

ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง คลองเหมือง จังหวัดนครนายก

The study of Manning's n roughness coefficient in Klong Muang, Nakonnayok Province

อภิชาติ อุฟารตินนท์^{1*}

Apichote Urantinn^{1*}

บทคัดย่อ

การศึกษานี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง พื้นที่ศึกษา เลือกคลองส่งน้ำคลองเหมือง จังหวัดนครนายก วิธีการศึกษา คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยละเอียด ตามวิธีขั้นตอนโดยตรง (direct step method) ทำการตรวจวัด 2 จุด และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยประมาณ กำหนดการไหลของน้ำในคลองเป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ (uniform flow) เปรียบเทียบระหว่างการหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยละเอียดกับโดยประมาณ ผลการศึกษาพบว่า ผลการตรวจสอบที่จุดวัดน้ำที่ 1 ผลการตรวจสอบโดยละเอียด ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเฉลี่ย 0.02460 และโดยประมาณได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเฉลี่ย 0.02516 โดยมีค่าแตกต่างกันต่ำสุดและสูงสุด เท่ากับร้อยละ 0.12 และ 5.17 ค่า $R^2 = 0.9857$ ลำดับถัดมา ผลการตรวจสอบที่จุดวัดน้ำที่ 2 ผลการตรวจสอบโดยละเอียดได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเฉลี่ย 0.02171 และโดยประมาณได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเฉลี่ย 0.02162 โดยมีค่าแตกต่างกันต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 0.00 และ 2.09 ค่า $R^2 = 0.9829$ ผลเปรียบเทียบความแตกต่างผลของการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง ของจุดวัดน้ำทั้ง 2 จุด พบว่าค่าแตกต่างกันเฉลี่ยของแต่ละจุด เท่ากับ ร้อยละ 2.22 และ 0.76 สรุปได้ว่า การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง โดยละเอียดและโดยประมาณ มีค่าแตกต่างกันโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.49 เท่านั้น ดังนั้น วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยประมาณสามารถใช้งานภาคสนามได้ เนื่องจากสะดวกและประหยัดเวลาอย่างมาก

คำสำคัญ: คลองส่งน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง จังหวัดนครนายก

Abstract

The objective of this study is to investigate Manning's n coefficient of Klong Muang canal in Nakonnayok Province. The procedures of study are as followings : 1) calculate exhaustive Manning's n coefficient by direct step method, 2) calculate approximate Manning's n coefficient by assuming the water flow in the canal is uniform, 3) compare Manning's n coefficient between exhaustive method and approximate method from 2 measurement locations, point 1 and 2. At point 1, the results indicate that the average Manning n' coefficients from exhaustive method is about

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี 11000

¹ Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Nonthaburi Campus 11000

* Corresponding author. E-mail: apichote.u@rmutsb.ac.th

0.02460 and the average Manning's n coefficients from approximate method is about 0.02516. The difference between the minimum value and maximum value are about 0.12 and 5.17 percent, respectively, and R^2 is about 0.9857. For the measurement results at point 2, the average Manning's n coefficients from exhaustive method is about 0.02171 and the average Manning's n coefficients from approximate method is about 0.02162. The difference between the minimum value and maximum value are about 0.00 and 2.09 percent, respectively, and R^2 is about 0.9829. By comparing the results of Manning's n coefficient between 2 points, it is found that the average value is in the range of 2.22 and 0.76 percent and the difference of the results between the 2 methods is about 1.49 percent. Thus, the average Manning's n coefficients from approximate method is more practical in the fieldwork since it is far more convenience and less time consuming.

Keywords: canal, Manning's n coefficient, Nakonnayok Province

บทนำ

คลองส่งน้ำ มีความสำคัญเนื่องจากเป็นทางสำหรับลำเลียงน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรกรรมและอุปโภคและบริโภค ปัจจุบันในการออกแบบนิยมใช้สมการของ Manning ในการออกแบบคลองส่งน้ำ Chow (1959) กล่าวว่า ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมาได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระ Manning n' coefficient) เพื่อใช้ในการออกแบบโดยนาย Robert Manning วิศวกรชาวไอริช ได้เสนอสูตรสำหรับใช้ออกแบบการไหลของน้ำ ซึ่งการไหลเป็นแบบสม่ำเสมอ เพื่อหาขนาดและมิติของคลองส่งน้ำ Suewaja (1991) ได้ทำวิจัยหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ในคลองส่งน้ำลาดด้วยคอนกรีตในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง พบว่าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องมีค่า n เฉลี่ยเท่ากับ 0.0167 มีค่าแตกต่างกับค่าที่ใช้ออกแบบ ซึ่งใช้ n เท่ากับ 0.016 อยู่ 4.35 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น Singyabut (1996) ศึกษาหาสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ของคลองส่งน้ำชลประทาน Subpaisarn, & Sriwattana (1989); Ankum (1991) กล่าวว่า การเปิดหรือปิดอาคารหนึ่งย่อมมีผลต่อระดับน้ำในคลอง ทำให้สภาพการไหลของ

น้ำเป็นการไหลแบบเปลี่ยนแปลงน้อย Jata (1986) ได้ทำการทดลองวัดและวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ในคูส่งน้ำที่เป็นดินเหนียวในสภาพที่มีวัชพืชจำพวกผักตบชวาและวัชพืชชนิดอื่นๆ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0186-0.0507 และมีค่าแตกต่างกันโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 5.00 เท่านั้น Rittiphan (2008) ศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินและผลกระทบต่อคุณภาพน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดนครนายก นอกจากนี้แล้ว Urantinon, & Pilailar (2014) ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นถึงอิทธิพลของผักตบชวาต่อความเร็วน้ำและการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอย และ Urantinon, & Pilailar (2015) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ซึ่งมีอิทธิพลของผักตบชวา โดยการศึกษาดังกล่าวทำการทดลองในรางทดลองชลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ

ปัญหาคลองส่งน้ำ ด้านวิศวกรรมทรัพยากรน้ำที่เกิดขึ้นของโครงการส่งน้ำในพื้นที่ต่างๆ ในทางปฏิบัติ คือการส่งน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการและหลังจากก่อสร้างคลองส่งน้ำแล้วเสร็จ ไม่สามารถตรวจสอบค่าอัตราการไหลที่ถูกต้องได้และการ

ตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ความซุซระแมนนิ่งในทางปฏิบัติมีความยุ่งยากเพราะความลาดท้องคลอง ความลาดผิวหน้าและความลาดเส้นระดับพลังงานไม่ขนานกันและขั้นตอนในการตรวจวัดต้องใช้เครื่องมือและบุคลากรที่ชำนาญ ผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานของการวิจัยคือ ค่าระดับความลาดชันเส้นระดับพลังงาน (S_p) มีค่าใกล้เคียงกับค่าความลาดชันของเส้นผิวหน้า (S_w) และเพื่อให้ได้ผลการวิจัยในภาคสนาม และแก้ปัญหาดังกล่าว ในการศึกษานี้เลือกคลองเหมือง เป็นพื้นที่ศึกษาความสำคัญคือ คลองเหมืองเป็นคลองสายหลักในการลำเลียงน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรกรรมและอุปโภคและบริโภคของจังหวัดนครนายกและปราจีนบุรี นอกจากนี้ คลองเหมืองยังมีบทบาทสำคัญในด้านการระบายน้ำไม่ให้เกิดน้ำท่วมขังในบริเวณที่ราบลุ่ม เมื่อมีฝนตกหนักในฤดูฝน วัตถุประสงค์การศึกษา เลือกค่าสัมประสิทธิ์ความซุซระแมนนิ่งเป็นตัวแปรทดสอบ กำหนดให้ค่าอัตราการไหลใช้กราฟ rating curve ของ ประตุน้ำคลองเหมือง ตรวจสอบค่าอัตราการไหล 2 จุด โดยใช้ข้อมูล ประตุน้ำศรีจุฬาและประตุน้ำบางหอย พื้นที่หน้าตัดการไหลใช้ข้อมูลจากการศึกษาของ Saiyudthong (2010) ผลการศึกษาได้ค่าความลาดชันของเส้นระดับพลังงาน (S_p) และค่าความลาดชันของเส้นผิวหน้า (S_w) Fenton (2005) ใช้วิธีคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความซุซระแมนนิ่งโดยใช้วิธีขั้นตอนโดยตรง (direct step method) และเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความซุซระแมนนิ่ง โดยละเอียดกับค่าสัมประสิทธิ์ความซุซระแมนนิ่งโดยประมาณ ผลลัพธ์คิดเป็นสัดส่วนร้อยละและใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เปรียบเทียบ

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เลือกคลองส่งน้ำคลองเหมือง จังหวัดนครนายก เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเป็นคลองลาดคอนกรีตและสามารถตรวจสอบค่าอัตราการไหล 2 จุด โดยใช้ข้อมูลประตุน้ำศรีจุฬาและประตุน้ำบางหอย ดัง (Figure 1) ตรวจสอบสภาพทั่วไปของคลองส่งน้ำในการเก็บข้อมูล สังเกตสภาพทั่วไปของคลองส่งน้ำด้วยสายตา เช่น วัชพืชที่ลอยในคลอง การชำรุดของแผ่นคอนกรีตลาด ปริมาณตะกอนที่ตกจมก้นคลอง ตรวจสอบทั้งสภาพการไหลแบบ drawdown effect และ back water effect เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบในการวิเคราะห์ ดัง (Figure 2) หาความลาดชันของท้องคลองและค่าความลาดชันผิวหน้า โดยวัดค่าระดับท้องน้ำและผิวหน้าใช้เสาปักลงกลางคลองส่งน้ำและใช้ตั้งตรวจวัดระดับท้องคลองและผิวหน้าทางเหนือน้ำและท้ายน้ำของจุดที่ทำการวัดน้ำ ดัง (Figure 3) จุดที่ทำการสำรวจคือ หน้าตัดที่ 1 และหน้าตัดที่ 2 ระยะ 50 เมตร ดัง (Figure 4) แล้วนำมาพล็อตกราฟเพื่อหาความลาดชันของท้องคลองเฉลี่ยและค่าความลาดชันของเส้นผิวหน้าเฉลี่ย ค่าอัตราการไหลเป็นอัตราการไหลเฉลี่ยระหว่างหน้าตัดที่ 1 และหน้าตัดที่ 2 จะทำการวัดน้ำที่จุดกึ่งกลางลำน้ำทั้งสองหน้าตัด การวัดความเร็วกระแสน้ำใช้ทุ่นลอยปล่อยจากเหนือน้ำไปยังท้ายน้ำระยะทาง 100 เมตร พื้นที่หน้าตัดการไหลใช้ข้อมูลจากการศึกษาของ Saiyudthong (2010) และคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความซุซระแมนนิ่งโดยละเอียด ตามวิธีขั้นตอนโดยตรง (direct step method) ซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความซุซระแมนนิ่งโดยละเอียดได้จากสมการที่ 1

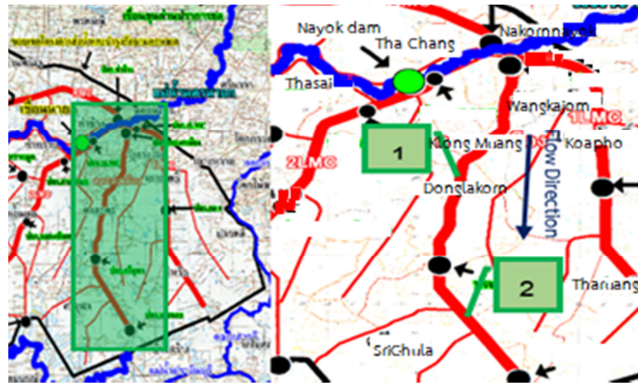


Figure 1 Study area of Klong Muang canal in Nakhon Nayok Province.



Figure 2 General condition of Klong Muang canal.



Figure 3 Water level pole and plumb for measuring water level.

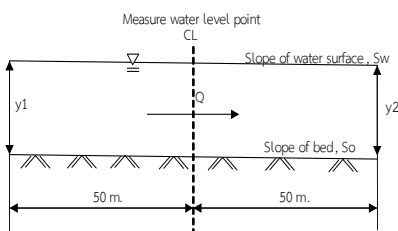


Figure 4 Measure water level point.

$$n = \sqrt[3]{\frac{2(S_0 - \Delta E / \Delta x)}{\left(\frac{V_1^2}{R_1^{4/3}} + \frac{V_2^2}{R_2^{4/3}}\right)}} \quad (1)$$

กำหนดให้

n = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning

S_0 = ความลาดของท้องคลอง

ΔE = ความแตกต่างพลังงานจำเพาะหน้าตัด 1 และหน้าตัด 2

Δx = ระยะห่างระหว่างหน้าตัดที่ 1 และ 2 = 100 เมตร

V_1 = ความเร็วเฉลี่ยของน้ำที่หน้าตัดที่ 1 (เมตรต่อวินาที)

V_2 = ความเร็วเฉลี่ยของน้ำที่หน้าตัดที่ 2 (เมตรต่อวินาที)

R_1 = รัศมีชลศาสตร์ (hydraulic radius) ของหน้าตัดที่ 1 (เมตร)

R_2 = รัศมีชลศาสตร์ (hydraulic radius) ของหน้าตัดที่ 2 (เมตร)

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning โดยประมาณ จะสมมติว่าการไหลของน้ำในคลอง เป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ (uniform flow) ถึงแม้ว่า

สภาพการไหลจริงจะเป็นการไหลแบบเปลี่ยนแปลงน้อย (gradually varied flow) ก็ตาม สมการที่ใช้ทำการตรวจสอบแสดงดังสมการที่ 2

$$n = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{Q} \quad (2)$$

กำหนดให้

n	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง
A	=	พื้นที่หน้าตัดที่จุดวัดน้ำ (ตารางเมตร)
R	=	รัศมีไฮดรอลิก (hydraulic radius) ของหน้าตัดที่จุดวัดน้ำ (เมตร)
S	=	ความลาดชันของผิวน้ำ (S_w) ระหว่างหน้าตัดที่ 1 และหน้าตัดที่ 2
Q	=	อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากสมมติฐานของการวิจัยคือ ค่าระดับความลาดชันเส้นระดับพลังงาน (S_p) มีค่าใกล้เคียงกับค่าความลาดชันของเส้นผิวน้ำ (S_w) เมื่อพิจารณาผลจาก (Table 1) ค่าผลต่างสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของวันที่ 14 กรกฎาคม 2560 ผลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยวิธีละเอียด มีค่าเท่ากับ 0.02206 ผลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยวิธีประมาณ มีค่าเท่ากับ 0.02221 มีค่าผลต่างเท่ากับร้อยละ 0.71 สอดคล้องกับข้อมูลของวันอื่นๆ เช่น ค่าผลต่างสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของวันที่ 20 กรกฎาคม 2560 ผลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยวิธีละเอียด มีค่าเท่ากับ 0.02511 ผลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยวิธีประมาณ มีค่าเท่ากับ 0.0258 มีค่าผลต่างเท่ากับร้อยละ 2.73 เท่านั้นสรุปผลการตรวจสอบที่จุดวัดน้ำที่ 1 ผลการตรวจสอบโดยละเอียดได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเฉลี่ย

0.02460 และโดยประมาณได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเฉลี่ย 0.02516 โดยมีค่าแตกต่างกันต่ำสุดสูงสุดและแตกต่างกันเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ 0.12, 5.17 และ 2.22 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Suewaja (1991) ได้ทำวิจัยหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งในคลองส่งน้ำตาดด้วยคอนกรีตในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง พบว่าค่า n เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกับค่าที่ใช้ออกแบบ ร้อยละ 4.35 เท่านั้น พิจารณา (Figure 5) ค่า $R^2 = 0.9857$ จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งทั้ง 2 วิธี ใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากค่า R^2 เข้าใกล้ 1.00

พิจารณาจุดที่ 1 ผลต่างค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของวันที่ 12 กรกฎาคม 2560 เท่ากับ ร้อยละ 5.09 และผลต่างค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของวันที่ 22 กรกฎาคม 2560 เท่ากับ ร้อยละ 5.17 ผลต่างค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของทั้ง 2 วัน มีค่ามากกว่าร้อยละ 5.00 สาเหตุ ผู้วิจัยตั้งข้อสันนิษฐานว่าเนื่องจากปรับการเปิดบาน ประตูระบายน้ำศรีจุฬา เพื่อควบคุมการไหลให้ได้ตามที่ออกแบบ ทำให้สภาพการไหลจริง เกิดการเปลี่ยนแปลงความลึกและความเร็วการไหล

เพื่อยืนยันข้อสมมติฐานพิจารณาจาก (Table 2) ค่าผลต่างสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของวันที่ 14 กรกฎาคม 2560 ผลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยวิธีละเอียด มีค่าเท่ากับ 0.01921 ผลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยวิธีประมาณ มีค่าเท่ากับ 0.01632 มีค่าผลต่างเท่ากับ 1.59 สอดคล้องกับข้อมูลของวันอื่นๆ เช่น ค่าผลต่างสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของวันที่ 19 กรกฎาคม 2560 ผลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยวิธีละเอียด มีค่าเท่ากับ 0.02457 ผลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยวิธีประมาณ มีค่า

เท่ากับ 0.02474 มีค่าผลต่างเท่ากับ 0.71 เท่านั้น สรุปผลการตรวจสอบที่จุดวัดน้ำที่ 2 ผลการตรวจสอบโดยละเอียดได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเฉลี่ย 0.02171 และโดยประมาณได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเฉลี่ย 0.02162 โดยมีค่าแตกต่างกันต่ำสุดสูงสุดและแตกต่างกันเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ 0.00 และ 2.09 เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Suewaja (1991) ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกับค่าที่ใช้ออกแบบร้อยละ 4.35 พิจารณา (Figure 6) ค่า $R^2 = 0.9829$ แสดงให้เห็นได้ว่าผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งทั้ง 2 วิธี ใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากค่า R^2 เข้าใกล้ 1.00 เหมือนกับแสดงให้เห็นว่าข้อมูลทั้ง (Figure 5 and Figure 6) เชื่อถือได้

ผลเปรียบเทียบความแตกต่างผลของการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง ซึ่งหาโดยละเอียดและหาโดยประมาณของจุดวัดน้ำทั้ง 2 จุด

พบว่าค่าแตกต่างกันเฉลี่ยของแต่ละจุด เท่ากับร้อยละ 2.22 และ 0.76 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบข้างต้น สอดคล้องกับผลลัพธ์ ค่าความต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation value) ของจุดวัดน้ำที่ 1 เท่ากับ 1.71 และจุดวัดน้ำที่ 2 เท่ากับ 0.70 แสดงให้เห็นว่าการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง โดยละเอียดและโดยประมาณมีผลลัพธ์ใกล้เคียงกันและมีค่าแตกต่างกันโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.49 เท่านั้น เมื่อสอบเทียบผลการศึกษาจากผลการศึกษาของ Jata (1986) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0186-0.0507 และมีค่าแตกต่างกันโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 5.00 ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่าการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยวิธีประมาณสามารถใช้งานได้

Table 1 Comparison of Manning's n coefficient between exhaustive method and approximate method at point 1.

order	date	flow discharge (m ³ /s)	Avg. velocity (m/s)	bed slope (S _b)	water surface slope (S _w)	Manning coefficient		difference (%)
						exhaustive	approximate	
1	4-Jul-17	0.9228	0.2897	0.00015	0.00019	0.03106	0.03111	0.16
2	5-Jul-17	2.8231	0.5433	0.00015	0.00042	0.02989	0.03031	1.42
3	6-Jul-17	3.8509	0.6922	0.00015	0.00065	0.02912	0.03042	4.44
4	7-Jul-17	6.1382	0.8532	0.00015	0.00049	0.02270	0.02370	4.40
5	8-Jul-17	6.0475	0.8507	0.00015	0.00045	0.02210	0.02268	2.64
6	9-Jul-17	6.0978	0.8519	0.00015	0.00053	0.02375	0.02463	3.70
7	10-Jul-17	6.2769	0.7169	0.00015	0.00025	0.02154	0.02170	0.73
8	11-Jul-17	5.1577	0.7395	0.00015	0.00037	0.02309	0.02348	1.67
9	12-Jul-17	7.2371	0.9141	0.00015	0.00072	0.02647	0.02781	5.09
10	13-Jul-17	6.1728	0.7046	0.00015	0.00025	0.02183	0.02208	1.16
11	14-Jul-17	6.4790	0.7111	0.00015	0.00025	0.02206	0.02221	0.71
12	15-Jul-17	1.8750	0.4910	0.00015	0.0004	0.02815	0.02881	2.35
13	16-Jul-17	4.2892	0.6820	0.00015	0.00042	0.02557	0.02605	1.90

Table 1 Comparison of Manning's n coefficient between exhaustive method and approximate method at point 1. (continue)

order	date	flow discharge (m ³ /s)	Avg. velocity (m/s)	bed slope (S ₀)	water surface slope (S _w)	Manning coefficient		difference (%)
						exhaustive	approximate	
14	17-Jul-17	8.2990	0.9533	0.00015	0.00058	0.02384	0.02479	4.00
15	18-Jul-17	5.9065	0.6742	0.00015	0.00015	0.01784	0.01788	0.24
16	19-Jul-17	2.1883	0.4553	0.00015	0.00027	0.02776	0.02810	1.22
17	20-Jul-17	4.4123	0.7626	0.00015	0.00055	0.02511	0.02580	2.73
18	21-Jul-17	6.4168	0.7063	0.00015	0.00022	0.02090	0.02100	0.12
19	22-Jul-17	6.0001	0.8558	0.00015	0.00064	0.02540	0.02670	5.17
20	23-Jul-17	6.4040	0.6986	0.00015	0.00028	0.02300	0.02400	0.56
minimum value (MIN)						0.01784	0.01788	0.12
maximum value (MAX)						0.03106	0.03111	5.17
average value (Avg)						0.02460	0.02516	2.22
standard deviation value (STD)						0.00336	0.00352	1.71

Table 2 Comparison of Manning's n coefficient between exhaustive method and approximate method at point 2.

order	date	flow discharge (m ³ /s)	Avg. velocity (m/s)	bed slope (S ₀)	water surface slope (S _w)	Manning N' coefficient		difference (%)
						exhaustive	approximate	
1	4-Jul-17	4.72930	0.66880	0.00032	0.00035	0.02568	0.02586	0.68
2	5-Jul-17	6.59460	0.71250	0.00032	0.00015	0.01788	0.01751	2.09
3	6-Jul-17	5.64970	0.80000	0.00032	0.00024	0.01818	0.01791	1.45
4	7-Jul-17	5.58270	0.79740	0.00032	0.00030	0.02029	0.02033	0.21
5	8-Jul-17	5.55970	0.77800	0.00032	0.00020	0.01702	0.01687	0.89
6	9-Jul-17	2.69920	0.59530	0.00032	0.00033	0.02388	0.02388	0.00
7	10-Jul-17	2.11180	0.53360	0.00032	0.00039	0.02738	0.02747	0.32
8	11-Jul-17	3.97720	0.61440	0.00032	0.00025	0.02311	0.02302	0.38
9	12-Jul-17	4.15480	0.75270	0.00032	0.00033	0.02304	0.02036	0.00
10	13-Jul-17	8.05800	0.77480	0.00032	0.00025	0.02180	0.02167	0.63
11	14-Jul-17	6.83810	0.82660	0.00032	0.00019	0.01658	0.01632	1.59
12	15-Jul-17	0.75200	0.28950	0.00032	0.00027	0.03556	0.03550	0.17
13	16-Jul-17	4.47200	0.78680	0.00032	0.00026	0.01756	0.01687	0.10
14	17-Jul-17	5.80390	0.78840	0.00032	0.00025	0.01921	0.01881	2.06
15	18-Jul-17	5.50640	0.77570	0.00032	0.00023	0.01827	0.01810	0.91
16	19-Jul-17	5.82830	0.68160	0.00032	0.00029	0.02457	0.02474	0.71
minimum value (MIN)						0.01658	0.01632	0.00
maximum value (MAX)						0.03556	0.03550	2.09
average value (Avg)						0.02171	0.02162	0.76
standard deviation value (STD)						0.00496	0.00505	0.70

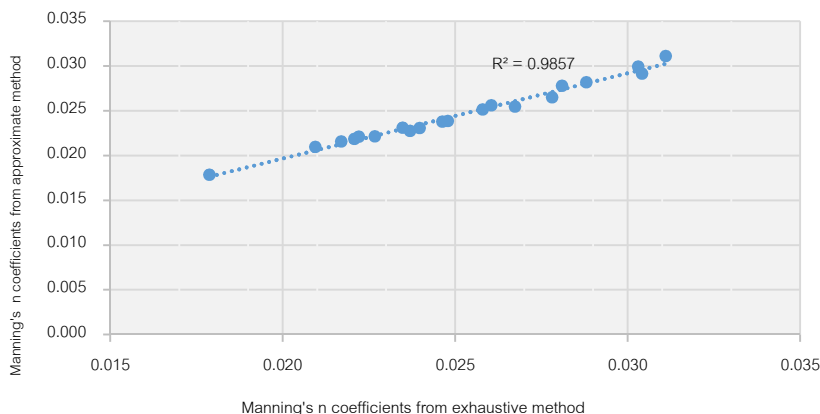


Figure 5 Linear regression of Manning's n coefficient from exhaustive method vs. approximate method at point 1.

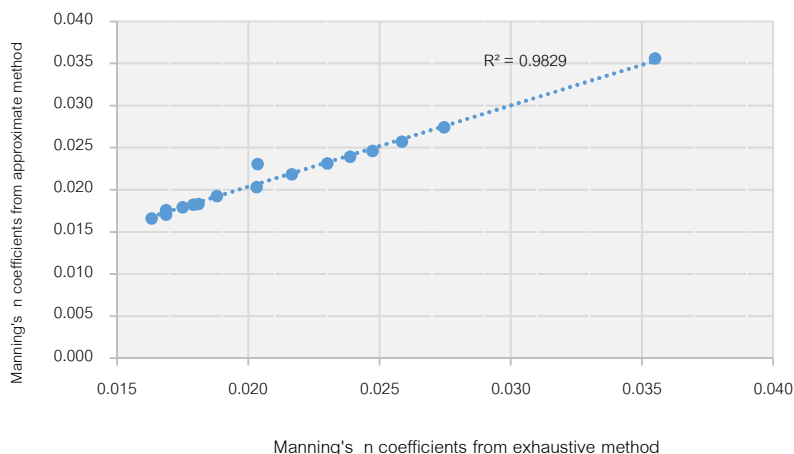


Figure 6 Linear regression of Manning's n coefficient from exhaustive method vs. approximate method at point 2.

สรุป

จากผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างผลของการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งแบบโดยละเอียดและแบบโดยประมาณของจุดวัดน้ำทั้ง 2 จุด สรุปว่าค่าแตกต่างกันเฉลี่ยของแต่ละจุด เท่ากับ ร้อยละ 2.22 และ 0.76 และการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง โดย

ละเอียดและโดยประมาณ ทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกันโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.49 เท่านั้น ดังนั้นในการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งในคลองส่งน้ำ หากไม่ต้องการค่าละเอียดมากนัก ดังนั้น วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งโดยประมาณสามารถใช้งานภาคสนามได้ เนื่องจากสะดวกและประหยัดเวลาอย่างมาก

เอกสารอ้างอิง

- Ankum, P. (1991). *Flow control in irrigation systems*.
Netherland: Delft Publisher.
- Chow, V. T. (1959). *Open channel hydraulics*. New York,
USA: McGraw-Hill Publisher.
- Fenton, J. (2005). *Open channel hydraulics*. Retrieved 6
August 2019, from: <https://pdfs.semanticscholar.org/9533/970ad2ac7e78b5aa3f681da72810843c937d.pdf>
- Jata, T. (1986). *Study of the Manning roughness
coefficient and the leakage of canal with clay*
(Master's thesis). Kasetsart University, Bangkok.
(in Thai)
- Rittiphan, N. (2008). *A study on impact on water quality
from land uses in Nakhonnayok province*
(research report). Bangkok: King Mongkut's
Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Saiyudthong, C. (2010). Hydrodynamics and water
quality of the Nakhon Nayok River. In *European
IAHA Congress 2010*. Edinburgh: UK.
- Subpaisarn, C., & Sriwattana, T. (1989). *Open channel
flow*. Bangkok: Physic center Publisher. (in Thai)
- Suewaja, S. (1991). *Determination of Manning's
roughness coefficient in concrete line canal*
(Master's thesis). Kasetsart University, Bangkok.
(in Thai)
- Singyabut, C. (1996). *Determination of manning roughness
coefficient of irrigation canal* (Master's thesis).
Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Urantinon, A., & Pilailar, S. (2014). Study of effect of
water hyacinth density on flow velocity and
suspended solid transport in open channel
Laboratory scale. In *Proceeding of 19th National
Convention on Civil Engineering* (pp. 301-315).
Khonkean: Khonkaen University.
- Urantinon, A., & Pilailar, S. (2015). Effect of water
hyacinth on open-channel water flow behavior
laboratory scale. *Kasetsart University Nature
Science Journal*, 49(6), 1-11.