การศึกษาศักยภาพในการลำเลียงน้ำดิบของท่อลอดแม่น้ำท่าจีนของคลองประปาฝั่งตะวันตก

The Study of The Potential Conveying Raw Water Through Tha Chin River Siphon of Metropolitan Waterworks Authority West Raw Water Canal

ภานุวัตร กลิ่นบุบผา[1*] สุวัฒนา จิตตลดากร[1] และวรรณดี ไทยสยาม[1]

Panuwat Klinbubpha[1*] Suwatana Chittaladakorn[1] and Wandee Thaisiam[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[*]Corresponding author : Tel. 08-6688-0067, E-mail : panuwat_klinbubpha@hotmail.com

บทคัดย่อ

คลองประปาฝั่งตะวันตกออกแบบไว้เพื่อลำเลียงน้ำดิบจากเขื่อนแม่กลองมายังโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ ด้วยอัตราการไหลสูงสุด 45 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จากสถานการณ์น้ำดิบในปัจจุบันของการประปานครหลวง พบว่ามีความจำเป็นที่จะต้องลำเลียงน้ำดิบผ่านคลองประปาฝั่งตะวันตกในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในอนาคต การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพในการลำเลียงน้ำดิบสูงสุดของอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนซึ่งเป็นอาคารชลศาสตร์หลักในแนวคลองประปาฝั่งตะวันตกโดยใช้แบบจำลอง MIKE11 แบบจำลองครอบคลุมขอบเขตตั้งแต่ กม.35+623 ซึ่งเป็นขอบเขตทางด้านเหนือน้ำถึง กม.35+473 โดยเป็นขอบเขตทางด้านท้ายน้ำ การจัดทำแบบจำลองสภาพการไหล นำเข้าข้อมูลรูปตัดขวางคลอง และข้อมูลทางกายภาพของอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน การสอบเทียบแบบจำลองใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดจริงในสนามระหว่างวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 ถึงวันที่ 27 มีนาคม 2557 การตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหลโดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดในสนามระหว่างวันที่ 10 มกราคม 2557 ถึงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 พบว่าแบบจำลองให้ผลการคำนวณสอดคล้องกับสภาพการไหลจริงหลังจากนั้นจึงได้นำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาศักยภาพในการลำเลียงน้ำดิบของอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณีศึกษา ผลการศึกษาในกรณีศึกษาที่ 1 การลำเลียงน้ำอัตรา 45 ลูกบาศก์เมตร/วินาที พบว่าคลองและอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนยังมีศักยภาพที่สามารถลำเลียงได้โดยจะมีระดับน้ำบริเวณด้านหน้าอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน อยู่ที่ 3.44 ม.รทก. สูงกว่าระดับตลิ่ง (+2.98 ม.รทก.) อยู่ 0.46 เมตร แต่ยังไม่ล้นท่วมคันคลองประปา (+3.58 ม.รทก.)

กรณีศึกษาที่ 2 การลำเลียงน้ำที่อัตราสูงสุดที่อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนรับได้ พบว่า อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน สามารถลำเลียงน้ำผ่านด้วยปริมาณ 47 ลบ.ม./วินาที โดยจะมีระดับน้ำบริเวณด้านหน้าอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน อยู่ที่ 3.54 ม.รทก. สูงกว่าระดับตลิ่ง(+2.98 ม.รทก.) อยู่ 0.56 เมตร แต่ระดับน้ำไม่ล้นคันคลองประปา (+3.58

กรณีศึกษาที่ 3 การประยุกต์เพื่อให้อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนสามารถลำเลียงน้ำได้ 60 ลูกบาศก์เมตร/วินาที พบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนท่อลอดแม่น้ำท่าจีนจากเดิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร จำนวน 5 ท่อ เพิ่มเป็นจำนวน 10 ท่อ จะสามารถลำเลียงน้ำในอัตรา 60 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ได้โดยระดับน้ำบริเวณด้านหน้าอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนจะอยู่ที่ระดับ +3.83 ม.รทก. ซึ่งจะสูงกว่าระดับคันคลองประปา (+3.58 ม.รทก.) อยู่ 0.25 เมตร และระดับน้ำบริเวณด้านท้ายอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน อยู่ที่ +3.50 ม.รทก. ซึ่งจะเท่ากับระดับตลิ่ง (+3.50 ม.รทก.) โดยหากจะต้องลำเลียงน้ำด้วยอัตรา 60 ลูกบาศก์เมตร/วินาที จะต้องทำการเสริมคันคลองประปาทั้งด้านเหนือและด้านท้ายของอาคารท่อลอด

ABSTRACT

West raw water canal is designed for directing raw water from Mae Khlong dam to Mahasawas waterworks plant with the maximum flow rate of 45 m^3/s. According the current raw water situation, the Metropolitan waterworks authority shows that the west raw water canal will be required to deliver more raw water in the future. The objective of this study is to investigate the maximum potential of Tha Chin river syphon which is the main hydraulic structure for water transport by using the MIKE11 model. The modeling region covers the northern boundary, Sta. 35+623, to the downstream end, Sta. 35+473. To simulate the water flow, input data of the canal cross-sectional area and physical characteristics of Tha Chin river syphon are required within the region of interest. The model is calibrated by comparing with the actual measurements performed during 15 February - 27 March of 2014. The model verification is then carried on for the features of water flow in the earlier period, 10 January - 15 February of 2014. The results show good agreement with actual field measurements. The model is also applied to study the raw water flow for Tha Chin river syphon by dividing the investigation into 3 cases based on the flow rate. In the case study no.1, the canal including related structures is capable of conveying 45 m^3/s of raw water supply. The water level of the discharge of 45 m^3/s before entering Tha Chin Siphon will be +3.44 MSL which is 0.46 metres higher than the canal bank (+2.98 MSL), but the conveyed water will not overflow the embankment (+3.58 MSL).

The case study no.2 is to calculate the maximum discharge the canal can carry. The result of the study is 47 m^3/s. It shows that the water level before entering Tha Chin Siphon will be +3.54 MSL which is 0.56 metres higher than the canal bank (+2.98 MSL), but the conveyed water will not overflow the embankment (+3.58 MSL).

The case study no.3 is the application to increase the capacity of Tha Chin Siphon for conveying 60 m^3/s. It shows that when the number of siphons are increased from 5 to 10 siphons, they will be capable of conveying 60 m3/s, despite expanding the diameter (the existing diameter is 2,000 millimetres). However, the water level

before entering Tha Chin Siphon will be +3.83 MSL which is 0.25 metres higher than the embankment (+3.58 MSL) and the water level after existing Tha Chin Siphon will be +3.50 MSL which is the same level of the canal bank. Therefore, the height of the embankments on both of the north and the south banks of the siphon must have been increased in order to carrying a discharge of 60 m^3/s.

Keywords: West raw water canal , MIKE11

บทนำ

คลองประปาฝั่งตะวันตก เป็นคลองลำเลียงน้ำดิบจากจุดรับน้ำดิบบริเวณหน้าเขื่อนแม่กลองมายังโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ด้วยแรงโน้มถ่วง คลองประปาฝั่งตะวันตกสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ คลองตอนล่าง (กม. 0+000 ถึง กม.35+781) เริ่มจากโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ถึงแม่น้ำท่าจีน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม เริ่มใช้งานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 และคลองตอนบน (กม.35+781 ถึง กม.106+670) เริ่มจากแม่น้ำท่าจีน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ถึงจุดรับน้ำหน้าเขื่อนแม่กลอง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เริ่มใช้งานในปี พ.ศ. 2545

ปัจจุบันการประปานครหลวงลำเลียงน้ำดิบผ่านคลองประปาฝั่งตะวันตกด้วยอัตราประมาณ 15 ลบ.ม. ต่อวินาที แต่ในอนาคตอันใกล้การขยายตัวของชุมชนรวมถึงการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมจะส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำประปามีอัตราสูงขึ้น ซึ่งทำให้ปริมาณการลำเลียงน้ำผ่านคลองประปาฝั่งตะวันตกมีปริมาณที่ สูงขึ้นเช่นกัน โดยคลองประปาฝั่งตะวันตกได้ถูกออกแบบให้สามารถลำเลียงน้ำได้สูงสุด 45 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งสอดคล้องกับกำลังการผลิตสูงสุดที่ออกแบบไว้ของโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ กรณีที่ต้องการเพิ่มการลำเลียงน้ำดิบเพื่อประโยชน์ด้านอื่นๆ อาทิ เช่น เพื่อแก้ปัญหาวิกฤติด้านแหล่งน้ำดิบทางฝั่งตะวันออก คลองประปาฝั่งตะวันตกจำเป็นต้องเพิ่มศักยภาพการลำเลียงเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำดิบฝั่งตะวันออก ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคลองและอาคารชลศาสตร์ในแนวคลอง โดยคลองประปาฝั่งตะวันตกมีอาคารชลศาสตร์อยู่เป็นจำนวนมาก อาทิ เช่น อาคารรับน้ำ อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน อาคารคลองอ้อม ท่อลอดคลองธรรมชาติอื่นๆ เป็นต้น

สำหรับอาคารชลศาสตร์ที่เป็นข้อจำกัดหลักในการเพิ่มศักยภาพการลำเลียงน้ำของคลองประปาฝั่งตะวันตก คือ อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน ในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการลำเลียงน้ำสูงสุดของอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน

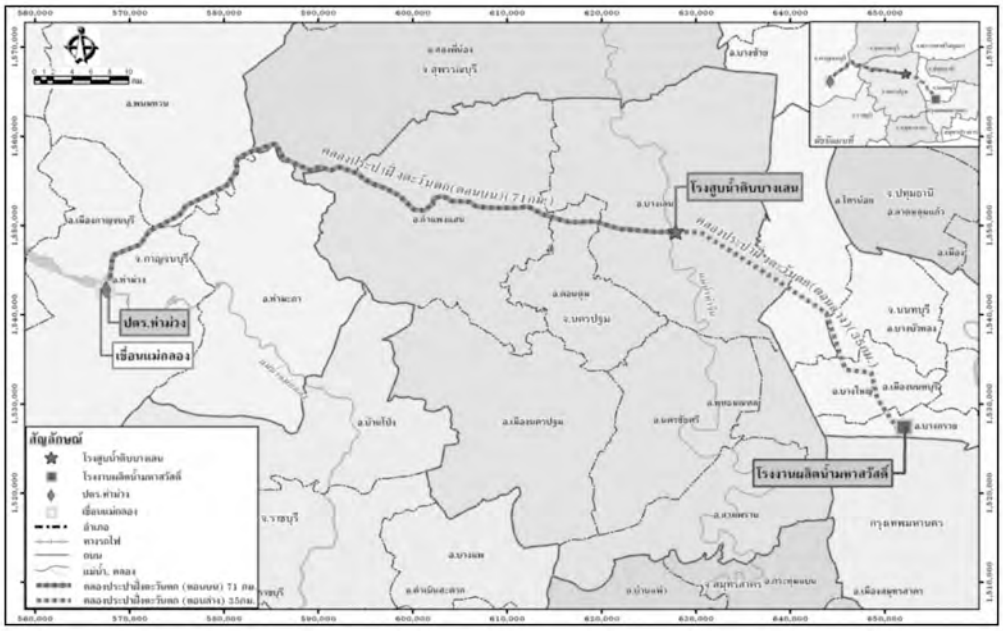
พื้นที่ศึกษา

คลองประปาฝั่งตะวันตกมีความยาวทั้งสิ้น 107 กิโลเมตร ดังแสดงภาพแนวคลองประปาฝั่งตะวันตกในรูปที่ 1 ซึ่งสามารถแบ่งคลองออกได้เป็น 2 ช่วง ดังนี้

- คลองประปาฝั่งตะวันตกตอนบน (กม. 0+000 ถึง กม.71+889) ต้นคลองอยู่บริเวณเขื่อนแม่กลอง

อำเภอท่าม่วง จงหวัดกาญจนบุรี ปลายคลองอยู่ที่หน้าสถานีสูบน้ำดิบบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม

- คลองประปาฝั่งตะวันตกตอนล่าง (กม. 71+889 ถึง กม.107+670) ต้นคลองอยู่ที่หน้าสถานีสูบน้ำดิบบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ปลายคลองอยู่ที่โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

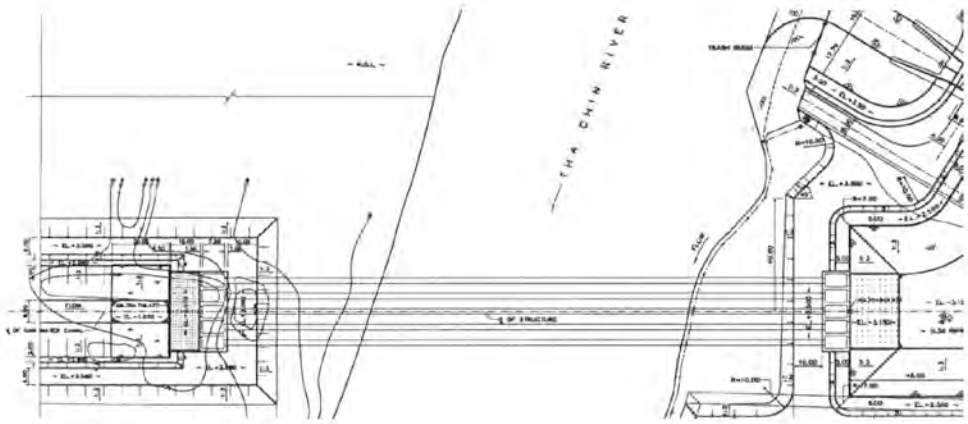


รูปที่ 1 แนวคลองประปาฝั่งตะวันตกตอนบนและตอนล่า

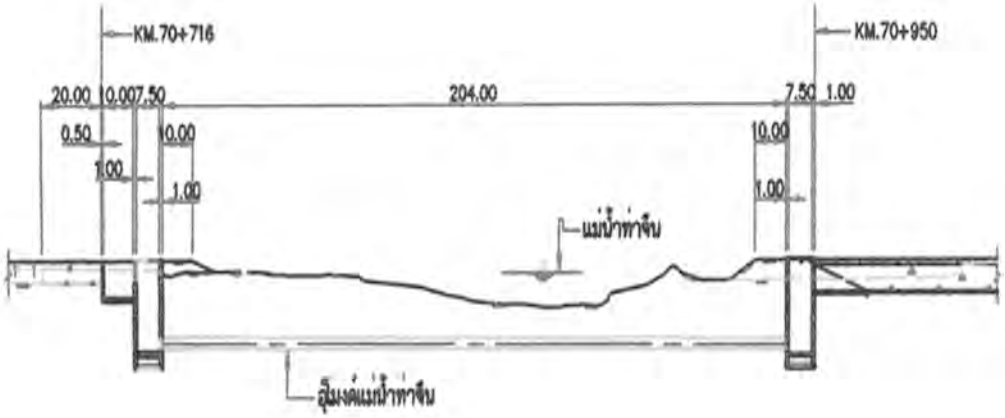
การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน ในการลำเลียงน้ำสูงสุดโดยใช้แบบจำลอง MIKE11 โดยขอบเขตการศึกษาเริ่มต้นจากบริเวณ กม.35+623 และสิ้นสุดที่บริเวณ กม.35+473 โดยแนวอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน แสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 แนวอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน

โดยอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน มีความยาวของแนวอุโมงค์ท่อลอดประมาณ 204 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2,000 มิลลิเมตร จำนวน 5 แถว ก่อสร้างอยู่ที่ระดับความลึก -13.740 ม.รทก. หรือมีความลึกต่ำจากพื้นดินเดิมประมาณ 18 เมตร อุโมงค์เป็นชนิด Steel Lining คือตัวอุโมงค์ชั้นนอกจะเป็น Concrete Segment นำมาต่อประกอบกันจากนั้นจะสอดท่อเหล็กเหนียวเข้าสู่ภายในอุโมงค์คอนกรีตและทำการ Grout คอนกรีตในช่องว่างระหว่าง Concrete Segment และท่อเหล็ก Steel Lining อีกครั้งหนึ่ง โดยแปลนและรูปตัดตามยาวแนวอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน แสดงในรูปที่ 3



ก) แปลนตามแนวอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน



ข) รูปตัดตามยาวตามแนวอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน

รูปที่ 3 แปลนและรูปตัดตามยาวตามแนวอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน

แบบจำลอง

1. แบบจำลอง MIKE11

การศึกษานี้ใช้ แบบจำลอง MIKE11 ในการจำลองลักษณะการไหลของน้ำ (Hydrodynamic module) ซึ่งเป็นแบบจำลองประเภท implicit finite difference module สามารถวิเคราะห์การไหล ได้ทั้งแบบใต้วิกฤต (Subcritical flow) และแบบเหนือวิกฤต (Supercritical flow) นำมาใช้วิเคราะห์สภาพการไหลผ่านอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน และแสดงผลการคำนวณเปลี่ยนแปลงตามเวลาและระยะทาง โดยสมการคำนวณการไหลในทิศทางเดียวของ Saint Venant Equation ค่าอัตราการไหลและระดับน้ำในสมการอยู่ในรูปฟังก์ชั่นของเวลาและระยะทาง ดังนี้

สมการต่อเนื่อง (Continuity Equation) หรือสมการสมดุลมวล (Mass Conservation) :

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=q$$

และสมการโมเมนตัม (Momentum Equation) :

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{2Q}{A}\frac{\partial Q}{\partial x}-\frac{Q^2}{A^2}\frac{\partial A}{\partial x}+gA\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{gn^2Q|Q|}{AR^{\frac{4}{3}}}=0$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล (m^3/s)

x = ระยะทางของการไหล (m)

A = พื้นที่หน้าตัดการไหล (m^2)

t = เวลาการไหล (s)

q = อัตราการไหลเข้าด้านข้าง (m^3/s)

H = ระดับน้ำ (m) = h + z

h = ความลึกการไหล (m)

z = ระดับท้องน้ำ (m)

R = รัศมีชลศาสตร์ (m)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s^2)

n = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิ่ง (Manning Roughness Coefficient)

ผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลอง จะอยู่ในรูปของระดับน้ำ ปริมาณการไหลของน้ำตามระยะทาง

2. สมการการไหลผ่านอาคารท่อลอด

การคำนวณการไหลผ่านอาคารท่อลอด ลักษณะการไหลเป็นแบบ Submerged orifice flowใช้หลักการคำนวณดังนี้

$$Q = C_d A\sqrt{2g\Delta h}$$

โดยที่ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน (m^3/s)

A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s^2)

Δh = ความแตกต่างของระดับน้ำด้านเหนือน้ำในคลองกับด้านท้ายในคลอง (m)

C_d = ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล

วิธีการศึกษา

1. การรวบรวมข้อมูลทางชลศาสตร์ และข้อมูลทางกายภาพบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อประกอบการจัดทำแบบจำลองสภาพการไหลผ่านอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน มีรายละเอียดดังนี้

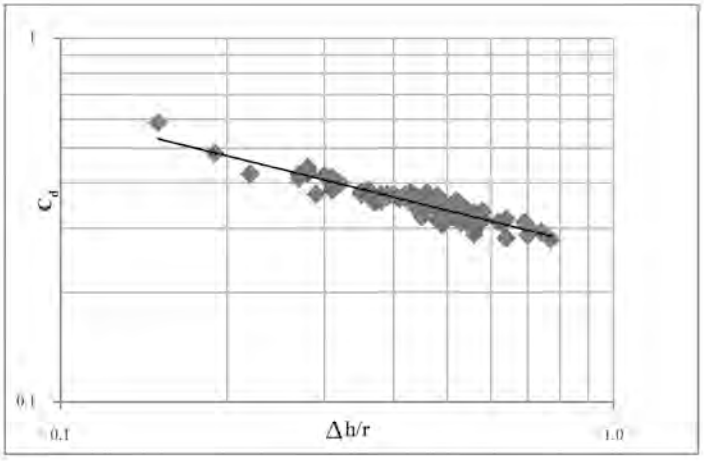
- ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล ได้ทำการรวบรวมข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลในช่วงที่พิจารณาจำนวน 2 จุด คือก่อนเข้าสู่อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนและหลังลอดอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนมาทำการพล็อตกราฟตามช่วงเวลา (time series) เพื่อเปรียบเทียบระดับน้ำและอัตราการไหลครอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษา

- ข้อมูลรูปตัดขวางและลักษณะทางกายภาพของคลองประปาฝั่งตะวันตกในช่วงพื้นที่ศึกษา

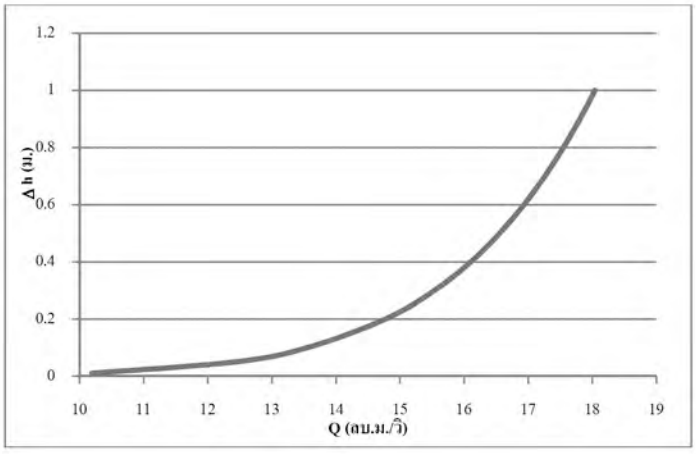
- ข้อมูลของอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน

2. การสอบเทียบอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน

จากการเก็บข้อมูลวัดระดับน้ำได้ทำการสอบเทียบอาคารชลศาสตร์ ท่อลอดแม่น้ำท่าจีน โดยการคำนวณหาค่า C_d ที่ความแตกต่างของระดับน้ำต่างๆ กัน โดยสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง C_d กับ Δh /r ของท่อลอดแม่น้ำท่าจีนได้ตามสมการ $C_d = 0.2593(\Delta h/r)^{0.376}$ ส่วนกราฟความสัมพันธ์ตามสมการแสดงดังรูปที่ 4 และสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอาคาร (Q) กับความแตกต่างของระดับน้ำด้านเหนืออาคารกับด้านท้ายอาคาร (h) แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cd กับ Δh /r ของท่อลอดแม่น้ำท่าจีน



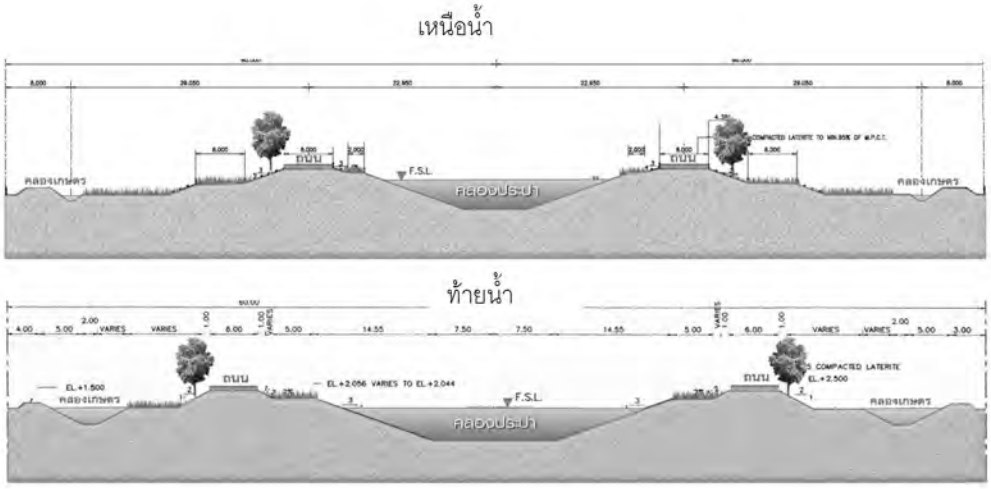
รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Q กับ Δh ของท่อลอดแม่น้ำท่าจีน

3. การจำลองสภาพคลองประปาฝั่งตะวันตกในช่วงพื้นที่ศึกษา

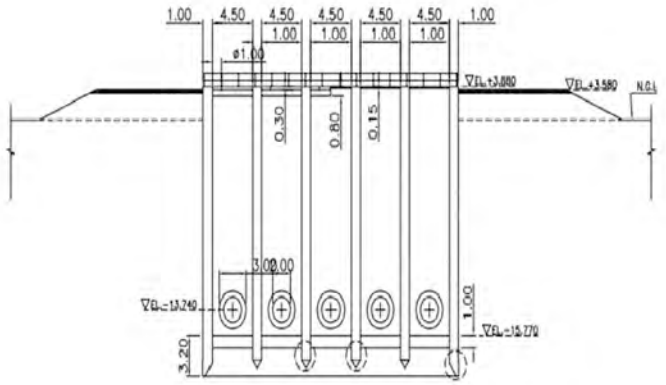
- กำหนดขอบเขตด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ โดยกำหนดให้คลองบริเวณด้านหน้าของท่อลอดแม่น้ำท่าจีนเป็นขอบเขตด้านเหนือน้ำ และคลองบริเวณด้านหน้าของสถานีสูบน้ำบางเลน เป็นขอบเขตด้านท้ายน้ำ โดยโครงข่ายของแนวคลองที่ทำการศึกษารวมถึงรูปตัดคลองและรูปตัดอาคาร แสดงในรูปที่ 6

- ทำการจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนด้วยแบบจำลอง พร้อมทั้งทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง

ก) โครงข่ายที่ทำการศึกษาในแบบจำลอง



ข) รูปตัดคลองด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำท่อลอดแม่น้ำท่าจีน

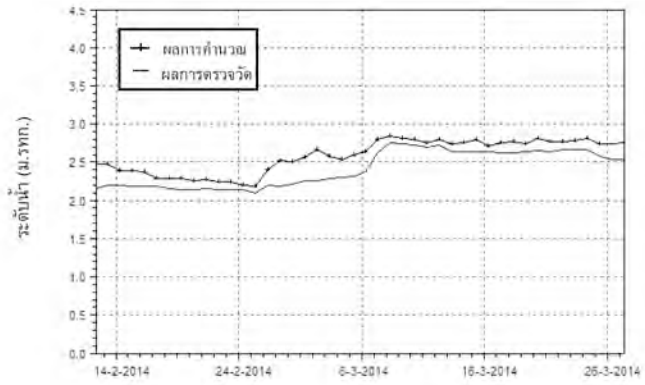


ค) รูปตัดอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน

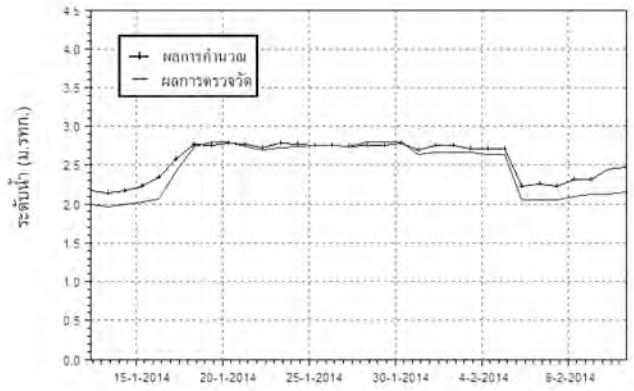
รูปที่ 6 โครงข่ายที่ทำการศึกษา รูปตัดของคลองและอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน

4. การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง

การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหลได้ทำการปรับค่าความขรุขระการไหล เพื่อให้ผลการคำนวณระดับน้ำสอดคล้องกับระดับน้ำตรวจวัดจริงในสนาม โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดจริงในสนามระหว่างวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 ถึงวันที่ 27 มีนาคม 2557 มาทำการสอบเทียบแบบจำลอง ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (n) ในคลองคอนกรีตเท่ากับ 0.017 และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (n) ของอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน เท่ากับ 0.022 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation Coefficient (r^2) อยู่ในช่วง 0.87-0.96 เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (n) จึงนำมาใช้สำหรับตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหล โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดในสนามระหว่างวันที่ 10 มกราคม 2557 ถึงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 พบว่าแบบจำลองให้ผลการคำนวณสอดคล้องกับสภาพการไหลจริง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของระดับน้ำ (RMSE) อยู่ในช่วง 0.15-0.19 ม. ซึ่งผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง แสดงดังรูปที่ 7



ก) ผลการสอบเทียบ



ข) ผลการตรวจสอบ

รูป 7 ผลการสอบเทียบ และผลการตรวจสอบระดับน้ำแบบจำลองสภาพการไหล ที่สถานีวัดน้ำด้านหน้าสถานีสูบบางเลน

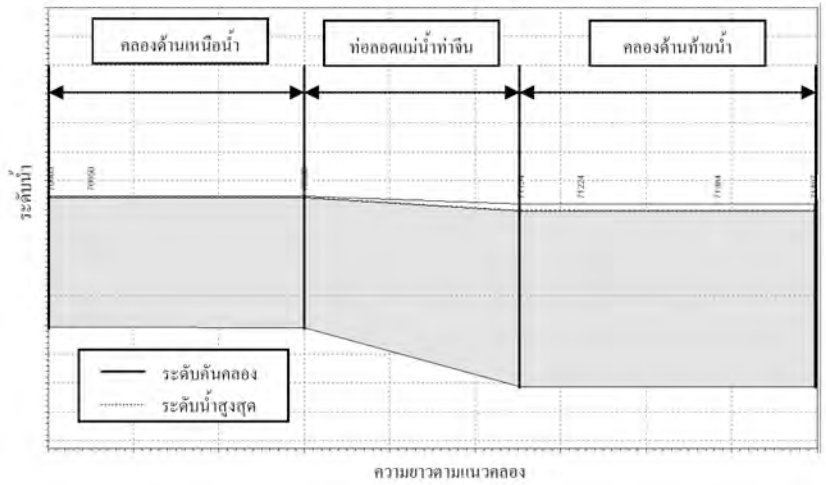
5. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

เมื่อได้ทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง จนกระทั่งสอดคล้องกับสภาพการไหลแล้ว จึงได้นำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาศักยภาพในการลำเลียงน้ำดิบของอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนต่อไป

ผลการศึกษา

1. กรณีที่ 1 กรณีการลำเลียงที่อัตรา 45 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

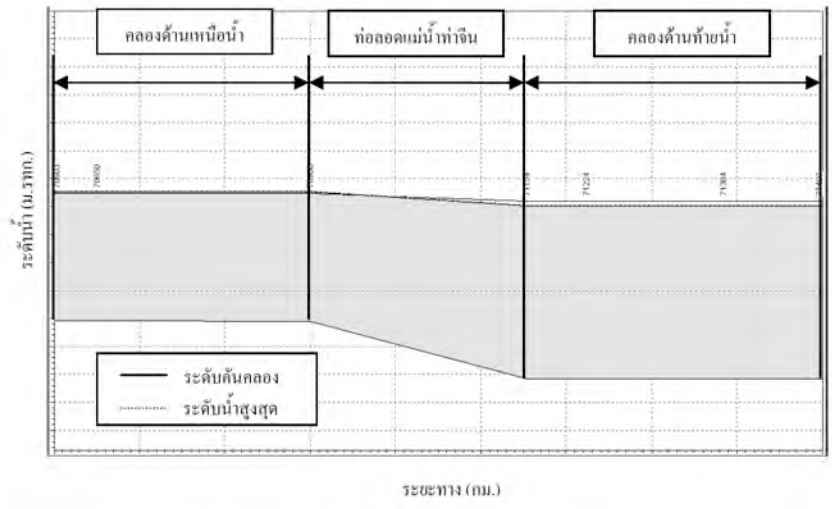
จากการประยุกต์แบบจำลองกรณีสภาพคลองปัจจุบันที่ได้สอบเทียบและตรวจสอบแล้ว เมื่อเพิ่มอัตราการลำเลียงจากปัจจุบันที่ลำเลียง 15 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เพิ่มเป็น 45 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ซึ่งเป็นอัตราสูงสุดที่คลองประปาฝั่งตะวันตกได้ถูกออกแบบไว้ พบว่า อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนมีศักยภาพเพียงพอที่จะลำเลียงน้ำ 45 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ได้โดยระดับน้ำบริเวณด้านหน้าอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน อยู่ที่ +3.44 ม.รทก. สูงกว่าระดับตลิ่ง (+2.98 ม.รทก.) อยู่ 0.46 เมตร แต่ยังไม่ล้นท่วมคันคลอง (+3.58 ม.รทก.) โดยแสดงรายละเอียดของรูปตัดตามยาวในรูปที่ 8



รูปที่ 8 รูปตัดตามยาวในช่วงที่พิจารณา กรณีการลำเลียงที่อัตรา 45 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

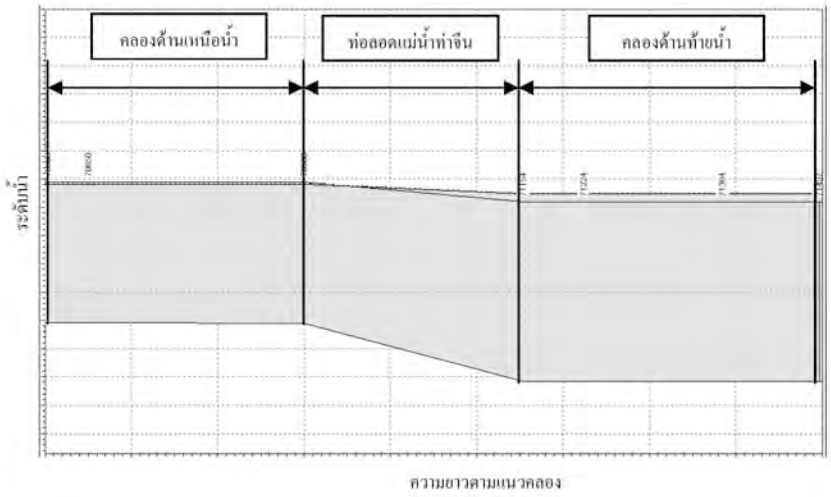
2. กรณีที่ 2 กรณีอัตราสูงสุดที่อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนสามารถลำเลียงได้

ทำการจำลองสภาพการไหลกรณีสภาพคลองปัจจุบัน เพื่อหาศักยภาพสูงสุดที่อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนสามารถลำเลียงได้ และระดับน้ำด้านหน้าไม่เกินระดับตลิ่ง ซึ่งได้ผลว่า เมื่อทำการลำเลียงน้ำผ่านอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนด้วยปริมาณ 47 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ระดับน้ำบริเวณด้านหน้าท่อลอดแม่น้ำท่าจีน มีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ +3.54 ม.รทก. ซึ่งสูงเกินกว่าระดับตลิ่ง(+2.98 ม.รทก.) อยู่ 0.56 เมตร แต่ไม่ล้นท่วมคันคลองประปา (+3.58 ม.รทก.) โดยระดับน้ำต่ำกว่าคันคลองอยู่ 0.04 เมตร โดยแสดงรายละเอียดของรูปตัดตามยาวในรูปที่ 9



รูปที่ 9 รูปตัดตามยาวของคลองและอาคารท่อลอด กรณีอัตราสูงสุดที่อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนสามารถลำเลียงได้

3. กรณีที่ 3 การประยุกต์เพื่อให้อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนสามารถลำเลียงน้ำได้ 60ลูกบาศก์เมตร/วินาท ทำการประยุกต์โดยการขยายหน้าตัดคลองเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนสองเท่าของสภาพปัจจุบัน และเพิ่มจำนวนท่อลอดแม่น้ำท่าจีนจากเดิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร จำนวน 5 ท่อ เพิ่มเป็นจำนวน 10 ท่อ จะสามารถลำเลียงน้ำในอัตรา 60 ลูกบาศก์เมตร/วินาทีได้ โดยระดับน้ำบริเวณด้านหน้าอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน จะอยู่ที่ระดับ +3.83 ม.รทก. ซึ่งจะสูงกว่าระดับคันคลองประปา (+3.58 ม.รทก.) อยู่ 0.25 เมตร และระดับน้ำบริเวณด้านท้ายอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนอยู่ที่ +3.50 ม.รทก. ซึ่งจะเท่ากับระดับตลิ่ง (+3.50 ม.รทก.) โดยหากต้องการลำเลียงน้ำด้วยอัตรา 60 ลูกบาศก์เมตร/วินาที จะต้องทำการเสริมคันคลองประปาทั้งด้านเหนือและด้านท้ายของอาคารท่อลอด โดยแสดงรายละเอียดของรูปตัดตามยาวในรูปที่ 10



รูปที่ 10 รูปตัดตามยาวของคลองและอาคารท่อลอด กรณีกรณีประยุกต์การลำเลียงที่อัตรา 60 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาศักยภาพในการลำเลียงน้ำดิบของท่อลอดแม่น้ำท่าจีนด้วยแบบจำลอง MIKE 11 ในส่วนของแบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic module) ท่อลอดแม่น้ำท่าจีนมีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (Manning's Roughness Coefficient, n) เท่ากับ 0.022 โดยมีข้อสรุปแยกตามกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

กรณีศึกษาที่ 1 การลำเลียงปริมาณน้ำ 45 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ซึ่งเป็นปริมาณน้ำสูงสุดที่คลองประปาได้ถูกออกแบบไว้ พบว่า ท่อลอดแม่น้ำท่าจีนมีศักยภาพเพียงพอ โดยระดับน้ำบริเวณด้านหน้าอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน อยู่ที่ +3.44 ม.รทก. สูงกว่าระดับตลิ่ง อยู่ 0.46 เมตร แต่ยังไม่ล้นท่วมคันคลองประปา

กรณีศึกษาที่ 2 อัตราการลำเลียงน้ำสูงสุดที่อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนสามารถลำเลียงได้ พบว่า อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน สามารถลำเลียงน้ำได้ด้วยปริมาณ 47 ลูกบาศก์เมตร/วินาที โดยระดับน้ำบริเวณหน้าอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน มีระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ +3.54 ม.รทก. สูงกว่าตลิ่ง(+2.98 ม.รทก.) อยู่ 0.56 เมตร แต่ระดับน้ำยังไม่ล้นคัน

กรณีศึกษาที่ 3 การประยุกต์เพื่อให้อาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนสามารถลำเลียงน้ำได้ 60 ลูกบาศก์เมตร/วินาที พบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนท่อลอดแม่น้ำท่าจีนจากเดิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร จำนวน 5 ท่อ เพิ่มเป็นจำนวน 10 ท่อ จะสามารถลำเลียงน้ำในอัตรา 60 ลูกบาศก์เมตร/วินาทีได้ โดยระดับน้ำบริเวณด้านหน้าอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีนจะอยู่ที่ระดับ +3.83 ม.รทก. ซึ่งจะสูงกว่าระดับคันคลองประปา (+3.58 ม.รทก.) อยู่ 0.25 เมตร และระดับน้ำบริเวณด้านท้ายอาคารท่อลอดแม่น้ำท่าจีน อยู่ที่ +3.50 ม.รทก. ซึ่งจะเท่ากับระดับตลิ่ง (+3.50 ม.รทก.) โดยหากจะต้องลำเลียงน้ำด้วยอัตรา 60 ลูกบาศก์เมตร/วินาที จะต้องทำการเสริมคันคลองประปาทั้งด้านเหนือและด้านท้ายของอาคารท่อลอด

อย่างไรก็ตามในการศึกษาศักยภาพในการลำเลียงน้ำดิบของท่อลอดแม่น้ำท่าจีน เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการศึกษาแนวทางในการเพิ่มศักยภาพในการลำเลียงน้ำดิบของคลองประปาฝั่งตะวันตก ซึ่งหากต้องทำการเพิ่มศักยภาพ ควรจะต้องทำการศึกษาศักยภาพของตัวคลองประปาฝั่งตะวันตกด้วยว่าต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้รองรับตามปริมาณที่ต้องการหรือไม่ พร้อมทั้งศึกษาถึงความคุ้มทุนในการลงทุนก่อสร้างเพิ่มเติมในกรณีต่างๆ เพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดในการเพิ่มศักยภาพในการลำเลียงน้ำดิบของคลองประปาฝั่งตะวันตกต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

สมชาติ ซื่อวาจา. 2534. การหาสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งในคลองส่งน้ำคาดด้วยคอนกรีต วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีรชาติ โอพารพิริยกุล. 2543. แนวความคิดในการกำหนดวิธีควบคุมการใช้งานคลองประปาฝั่งตะวันตกระยะที่ 2. เอกสารวิจัยส่วนบุคคลหลักสูตรวิทยาลัยการทัพอากาศ สถาบันวิชาการทหารอากาศชั้นสูง กองบัญชาการฝึกศึกษาทหารอากาศ กองทัพอากาศ, กรุงเทพฯ. 62 น.

สุวัฒนา จิตตลดากร. 2543. อาคารชลศาสตร์ เล่ม 1/2. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 164 น.

บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด. 2545. คู่มือการปฏิบัติงาน (Operation Manual) ระบบคลองส่งน้ำ โครงการประปาฝั่งตะวันตกตอนบน (แม่กลอง -ท่าจีน) สัญญาจ้างเลขที่ CS-WR-C2, กรุงเทพฯ.

ปิยาภรณ์ พิมพ์เงิน. 2546. การศึกษาสภาพชลศาสตร์เพื่อการจัดการส่งน้ำของคลองประปาแม่กลอง-มหาสวัสดิ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กฤษฎา จันทรคณา และสุวัฒนา จิตตลดากร.2549. การตรวจสอบสภาพชลศาสตร์การไหลในลำน้ำเสียวใหญ่โดยใช้แบบจำลอง MIKE 11. ใน วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10

Danish Hydraulic Institute(DHI), “MIKE 11 User Manual”, 1992.

Danish Hydraulic Institute(DHI). “MIKE 11 Reference Manual”, 1992