โครงการออกแบบเปรียบเทียบสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการกัดเซาะหมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา

มานัส ทิศสุกใส

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง
พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

อาจารย์ที่ปรึกษาและคณบดีวิทยาลัยการศึกษาต่อเนื่อง ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง “โครงการออกแบบเปรียบเทียบสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการกัดเซาะหมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างของมหาวิทยาลัยพะเยา

.....

(รองศาสตราจารย์ กิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ นพรัก)

คณบดีวิทยาลัยการศึกษาต่อเนื่อง

พฤษภาคม 2556

กิตติกรรมประกาศ

ผลการออกแบบเปรียบเทียบสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ หมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากคณะผู้เชี่ยวชาญในการทำผลงาน คือ ดร. ธีระพจน์ ศุภวิริยะกิจ และรองศาสตราจารย์ กิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนตรวจทาน แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้การศึกษาครั้งนี้ สำเร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์มหาวิทยาลัย พะเยา ทุกท่านที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้และประสบการณ์อันมีค่ายิ่งแก่ศิษย์ ขอบคุณเพื่อนนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาบริหารงานก่อสร้าง ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณความดีใด ๆ ที่ปรากฏในรายงานฉบับนี้ ผู้ศึกษามอบแด่บิดา มารดา ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความกรุณาชี้แนะ สนับสนุน พร้อมทั้งให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

มานัส ทิศสุกใส

ชื่อเรื่อง โครงการออกแบบเปรียบเทียบสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการกัดเซาะ หมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา

ผู้ศึกษาค้นคว้า มานัส ทิศสุกใส

ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ กิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์

ประเภทสารนิพนธ์ การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วศ.ม. สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง, มหาวิทยาลัยพะเยา, 2555

คำสำคัญ การกัดเซาะ, การออกแบบสะพาน และต้นทุน

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการออกแบบโครงการออกแบบสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการกัดเซาะ หมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา 2) เพื่อหาต้นทุนในการก่อสร้างสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการกัดเซาะที่ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (Return period) ที่ 5 ปี, 10 ปี, 20 ปี และ 25 ปี

การศึกษา จากการศึกษาพบว่าด้านการออกแบบ สะพาน ยาว 8.00 เมตร ดีที่สุด เพราะ สามารถรับปริมาณน้ำฝนในรอบ 25 ปี โดยไม่ต้องสร้างการป้องกันการกัดเซาะ ส่วนต้นทุนในการก่อสร้างพบว่า ต้นทุนรายปีของการเกิดซ้ำ 5 ปี สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 5.00 เมตร กรณีที่มีการป้องกันการกัดเซาะ 142,007.85 บาท ต่อปี กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ 129,308.22 บาท ต่อปี (A/P, i 7%, 5งวด) ต้นทุนรายปีของการเกิดซ้ำ 10 ปี สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00 เมตร กรณีที่มีการป้องกันการกัดเซาะ 90,448.07 บาท ต่อปี กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ 82,910.69 บาท ต่อปี (A/P, i 7%, 10งวด) ต้นทุนรายปีของการเกิดซ้ำ 20 ปี สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 7.00 เมตร กรณีที่มีการป้องกันการกัดเซาะ 75,458.73 บาท ต่อปี กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ 68,500.82 บาท ต่อปี (A/P, i 7%, 20 งวด) ต้นทุน รายปี ของการเกิดซ้ำ 25 ปี สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 8.00 เมตร กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ 53,527.96 บาท ต่อปี (A/P, i 7%, 25งวด)

Title COMPARING BRIDGE DESIGN WITH AND WITHOUT PREVENTING EROSION MOO 9 TAMBON BANPIN, DOKKHOMTAI D

Author Manus Tissuksai

Advisor Associate Professor, Kitipong Vathijumnonk

Academic Paper Independent Study M. Eng in Construction Administration, University of Phayao, 2012

Keywords Erosion, bridge, investment cost

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the significance of factors which effect the Bridge Design with and without preventing erosion, at Moo 9, Tembon Banpin, Dokkhamtai District, Phayao Prorina The cost of construction of each design for runoff at return penod of 5, 10, 20 and 25 years are calculated and compared

The result of this study shows that the design of 8x5 meter (LxW) me ters bridge is the best because it can carry runoff at 25 years, of bridge (5x5 meter) period without perverting erosion. The annual cost for runoff at 5 years repetition is 142,007.85 and 129,308.22 baht, with and without preventing erosion respectively. The annual cost (A/P, I 7% of bridge 6x5 meter for runoff at 10 years repetition is 90,448.07 and 82,910.69 naht 5 year) (A/P, I 7% 10 years) with and without preventing erosion. The construction cost of bridge 7x5 meters for runoff at 20 years repetition is 75,458.73 and 68,500.82 baht witj and without preventing erosion. The construction cost of bridge 8x5 meter for runoff at 25 years repetition is only 53,527.96 baht (A/P, I 7% 25 years) without preventing erosion.

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงการออกแบบเปรียบเทียบสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการป้องกันกัดเซาะหมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา ขนาดผิวจราจรกว้าง 5.00 เมตร ยาว 8.00 เมตร จากการสำรวจครั้งแรกเดิมเป็นชาวบ้านใช้ท่อขนาด 0.80 เมตร จำนวน 3 แถว และเมื่อมีการถมลำน้ำปัญหาก็เกิดขึ้น เมื่อทางน้ำถูกบีบลง ทำให้ความเร็วของการไหลได้เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้เกิดการกัดการกัดเซาะของลำน้ำขึ้น ทางองค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยาจึงมอบหมายให้กองพัฒนาชนบทไปศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อแก้ไขให้คุ้มค่ากับงบประมาณของทางราชการ อีกอย่างปัญหาเรื่องภัยธรรมชาติโดยเฉพาะเรื่องอุกทกภัย ภัยที่เกิดขึ้นจากน้ำท่วมนับวันจะรุนแรงขึ้นไปเรื่อย ๆ การพิจารณาในเรื่องการเกิดน้ำท่วมนั้นอาจพิจารณาปัจจัย 2 ประเด็น คือ พิจารณาปัญหาหรือสิ่งที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดน้ำท่วม และพิจารณาถึงปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำท่วม

ปัญหาหรือสิ่งที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดน้ำท่วม

ซึ่งทั้ง 2 ประเด็นล้วนมีผลกระทบต่อโครงสร้างระบายน้ำทั้งสิ้น พิจารณาปัญหาหรือสิ่งที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดน้ำท่วม แบ่งได้ 3 กรณี คือ จากน้ำฟ้า น้ำจากแหล่งเก็บกักน้ำ และน้ำทะเลหนุนโดยเฉพาะทางจังหวัดพะเยาปัญหาหลักของน้ำเกิดจากน้ำจากฟ้า (Precipitation) ซึ่งน้ำฟ้าหมายถึง สภาวะของน้ำที่ตกลงมาจากท้องฟ้า อาจจะเป็นลักษณะ ฝน หิมะ ละออง หรือลูกเห็บ โดยทั่วไปแล้วถือว่าฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอุทกภัย และฝนที่มีปริมาณมากจนทำให้เกิดอุทกภัยได้นั้นมาจากพายุฝน

พิจารณาถึงปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำท่วม

การเกิดน้ำท่วมโดยทั่วไปนั้นมักเกิดจากสาเหตุ การเกิดน้ำท่วมขัง เนื่องมาจากความไม่สมดุลระหว่าง ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำฝนที่ซึมลงสู่ใต้ดิน และ ปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลหรือระบายออกจากพื้นที่นั้น ถ้าปริมาณน้ำฝน มากกว่าปริมาณน้ำฝนที่ซึมลงสู่ใต้ดิน และปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลหรือระบายออกจากพื้นที่รวมกัน ก็จะเกิดการท่วมขัง ความรุนแรงของการท่วมขังไม่มากนัก ค่อยเป็นค่อยไป แต่อาจกินเวลานานกว่าจะระบายน้ำออกได้หมด

ปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการระบายน้ำ

การสร้างถนน การวางผังเมืองไม่เหมาะสม สร้างเป็นแหล่งชุมชน แหล่งอุตสาหกรรม ฯลฯ ขวางทางน้ำไหลหรือพื้นที่ระบายน้ำตามธรรมชาติ แล้วไม่สร้างอาคารระบายน้ำ เช่น ท่อระบายน้ำ คูหรือคลองระบายน้ำ ที่เหมาะสมเพียงพอกับการระบายน้ำ

แนวทางป้องกันและแก้ไข

1. ต้องวางผังเมืองให้เหมาะสม รักษาระบบระบายน้ำตามธรรมชาติให้คงไว้เพื่อใช้ระบายน้ำจากพื้นที่ แต่หากมีความจำเป็นต้องพัฒนาพื้นที่เป็นแหล่งชุมชน แหล่งอุตสาหกรรม ฯลฯ ขวางทางน้ำไหลหรือพื้นที่ระบายน้ำตามธรรมชาติ จะต้องก่อสร้างระบบระบายน้ำทดแทนส่วนที่สูญไป

2. การก่อสร้างถนนจะต้องวางระบบการระบายน้ำ เช่น ท่อลอด สะพาน ที่เหมาะสมทั้งตำแหน่งที่ตั้ง จำนวนและขนาด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการออกแบบโครงการออกแบบสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการกัดเซาะหมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

2. เพื่อหาต้นทุนในการก่อสร้างโครงการออกแบบสะพานที่มีการป้องกันการ กัดเซาะ และ สะพานที่ไม่มีการกัดเซาะหมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

สมมติฐานของการวิจัย

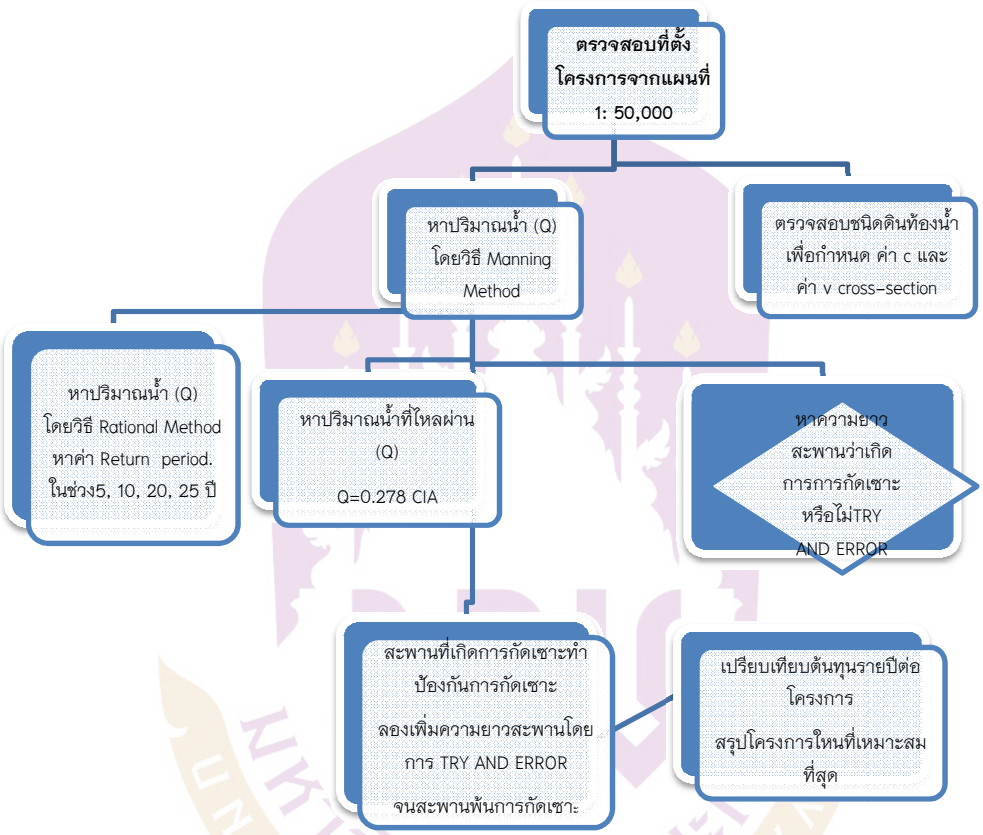
1. ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของผิวสัมผัส “n” ใช้เท่ากับ 0.030
2. สัมประสิทธิ์น้ำท่า “C” ใช้เท่ากับ 0.10
3. ความเร็วเฉลี่ยที่ยอมให้ของกระแสน้ำที่ไหลผ่านลำห้วย V =0.76 ม./วินาที

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยการศึกษาในครั้งนี้ขอบเขตการวิจัยถูกบังคับโดยสภาพทางอุทกวิทยา คือ พื้นที่รับน้ำฝน CATCHMENT AREA = 4.50 ตร.กม. (หาจากแผนที่ 1: 50,000 โดยวิธี scan แผนที่แล้วใช้โปรแกรม CAD คำนวณ)

สำหรับในการวิจัยนี้ใช้วิธีหาปริมาณน้ำไหลบ่าอยู่ 2 วิธีคือ

1. วิธี Manning Method
2. วิธี Rational Method



ภาพ 2 แสดงผังงาน FLOW CHART DIAGRAM

นิยามศัพท์เฉพาะ

สะพาน (bridge) หมายถึง คือโครงสร้างที่เชื่อมต่อระหว่างฝั่งสำหรับข้ามเหวแม่น้ำ ถนน ทางรถไฟ หรือพื้นน้ำต่าง ๆ การออกแบบความสูงของสะพาน จะขึ้นอยู่กับสิ่งกีดขวางด้านล่าง รวมถึงการจราจรด้านล่าง (เช่น รถ เรือ สามารถผ่านได้) การก่อสร้างสะพานมีจุดประสงค์ เพื่อให้การสัญจรมีการต่อเนื่องระหว่างทางที่มีการสร้างไว้แล้ว

การกัดเซาะ (Erosion) หมายถึง กระบวนการหนึ่ง หรือหลายกระบวนการทำให้ผิวหน้าดิน หิน หลุด หรือกร่อนไปโดยตัวการทางธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ น้ำ ลม สภาพภูมิอากาศ

การระบายน้ำ (Drainage) หมายถึง สภาพองค์อาคารของระบบระบายน้ำ เช่น รางระบายน้ำ ท่อลดแรงดันน้ำ (Weep Hole) ฯลฯ ที่มีความสามารถทำให้น้ำจากผิวดิน หรือใต้ดินไหลออกไปจากพื้นที่โดยสะดวก เป็นไปตามวัตถุประสงค์

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

ศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนที่แท้จริงของโครงการว่าอย่างไหนคุ้มค่าที่จุดต้นทุนมากที่สุด ในการการศึกษาในครั้งนี้ขอบเขตการวิจัยถูกบังคับโดยสภาพทางอุทกวิทยา คือ พื้นที่รับน้ำฝน CATCHMENT AREA = 4.50 ตร.กม. (หาจากแผนที่ 1: 50,000 โดยวิธีscan แผนที่แล้วใช้โปรแกรมCAD คำนวณ)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการออกแบบเปรียบเทียบสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะ และสะพานที่ไม่มีการกัดเซาะ หมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่าง ๆ ตลอดจนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หลักการทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีในการประมาณค่าปริมาณน้ำหลากมีอยู่หลายวิธีด้วยกันดังนี้

1. วิธี Rational Method (ใช้สถิติข้อมูลน้ำฝน)
2. วิธี Unit Hydrograph (ใช้สถิติข้อมูลน้ำฝน)
3. วิธี Manning
4. วิธี Slope–Area
5. วิธีประเมินจากปริมาณน้ำนองสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนหนึ่งหน่วยพื้นที่ต้องใช้หลักการคำนวณ

Rational Method

วิธี Rational Method เป็นวิธีการคำนวณปริมาณน้ำนองสูงสุดโดยใช้ข้อมูลสถิติน้ำฝนและข้อมูลลักษณะของลำน้ำวิธีนี้เหมาะกับพื้นที่รับน้ำฝนขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 10 ตร.กม. และไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำท่วมที่วัดในสนาม ค่าปริมาณน้ำนองสูงสุดที่คำนวณได้ โดยวิธีนี้จะมีค่ามากเกินความเป็นจริงสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนขนาดใหญ่ที่มี Basin หลายอันรวมกัน Rational Method มีสูตร ดังนี้ Q_Peak = 0.278 C*I*A

สูตร Q = 0.278 CIA

Q = ปริมาณน้ำนองสูงสุด (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า

I = Rainfall Intensity (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)

A = พื้นที่รับน้ำฝน (ตารางกิโลเมตร)

เท่ากับ $Tc = 0.0663 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{1/2}} \right)$ (ชั่วโมง)

โดยที่ S = H/L

C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า

I = ความเข้มน้ำฝน (Rainfall Intensity) ที่ช่วงเวลา Tc (มม./ชม.)

Tc = ช่วงเวลาการตกของฝน (Time of concentration) เท่ากับเวลาที่น้ำใช้ในการไหลจากจุดไกลที่สุดของพื้นที่รับน้ำฝนมาถึงโครงการ (ชม.)

A = พื้นที่รับน้ำฝนของโครงการ (กม.2)

L = ความยาวของลำน้ำสายหลักถึงจุดที่ตั้งโครงการ (กม.)

S = ความลาดเอียงของพื้นท้องลำน้ำ (ม./ม.)

H = ระดับพื้นลำน้ำที่จุดไกลสุด–ระดับพื้นลำน้ำที่จุดที่ตั้งโครงการ (ม.)

ความเข้มน้ำฝน (Rainfall Intensity): I

หาได้จากสถิติข้อมูลน้ำฝนที่ได้วิเคราะห์เป็นกราฟแสดงความเข้มของฝน–ช่วงเวลาที่ฝนตก–รอบปี การเกิดซ้ำของแต่ละจังหวัดที่ตั้งโครงการเรียกว่าIntensity duration frequently curve (IDF CURVE) โดยพิจารณาใช้รอบปีที่เกิดซ้ำเหมาะสมกับงานซึ่งโดย ปกติงานสะพานขนาดเล็กใช้รอบปี 25 ปี ตัวอย่างกราฟความเข้มน้ำฝน–ช่วงเวลา–รอบปีการเกิดซ้ำของอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย แสดงใน ภาพ 4

Unit Hydrograph Method

วิธี Unit Hydrograph Method หน่วยงานอนุรักษ์ดิน (Soil Conservation Service, SCS) แห่งสหรัฐอเมริกาได้นำมาประยุกต์ใช้คำนวณหา ปริมาณน้ำนองสูงสุดสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนระหว่าง 10 ถึง 2,500 ตร.กม. โดย Unit Hydrograph จะแปลงค่าน้ำฝนที่เหลือจากการซึมลงดิน (Rainfall excess) ซึ่งเกิดในช่วงเวลาหนึ่งทั่วพื้นที่รับน้ำฝนให้เป็นน้ำท่าไหลบนดิน การคำนวณจะให้ผลออกมาเป็นกราฟน้ำนอง ซึ่งเป็นผลรวมของกราฟน้ำนองย่อย ๆ ของเป็นวิธีที่นำ Unit Hydrograph สังเคราะห์ (Synthetic Unit Hydrograph) ของหน่วยงานRainfall excess ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ หลายช่วงต่อเนื่องกันปริมาณน้ำนองสูงสุดคือ ยอดของกราฟน้ำนอง กรณีน้ำนองนี้อาจใช้ประโยชน์ต่อไปโดยนำไปคำนวณเกี่ยวกับ Flood Routing เพื่อหาขนาดที่ปลอดภัยของอาคารระบายน้ำต่าง ๆ สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำนองสูงสุดโดยวิธี Unit Hydrograph มีดังนี้

$$tp = 1.90 \times \left(\frac{\mathbf{LxLC}}{\sqrt{Sx0.162}}\right)$$

$$Tp = 1.11x\ tp$$

$$\Delta t = 5$$

โดยที่ tp = เวลาที่ใช้ในการเกิดปริมาณน้ำนองสูงสุดของ Unit Hydrograph นับจากกึ่งกลางช่วงที่เกิด Rainfall excess (ชม.)

L = ความยาวของลำน้ำสายหลัก (กม.)

Lc = ความยาวของลำน้ำสายหลักวัดจากที่ตั้งโครงการถึงบนลำน้ำซึ่งอยู่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่รับน้ำฝนมากที่สุด (กม.)

S = ความลาดของพื้นท้องน้ำของลำน้ำสายหลัก (ม./ม.)

Tp = เวลาที่ใช้ในการเกิดปริมาณน้ำนองสูงสุดของ Unit Hydrograph นับจากเมื่อเริ่มมี Rainfall excess (ชม.)

Δt = ช่วงเวลาการเกิด Rainfall excess (ชม.)

Manning Method

วิธี Manning Method เป็นวิธีคำนวณปริมาณการไหลของลำน้ำ โดยอาศัยหลักการทางชลศาสตร์ของรูปตัดลำน้ำ ที่มีการไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform Flow) โดยลำน้ำมีความลาดเอียงและ มีพื้นที่หน้าตัดคงที่ เป็นระยะทางที่ยาวเพียงพอ วิธีนี้ใช้เมื่อมีข้อมูล รูปตัดลำน้ำ และระดับน้ำสูงสุด ซึ่งได้จากการสำรวจในสนาม เหมาะสำหรับลำน้ำที่มีรูปตัดแน่นอน เช่น คลองส่งน้ำ ท่อระบายน้ำอุโมงค์ส่งน้ำ สูตร Manning มีดังนี้

$$V = \frac{1}{n} \times \sqrt[3]{R}^{2} \times \sqrt{S}$$

$$Q = AxV$$

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

$$S = \frac{H}{L}$$

เมื่อ V = ความเร็วเฉลี่ยของการไหล (ม./วินาที)

S = ความลาดชันของ energy gradient (ม./ม.)

R = รัศมีชลศาสตร์ (ม.)

P = ความยาวเส้นขอบเปียก (ม.)

N = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของผิวสัมผัส

Q = อัตราไหล ($ม^3$/วินาที)

จากสูตรข้างต้น หากถือว่าน้ำไหลด้วยความเร็วสม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะทางแล้ว

S = ความลาดชันของท้องน้ำ เมื่อการไหลแบบ Uniform Flow

$$S = \frac{H}{L}$$

เมื่อ H = ผลต่างของระดับน้ำลำน้ำ 2 จุด (ม.)

L = ระยะตามแนวน้ำไหลระหว่าง 2 จุดนั้น (ม.)

Slope–Area Method

วิธี Slope–Area Method เป็นวิธีการคำนวณปริมาณน้ำนองสูงสุด โดยใช้ข้อมูลทางกายภาพของ ลำน้ำ ซึ่งการไหลในลำน้ำธรรมชาติ ความเร็วของน้ำจะเปลี่ยนแปลงและไม่คงที่ไปตามระยะทาง การคำนวณดัดแปลงสูตร Manning มาคำนวณหาปริมาณน้ำนองสูงสุดของลำน้ำธรรมชาติ ดังนี้

1. สำรวจลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ และรูปตัดลำน้ำอย่างน้อย 3 แห่ง บนช่วงลำน้ำ ซึ่งยาวไม่น้อยกว่า 75 เท่าของความลึกของน้ำ และช่วงความยาวดังกล่าวของลำน้ำระดับน้ำด้านท้ายน้ำควรต่ำกว่าระดับน้ำด้านเหนือน้ำไม่น้อยกว่า Velocity Head (V2/2g) หรือไม่น้อยกว่า 0.15 เมตร

2. เก็บข้อมูลระดับน้ำในลำน้ำที่ระดับสูงสุดที่สังเกตได้ หรือจากการสอบถามชาวบ้าน

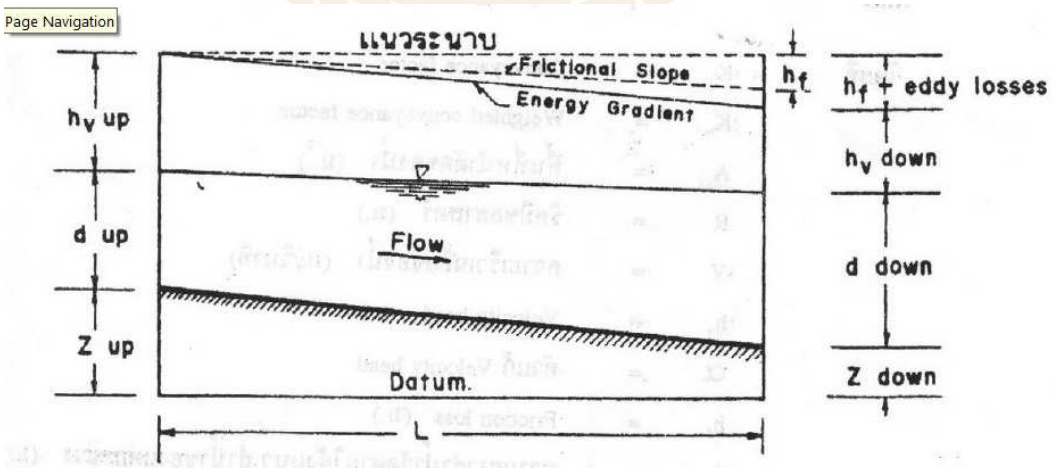
3. กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ: n ซึ่งดูรายละเอียดในวิธีการหาค่า n

วิธีการคำนวณ ปริมาณน้ำนองสูงสุดโดยวิธี Slope Area มีสูตรการคำนวณโดยพิจารณาของการไหลในทางน้ำเปิดตาม รูปที่ 2 โดยอาศัยหลักการจากสูตร Manning ดังนี้

จากสูตร Manning $Q = \frac{1}{n} \times A \times \sqrt[3]{R}^{2} \times \sqrt{S}$

ให้ $K = 1/n \times A \times R^{2/3}$

จะได้ $Q = K \times S^{1/2}$



ภาพ 1 แสดงการไหลแบบเปลี่ยนแปลงน้อย

สามารถเขียนสูตรสำหรับคำนวณหาปริมาณน้ำนองสูงสุดโดยวิธี Slope Area Method ได้ดังต่อไปนี้

สูตร Slope Area Q = Kw x $\sqrt{Sf}$

เมื่อ Kw = $\sqrt{kup\ x\ kdown}$

hv = αxV2/2g

เมื่อ α = Σ ($K^3_{/A^2}$) x (ΣA)^2 /(ΣK)^3

Δhv = hvup – hvdown

Δh = ระดับน้ำด้านเหนือน้ำ – ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ

เมื่อ Δhv มีค่าบวก hf = Δh + 0.5xΔhv

เมื่อ Δhv มีค่าลบ hf = Δh + Δhv และ Sf = $hf_{/Lm}$ โดยที่ K = Conveyance factor

Kw = Weighted conveyance factor

A = พื้นที่หน้าตัดของน้ำ (ม.2)

R = รัศมีชลศาสตร์ (ม.)

V = ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ (ม./วินาที)

Hv = Velocity head (ม.)

A = ตัวแก้ Velocity head

Hf = Friction loss (ม.)

Lm = ความยาวลำน้ำวัดตามโค้งแนวลำน้ำของแต่ละช่วง (ม.)

Sf = Frictional slope (ม./ม.)

N = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ

ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ โดย U.S. Soil Conservation Service ได้กำหนดวิธีการคำนวณ ดังนี้

1. กำหนดค่า Basic n1
2. กำหนดค่า n2 สำหรับความขรุขระของผิวสัมผัสหรือความไม่ราบเรียบของผิวน้ำ
3. กำหนดค่า n3 สำหรับการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของรูปตัดลำน้ำ
4. กำหนดค่า n4 สำหรับสิ่งกีดขวางในลำน้ำ เช่น รากไม้ ท่อนซุง สวะ
5. กำหนดค่า n5 สำหรับพืชและต้นไม้ที่ขึ้นในลำน้ำ
6. กำหนดค่า n6 สำหรับความคดโค้งของลำน้ำ

ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ (โดย U.S. Soil Conservation Service)

1. ค่า n1 สำหรับ Basic n
   1.1 ผิวลำน้ำ เป็นดิน 0.010
   1.2 ผิวลำน้ำ เป็นหิน 0.015
   1.3 ผิวลำน้ำ เป็นกรวดละเอียด 0.014
   1.4 ผิวลำน้ำ เป็นกรวดหยาบ 0.028
2. ค่า n2 สำหรับความไม่ราบเรียบของผิวสัมผัส
   2.1 ผิวเรียบ 0.000
   2.2 ค่อนข้างเรียบ 0.005
   2.3 เรียบปานกลาง 0.010
   2.4 ขรุขระ (ไม่เรียบ) 0.020
3. ค่า n3 สำหรับการเปลี่ยนแปลงขนาด และรูปร่างของรูปตัดลำน้ำ
   3.1 เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย 0.000
   3.2 เปลี่ยนแปลงบ้าง 0.005
   3.3 เปลี่ยนแปลงมาก 0.010 ถึง 0.015
4. ค่า n4 สำหรับสิ่งกีดขวางในลำน้ำ เช่น ท่อนไม้ รากไม้ ฯลฯ
   4.1 ไม่มี 0.000
   4.2 มีน้อย 0.010
   4.3 มีพอสมควร 0.030
   4.4 มีมาก 0.060
5. ค่า n5 สำหรับพืชและต้นไม้ที่ขึ้นในลำน้ำ
   5.1 มีน้อย 0.005 ถึง 0.010
   5.2 มีปานกลาง 0.010 ถึง 0.025
   5.3 มีมากพอควร 0.025 ถึง 0.050
   5.4 มีมากทีเดียว 0.050 ถึง 0.100
6. ค่า n6 สำหรับความคดโค้งของลำน้ำ
   6.1 Lm/Ls n6
   6.2 1.0–1.2 0.00
   6.3 1.2–1.5 0.15*ns
   6.4 มากกว่า 1.5 0.30 ns

เมื่อ Lm = ความยาวของลำน้ำวัดตามแนวโค้ง

Ls = ความยาวของลำน้ำวัดตามแนวตรง

Ns = n1 + n2 + n3 + n4 + n5

อนึ่ง วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ n ตามที่กล่าวข้างต้น ควรกำหนดค่า n ที่ส่วนต่าง ๆ ของรูปตัดลำน้ำ ซึ่งค่า n ของส่วนต่าง ๆ ในลำน้ำเดียวกันไม่จำเป็นต้องมีค่าเท่ากัน รูปตัดลำน้ำรูปหนึ่งอาจแบ่งเป็นหลายส่วนดังนี้

1. ส่วนของลำน้ำที่มีค่าระดับต่ำ (Low Floe Channel)
2. ส่วนของลำน้ำฝั่งซ้ายที่มีน้ำท่วมถึง (Left Over Bank)
3. ส่วนของลำน้ำฝั่งขวาที่มีน้ำท่วมถึง (Right Over Bank)
4. ส่วนของลำน้ำเล็ก ๆ ที่เกิดบนฝั่ง (Secondary Channel)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ตรวจสอบข้อมูลของสภาพแหล่งน้ำ สภาพภูมิประเทศ และที่ตั้งโครงการประกอบกับข้อมูลจาก แผนที่ 1: 50,000 โดยอาศัยประสบการณ์ และความชำนาญ เพื่อเลือกประเภทงานกำหนดพื้นที่ก่อสร้างสะพาน คสล. หมู่ที่ 9 ให้โครงการมีความมั่นคงแข็งแรง เหมาะสมทางวิศวกรรม

การสำรวจภูมิประเทศ เพื่อการออกแบบแนะนำ และให้คำปรึกษาตรวจสอบข้อมูลในการสำรวจเก็บข้อมูลภูมิประเทศ ให้ได้รายละเอียดถูกต้องเพียงพอต่อการออกแบบ ซึ่งประกอบด้วย

1. การสำรวจบริเวณที่ตั้งและอาคารประกอบ เช่น แผนที่ Contour รูปตัดตามแนวแกนและรูปตัดตามขวาง

2. สำรวจปฐพีและธรณีวิทยา แนะนำให้คำปรึกษาตรวจสอบวิเคราะห์ข้อมูลในการสำรวจเก็บข้อมูลและทดสอบประกอบด้วย

2.1 สำรวจแหล่งวัสดุดิน หาปริมาณชนิดดิน การทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของดิน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เก็บ CROSS-SECTION หน้าตัดลำน้ำของสะพาน หาปริมาณน้ำที่ไหลผ่านช่องเปิดสะพาน โดยวิธี Manning Method

2. คำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลผ่านช่องเปิดลำห้วยโดยวิธี Rational Method จากสูตร Manning $Q = 1/n \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$

Q = Rational Method (Return period 5, 10, 20, 25 ปี) n=0.03; s=0.004854

$$Q = \frac{1}{0.03} \times Y \times 5 \times \sqrt[3]{\frac{(Yx5)2}{(5+2y)}} \times \sqrt{S} \quad \text{---สมการ Manning}$$

ทำการTRY & ERROR หาค่า Yเพื่อหาค่า v ที่ไหลผ่านสะพาน ว่าเกิดการกัดเซาะหรือไม่

3. คำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลผ่านช่องเปิดลำห้วยโดยพิจารณาเปรียบเทียบจากหลายวิธี เพื่อที่จะจัดช่วงสะพาน ให้เหมาะสม และการระบายน้ำให้อย่างเพียงพอ ซึ่งได้อัตราการไหลของน้ำสูงสุดที่ไหลผ่านล้ำห้วย Q ลบม./วินาที (อัตราการไหลของน้ำสูงสุด peak จากปริมาณน้ำฝนในรอบ5, 10, 20, 25 ปี) และความเร็วเฉลี่ยที่ยอมให้ของกระแสน้ำที่ไหลผ่านลำห้วย ที่ไม่เกิดการกัดเซาะ มาจากตาราง (FORTIER AND SCOBEY 1973) สังเกตจากน้ำขุ่นและท้องน้ำเป็นทราย V = 0.76 ม./วินาที จากอัตราการไหลของน้ำสูงสุดที่ไหลผ่านล้ำห้วย Q ลบม./วินาทีในปริมาณน้ำฝนในรอบ5, 10, 20, 25 ปีเราก็จะได้ช่องเปิดสะพาน (Areal = Q/A) ที่ไม่เท่ากันแต่ละรอบปี จากช่องเปิดสะพานน้อยที่สุด จนถึงมากที่สุดและเราก็จะทราบว่าช่องเปิดสะพานในรอบช่วงปีใดที่จะเกิดการกัดเซาะคอสะพาน

การเปรียบเทียบความแตกต่างของโครงการ ซึ่งเราอาจจะมีทางเลือกอยู่ 2 วิธี คือ

1. ทำการป้องกันการกัดเซาะโดยทำหินเรียงยาแนวพร้อมทำการออกแบบช่วงสะพานมีความยาวเท่ากับรอบช่วงปีใดที่จะเกิดการกัดเซาะคอสะพาน

2. ทำการออกแบบช่วงสะพานมีความยาวเมากกว่ารอบช่วงปีใดที่จะเกิดการกัดเซาะคอสะพาน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

โครงการออกแบบช่องเปิดสะพาน คสล. หมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา ขนาดผิวจราจรกว้าง 5.00เมตรยาว 8.00 เมตร จากการสำรวจครั้งแรกเดิมเป็นชาวบ้านใช้ท่อขนาด 0.80 เมตรจำนวน 3แถว และเป็นพื้นที่อยู่ในพื้นที่การเกษตร ลักษณะพื้นที่เป็นที่ลาดเอียง ซึ่งเป็นปัจจัยการไหลของน้ำในทางน้ำ (Stream flow)มีอยู่ 3 อย่างคือ

1. ความลาดเอียง (Gradient)
2. รูปร่าง ขนาด และความเรียบของทางน้ำ
3. อัตราน้ำไหล (discharge)

ความลาดเอียงของทางน้ำ เป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่ง ในการควบคุมความเร็วของทางน้ำ ความลาดเอียงเป็นการลดระดับตามแนวดิ่งของทางน้ำในช่วงระยะทางหนึ่ง ๆ ที่กำหนด ความลาดเอียงของทางน้ำแต่ละสายอาจไม่เท่ากัน และในทางน้ำแต่ละสายค่าความลาดเอียงก็เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงของทางน้ำ โดยปกติค่าความลาดเอียงของทางน้ำลดลงจาดต้นน้ำไปยังปลายน้ำ ทางน้ำที่มีค่าความลาดเอียงสูงย่อมมีพลังงานในการไหลสูงด้วย ถ้าทางน้ำสองสายซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ยกเว้นค่าความลาดเอียง ทางน้ำสายที่มีค่าความลาดเอียงสูงจะมีความเร็วมากกว่า ทางน้ำสาย ที่มีค่าความลาดเอียงต่ำกว่า รูปร่างภาพตัดขวางของทางน้ำเป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำที่สัมผัสกับร่องน้ำซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับแรงเสียดทานทางน้ำ ซึ่งมีเส้นรอบวงน้อยจะเป็นทางน้ำ ที่มีประสิทธิภาพสูง เมื่อเปรียบเทียบทางน้ำสองสายซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน ทางน้ำที่มีภาพตัดขวางเป็นครึ่งวงกลมจะเป็นทางน้ำที่น้ำสัมผัสกับร่องน้ำน้อย และก็จะมีแรงเสียดทานน้อย ซึ่งก็เป็นผลให้น้ำไหลได้เร็ว ขนาดและความราบเรียบของร่องน้ำ ก็มีผลกับปริมาณของแรงเสียดทาน ขนาดที่เพิ่มขึ้น ของภาพตัดขวางของทางน้ำจะเป็นตัวที่ทำให้อัตราส่วน ของเส้นรอบวงต่อพื้นที่หน้าตัดลดลง ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการไหลของทางน้ำ ความราบเรียบของร่องน้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เห็นผลได้ง่าย ร่องน้ำที่ราบเรียบทำให้การไหล ของน้ำสม่ำเสมอ ในขณะที่ร่องน้ำที่ขรุขระซึ่งเต็มไปด้วยก้อนกรวดตามท้องน้ำ จะทำให้กระแสน้ำปั่นป่วนลดความสามารถในการไหลของน้ำ อัตราน้ำไหลของทางน้ำเป็นปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านจุดใด ๆ ในช่วงเวลาที่กำหนด มักวัดในหน่วยของลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที ซึ่งอาจคำนวณได้จากผลคูณของพื้นที่หน้าตัดของทางน้ำกับความเร็วของทางน้ำ ปริมาณของน้ำในทางน้ำสายหนึ่ง ๆ มักไม่คงที่

อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดินไม่แน่นอน ปริมาณน้ำที่เปลี่ยนไปย่อมกระทบกับปัจจัยอื่น ๆ ด้วยถ้าปริมาณน้ำสูง ความกว้าง และความลึกของทางน้ำย่อมสูงขึ้น หรืออาจทำให้น้ำมีความเร็วสูงขึ้นด้วย ซึ่งทางน้ำเองก็มีการปรับตัวเพื่อรองรับปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นโดยการขยายความกว้างของทางน้ำหรือเพิ่มความลึกของทางน้ำ ซึ่งเมื่อขนาดของทางน้ำเพิ่มขึ้นพื้นที่สัมผัสของน้ำกับร่องน้ำก็เพิ่มขึ้น เกิดแรงเสียดทาน ทำให้น้ำไหลช้าลง โดยปกติอัตราน้ำไหลมีค่าเพิ่มขึ้นไปทางปลายน้ำ และเกษตรกรส่วนใหญ่ (เป็นชาวม้ง) ปลูกข้าวโพด ทำให้หน้าดินเกิดการชะล้างสูง รวมทั้งปริมาณน้ำสูงสุดที่ไหลผ่านสังเกตจากคราบน้ำเก่าที่ติดกับต้นไม้ รวมทั้งสอบถามจากชาวบ้านบริเวณที่อยู่ในพื้นที่ รวมทั้งจากข้อมูลสำรวจที่นำมาคำนวณจึงทราบว่าปริมาณน้ำมีมากเกินกว่าช่องเปิดท่อจะรับได้ต้องขยายช่องเปิดโดยการสร้างสะพาน

1. ได้สำรวจอย่างพื้นฐานของลักษณะของดินโดยดูจากสภาพดินท้องคลองลำน้ำโดยการเจาะโดยใช้สว่านมือ (Hand Auger) เป็นการเจาะด้วยแรงคนเจาะลึกประมาณ 1.5 เมตร

2. สำรวจรายละเอียดประกอบการออกแบบได้แก่ Cross-Section ลำน้ำ Slope ของท้องคลอง Alignment ของถนน เก็บรายละเอียดของท่อเดิม เจาะสำรวจชั้นดินเบื้องต้นโดยวิธี เพื่อกำหนดปลายเสาเข็มโดยใช้เหล็ก DB20 ตอก

3. ประมวลข้อมูล เพื่อเลือกประเภทของสะพาน

4. ออกแบบสะพานทางด้านวิศวกรรมโดยใช้แบบมาตรฐานกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น

5. เปรียบเทียบด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจากการประมาณการโครงสร้างสะพานเมื่อเทียบกับrainfall intensity ที่ 5, 10, 20, 25 ปี โดยใช้ผลประโยชน์จากทางการเกษตรการทำสะพานที่ชาวบ้านจะได้รับต้นทุนรายปีโดยดอกเบี้ยของสะพานคิดที่ 7% ต่อปี

6. รายละเอียดลักษณะงานของ (ผู้ทำวิจัย) รับผิดชอบในฐานะผู้ออกแบบที่ปฏิบัติดังนี้

6.1 การเลือกประเภทงานตรวจสอบข้อมูล จากรายงานการวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการพิจารณาความต้องการ อันแท้จริงของชุมชนจากที่ผ่านมาปรากฏว่าการเสนอขอสนับสนุนโครงการนั้นได้มาจากความต้องการอันแท้จริงของชุมชน

6.2 ตรวจสอบข้อมูลของสภาพแหล่งน้ำ สภาพภูมิประเทศ และธรณีวิทยาของที่ตั้งโครงการประกอบกับข้อมูลจาก แผนที่ 1: 50,000 โดยอาศัยประสบการณ์ และความชำนาญ เพื่อเลือกประเภทงาน กำหนดพื้นที่ก่อสร้างสะพาน คสล.หมู่ที่ 9 ให้โครงการมีความมั่นคงแข็งแรง เหมาะสมทางวิศวกรรม

6.3 การสำรวจภูมิประเทศเพื่อการออกแบบแนะนำ และให้คำปรึกษาตรวจสอบข้อมูลในการสำรวจเก็บข้อมูลภูมิประเทศ ให้ได้รายละเอียดถูกต้องเพียงพอต่อการออกแบบ

ซึ่งประกอบด้วย

6.3.1 การสำรวจบริเวณที่ตั้งและอาคารประกอบ เช่น แผนที่ Contour รูปตัดตามแนวแกนและรูปตัดตามขวาง

6.3.2 การสำรวจปฐพีและธรณีวิทยาเบื้องต้นลักษณะเป็นดินทราย แนะนำให้คำปรึกษาตรวจสอบวิเคราะห์ข้อมูลในการสำรวจเก็บข้อมูลและทดสอบประกอบด้วย

6.3.3 สำรวจแหล่งวัสดุดิน หาปริมาณชนิดดิน การทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของดิน

6.3.4 คำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลผ่านช่องเปิดลำห้วยโดยพิจารณาเปรียบเทียบจากหลายวิธีเพื่อที่จะจัดช่วงสะพาน ให้เหมาะสม และการระบายน้ำให้อย่างเพียงพอซึ่งได้อัตราการไหลของน้ำสูงสุดที่ไหลผ่านล้ำห้วย Q = 9.76 ลบ.ม./วินาที (อัตราการไหลของน้ำสูงสุด peak จากปริมาณน้ำฝนในรอบ25ปี) และความเร็วเฉลี่ยที่ยอมให้ของกระแสน้ำที่ไหลผ่านลำห้วย V =0.76 ม./วินาที (ดินทราย)

การออกแบบต้องคำนึงถึงความมั่นคง และปลอดภัยเป็นหลัก ต้องอ้างอิงทฤษฎีด้วยถนนเก่าได้มีการก่อสร้างท่อเดิมไว้ซึ่งเป็นของหน่วยงาน อบต. ที่วางไว้เป็นท่อ คสล. ขนาด Dia. 0.80 เมตร จำนวน 3 แถว หลังจากได้ก่อสร้างทาง ปรากฏว่าเมื่อมีน้ำหลากในช่วงฤดูฝนจะระบายน้ำไม่ทันและผิวถนนหลังท่อเป็นรูปหลังเต่า ประกอบกับโครงการดังกล่าวสภาพพื้นที่เป็นที่ลาดเชิงเขา ชาวบ้านส่วนใหญ่เป็นชาวไทยภูเขาจึงมีอาชีพเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดและทำไร่ ทำให้ชาวบ้านได้โค่นต้นไม้ใหญ่ทำให้เกิดปัญหาการพังทลาย หน้าดินสูง และบางส่วนมาจากมีดินตะกอนทับถมภายในท่อ หนาประมาณ 0.35 ม. จึงทำให้การระบายน้ำไม่ทันทำให้เกิดน้ำกัดเซาะท่อเดิมหลุดขาดทุกปีอีกสาเหตุหนึ่งที่ต้องมีการออกแบบเพื่อก่อสร้างสะพานแห่งนี้ก็คือลักษณะของท่อเดิมเป็นที่ลาดเชิงสะพานมีช่วงที่เป็นคอคอดสะพานคือถนนเดิมกว้าง 5.00 เมตร แต่พอมาถึงสะพานเหลือแค่ 3.00 เมตร ทำให้เกิดปัญหาน้ำกัดเซาะท่อ อีกในการสัญจรถนนสายดังกล่าวจะมีการขนส่งสินค้าพวกข้าวโพดโดยรถบรรทุก 6 ล้อ ซึ่งจะบรรทุกเกินอัตราอยู่แล้วเกิดปัญหาการทรุดตัวของดินถมหลังท่อเป็นประจำ ประกอบกับแนวท่อเดิมไม่ได้ขนานกับทิศทางน้ำไหลจึงเป็นส่วนหนึ่งทำให้เกิดปัญหาด้านหนึ่งซึ่งจำเป็นต้องออกแบบและแก้ไขไปพร้อมกัน นำข้อมูลแนวทางเดิมมาวิเคราะห์เพื่อออกแบบทางด้าน Geometricใหม่ที่มีความปลอดภัยสูงสุดจึงต้องเปลี่ยนจากท่อเดิมขนาด Dia. 0.80 เมตร จำนวน 3 แถวมาเป็นสะพาน คสล.ผิวจราจรกว้าง 5.00เมตร รวมทั้งเปลี่ยนศูนย์กลางสะพานใหม่เพื่อลดอุบัติเหตุรวมปัญหาการกัดเซาะของน้ำประชาชนในท้องถิ่นต้องมีส่วนร่วมโดยในการเปลี่ยนแนวก่อสร้างสะพานต้องประชุมร่วมกับเจ้าของที่ดิน

ที่ติดกับลำห้วยรวมทั้งแนวถนนที่ต้องทำใหม่ต้องให้เจ้าของที่ดินมารับทราบปัญหาด้วย

6.3.5 การคำนวณช่องเปิดระบายน้ำ

การออกแบบจะต้องออกแบบช่องเปิดระบายน้ำ ให้มีขนาดเพียงพอ มิให้กระแสน้ำเกิดการกัดเซาะดินท้องน้ำ และดินตลิ่ง โดยมีวิธีการคำนวณ ดังนี้

การหาปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน

การหาปริมาณน้ำโดยใช้สูตร Rational Method

สูตร $Q = 0.278\ CIA$

Q = ปริมาณน้ำนองสูงสุด (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า

I = Rainfall Intensity (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)

A = พื้นที่รับน้ำฝน (ตารางกิโลเมตร)

TC = โดยที่เวลาที่น้ำใช้ในการไหลจากจุดไกลสุดของพื้นที่รับน้ำฝนมาถึงจุดที่พื้นที่

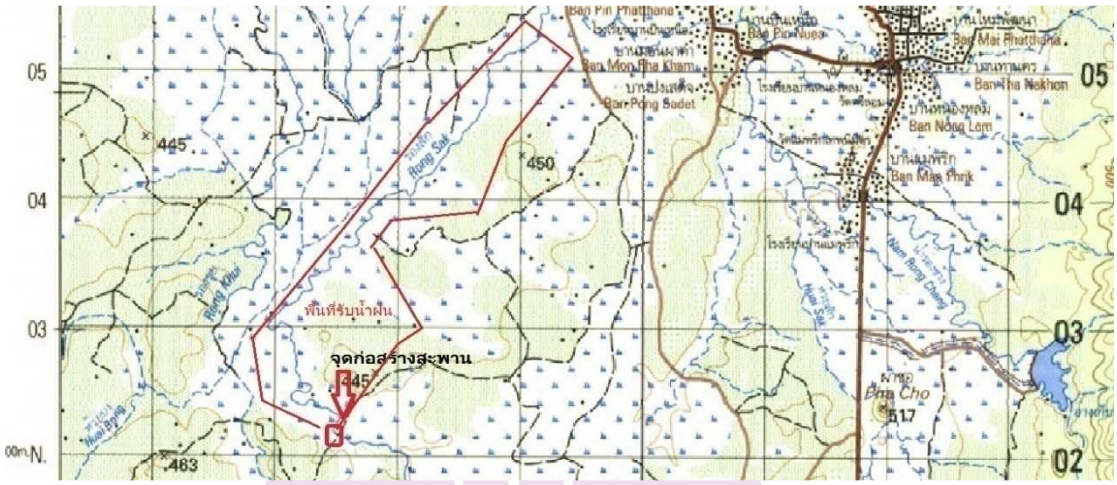
เท่ากับ $Tc = 0.0663 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{1/2}} \right)$ (ชั่วโมง)

โดยที่ $S = H/L$

เมื่อ L = ความยาวของลำน้ำวัดจากจุดไกลสุดถึงจุดที่ตั้งโครงการ (กิโลเมตร)

H = ระดับพื้นท้องน้ำของลำน้ำที่จุดไกลสุดถึงระดับพื้นท้องน้ำของลำน้ำ ณ จุดที่ตั้งโครงการ (เมตร)

S = ความลาดเอียงของพื้นท้องน้ำ (เมตรต่อเมตร)



ภาพ 3 แสดงแผนที่ 1: 50,000

CATCHMENT AREA = 4.50 ตร.กม. (หาจากแผนที่ 1: 50,000 โดยวิธี scan แผนที่แล้วใช้โปรแกรม CAD คำนวณ)

L = 3.09 กิโลเมตร (หาจากแผนที่ 1: 50,000)

H = 15 เมตร (หาจากแผนที่ 1: 50,000)

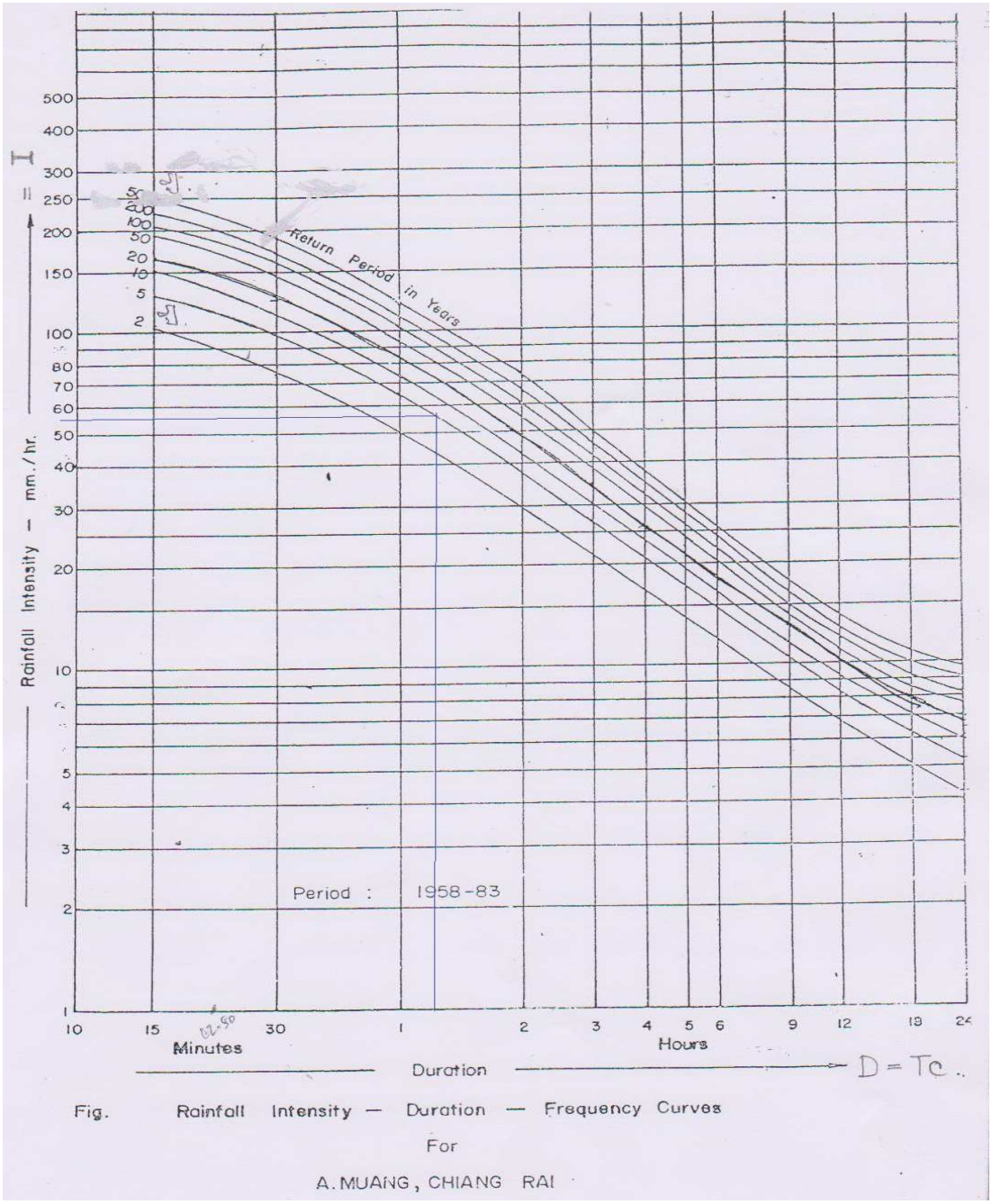
วิธีการหา TC (Time of concentration)

$$Tc = 0.0663 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{1/2}} \right) \text{ (ชั่วโมง)}$$

S = H/L = 15/3.09/1000

$$Tc = 0.0663 \left(\frac{3.09^{0.77}}{S^{1/2}} \right) 0.004854 = 1.229 \text{ (ชั่วโมง)}$$

จากค่า Tc ที่หาได้ นำไปเปรียบเทียบจากกราฟ Rainfall Intensity Curve เพื่อหาค่า Rainfall Intensity สำหรับจังหวัดเชียงราย ในหนังสือคู่มือการออกแบบโครงสร้างงานพัฒนาแหล่งน้ำ ผิวดินขนาดเล็กของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท Tc = 1.229 ชั่วโมง = 73 นาที



ภาพ 4 แสดงค่าแสดงปริมาณน้ำฝน จังหวัดเชียงราย

Tc = 1.229 ชั่วโมง = 73 นาที สำหรับ Return period 5 ปี

หาค่า Intensity (I) จาก Intensity & Frequency จ.เชียงราย สำหรับ Return period 5 ปี Rainfall Intensity = 55 มม./ชั่วโมง ในรอบ 5 ปี จาก Chart Runoff Coefficients (C) ภาพ 4 พื้นที่เป็นป่า (Woodland) C = 0.10

หาค่า Q จากสูตร Q = 0.278 CIA

= 0.278 x 0.10 x 55 x 4.50 ลบ.ม./วินาที

= 6.88 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 5 ปี

เนื่องจากท้องน้ำโครงการดังกล่าวเป็นดินทรายจึงใช้ความเร็วที่ไม่เกิดการกัดเซาะ V = 0.76ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY)

$V = \frac{1}{n} \times \sqrt[3]{R}^{2} \times \sqrt{S}$

Q = AxV

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

$S = \frac{H}{L}$

เมื่อ V = ความเร็วเฉลี่ยของการไหล (ม./วินาที)

S = ความลาดชันของ energy gradient (ม./ม.)

A = พื้นที่หน้าตัดของน้ำ (3.73 ตรม.)

P = ความยาวเส้นขอบเปียก (7.40 เมตร.)

R = รัศมีชลศาสตร์ (ม.)

$R = \frac{A}{P} ; = \frac{3.37}{7.40}$

R = 0.50

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของผิวสัมผัส (0.03)

$S = \frac{H}{L} = S = \frac{15}{3.09X1000} = 0.004854$

$V = \frac{1}{n} \times \sqrt[3]{R}^{2} \times \sqrt{S}$

$V = \frac{1}{0.03} \times \sqrt[3]{0.50}^{2} \times \sqrt{0.004854}$

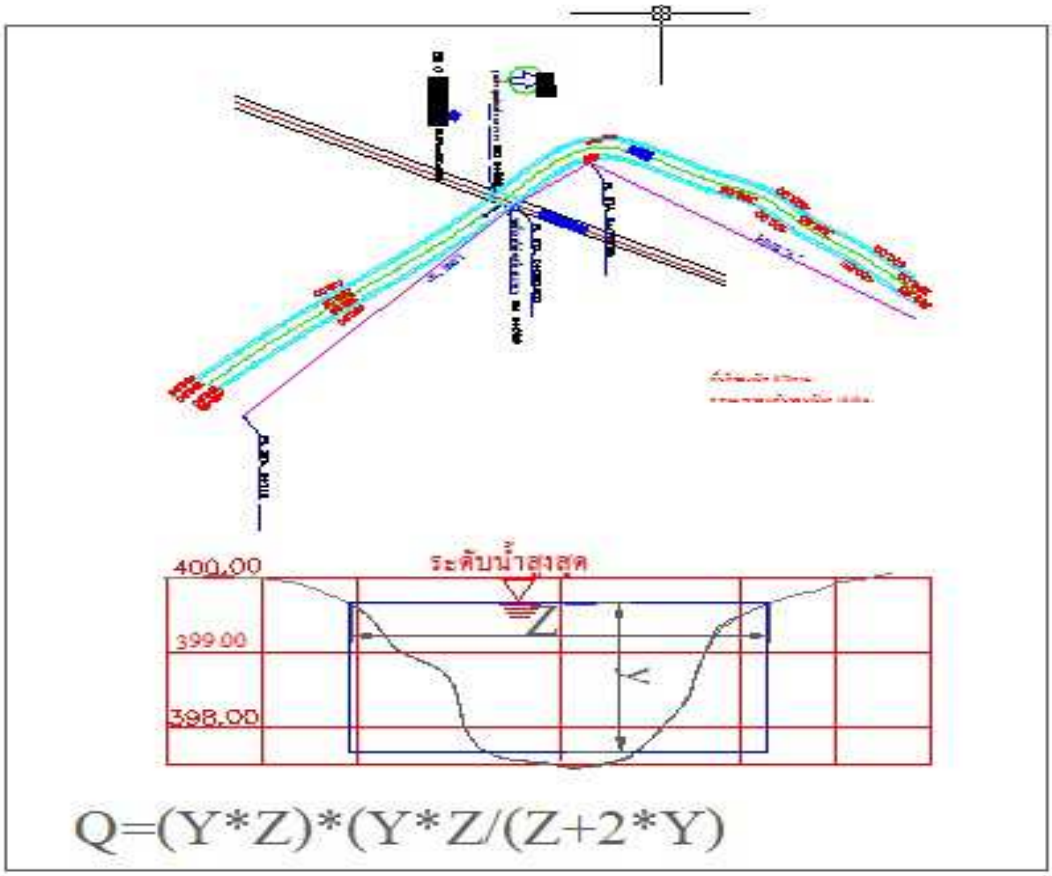
V = 1.46 ม./วินาที

Q = A*V

Q = 3.37 *1.46

Q ของ Manning Method = 4.90 ลบม./วินาที

Q = (6.88) ลบ.ม./วินาที) สำหรับ Return period 5 ปี --------สมการที่ 1



ภาพ 5 แสดงหน้าตัดลำน้ำ

TRY & ERRORหาค่า y

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $\sqrt[3]{R^2}$ x $\sqrt{S}$

สมมุติสะพานยาวZ = 5.00

A = Y x Z

A = Y x 5

S = $\frac{H}{L} = \frac{15}{3.09X1000}$ = 0.004854

N = 0.03

P = Z+2Y

R = $\frac{A}{P} = \frac{(Yx5)}{(5+2y)}$

จากสูตร Manning $Q = 1/n \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$

$Q = 6.88$; $n = 0.03$; $s = 0.004854$

$$Q = \frac{1}{0.03} \times Y \times 5 \times \sqrt[3]{\frac{(Yx5)2}{(5+2y)}} \times \sqrt{S} \; . \qquad \text{--------สมการที่ 2}$$

จากสมการที่ 2 Q ที่ต้องการคือ 6.88 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 1 เมตร

Q = 3.571 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 2 เมตร

Q = 11.11 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 1.481 เมตร

Q = 6.887 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

แสดงว่า y อยู่ในช่วง 1–2 เมตร เราก็ทำการ TRY & ERRORหาค่า Y ไปเรื่อย ๆ จนค่า Y เข้าใกล้ค่า Q ในที่นี้เราได้ค่า Y เท่ากับ 1.481 เมตร Q = 6.887 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ นั้นแสดงว่าที่ความลึกของท้องน้ำ 1.481 เมตร กว้าง 5.00 เมตร ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านจะเท่ากับ Q = 6.887 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ พื้นที่ของช่องเปิดสะพาน = 1.481x5.00 เมตร เท่ากับ 7.405 มากกว่าพื้นที่จากสมการที่ 1 คือ 3.37 ตารางเมตร Factor Of Safety $v = \frac{Q}{A}$ $v = \frac{6.887}{7.405} = 0.93 > 0.76$ V = 0.76 ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) แสดงว่าเกิดการกัดเซาะ เกินค่า Factor Of Safety นั้นหมายความว่าถ้าเราสร้างสะพานยาว ประมาณ 5.00 เมตร ปริมาณน้ำฝนในรอบ 5 ปีสะพานบริเวณนี้ก็จะเกิดการกัดเซาะถ้าจะทำสร้างสะพานก็ต้องมีการป้องกันการกัดเซาะของสะพานต่อไปด้วย แต่ถ้าเราเพิ่มค่า Y ความลึกซึ่งมากสุดได้แค่ 1.60 เมตร เราก็ทำการ TRY & ERRORหาค่า Y =1.60 เมตรพื้นที่ของช่องเปิดสะพาน= 1.60 x5.00 เมตร เท่ากับ 8.00 ตรม. Factor Of Safety $v = \frac{Q}{A}$ $v = \frac{6.887}{8.00} = 0.86 > 0.76$ V = 0.76 ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) แสดงว่าเกิดการกัดเซาะ เกินค่า Factor Of Safety การเพิ่มความลึกไม่ได้ช่วยในการกัดเซาะ

กรณีที่ผ่านมาสะพานยาว 5.00 เมตร ลึก1.60 เมตร ค่าความเร็วของลำน้ำ (V) ยังมีมากอยู่ยังผลให้เกิดการกัดเซาะอยู่เราจะต้องลดความเร็วของกระแสน้ำ (V) โดยการเพิ่มหน้าตัดลำน้ำโดยเพิ่มความกว้างของสะพานโดยการเป็นความกว้าง 6.00 เมตร TRY & ERROR หาค่า y เพื่อจะหา

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $\sqrt[3]{R^2}$ x $\sqrt{S}$

สมมุติสะพานยาวZ = 5.00

A = Y x Z

A = Y x 5

S = $\frac{H}{L} = \frac{15}{3.09X1000}$ = 0.004854

N = 0.03

P = Z+2Y

R = $\frac{A}{P} = \frac{(Yx5)}{(5+2y)}$

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $R^{2/3}$ x $S^{1/2}$

Q = 6.88; n = 0.03; s = 0.004854

Q = $\frac{1}{0.03}$ x Y x 5 x $\sqrt[3]{\frac{(Yx5)2}{(5+2y)}}$ x $\sqrt{S}$. --------สมการที่2

จากสมการที่ 2 Q ที่ต้องการคือ 6.88 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 1 เมตร

Q = 4.55 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 2 เมตร

Q = 14.40 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

แสดงว่า yอยู่ในช่วง 1-2 เมตรเราก็ ทำการTRY & ERROR หาค่า Y ไปเรื่อย ๆ จนค่า Y เข้าใกล้ค่า Q ในที่นี้เราได้ค่า Y เท่ากับ 1.278 เมตร Q = 6.887 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ นั้นแสดงว่าที่ความลึกของท้องน้ำ 1.278 เมตรกว้าง 6.00 เมตรปริมาณน้ำที่ไหลผ่านจะเท่ากับ Q = 6.887 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ พื้นที่ของช่องเปิดสะพาน = 1.278x6.00 เมตร เท่ากับ 7.688 มากกว่าพื้นที่จากสมการที่ 1 คือ 5.37 ตารางเมตร Factor Of Safety v = $\frac{Q}{A}$ v = $\frac{6.887}{7.688}$ = 0.89 ม./วินาที>0.76 ม./วินาที V =0.76 ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) แสดงว่าเกิดการกัดเซาะ เกินค่า Factor Of Safety นั้นหมายความว่าถ้าเราสร้างสะพานยาว ประมาณ 6.00 เมตร ปริมาณน้ำฝนในรอบ 5 ปีสะพานบริเวณนี้ก็จะเกิดการกัดเซาะถ้าจะทำสร้างสะพานก็ต้องมีการป้องกันการกัดเซาะของสะพานต่อไปด้วย แต่ถ้าเราเพิ่มค่า Y ความลึกซึ่งมากสุดได้แค่ 1.60 เมตร เราก็ทำการ TRY & ERROR หาค่า Y = 1.60 เมตร พื้นที่ของช่องเปิดสะพาน = 1.60 x6.00 เมตร เท่ากับ 9.60 ตรม. Factor Of Safety v = $\frac{Q}{A}$ v = $\frac{6.887}{9.60}$ = 0.71<0.76 V =0.76 ม./วินาที

(ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) แสดงว่าไม่เกิดการกัดเซาะ เกินค่า Factor Of Safety การเพิ่มความลึกได้ ช่วยในการป้องกันการกัดเซาะ แสดงว่าถ้าปริมาณน้ำฝนมาในรอบ 5 ปี (Return period) การออกแบบสะพานกว้าง 6.00 เมตร ลำน้ำลึก 1.60 เราไม่ต้องป้องกันการกัดเซาะก็ได้แต่ถ้าปริมาณน้ำฝนมากกว่า Return period 5 ปี สะพานก็จะเกิดการกัดเซาะ

จากนั้นทำการหาช่วง Return period 10 ปีของการออกแบบช่องเปิดสะพานต่อไปจาก Tc = 1.229 ชั่วโมง = 73 นาที สำหรับ Return period 10 ปี หาค่า Intensity (I) จาก Intensity & Frequency จ.เชียงราย สำหรับ Return period 10 ปี Rainfall Intensity = 65 มม./ชั่วโมง ในรอบ 10 ปี จาก Chart Runoff Coefficients (C) ภาพ 4 พื้นที่เป็นป่า (Woodland)

C = 0.10 หาค่า Q จากสูตร Q = 0.278 CIA

= 0.278 x 0.10 x 55 x 4.50 ลบ.ม./วินาที

= 8.13 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 10 ปี

จากนั้นทำการหาหน้าตัดพื้นที่ของสะพานที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนในรอบ 10 ปี เหมือนกับปริมาณน้ำฝนในรอบ 5 ปี

Q = (8.13) ลบ.ม./วินาที) สำหรับ Return period 10 ปี ------สมการที่ 1

TRY & ERRORหาค่า y

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $\sqrt[3]{R^2}$ x $\sqrt{S}$

สมมุติสะพานยาวZ = 5.00

A = Y x Z

A = Y x 5

S = $\frac{H}{L} = \frac{15}{3.09X1000}$ = 0.004854

N = 0.03

P = Z+2Y

R = $\frac{A}{P} = \frac{(Yx5)}{(5+2y)}$

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $R^{2/3}$ x $S^{1/2}$

Q = 6.88, n = 0.03, s = 0.004854

Q = $\frac{1}{0.03}$ x Y x 5 x $\sqrt[3]{\frac{(Yx5)2}{(5+2y)}}$ x $\sqrt{S}$. --------สมการที่ 2

จากสมการที่ 2 Q ที่ต้องการคือ 6.88 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 1 เมตร

Q = 4.50 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 2 เมตร

Q = 14.40 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

แสดงว่า y อยู่ในช่วง 1–2 เมตร เราก็ ทำการTRY & ERRORหาค่า Y ไปเรื่อย ๆ จนค่า Y เข้าใกล้ค่า Q ในที่นี้เราได้ค่า Y เท่ากับ 1.412 เมตร Q = 8.813 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ นั้นแสดงว่าที่ความลึกของท้องน้ำ 1.412 เมตร กว้าง 6.00 เมตร ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านจะเท่ากับ Q= 8.130 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ พื้นที่ของช่องเปิดสะพาน = 1.412x6.00 เมตร เท่ากับ 8.472 มากกว่าพื้นที่จากสมการที่ 1 คือ 5.37 ตารางเมตร Factor Of Safety v = $\frac{Q}{A}$ = $\frac{8.813}{8.472}$ = 1.04<0.76 V = 0.76 ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) แสดงว่าเกิดการกัดเซาะ เกินค่า Factor Of Safety นั้นหมายความว่าถ้าเราสร้างสะพานยาว ประมาณ 6.00 เมตร ปริมาณน้ำฝนในรอบ 10 ปี สะพานบริเวณนี้ก็จะเกิดการกัดเซาะถ้าจะทำสร้างสะพานก็ต้องมีการป้องกันการกัดเซาะของสะพานต่อไปด้วย แต่ถ้าเราเพิ่มค่า Y ความลึกซึ่งมากสุดได้แค่ 1.60 เมตร เราก็ทำการTRY & ERRORหาค่า Y = 1.50 เมตร พื้นที่ของช่องเปิดสะพาน= 1.60x6.00 เมตร เท่ากับ 9.60 Factor Of Safety v = $\frac{Q}{A}$ v = $\frac{8.813}{9.60}$ = 0.91<0.76, V=0.76 ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) แสดงว่าเกิดการกัดเซาะ เกินค่า Facter Of Safety การเพิ่มความลึกไม่ได้ช่วยในการกัดเซาะ

กรณีที่ผ่านมาสะพานยาว 6.00 เมตร ลึก 1.60 เมตร ค่าความเร็วของลำน้ำ (V) ยังมีมากอยู่ยังผลให้เกิดการกัดเซาะอยู่เราจะต้องลดความเร็วของกระแสน้ำ (V) โดยการเพิ่มหน้าตัดลำน้ำโดยเพิ่มความกว้างของสะพานโดยการเป็นความกว้าง 7.00 เมตร TRY & ERROR หาค่า y

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $\sqrt[3]{R^2}$x $\sqrt{S}$

สมมุติสะพานยาวZ = 7.00

A = Y x Z

A = Y x 5

S = $\frac{H}{L}$ = $\frac{15}{3.09X1000}$ = 0.004854

N = 0.03

P = Z+2Y

R = $\frac{A}{P} = \frac{(Yx5)}{(5+2y)}$

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $R^{2/3}$ x $S^{1/2}$

Q = 6.88, n = 0.03, s = 0.004854

Q = $\frac{1}{0.03}$ x Y x 5 x $\sqrt[3]{\frac{(Yx5)2}{(5+2y)}}$ x $\sqrt{S}$. --------สมการที่ 2

จากสมการที่ 2 Q ที่ต้องการคือ 8.813 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 1 เมตร

Q = 5.44 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 2 เมตร

Q = 17.818 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

แสดงว่า y อยู่ในช่วง 1–2 เมตรเราก็ ทำการ TRY & ERRORหาค่า Y ไปเรื่อย ๆ จนค่า Y เข้าใกล้ค่า Q ในที่นี้เราได้ค่า Y เท่ากับ 1.316 เมตร Q= 8.813 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ นั้นแสดงว่าที่ความลึกของท้องน้ำ 1.316 เมตร กว้าง 7.00 เมตร ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านจะเท่ากับ Q= 8.813 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ พื้นที่ของช่องเปิดสะพาน = 1.316x7.00 เมตร เท่ากับ 9.212 มากกว่าพื้นที่ จากสมการที่ 1 คือ 5.37 ตารางเมตร Factor Of Safety v = $\frac{Q}{A}$, v = $\frac{8.813}{9.212}$ = 0.72 ม./วินาที>0.76 ม./วินาที V =0.76 ม./วินาที(ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY)แสดงว่าไม่เกิดการกัดเซาะ เกินค่า Facter Of Safety นั้นหมายความว่าถ้าเราสร้างสะพานยาว ประมาณ 7.00 เมตร ปริมาณน้ำฝนในรอบ 10 ปี สะพานบริเวณนี้ก็จะไม่เกิดการกัดเซาะ แสดงว่าถ้าปริมาณน้ำฝนมาในรอบ 10 ปี (Return period) การออกแบบสะพานกว้าง 7.00 เมตร ลำน้ำลึก 1.316 เมตร เราไม่ต้องป้องกันการกัดเซาะก็ได้แต่ถ้าปริมาณน้ำฝนมามากกว่า Return period 10 ปี สะพานก็จะเกิดการกัดเซาะ

จากนั้นเราก็ทำการหาช่วง Return period 20 ปีของการออกแบบช่องเปิดสะพานต่อไป จาก Tc = 1.229 ชั่วโมง = 73 นาที สำหรับ Return period 20 ปี หาค่า Intensity (I) จาก Intensity & Frequency จ.เชียงราย สำหรับ Return priod 20 ปี Rainfall Intensity = 75 มม./ชั่วโมง ในรอบ 20 ปี จาก Chart Runoff Coefficients (C) ถาพ 4 พื้นที่เป็นป่า (Woodland)

C = 0.10

หาค่า Q จากสูตร Q = 0.278 CIA

= 0.278 x 0.10 x 75 x 4.50 ลบ.ม./วินาที

= 9.38 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 20 ปี

จากนั้นทำการหาหน้าตัดพื้นที่ของสะพานที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนในรอบ 20 ปี เหมือนกับปริมาณน้ำฝนในรอบ 5 ปี

Q = (9.38) ลบ.ม./วินาที) สำหรับ Return period 20 ปี --------สมการที่ 1

TRY & ERRORหาค่า y

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $\sqrt[3]{R^2}$ x $\sqrt{S}$

สมมุติสะพานยาวZ = 7.00

A = Y x Z

A = Y x 5

S = $\frac{H}{L} = \frac{15}{3.09X1000}$ = 0.004854

N = 0.03

P = Z+2Y

R = $\frac{A}{P} = \frac{(Yx5)}{(5+2y)}$

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $R^{2/3}$ x $S^{1/2}$

Q = 6.88; n = 0.03; s = 0.004854

Q = $\frac{1}{0.03}$ x Y x 5 x $\sqrt[3]{\frac{(Yx5)2}{(5+2y)}}$ x $\sqrt{S}$. --------สมการที่ 2

จากสมการที่ 2 Q ที่ต้องการคือ 8.813 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 1 เมตร

Q = 5.44 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 2 เมตร

Q = 17.81 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

แสดงว่า y อยู่ในช่วง 1-2 เมตร เราก็ ทำการTRY & ERROR หาค่า Y ไปเรื่อย ๆ จนค่า Y เข้าใกล้ค่า Q ในที่นี้เราได้ค่า Y เท่ากับ 1.365 เมตร Q= 9.38 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ นั้นแสดงว่าที่ความลึกของท้องน้ำ 1.365 เมตร กว้าง 7.00 เมตร ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านจะเท่ากับ Q= 9.38 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ พื้นที่ของช่องเปิดสะพาน = 1.365x7.00 เมตร เท่ากับ 9.55 มากกว่าพื้นที่จากสมการที่ 1 คือ 5.37 ตารางเมตร Factor Of Safety v = $\frac{Q}{A}$ = $\frac{9.38}{9.55}$ = 0.98<0.76 V = 0.76 ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) แสดงว่าเกิดการกัดเซาะ เกินค่า Factor Of Safety นั้นหมายความว่าถ้าเราสร้างสะพานยาว ประมาณ 7.00 เมตร ปริมาณน้ำฝนในรอบ 20 ปีสะพานบริเวณนี้ก็จะเกิดการกัดเซาะถ้าจะทำสร้างสะพานก็ต้องมีการป้องกันการกัดเซาะของสะพานต่อไปด้วย แต่ถ้าเราเพิ่มค่า Yความลึกซึ่งมากสุดได้แค่ 1.60 เมตร เราก็ทำการTRY & ERROR หาค่า Y = 1.50 เมตรพื้นที่ของช่องเปิดสะพาน = 1.60x7.00 เมตร เท่ากับ 11.20 ตรม. Factor Of Safety v=$\frac{Q}{A}$, v = $\frac{9.38}{11.20}$ = 0.83<0.76, V = 0.76 ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) แสดงว่าเกิดการกัดเซาะ เกินค่า Factor Of Safety การเพิ่มความลึกไม่ได้ช่วยในการกัดเซาะ

กรณีที่ผ่านมาสะพานยาว 7.00 เมตร ลึก 1.60 เมตรค่า ความเร็วของลำน้ำ (V) ยังมีมากอยู่ยังผลให้เกิดการกัดเซาะอยู่เราจะต้องลดความเร็วของกระแสน้ำ (V) โดยการเพิ่มหน้าตัดลำน้ำโดยเพิ่มความกว้างของสะพานโดยการเป็นความกว้าง 8.00 เมตร TRY & ERROR หาค่า yเพื่อจะหา

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $\sqrt[3]{R^2}$ x $\sqrt{S}$

สมมุติสะพานยาวZ = 7.00

A = Y x Z

A = Y x 5

S = $\frac{H}{L}$ = $\frac{15}{3.09X1000}$ = 0.004854

N = 0.03

P = Z+2Y

R = $\frac{A}{P}$ =$\frac{(Yx5)}{(5+2y)}$

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $R^{2/3}$ x $S^{1/2}$

Q = 6.88; n = 0.03; s = 0.004854

Q = $\frac{1}{0.03}$ x Y x 5 x $\sqrt[3]{\frac{(Yx5)2}{(5+2y)}}$ x $\sqrt{S}$. --------สมการที่ 2

จากสมการที่ 2 Q ที่ต้องการคือ 9.38 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 1 เมตร

Q = 6.40 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 2 เมตร

Q = 21.33 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

แสดงว่า y อยู่ในช่วง 1-2 เมตรเราก็ ทำการ TRY & ERRORหาค่า Y ไปเรื่อย ๆ จนค่า Y เข้าใกล้ค่า Q ในที่นี้เราได้ค่า Y เท่ากับ 1.316 เมตร Q= 9.38 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ นั้นแสดงว่าที่ความลึกของท้องน้ำ 1.24 เมตร กว้าง 7.00 เมตร ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านจะเท่ากับ Q = 9.38 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ พื้นที่ของช่องเปิดสะพาน = 1.24x8.00 เมตร เท่ากับ 9.92 มากกว่าพื้นที่จากสมการที่ 1 คือ 5.37 ตารางเมตร Factor Of Safety v = $\frac{Q}{A}$, v = $\frac{9.38}{9.92}$ = 0.72 ม./วินาที> 0.76 ม./วินาที V =0.76 ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) แสดงว่าไม่เกิดการกัดเซาะ เกินค่า Factor Of Safety นั้นหมายความว่าถ้าเราสร้างสะพานยาว ประมาณ 8.00 เมตร ปริมาณน้ำฝนในรอบ 20 ปี สะพานบริเวณนี้ก็จะไม่เกิดการกัดเซาะ แสดงว่าถ้าปริมาณน้ำฝนมาในรอบ 20 ปี (Return period) การออกแบบสะพานกว้าง 8.00 เมตร ลำน้ำลึก 1.24 เมตร เราไม่ต้องป้องกันการกัดเซาะ ก็ได้แต่ถ้าปริมาณน้ำฝนมามากกว่า Return period 20 ปี สะพานก็จะเกิดการกัดเซาะ

จากนั้นเราก็ทำการหาช่วง Return period 25 ปีของการออกแบบช่องเปิดสะพานต่อไป จาก Tc = 1.229 ชั่วโมง = 73 นาที สำหรับ Return period 25 ปี หาค่า Intensity (I) จาก Intensity & Frequency จ.เชียงราย สำหรับ Return period 25 ปี Rainfall Intensity = 78 มม./ชั่วโมง ในรอบ 25 ปี จาก Chart Runoff Coefficient (C) ภาพ 4 พื้นที่เป็นป่า (Woodland)

C = 0.10

หาค่า Q จากสูตร Q = 0.278 CIA

= 0.278 x 0.10 x 78 x 4.50 ลบ.ม./วินาที

= 9.76 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 25 ปี

จากนั้นทำการหาหน้าตัดพื้นที่ของสะพานที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนในรอบ 25 ปี เหมือนกับปริมาณน้ำฝนในรอบ 5 ปี

Q = (9.76) ลบ.ม./วินาที) สำหรับ Return period 20 ปี --------สมการที่ 1

TRY & ERRORหาค่า y

จากสูตร Manning Q = $1/n$ x Ax $\sqrt[3]{R^2}$ x $\sqrt{S}$

สมมุติสะพานยาวZ = 8.00

A = Y x Z

A = Y x 5

$S = \frac{H}{L} = \frac{15}{3.09X1000} = 0.004854$

N = 0.03

P = Z+2Y

$R = \frac{A}{P} = \frac{(Yx5)}{(5+2y)}$

จากสูตร Manning $Q = 1/n \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$

Q = 6.88; n = 0.03; s = 0.004854

$Q = \frac{1}{0.03} \times Y \times 5 \times \sqrt[3]{\frac{(Yx5)2}{(5+2y)}} \times \sqrt{S}$. --------สมการที่ 2

จากสมการที่ 2 Q ที่ต้องการคือ 9.76 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 1 เมตร

Q = 6.44 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

TRY & ERRORหาค่า Y = 2 เมตร

Q = 21.33 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$

แสดงว่า y อยู่ในช่วง 1–2 เมตร เราก็ทำการ TRY & ERROR หาค่า Y ไปเรื่อย ๆ จนค่า Y เข้าใกล้ค่า Q ในที่นี้เราได้ค่า Yเท่ากับ 1.268 เมตร Q = 9.76 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ นั้นแสดงว่าที่ความลึกของท้องน้ำ 1.365 เมตร กว้าง 8.00 เมตร ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านจะเท่ากับ Q= 9.76 $\frac{\text{ลบม.}}{\text{วินาที}}$ พื้นที่ของช่องเปิดสะพาน = 1.268x8.00 เมตร เท่ากับ 10.14 มากกว่าพื้นที่จากสมการที่ 1 คือ 5.37 ตารางเมตร Factor Of Safety $v = \frac{Q}{A} = \frac{9.76}{10.14} = 0.96 < 0.76$ V = 0.76 ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) แสดงว่าเกิดการกัดเซาะ เกินค่า Facter Of Safety นั้นหมายความว่าถ้าเราสร้างสะพานยาว ประมาณ 8.00 เมตร ปริมาณน้ำฝนในรอบ 25 ปี สะพานบริเวณนี้ก็จะเกิดการกัดเซาะถ้าจะทำสร้างสะพานก็ต้องมีการป้องกันการกัดเซาะของสะพานต่อไปด้วยแต่ถ้าเราเพิ่มพื้นที่หน้าตัดสะพานโดยเพิ่มความลึกของท้องน้ำโดยการขุดท้องน้ำเพื่อ เพิ่มค่าyโดย TRY & ERROR หาค่า Y จนกระทั่งค่าความเร็วของท้องน้ำลดลงจนได้น้อยกว่า 0.76 ม./วินาที(ตามตารางของ FORTIER AND SCOBEY) อีกประการหนึ่งที่เราเรียกที่จะเพิ่มค่า y ในช่วง Return period 25 ปี เป็นช่วงที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ

ในปัจจุบันซึ่งแปรผันมากเราก็จะได้ ค่า y ที่ 1.50 เมตรจะได้ค่า A = 12.84 ตรม. Factor Of Safety = $\frac{9.76}{12.84}$ = 0.74>0.76, V = 0.76 ม./วินาที (ตามตารางของ FORTIER AND COBEY) แสดงว่าไม่เกิดการกัดเซาะ แสดงว่าช่วงที่เหมาะสมในการที่ไม่เกิดการกัดเซาะคอสะพาน คือ ช่วงสะพานยาว 8.00 เมตรลึก 1.60 เมตร คือ ระยะปลอดภัยและในการแก้ปัญหาดังกล่าวเราอาจมีวิธีอยู่ 2 วิธีคือ

1. ทำการป้องกันการกัดเซาะโดยทำหินเรียงยาแนวพร้อมทำการออกแบบช่วงสะพานมีความยาวเท่ากับรอบช่วงปีใดที่จะเกิดการกัดเซาะคอสะพาน

2. ทำการออกแบบช่วงสะพานมีความยาวเมากกว่ารอบช่วงปีใดที่จะเกิดการกัดเซาะคอสะพานโดย Return period ในการก่อสร้างเราใช้ที่ 25 ปีนั้นคือความยาวสะพานที่ 8.00เมตร

6.3.6 การประเมินมูลค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

การประเมินโครงการสาธารณะ ดังนี้

ต้นทุน (Cost) เช่น งบการลงทุนค่าก่อสร้าง มูลคาซาก ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา

1) ค่าลงทุนในการก่อสร้างมีดังนี้ ในกรณีที่1 ทำการป้องกันการกัดเซาะโดยทำหินเรียงยาแนวพร้อมทำการออกแบบช่วงสะพานมีความยาวเท่ากับรอบช่วงปีใดที่จะเกิดการกัดเซาะคอสะพาน

2) งบประมาณก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 5.00เมตรในช่วง Return period 5 ปี ราคาสะพานพร้อมกับงานป้องกันการกัดเซาะ (Cost) 597,762 บาท การวิเคราะห์ต้นทุนของหน่วงงานภาครัฐ ก่อสร้างสะพานพร้อมกับงานป้องกันการกัดเซาะ งบประมาณในการก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะ (Cost) 597,762บาท ระยะเวลาอายุโครงการที่สามารถทำประโยชน์ได้ 5 ปี จากการเทียบมูลค่าเงินเป็นรายงวด 1 ปี ใช้การกระจายค่าเงินปัจจุบันเป็นค่าเงินรายงวด 1 ปี จากอายุโครงการ 5 ปี โดยใช้ ค่า Factor A/P อัตราดอกเบี้ย (i) 7% ต่อปี จำนวนงวด (n) 5 งวด จากตารางการเทียบค่าเงินรวมอัตราดอกเบี้ยทบต้น Compound Interest Factors

เมื่อเทียบมูลค่าต้นทุนต่องวด 1ปี = 597,762x(A/P, i 7%, 5 งวด)

= 597,762x0.2439

= 142,007.85 บาท ต่อปี

3) งบประมาณก่อสร้างสะพาน และไม่มีการการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้ สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00เมตรในช่วง Return period 5 ปี ราคาสะพาน (Cost) 530,169 บาท งบประมาณก่อสร้างสะพานและไม่มีการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00 เมตร ราคาสะพาน (Cost) 530,169 บาท การวิเคราะห์ต้นทุนของหน่วงงานภาครัฐก่อสร้างสะพาน งบประมาณในการก่อสร้างสะพาน (Cost) 530,169 บาท ระยะเวลาอายุโครงการที่สามารถทำประโยชน์ได้ 5 ปี จากการเทียบมูลค่าเงินเป็นรายงวด 1 ปี ใช้การกระจายค่าเงินปัจจุบันเป็นค่าเงินรายงวด 1 ปี จากอายุโครงการ 5 ปี โดยใช้ ค่า Factor A/P อัตราดอกเบี้ย (i) 7% ต่อปี จำนวนงวด (n) 5 งวด จากตารางการเทียบค่าเงินรวมอัตราดอกเบี้ยทบต้น Compound Interest Factors

เมื่อเทียบมูลค่าต้นทุนต่องวด 1ปี = 530,169x (A/P, i 7%, 5 งวด)

= 530,169x 0.2439

= 129,308.22 บาท ต่อปี

4) งบประมาณก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00 เมตรในช่วง Return period 10 ปี ราคาสะพานพร้อมกับงานป้องกันการกัดเซาะ (Cost) 635,169 บาท การวิเคราะห์ต้นทุนของหน่วงงานภาครัฐ ก่อสร้างสะพานพร้อมกับงานป้องกันการกัดเซาะ งบประมาณในการก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะ (Cost) 635,169 บาท ระยะเวลาอายุโครงการที่สามารถทำประโยชน์ได้ 10 ปี จากการเทียบมูลค่าเงินเป็นรายงวด 1 ปี ใช้การกระจายค่าเงินปัจจุบันเป็นค่าเงินรายงวด 1 ปี จากอายุโครงการ 10 ปี โดยใช้ ค่า Factor A/P อัตราดอกเบี้ย (i) 7% ต่อปี จำนวนงวด (n) 10 งวด จากตารางการเทียบค่าเงินรวมอัตราดอกเบี้ยทบต้น Compound Interest Factors

เมื่อเทียบมูลค่าต้นทุนต่องวด 1 ปี = 635,169x(A/P, i7%, 10 งวด)

= 635,169x0.1424

= 90,448.07 บาท ต่อปี

5) งบประมาณก่อสร้างสะพานและไม่มีการการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 7.00 เมตรในช่วง Return period 10 ปี ราคาสะพาน (Cost) 582,238 บาท งบประมาณก่อสร้างสะพาน และไม่มีการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00 เมตร ราคาสะพาน (Cost) 582,238 บาท การวิเคราะห์ต้นทุนของหน่วงงานภาครัฐ ก่อสร้างสะพาน

งบประมาณในการก่อสร้างสะพาน (Cost) 582,238 บาท ระยะเวลาอายุโครงการที่สามารถทำประโยชน์ได้ 10 ปี จากการเทียบมูลค่าเงินเป็นรายงวด 1 ปี ใช้การกระจายค่าเงินปัจจุบันเป็นค่าเงินรายงวด 1 ปี จากอายุโครงการ 10 ปี โดยใช้ ค่า Factor A/P อัตราดอกเบี้ย (i) 7% ต่อปี จำนวนงวด (n) 10 งวด จากตารางการเทียบค่าเงินรวมอัตราดอกเบี้ยทบต้น Compound Interest Factors

เมื่อเทียบมูลค่าต้นทุนต่องวด 1ปี = 582,238x(A/P, i 7%, 10 งวด)
= 582,238x 0.1424
= 82,910.69 บาท ต่อปี

6) งบประมาณก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะสะพาน ตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 7.00 เมตรในช่วง Return period 20 ปีราคาสะพานพร้อมกับงานป้องกันการกัดเซาะ(Cost) 687,238 บาท การวิเคราะห์ต้นทุนของหน่วงงานภาครัฐ ก่อสร้างสะพานพร้อมกับงานป้องกันการกัดเซาะ งบประมาณในการก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะ (Cost) 687,238 บาท ระยะเวลาอายุโครงการที่สามารถทำประโยชน์ได้ 15 ปี จากการเทียบมูลค่าเงินเป็นรายงวด 1 ปี ใช้การกระจายค่าเงินปัจจุบันเป็นค่าเงินรายงวด 1 ปี จากอายุโครงการ 15 ปี โดยใช้ ค่า Factor A/P อัตราดอกเบี้ย (i) 7% ต่อปี จำนวนงวด (n) 15 งวด จากตารางการเทียบค่าเงินรวมอัตราดอกเบี้ยทบต้น Compound Interest Factors 623,869 บาท การวิเคราะห์ต้นทุนของหน่วงงานภาครัฐ ก่อสร้างสะพาน งบประมาณในการก่อสร้างสะพาน (Cost) 623,869 บาท ระยะเวลาอายุโครงการที่สามารถทำประโยชน์ได้ 15 ปี จากการเทียบมูลค่าเงินเป็นรายงวด 1 ปี ใช้การกระจายค่าเงินปัจจุบันเป็นค่าเงินรายงวด 1 ปี จากอายุโครงการ 15 ปี โดยใช้ ค่า Factor A/P อัตราดอกเบี้ย (i) 7% ต่อปี จำนวนงวด (n) 15 งวด จากตารางการเทียบค่าเงินรวมอัตราดอกเบี้ยทบต้น Compound Interest Factors

เมื่อเทียบมูลค่าต้นทุนต่องวด 1 ปี = 687,238x(A/P, i7%, 15 งวด)
= 687,238x 0.1098
= 75,458.73 บาท ต่อปี

7) งบประมาณก่อสร้างสะพานไม่มีการการป้องกันการกัดเซาะสะพาน ตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง5.00 เมตร ยาว 8.00 เมตรในช่วง Return period 20 ปี ราคาสะพาน (Cost) 623,869 บาท งบประมาณก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้ สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 8.00 เมตร ราคาสะพาน (Cost) 623,869 บาท การวิเคราะห์ต้นทุนของหน่วงงานภาครัฐ ก่อสร้างสะพาน งบประมาณ

ในการก่อสร้างสะพาน (Cost) 623,869บาทระยะเวลาอายุโครงการที่สามารถทำประโยชน์ได้ 15 ปี จากการเทียบมูลค่าเงินเป็นรายงวด 1 ปี ใช้การกระจายค่าเงินปัจจุบันเป็นค่าเงินรายงวด 1 ปี จากอายุโครงการ 15 ปี โดยใช้ ค่า Factor A/P อัตราดอกเบี้ย (i) 7% ต่อปี จำนวนงวด (n) 15 งวด จากตารางการเทียบค่าเงินรวมอัตราดอกเบี้ยทบต้น Compound Interest Factors

เมื่อเทียบมูลค่าต้นทุนต่องวด 1 ปี = 623,869x(A/P,i7%,25 งวด)

= 687,238x 0.1098

= 75,458.73 บาท ต่อปี

ในกรณีที่ 2 ทำการออกแบบช่วงสะพานมีความยาวเมากกว่ารอบช่วงปีใดที่จะเกิดการกัดเซาะคอสะพานโดย Return period ในการก่อสร้างเราใช้ที่ 25 ปี นั้นคือความยาวสะพานที่ 8.00เมตร (พ้นการกัดเซาะ)

1. งบประมาณก่อสร้างสะพานไม่มีการการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง 5.00 เมตรยาว 8.00 เมตรในช่วง Return period 25 ปี ราคาสะพาน (Cost) 623,869 บาทงบประมาณก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 8.00 เมตร ราคาสะพาน (Cost) 623,869 บาท การวิเคราะห์ต้นทุนของหน่วงงานภาครัฐ ก่อสร้างสะพาน งบประมาณในการก่อสร้างสะพาน (Cost) 623,869 บาท ระยะเวลาอายุโครงการที่สามารถทำประโยชน์ได้ 25 ปี จากการเทียบมูลค่าเงินเป็นรายงวด 1 ปี ใช้การกระจายค่าเงินปัจจุบันเป็นค่าเงินรายงวด 1 ปี จากอายุโครงการ 25 ปี โดยใช้ ค่า Factor A/P อัตราดอกเบี้ย (i) 7% ต่อปี จำนวนงวด (n) 25 งวด จากตารางการเทียบค่าเงินรวมอัตราดอกเบี้ยทบต้น Compound Interest Factors

เมื่อเทียบมูลค่าต้นทุนต่องวด 1 ปี = 623,869x(A/P,i7%,25 งวด)

= 623,869x0.0858

= 53,527.96บาท ต่อปี

ตาราง แสดงผลการวิเคราะห์มูลค่าต้นทุนต่องวด 1 ปี

ลำดับ	โครงการ	งบประมาณ	
1.	**กรณีที่มีการป้องกันการกัดเซาะ Return period 5 ปี**	142,007.85 บาท ต่อปี	(A/P , i 7%, 5งวด)
1.1	งบประมาณก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะสะพาน ตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้ สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 5.00เมตร ราคาสะพานพร้อมกับงานป้องกันการกัดเซาะ (Cost) 597,762บาท		
	กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ Return period 5 ปี งบประมาณก่อสร้างสะพานและไม่มีการการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้ สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00เมตรในช่วง Return period 5 ปี ราคาสะพาน (Cost) 530,169บาท	129,308.22 บาท ต่อปี	(A/P , i 7%, 5งวด)
1.2	**กรณีที่มีการป้องกันการกัดเซาะ Return period 10 ปี** งบประมาณก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะสะพาน ตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00 เมตร ในช่วง Return period 10 ปี ราคาสะพานพร้อมกับงานป้องกันการกัดเซาะ (Cost) 635,169 บาท	90,448.07 บาท ต่อปี	(A/P ,i 7%, 10งวด)
	กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ Return period 10 ปี งบประมาณก่อสร้างสะพานและไม่มีการการป้องกันการกัดเซาะสะพาน ตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้ สะพาน กว้าง 5.00 เมตร ยาว 7.00 เมตรในช่วง Return period 10 ปี ราคา สะพาน (Cost) 582,238 บาท งบประมาณก่อสร้างสะพานและไม่มีการป้องกันการกัดเซาะสะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00 เมตร ราคาสะพาน (Cost) 582,238 บาท	82,910.69 บาท ต่อปี	(A/P ,i 7%, 10งวด)

ตาราง (ต่อ)

ลำดับ	โครงการ	งบประมาณ	
1.3	**กรณีที่มีการป้องกันการกัดเซาะ Return period 20 ปี** งบประมาณก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะสะพาน ตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้ สะพาน กว้าง5.00เมตร ยาว 7.00เมตร ในช่วง Return period 15 ปี ราคาสะพานพร้อมกับงานป้องกันการกัดเซาะ (Cost) 687,238บาท การวิเคราะห์ต้นทุนของหน่วงงานภาครัฐ ก่อสร้างสะพานพร้อมกับงานป้องกันการกัดเซาะ งบประมาณในการก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะ (Cost) 687,238 บาท Compound	75,458.73 บาท ต่อปี	(A/P ,i 7%, 20งวด)
	กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ Return period 20 ปี งบประมาณก่อสร้างสะพานและการป้องกันการกัดเซาะสะพาน ตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้ สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 8.00 เมตร ราคาสะพาน (Cost) 623,869 บาท	68,500.82 บาท ต่อปี	(A/P ,i 7%, 20งวด)
2	**กรณีที่พ้นการการกัดเซาะ Return period 25 ปี** งบประมาณก่อสร้างสะพานไม่มีการการป้องกันการกัดเซาะ สะพานตามรายละเอียดแนบท้ายดังนี้ สะพานกว้าง 5.00เมตร ยาว 8.00 เมตรในช่วง Return period 25 ปี ราคาสะพาน (Cost) 623,869บาท	53,527.96 บาท ต่อปี	(A/P ,i 7%, 25งวด)

ตาราง 3 แสดง Compound Interest Factors อัตราดอกเบี้ย (i) 7% ต่อปี

n	F/P	P/F	A/F	A/P	F/A	P/A	A/G	P/G
1	1.07	0.9346	1	1.07	1	0.935	0	0
2	1.145	0.8734	0.4831	0.5531	2.07	1.808	0.483	0.873
5	1.403	0.7130	0.1739	0.2439	5.751	4.100	1.865	7.647
8	1.718	0.582	0.0975	0.1675	10.26	5.971	3.147	18.789
9	1.838	0.5439	0.0835	0.1535	11.978	6.515	3.552	23.14
10	1.967	0.5083	0.0724	0.1424	13.816	7.024	3.946	27.716
11	2.105	0.4751	0.0634	0.1334	15.784	7.499	4.33	32.467
12	2.252	0.444	0.0559	0.1259	17.888	7.943	4.703	37.351
13	2.41	0.415	0.0497	0.1197	20.141	8.358	5.065	42.33
14	2.579	0.3878	0.0443	0.1143	22.551	8.745	5.417	47.372
15	2.759	0.3624	0.0398	0.1098	25.129	9.108	5.758	52.446
16	2.952	0.3387	0.0359	0.1059	27.888	9.447	6.09	57.527
17	3.159	0.3166	0.0324	0.1024	30.84	9.763	6.411	62.592
18	3.38	0.2959	0.0294	0.0994	33.999	10.059	6.722	67.622
19	3.617	0.2765	0.0268	0.0968	37.379	10.336	7.024	72.599
20	3.87	0.2584	0.0244	0.0944	40.996	10.594	7.316	77.509
21	4.141	0.2415	0.0223	0.0923	44.865	10.836	7.599	82.339
22	4.43	0.2257	0.0204	0.0904	49.006	11.061	7.872	87.079
23	4.741	0.2109	0.0187	0.0887	53.436	11.272	8.137	91.72
24	5.072	0.1971	0.0172	0.0872	58.177	11.469	8.392	96.255
25	5.427	0.1842	0.0158	0.0858	63.249	11.654	8.639	100.677

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

1. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการออกแบบโครงการออกแบบสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการกัดเซาะหมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา พบว่าปัจจัยด้านการออกแบบ เทียบกับคุณภาพแล้วสะพานขนาดยาว 8.00 เมตร ดีกว่าเพราะราคาไม่ต่างกันอีกทั้งสะพานยาว 8.00 เมตร สามารถรับปริมาณน้ำฝนในรอบ 25 ปี ได้ดีกว่า ปัจจัยด้านราคา สะพานยาว 5.00 เมตร จุดที่น่าจะนำไปออกแบบเพราะราคาต่ำสุด และปัจจัยด้านการก่อสร้าง ในการก่อสร้างสะพาน ยาว 8.00 เมตร จะง่ายกว่าสะพานยาว 5.00 เมตร เพราะสะพาน ยาว 8.00 เมตร สร้างแต่สะพานอย่างเดียวไม่ต้องสร้างการป้องกันการกัดเซาะสะพาน ทาง อบจ.พะเยาจึงเลือกที่จะสร้างสะพานยาว 8.00 เมตร

2. ต้นทุนในการก่อสร้างโครงการออกแบบ สะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการกัดเซาะ โครงการออกแบบเปรียบเทียบสะพานที่มีการป้องกันการกัดเซาะและสะพานที่ไม่มีการป้องกันกัดเซาะหมู่ที่ 9 ตำบลบ้านปิน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา โดยการออกแบบปริมาณน้ำหลากสูงสุด (Return period) ที่ 5 ปี, 10 ปี, 20 ปี และ 25 ปี พบว่า ต้นทุนรายปีของการเกิดซ้ำ 5 ปี สะพาน กว้าง 5.00 เมตร ยาว 5.00 เมตร กรณีที่มีการป้องกันการกัดเซาะ 142,007.85 บาท ต่อปี กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ 129,308.22 บาท ต่อปี (A/P, (i) 7%, 5 งวด) ต้นทุนรายปีของการเกิดซ้ำ 10 ปี สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00 เมตร กรณีที่มีการป้องกันการกัดเซาะ 90,448.07 บาท ต่อปี กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ 82,910.69 บาท ต่อปี (A/P, i 7%, 10งวด) ต้นทุนรายปี ของการเกิดซ้ำ 20 ปี สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 7.00 เมตร กรณีที่มีการป้องกันการกัดเซาะ 75,458.73 บาท ต่อปี กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ 68,500.82 บาท ต่อปี (A/P, i 7%, 20 งวด) ต้นทุน รายปี ของการเกิดซ้ำ 25 ปี สะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 8.00 เมตร กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ 53,527.96 บาท ต่อปี (A/P, i 7%, 25 งวด) และสะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 8.00 เมตร จะถูกกว่าสะพานกว้าง 5.00 เมตร ยาว 7.00 เมตร

อภิปรายผลการวิจัย

กรณีที่มีการป้องกันการกัดเซาะ

1. ข้อมูลจากการประมาณสะพาน ที่มาจาก Q ของ Rational Method = 6.88 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 5 ปี ออกแบบอาคารระบายน้ำเป็นสะพาน คสล. แบบ Slab Type ขนาด 1x5.00 เมตร รวมความยาว 5.00 เมตร ไม่พ้นการกัดเซาะตามรายละเอียดแนบท้าย ประมาณการสะพานผิวจราจรกว้าง 5.00เมตร ยาว 5.00 เมตร สูง 3.00 เมตร มีการป้องกันการกัดเซาะราคาสะพาน และป้ายโครงการ 492,762.32 บาท งานหินเรียงยาแนวป้องกันการกัดเซาะยาว 200 เมตร ราคา 105,000.00 บาท รวมราคาสะพานพร้อมกับการป้องกันการกัดเซาะ 597,762.00 บาท

2. ข้อมูลจากการประมาณสะพาน ที่มาจาก Q ของ Rational Method = 8.13 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 10 ปีออกแบบอาคารระบายน้ำเป็นสะพาน คสล. แบบ Slab Type ขนาด 1x6.00 เมตร รวมความยาว 6.00 เมตร ไม่พ้นการกัดเซาะตามรายละเอียดแนบท้าย ประมาณการสะพานผิวจราจรกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00เมตร สูง 3.00 เมตร มีการป้องกันการกัดเซาะราคาสะพาน และป้ายโครงการ 530,168.92 บาท งานหินเรียงยาแนวป้องกันการกัดเซาะยาว 200 เมตร ราคา 105,000.00 บาท รวมราคาสะพานพร้อมกับการป้องกันการกัดเซาะ 635,169.00 บาท

3. ข้อมูลจากการประมาณสะพาน ที่มาจาก Q ของ Rational Method = 9.38 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 20 ปี ออกแบบอาคารระบายน้ำเป็นสะพาน คสล. แบบ Slab Type ขนาด 1x7.00 เมตร รวมความยาว 7.00 เมตร ไม่พ้นการกัดเซาะตามรายละเอียดแนบท้าย ประมาณการสะพานผิวจราจร กว้าง 5.00เมตร ยาว 7.00 เมตร สูง 3.00 เมตรมีการป้องกันการกัดเซาะราคาสะพาน และป้ายโครงการ 582,237.82 บาท งานหินเรียงยาแนวป้องกันการกัดเซาะยาว 200 เมตร ราคา 105,000.00 บาท รวมราคาสะพานพร้อมกับการป้องกันการกัดเซาะ 687,238.00 บาท

กรณีที่พ้นการการกัดเซาะ

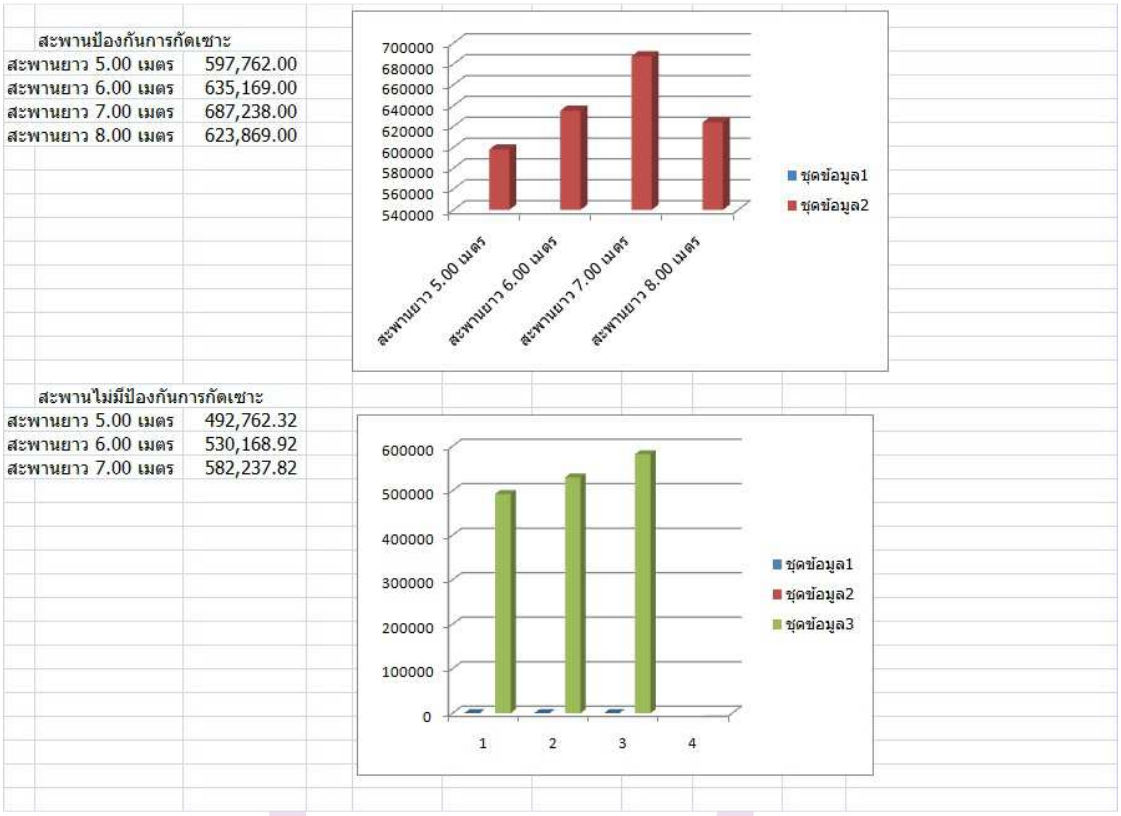
ข้อมูลจากการประมาณสะพาน ที่มาจาก Q ของ Rational Method = 9.76 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 25 ปี ออกแบบอาคารระบายน้ำเป็นสะพาน คสล. แบบ Slab Type ขนาด 1x8.00 เมตร รวมความยาว 8.00 เมตร พ้นการกัดเซาะตามรายละเอียดแนบท้าย ประมาณการสะพานผิวจราจร กว้าง 5.00 เมตร ยาว 8.00 เมตร สูง3.00 เมตร ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะราคาสะพาน และป้ายโครงการ 582,237.82 บาท ไม่มีการงานหินเรียงยาแนวป้องกันการกัดเซาะ รวมราคาสะพาน 623,869.00 บาท

กรณีที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะ

1. ข้อมูลจากการประมาณสะพาน ที่มาจาก Q ของ Rational Method = 6.88 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 5 ปี ออกแบบอาคารระบายน้ำเป็นสะพาน คสล. แบบ Slab Type ขนาด 1x5.00 เมตร รวมความยาว 5.00 เมตร ไม่พ้นการกัดเซาะตามรายละเอียดแนบท้าย ประมาณการสะพานผิวจราจรกว้าง 5.00 เมตร ยาว 5.00 เมตร สูง3.00 เมตร ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะราคาสะพานและป้ายโครงการ 492,762.32 บาท รวมราคาสะพาน 492,762.32 บาท

2. ข้อมูลจากการประมาณสะพาน ที่มาจาก Q ของ Rational Method = 8.13 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 10 ปีออกแบบอาคารระบายน้ำเป็นสะพาน คสล. แบบ Slab Type ขนาด 1x 6.00 เมตร รวมความยาว 6.00 เมตร ไม่พ้นการกัดเซาะตามรายละเอียดแนบท้ายประมาณการสะพานผิวจราจรกว้าง 5.00 เมตร ยาว 6.00 เมตร สูง3.00 เมตรไม่มีการป้องกันการกัดเซาะราคาสะพานและป้ายโครงการ 530,168.92 บาท

3. ข้อมูลจากการประมาณสะพาน ที่มาจาก Q ของ Rational Method = 9.38 ลบ.ม./วินาที สำหรับ Return period 20 ปี ออกแบบอาคารระบายน้ำเป็นสะพาน คสล. แบบ Slab Type ขนาด 1x7.00 เมตร รวมความยาว 7.00 เมตร ไม่พ้นการกัดเซาะตามรายละเอียดแนบท้ายประมาณการสะพานผิวจราจรกว้าง 5.00 เมตร ยาว 7.00 เมตร สูง3.00 เมตรไม่มีการป้องกันการกัดเซาะราคาสะพานและป้ายโครงการ 582,237.82 บาท



ภาพ 6 แสดงความยาวของสะพาน: จำนวนเงินที่ใช้ในการสร้าง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาสภาพภูมิประเทศให้ละเอียดว่าปริมาณน้ำที่เราออกแบบกับปริมาณน้ำที่ชาวบ้านบอกมีความใกล้เคียงกันหรือไม่

2. ควรมีการศึกษาราคาวัสดุกับสภาพสภาพภูมิประเทศให้ละเอียดว่าในการขนส่งวัสดุสะพานบางแห่งก็อยู่บนเขาที่สูงบางทีต้องขนวัสดุด้วยรถอีแต๋น หรือคนต้องประมาณการในส่วนที่เพิ่มนี้ด้วย

3. ควรมีการพัฒนาบุคลากรในการออกแบบและก่อสร้างสะพานอย่างต่อเนื่องบางทีวิศวกรออกแบบอย่างดีแล้วแต่ผู้ควบคุมงานไม่มีความรู้เกี่ยวกับสะพานก็ทำให้การก่อสร้างสะพานไม่ได้ผลเท่าที่ควร

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตาราง สัมประสิทธิ์น้ำท่า “C” สำหรับการใช้พื้นที่ต่าง ๆ กัน

ชนิดของการใช้พื้นที่	สัมประสิทธิ์น้ำท่า “C”
ย่านธุรกิจ (Business) กลางเมือง (Downtown)	0.70–0.95
ย่านธรุกิจ (Business) รอบนอก (Neighborhood)	0.50–0.70
ย่านที่อยู่อาศัย (Residential) บ้านเดี่ยว (Single–family)	0.30–0.50
อพาร์ทเมนต์แยกเป็นหลัง (Multi–units, detached)	0.40–0.60
อพาร์ทเมนต์รวมเป็นกลุ่ม (Multi–units, attached)	0.60–0.75
ที่อยู่อาศัยชานเมือง (Residential, suburban)	0.25–0.40
ย่านอุตสาหกรรม (Industrial)	0.50–0.90
สวนสาธารณะ (Parks)	0.10–0.25
ที่อยู่อาศัยชานเมือง (Residential, suburban)	0.25–0.40
สนามเด็กเล่น (Playground)	0.20–0.35
ย่านสถานีรถไฟ (Railroad yard)	0.20–0.35
ที่รกร้าง (Unimproved)	0.10–0.30

ตาราง แสดงความเร็วมากที่สุดของน้ำ ที่ยอมให้ที่ไม่เกิดการกัดเซอะดิน

ชนิดดิน	ความเร็ว (ม./วินาที)	
	น้ำใส	น้ำขุ่น (มีตะกอนแขวนลอย)
ทราย	0.46	0.76
ดินร่วนปนดินตะกอน	0.61	0.91
ดินเหนียว	1.14	1.52
ดินดาน	1.83	1.83
กรวดละเอียด	0.76	1.52
กรวดหยาบ	1.22	1.83
หินใหญ่โตกว่ากรวด	1.83	1.83
หินก้อนใหญ่	3.90–2.50	3.90–2.50
หินพืดแข็ง	4.00	4.00

ตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n ในสมการ Manning's formula

ชนิดและลักษณะทางน้ำ	ต่ำสุด	ปานกลาง	สูงสุด
1. ทางน้ำธรรมชาติ			
1.1 ลำน้ำย่อย (ความกว้างผิวน้ำที่เกิดอุทกภัย 100 ฟุต)			
1.1.1 ลำน้ำบนที่ราบ			
1.1.1.1 สะอาด ตรง ระดับสูง ไม่มีแยกและบ่อลึก	0.025	0.030	0.033
1.1.1.2 เหมือนข้อแรกแต่มีหินและวัชพืชมากกว่า	0.030	0.035	0.040
1.1.1.3 สะอาด คดเคี้ยว มีบ่อและแก่งใต้น้ำ	0.033	0.040	0.045
1.1.1.4 เหมือนข้อ 2.1.1.3 แต่มีวัชพืชและหิน	0.035	0.045	0.050
1.1.1.5 เหมือนข้อ 2.1.1.4 แต่ระดับต่ำกว่าความลาดเท และรูปตัดไม่แน่นอน	0.040	0.048	0.055
1.1.1.6 เหมือนข้อ 2.1.1.4 แต่มีหินมากกว่า	0.045	0.050	0.060
1.1.1.7 ช่วงที่ไหลช้า วัชพืช บ่อลึก	0.050	0.070	0.080
1.1.1.8 ช่วงที่มีวัชพืชมาก บ่อลึกหรือทางอุทกภัยที่มีต้นไม้	0.075	0.100	0.150
1.1.2 ลำน้ำในหุบเขาไม่มีวัชพืชในทางน้ำ ตลิ่งลาดชัน ต้นไม้และพุ่มไม้ตามตลิ่งอยู่ใต้น้ำที่ระดับการไหลสูง			
1.1.2.1 ก้น: กรวด ก้อนหิน และหินก้อนใหญ่ ๆ เล็กน้อย	0.030	0.040	0.050
1.1.2.2 ก้น: ก้อนหิน หินก้อนใหญ่กว่าข้อแรก	0.040	0.050	0.070
1.2 ทาม			
1.2.1 ทุ่งหญ้า ไม่มีพุ่มไม้			
1.2.1.1 หญ้าสั้น	0.025	0.030	0.035
1.2.1.2 หญ้ายาว	0.030	0.035	0.050
1.2.2 พื้นที่เพาะปลูก			
1.2.2.1 ไม่มีพืช	0.020	0.030	0.040
1.2.2.2 พืชเป็นแถวที่แก่	0.025	0.035	0.045
1.2.2.3 พืชไร่ที่แก่	0.030	0.040	0.050

มหาวิทยาลัยพะเยา
UNIVERSITY OF PHAYAO

ภาคผนวก ข พิมพ์ที่นี่

ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า

ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า

ชื่อ นามสกุล นายมานัส ทิศสุกใส

วัน เดือน ปี เกิด 7 กุมภาพันธ์ 2506

ที่อยู่ปัจจุบัน 135 หมู่ที่ 4 ตำบลดงเจน อำเภอภามยาว จังหวัดพะเยา 56000

ที่ทำงานปัจจุบัน องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน วิศวกรโยธา

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2534 สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท จังหวัดกรุงเทพ

พ.ศ. 2546 องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2538 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดปทุมธานี