

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแพร่กระจายความเค็มในแม่น้ำแม่กลอง

Mathematical Model of Salinity Dispersion in the Mae Klong River

โดย

นายธีรพงษ์ ตั้งตรงฤทัย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2549

ธีรพงษ์ ตั้งตรงหลุทัย 2549: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแพร่กระจายความเค็มในแม่น้ำแม่กลอง ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาชานกรรรมการที่ปริกษา: อาจารย์นฤมล วงศ์นาสุนทร, D.Eng. 179 หน้า

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และแบบจำลองการแพร่กระจายแบบ 1 มิติ เพื่อศึกษาการแพร่กระจายความเค็มในแม่น้ำแม่กลอง โดยอาศัยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบเศษเสี้ยวของน้ำหนักของกาลเลอร์กินในการพัฒนา ขอบเขตพื้นที่ศึกษา ได้แก่ บริเวณสถานีตรวจวัดปริมาณการไหล K.11 A ถึง บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง รวมระยะทาง 120 กิโลเมตร แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ถูกพัฒนาภายใต้สภาวะไม่คงที่ ในขณะที่แบบจำลองการแพร่กระจายประกอบด้วยแบบจำลองที่สภาวะคงที่และไม่คงที่ โดยที่สภาวะไม่คงที่จะแสดงลักษณะการผันแปรของรูปแบบการกระจายตัวของความเค็มรายชั่วโมง แบบจำลองอุทกพลศาสตร์และแบบจำลองการแพร่กระจายผ่านการตรวจพิสูจน์ความถูกต้องในกรณีการไหลและการแพร่กระจายในลำรางที่มีหน้าตัดคงที่ ได้ผลการคำนวณจากแบบจำลองใกล้เคียงกับผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ เมื่อนำแบบจำลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับแม่น้ำแม่กลองและทำการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่า เมื่อใช้ค่าการแบ่งช่วงเวลา (Δt) เท่ากับ 30 วินาที ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Chezy (C_h) ณ บริเวณแม่น้ำแม่กลองเท่ากับ 14 และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (K_x) เท่ากับ 1,600 ตารางเมตรต่อวินาที ที่ระยะทาง 0-9 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ และ 130 ตารางเมตรต่อวินาที ที่ระยะทาง 10-120 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองคำนวณการแพร่กระจายความเค็มเพื่อศึกษาการรุกรานของความเค็มบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ณ วันที่ 14 ธันวาคม 2547 ซึ่งเป็นตัวแทนของช่วงฤดูแล้ง โดยมีปริมาณการไหลค่านเหนือน้ำเท่ากับ 106 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พบว่าความเค็มสามารถรุกรานเข้าไปในแม่น้ำแม่กลองได้ไกลถึง 25 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ โดยการผันแปรของค่าความเค็มรายชั่วโมงมีค่าไม่มากนัก เมื่อมีการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อหามาตรการควบคุมการรุกรานของความเค็มโดยการปรับปริมาณการไหลจากขอบเขตเปิดด้านเหนือน้ำระหว่าง 200-500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณการไหลที่ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สามารถลดการรุกรานของความเค็มได้อย่างชัดเจนในช่วงระยะ 10-120 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำโดยค่าความเค็มเฟ้ระวังซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 ส่วนในพันส่วน ลดมาอยู่ที่ระยะทาง 14 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ ส่วนปริมาณการไหลที่สามารถควบคุมการรุกรานของความเค็มได้ทั้งหมดในช่วงระยะ 10-120 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ มีค่าเท่ากับ 400 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และเมื่อเพิ่มปริมาณการไหลถึง 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที การรุกรานของความเค็มมีแนวโน้มลดลงไม่แตกต่างจากที่ปริมาณการไหล 400 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

Theerapong Tangtrongharutai 2006: Mathematical Model of Salinity Dispersion in the Mae Klong River. Master of Engineering (Environmental Engineering), Major Field: Environmental Engineering, Department of Environmental Engineering. Thesis Advisor: Miss. Narumol Vongthanasunthorn, D.Eng. 179 pages.

This thesis studies and develops the hydrodynamic model and dispersion model in one dimension to study salinity dispersion in the Mae Klong River. The finite element method with Galerkin's weighted residual technique is applied in the formulation of the model. The study area is station K.11A to the river mouth of Mae Klong River, total distance is 120 km. The hydrodynamic model is developed under unsteady state while the dispersion model consists of steady state model and dynamic model. The dynamic model is used to compute hourly variation of the distribution pattern. The hydrodynamic model and dispersion model is verified in cases of a longitudinal channel with constant cross-sectional area and it is shown that the results obtained from the developed model are close to the analytical solution. From the calibration of hydrodynamic model and dispersion model using time increment (Δt) of 30 second, it is found that Chezy roughness coefficient (C_h) of the Mae Klong River is 14 and the dispersion coefficient (K_x) are $1,600 \text{ m}^2/\text{s}$ and $130 \text{ m}^2/\text{s}$ for 0-9 km. and 10-120 km. from the river mouth, respectively.

The developed model is applied to simulate salinity intrusion in the Mae Klong River on 14 December 2004, represented dry season. Under the upstream flow of $106 \text{ m}^3/\text{s}$, the simulated results show that salinity dispersed into the Mae Klong River upto 25 km. from the river mouth and the difference of hourly salinity distribution was insignificant. Therefore, the mathematical model is applied to estimate the water discharge from the upstream boundary for controlling the salinity intrusion. It is found that when the flowrate of $200 \text{ m}^3/\text{s}$ is discharged from the upstream boundary, the distance of salinity intrusion, where the salinity is higher than 2 ppt, is reduced obviously to 14 km. from the river mouth. The distance of salinity intrusion will be completely controlled at 10-120 km. from the river mouth when the flowrate of $400 \text{ m}^3/\text{s}$ is discharged from upstream. When the upstream discharge increases to $500 \text{ m}^3/\text{s}$ the distance of salinity intrusion decreases insignificantly compared with the upstream discharge of $400 \text{ m}^3/\text{s}$.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. นฤมล วงศ์ธนาสุนทร ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนดูแลและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรคนัย จิระเดชะ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศักดิ์ จารีย์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณ พลชัย กลิ่นขจร หัวหน้ากลุ่มงานสารสนเทศส์ และพยากรณ์น้ำ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน เจ้าหน้าที่สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ เจ้าหน้าที่กลุ่มสิ่งแวดล้อม สำนักความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี ที่อำนวยความสะดวกและให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้อง ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ ชี้แนะ และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ คุณนิตยา จันทร์อำภากุล ที่คอยช่วยเหลือในการเดินทางไปขออนุเคราะห์ข้อมูลตามสถานที่ต่างๆ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ธีรพงษ์ ตั้งตรงฤทัย

ธันวาคม 2549