับน้ำจากคลองมหาสวัสดิ์ และในพื้นที่ระบายน้ำสู่แก้มลิงคลองสนามชัย-มหาชัยและลงสู่ทะเลอ่าวไทย
- คลองสายรองที่รับน้ำจากคลองมหาสวัสดิ์ และในพื้นที่ที่บริเวณคลอง-คลังขึ้น ลงสู่คลองสายหลัก
- คลองสายรองที่รับน้ำจากพื้นที่ลุ่มต่ำ ท้องแถม, บางแค, ภาษีเจริญ เช่นหมู่บ้านเศรษฐกิจ และหมู่บ้านระหว่างถนนพุทธมณฑลสาย 2 กับสาย 3 ลงสู่คลองสายหลัก
- คลองสายรองที่รับน้ำจากพื้นที่ลุ่มต่ำ ภาษี-สวนผัก ลงสู่คลองสายหลัก
- คลองสายรองที่รับน้ำจากตอนล่างคลองภาษีเจริญลงสู่คลองสายหลักตอนล่าง เพื่อระบายลงสู่แก้มลิงคลองสนามชัย-มหาชัย และลงสู่ทะเลอ่าวไทย
- คลองสายรองที่รับน้ำจากพื้นที่ได้ทางรถไฟสายใต้ และรับน้ำจากพื้นที่อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี เพื่อป้องกันน้ำท่วมพื้นที่เขตบางพลัด

คลองสายหลักในพื้นที่ฝั่งธนบุรี

จ - ๑๒

ที่ควรดำเนินการก่อสร้างเขื่อนริมตลิ่งให้แล้วเสร็จตลอดแนวคลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการระบายน้ำ

ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ จุดลอก (รทก.)	ไม่มี เขื่อน	รูปแบบเขื่อน ที่นำเสนอ
	แนวเหนือ - ใต้							
๑	คลองทวีวัฒนา	ซอยเพชรเกษม๖๙	คลองภาษีเจริญ	๖ - ๑๐	๑,๙๖๐	-๒.๕๐	✓	RB181805-04
๒	คลองพระยาราชมนตรี	คลองบางเชือกหนัง	คลองบางบอน	๕ - ๒๐	๗,๙๘๐	-๒.๐๐	✓	RB.131604-04
๓	คลองบางกอกใหญ่	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองด่าน	๒๐ - ๔๐	๓,๔๘๐	-๓.๐๐	✓	RB181806-01
๔	คลองชักพระ	คลองบางกอกน้อย	คลองบางกอกใหญ่	๕ - ๓๕	๕,๑๘๐	-๒.๕๐	✓	RB181805-05
๕	คลองเฉลิมชัยพัฒนา	คลองสนามชัย	คลองห้วยกระบือ	๓๐ - ๕๐	๒,๐๘๐	-๒.๕๐	✓	RB181805-04
	แนวตะวันออก - ตะวันตก							
๖	คลองบางเชือกหนัง	คลองทวีวัฒนา	คลองบางกอกใหญ่	๖ - ๒๐	๑๒,๕๔๐	-๒.๐๐	✓	RB.131604-04
๗	คลองภาษีเจริญ	คลองบางกอกใหญ่	สุดเขตกรุงเทพมหานคร	๑๖ - ๓๐	๑๕,๓๘๐	-๒.๕๐	✓	RB181806-02
๘	คลองสนามชัย	คลองวัดสิงห์	สุดเขตกรุงเทพมหานคร	๑๕ - ๔๐	๑๗,๑๕๐	-๒.๕๐	✓	RB181805-04

หมายเหตุ: รูปแบบเขื่อนที่นำเสนอเป็นเพียงการแนะนำควรมีการเจาะสำรวจดินจากหน้างานจริงเพื่อนำคุณสมบัติดินทางวิศวกรรม มาออกแบบเพื่อให้ได้รูปแบบเขื่อนที่เหมาะสม

ลักษณะกายภาพ กว้าง ยาว ค่าระดับชุดลอก เชื่อนริมตลิ่ง
ของคลองในพื้นที่ฝั่งธนบุรี ที่อยู่ในความดูแล ของสำนักการระบายน้ำ
จำนวนทั้งสิ้น ๑๕ เขต

๑.เขตคลองสาน								จ - ๑๔	
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ								
๑	คลองข้างวัดอนงค์คาราม(คลองตลาดสมเด็จพระ)	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองสมเด็จพระเจ้าพระยา	๙ - ๑๔	๔๘๐	-๑.๕๐			✓
๒	คลองบางลำภูล่าง	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองบางไส้ไก่	๒ - ๖	๑,๘๕๐	-๑.๕๐			✓
๓	คลองสมเด็จพระเจ้าพระยา	คลองสาน	ถนนประชาธิปไตย	๗ - ๑๑	๑,๔๓๐	-๑.๕๐	✓		
๔	คลองสาน	แม่น้ำเจ้าพระยา	ซอยจันทร์สถิตย์	๓ - ๑๕	๘๕๐	-๑.๗๐			✓
๒.เขตจอมทอง									
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ								
๑	คลองด่าน	คลองวัดนางชี	คลองสนามชัย	๑๓ - ๑๘	๒,๑๐๐	-๒.๐๐		✓	
๒	คลองดาวคะนอง	ถนนสมเด็จพระเจ้าตากสิน	คลองบางขุนเทียน	๒๕ - ๓๕	๑,๗๔๐	-๒.๕๐		✓	
๓	คลองตันไทร	คลองด่าน	คลองบางสะแก	๔ - ๖	๑,๒๗๐	-๑.๕๐		✓	
๔	คลองบางขุนเทียน	คลองสนามชัย	คลองบางมด	๑๐ - ๒๒	๓,๘๒๐	-๒.๐๐		✓	
๕	คลองบางค้อ	คลองด่าน	คลองบางสะแก	๔ - ๘	๑,๗๒๐	-๑.๕๐	✓		
๖	คลองบางประทุน	คลองสนามชัย	คลองตาน้ำ	๔ - ๑๐	๒,๘๘๐	-๑.๕๐		✓	
๗	คลองบางปะแก้ว	ถนนสุขสวัสดิ์	คลองลัดขีเหล็ก	๑๕ - ๒๕	๒,๑๘๐	-๒.๐๐		✓	
๘	คลองบางมด	คลองสนามชัย	คลองตาสูก	๖ - ๑๕	๔,๐๐๐	-๒.๐๐		✓	
๙	คลองบางระแนะ	คลองสนามชัย	คลองตาน้ำ	๖ - ๑๒	๒,๖๘๐	-๑.๕๐		✓	
๑๐	คลองบางหว้า	คลองด่าน	คลองสวนหลวง	๖ - ๑๐	๑,๖๐๐	-๑.๕๐			✓
๑๑	คลองสนามชัย	คลองด่าน	คลองวัดสิงห์	๑๕ - ๒๕	๒,๖๐๐	-๒.๕๐		✓	
๑๒	คลองบางสะแก	คลองดาวคะนอง	คลองวัดใหม่ยายนุ้ย	๕ - ๑๐	๒,๐๒๐	-๑.๕๐	✓		
๓.เขตตลิ่งชัน									
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ								
๑	คลองชักพระ	คลองบางกอกน้อย	คลองบางกอกใหญ่	๕ - ๓๕	๕,๑๘๐	-๒.๕๐		✓	
๒	คลองบัว	คลองมหาสวัสดิ์	คลองบ้านไทร	๖ - ๑๕	๓,๐๐๐	-๑.๕		✓	
๓	คลองบางระมาด	คลองชักพระ	ถนนกาญจนาภิเษก	๑๐ - ๒๐	๕,๘๕๐	-๑.๕		✓	
๔	คลองวัดไ้เตี้ย	คลองบางกอกน้อย	คลองศาลเจ้า	๓ - ๖	๑,๓๕๐	-๑.๕		✓	
๕	คลองศาลเจ้า	คลองมหาสวัสดิ์	คลองวัดไ้เตี้ย	๔ - ๙	๓,๔๐๐	-๑.๕		✓	

๔.เขตทวีพัฒนา							จ - ๑๕		
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ								
๑	คลองขุนศรีบุรีรักษ์	คลองมหาสวัสดิ์	คลองบางพรหม	๖ - ๑๕	๔,๒๕๐	-๑.๕๐		✓	
๒	คลองควาย	คลองมหาสวัสดิ์	คลองบางระมาด	๖ - ๑๕	๓,๖๐๐	-๑.๕๐		✓	
๓	คลองซอย	คลองมหาสวัสดิ์	คลองบางพรหม	๖ - ๑๔	๔,๑๐๐	-๑.๕๐		✓	
๔	คลองทวีพัฒนา	คลองมหาสวัสดิ์	คลองบางไผ่	๑๐ - ๓๕	๘,๐๓๐	-๒.๕๐	✓		
๕	คลองบางคูเวียง	คลองขุนศรีบุรีรักษ์	สุดเขตกรุงเทพมหานคร	๕ - ๑๔	๔,๑๘๐	-๑.๕๐		✓	
๖	คลองบางระมาด	ถนนกาญจนาภิเษก	คลองขุนศรีบุรีรักษ์	๖ - ๑๕	๓,๕๕๐	-๑.๕๐		✓	
๗	คลองโพธิ์	คลองมหาสวัสดิ์	คลองควาย	๖ - ๑๒	๒๕๘๐	-๑.๕๐		✓	
๕.เขตทุ่งครุ									
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ								
๑	คลองแจ่งร้อน	ซอยสุขสวัสดิ์ ๖๒	คลองขวาง	๔ - ๖	๑,๔๕๐	-๑.๕๐		✓	
๒	คลองราษฎร์บูรณะ	คลองข้างโรงเรียนขจรโรจน์	สวนธนบุรีรมย์	๔ - ๖	๘๕๐	-๑.๕๐		✓	
๓	คลองบางมด	ซอยพุทธบูชา ๒๔	คลองค้ำคาว	๖ - ๑๒	๖,๐๐๐	-๑.๕๐		✓	
๖.เขตธนบุรี									
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ								
๑	คลองบางน้ำชน	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองบางกอกใหญ่	๔ - ๑๔	๒,๙๒๐	-๑.๕๐	✓		
๒	คลองบางสะแก	คลองวัดใหม่ยายนุ้ย	คลองบางกอกใหญ่	๕ - ๖	๑,๓๑๐	-๑.๕๐	✓		
๓	คลองบางไส้ไก่	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองบางกอกใหญ่	๕ - ๙	๓,๑๖๐	-๑.๕๐	✓		
๔	คลองบุปผาราม	คลองบางกอกใหญ่	คลองสมเด็จพระเจ้าพระยา	๖ - ๘	๖๐๐	-๑.๐๐	✓		
๕	คลองสมเด็จพระเจ้าพระยา	ถนนประชาธิปไตย	คลองบางไส้ไก่	๔ - ๖	๑,๐๘๐	-๑.๕๐	✓		
๖	คลองสำเภา	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองบางกอกใหญ่	๘ - ๑๖	๒,๗๓๐	-๑.๕๐	✓		
๗.เขตบางกอกน้อย									
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ								
๑	คลองผักหนาม	ถนนบรมราชชนนี	คลองบางกอกน้อย	๔ - ๘	๙๗๐	-๒.๕๐	✓		
๒	คลองบางขุนนนท์	คลองบางกอกน้อย	คลองวัดทอง	๓ - ๙	๑,๗๖๐	-๑.๕๐	✓		
๓	คลองบางบำหรุ	ถนนบรมราชชนนี	คลองบางกอกน้อย	๖ - ๑๒	๘๗๐	-๑.๕๐	✓		
๔	คลองวัดเจ้าอาาม	คลองชักพระ	ถนนบางขุนนนท์	๔ - ๘	๗๕๐	-๑.๕๐			✓
๕	คลองวัดใหม่แก้วนา	คลองบางกอกน้อย	คลองบางขุนนนท์	๓ - ๘	๑,๒๙๐	-๑.๕๐		✓	
๖	คลองวัดพิบูล	ถนนบรมราชชนนี	คลองบางกอกน้อย	๓ - ๗	๖๔๐	-๑.๕๐	✓		
๗	คลองวัดทอง	คลองบางกอกน้อย	คลองชักพระ	๔ - ๘	๒,๕๔๐	-๑.๕๐	✓		

๘.เขตบางกอกใหญ่								จ - ๑๖	
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ								
๑	คลองบางกอกใหญ่	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองด่าน	๒๐ - ๔๐	๓,๔๘๐	-๓.๐๐		✓	
๒	คลองมอญ	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองบางกอกใหญ่	๑๐ - ๒๕	๓,๐๒๐	-๒.๕๐			✓
๓	คลองวังเดิม	คลองมอญ	คลองบางกอกใหญ่	๔ - ๑๐	๙๕๐	-๑.๕๐			✓
๙.เขตบางขุนเทียน									
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ								
๑	คลองขุนราชพินิจใจ	คลองหวักระบือ	สุดเขตกรุงเทพมหานคร	๘ - ๘๐	๑๒,๓๗๐	-๓.๐๐		✓	
๒	คลองเฉลิมชัยพัฒนา	คลองสนามชัย	คลองหวักระบือ	๓๐ - ๕๐	๒,๐๘๐	-๒.๕๐		✓	
๓	คลองบางมด	คลองตาสูก	คลองสวน	๘ - ๒๕	๗,๒๕๐	-๒.๕๐		✓	
๔	คลองพระยาราชมนตรี	ทางรถไฟสายมหาชัย	คลองสนามชัย	๑๐ - ๓๐	๔,๘๔๐	-๒.๕๐			✓
๕	คลองระหาญ	ทางรถไฟสายมหาชัย	คลองสนามชัย	๖ - ๗	๔,๑๕๐	-๒.๐๐	✓		
๖	คลองเลนเป่น	คลองบางบอน	คลองสนามชัย	๕ - ๑๒	๕,๙๔๐	-๒.๐๐	✓		
๗	คลองวัดสิงห์	คลองสนามชัย	ทางรถไฟสายมหาชัย	๓ - ๗	๒๗๐	-๑.๕๐		✓	
๘	คลองสนามชัย	คลองวัดสิงห์	สุดเขตกรุงเทพมหานคร	๑๕ - ๔๐	๑๗,๑๕๐	-๒.๕๐		✓	
๙	คลองสะแกงาม	คลองบางบอน	คลองสนามชัย	๕ - ๑๓	๕,๔๓๐	-๑.๕๐		✓	
๑๐	คลองหวักระบือ	คลองเฉลิมชัยพัฒนา	คลองนา	๕ - ๓๕	๒,๑๓๐	-๒.๐๐		✓	
๑๐.เขตบางแค									
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ								
๑	คลองบางขี้แก้ง	คลองพระยาราชมนตรี	คลองทวีวัฒนา	๔ - ๘	๖,๔๕๐	-๑.๕๐		✓	
๒	คลองราษฎร์สามัคคี	คลองพระยาราชมนตรี	คลองทวีวัฒนา	๕ - ๑๐	๕,๓๗๐	-๑.๕๐			✓
๓	คลองบางจาก	คลองพระยาราชมนตรี	คลองทวีวัฒนา	๔ -๑๐	๕,๘๕๐	-๑.๕๐		✓	
๔	คลองบางเชือกหนัง	คลองลัดตากลับ	คลองทวีวัฒนา	๖ -๒๐	๕,๖๔๐	-๒.๐๐		✓	
๕	คลองบางไผ่	คลองลัดตากลับ	คลองทวีวัฒนา	๔ -๑๐	๖,๐๐๐	-๑.๕๐		✓	
๖	คลองบางแวก	คลองพระยาราชมนตรี	คลองทวีวัฒนา	๖ -๑๐	๖,๕๐๐	-๑.๕๐		✓	
๗	คลองบางอ้าย	คลองพระยาราชมนตรี	ถนนบางบอน ๓	๔ - ๖	๕,๑๙๐	-๑.๕๐		✓	
๘	คลองพระยาราชมนตรี	คลองบางแวก	คลองบางโคล่	๕ - ๑๐	๔,๙๗๐	-๒.๐๐			✓
๙	คลองภาษีเจริญ	คลองพระยาราชมนตรี	คลองทวีวัฒนา	๑๖ -๓๐	๕,๑๗๐	-๒.๕๐			✓
๑๐	คลองยายเทียบ	คลองบางจาก	คลองราษฎร์สามัคคี	๓ - ๖	๘๗๐	-๑.๕๐	✓		
๑๑	คลองหนองใหญ่	คลองพระยาราชมนตรี	คลองผาสุกใจ	๖ - ๑๐	๓,๙๓๐	-๑.๕๐		✓	

๑๔.เขตราชบุรีบูรณะ									
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	<u>สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ</u>								
๑	คลองแจรงร้อน	แม่น้ำเจ้าพระยา	ซอยประชาอุทิศ ๑๗	๔ - ๒๐	๒,๖๐๐	-๑.๕๐		✓	
๒	คลองดาวคะนอง	แม่น้ำเจ้าพระยา	ถนนสมเด็จพระเจ้าตาก	๒๕ - ๔๐	๘๔๐	-๒.๕๐		✓	
๓	คลองบางปะกอก	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองนางปาน	๔ - ๒๐	๒,๑๐๐	-๑.๕๐		✓	
๔	คลองบางปะแก้ว	แม่น้ำเจ้าพระยา	ถนนสุขสวัสดิ์	๑๕ - ๒๐	๖๕๐	-๑.๕๐		✓	
๕	คลองราชบุรีบูรณะ	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองข้างโรงเรียนชลโร	๕ - ๑๕	๓,๒๔๐	-๑.๕๐		✓	
๑๕.เขตหนองแขม									
ลำดับ	ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง(ม.)	ยาว (ม.)	ระดับ ขุดลอก (รทก.)	หมายเหตุ		
							มีเขื่อน	ไม่มี เขื่อน	มีเขื่อน บางส่วน
	<u>สำนักงานระบายน้ำรับผิดชอบ</u>								
๑	คลองทวีวัฒนา	คลองบางไผ่	คลองภาษีเจริญ	๖ - ๓๕	๕,๖๔๐	-๒.๕๐			✓
๒	คลองบางจาก	คลองทวีวัฒนา	มหาวิทยาลัยเอเชียอา	๓ - ๘	๑,๗๖๐	-๑.๕๐		✓	
๓	คลองบางไผ่	คลองทวีวัฒนา	สุดเขต กทม.	๕ - ๑๒	๒,๓๐๐	-๑.๕๐		✓	
๔	คลองบางอ้าย	ถนนบางบอน ๓	คลองสิรินธร	๔ - ๖	๒๔๐	-๑.๕๐		✓	
๕	คลองภาษีเจริญ	คลองทวีวัฒนา	สุดเขต กทม.	๑๖ - ๓๐	๕,๑๕๐	-๒.๕๐		✓	
๖	คลองมหาสาร	คลองบางไผ่	คลองภาษีเจริญ	๖ - ๘	๖,๓๕๐	-๑.๕๐	✓		
๗	คลองราษฎร์สามัคคี	คลองทวีวัฒนา	คลองมหาสาร	๔ - ๖	๓,๔๕๐	-๑.๕๐	✓		