การศึกษาความเป็นไปได้การใช้วัสดุในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง กรณีศึกษา ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

นิคม กันทะวงค์

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง

สิงหาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การศึกษาความเป็นไปได้การใช้วัสดุในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง กรณีศึกษา ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

นิคม กันทะวงค์

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง

สิงหาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

อาจารย์ที่ปรึกษา และคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง “การศึกษาความเป็นไปได้การใช้วัสดุในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง: กรณีศึกษา ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง ของมหาวิทยาลัยพะเยา

.....

(ดร.สุริยาวุธ ประอ้าย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(นายเทอดศักดิ์ โกไศยกานนท์)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

สิงหาคม 2559

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และข้อมูลในการดำเนินงานในครั้งนี้ จากบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่

กองช่างเทศบาลตำบลป่างิ้ว ที่ออกแบบก่อสร้าง ประมาณราคาค่าก่อสร้าง ของการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์อภิชาต บัวกล้า และ อาจารย์สุริยาวุธ ประอ้าย ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตลอดจนให้คำแนะนำแก้ไขและตรวจทานความถูกต้อง ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสำเร็จได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ได้ประสิทธิ ประสาทวิชาแก่ข้าพเจ้า และขอบพระคุณเจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัย ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการศึกษา และการทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองในระดับมหาบัณฑิตของข้าพเจ้า ขอบคุณเพื่อน ๆ พี่น้องบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการบริหารงานก่อสร้างทุกท่าน ที่ช่วยเหลือกันตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

นิคม กันทะวงค์

เรื่อง: การศึกษาความเป็นไปได้การใช้วัสดุเหลือใช้ในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง : กรณีศึกษา ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

ผู้ศึกษาค้นคว้า: นิคม กันทะวงค์ การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง: วศ.ม. (การบริหารงานก่อสร้าง), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2559

ที่ปรึกษา: ดร.สุริยาวุธ ประอ้าย, อภิชาติ บัวกล้า

คำสำคัญ: เขื่อนป้องกันตลิ่ง, การลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ, ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

บทคัดย่อ

การศึกษานี้นำเสนอรูปแบบการวิเคราะห์วิธีป้องกันตลิ่งแม่น้ำลาว ซึ่งพบว่าทั้ง 3 วิธีที่นำเสนอ คือ 1) Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ 2) หินเรียงยาแนว และ 3) Gabion Box บรรจุเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร มีความเหมาะสมที่จะใช้ป้องกันตลิ่ง ตรงบริเวณที่ทำการศึกษาได้เป็นอย่างดี เมื่อทำการศึกษาความเหมาะของวิธีการต่าง ๆ ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ผลของการศึกษา แสดงว่า วิธีการป้องกันตลิ่งโดยใช้ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีค่าลงทุนรายปีที่ความยาว 80 เมตร ของตลิ่งมีค่าเท่ากับ 78,249 บาท อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนรายปีมีค่าเท่ากับ 1.64 ในขณะที่ วิธีป้องกันตลิ่งโดย Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ และ วิธีป้องกันตลิ่งโดยหินเรียงยาแนว มีค่าต้นทุนรายปีมีค่าเท่ากับ 122,819 บาทและ 99,913 บาท ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนรายปีเท่ากับ 1.04 และ 1.28 ตามลำดับ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งเมื่อพิจารณาการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้วยการลดการบริโภคทรัพยากรธรรมชาติ

Title: FEASIBILITY STUDY OF USING RECYCLED MATERIALS IN RIVERBANK PROTECTION: CASE STUDY PA NGIO SUB-DISTRICT, WIANG PA PAO DISTRICT, CHIANGRAI PROVINCE

Author: Nikom Guntawong Independent Study: M.Eng. (Construction Manageme), University of Phayao, 2016

Advisor: Dr. Suriyavet Praai, Apichat Buakla

Keywords: Riverbank protection works, Reduction of resource consumption, Appropriate economics

ABSTACT

This paper presents the analysis of riverbank protection consisting of 3 methods (i.e., gabion filled with small-sized stone, mortar riprap and gabion filled with recycled materials). It is found that all three methods are suitable for riverbank protection at the studied site. The engineering economic analysis for these 3 methods reveals that the method of which the gabions are filled with recycled materials is the most suitable method. Its annual investment cost (for 80 meters long) is 78,249 bath, the benefit cost ratio is 1.64. The rock gabion and mortar riprap methods provide the annual investment cost of 122,819 bath and 99,913 bath, respectively. The benefit cost ratios are 1.04 and 1.28, respectively. It can be concluded that the gabion filled with recycled materials is an appropriate solution when considering the reduction of resource consumption.

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

สมมุติฐานของการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

ข้อมูลพื้นฐานตำบลป่างิ้ว 5

ประเภทของตลิ่ง 5

สาเหตุการพังทลายของตลิ่ง 6

องค์ประกอบที่มีผลต่อการขาดเสถียรภาพของตลิ่ง 10

ลักษณะการพังทลายของตลิ่ง 11

แนวทางการแก้ไขปัญหาการพังทลายของตลิ่ง 13

เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบเรียงหินยาแนว 18

การป้องกันตลิ่งแบบคอนกรีต 20

การก่อสร้างระบบป้องกันตลิ่งโดยวิธี Rock Gabion 23

แนวคิดการวิเคราะห์โครงการ 33

เกณฑ์การตัดสินใจลงทุน (Investment Decision) 33

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34

3 วิธีดำเนินการวิจัย 37

ศึกษาและทำการเก็บข้อมูล 37

ตำแหน่งที่จะทำการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแม่น้ำลาว 42

รูปแบบของเขื่อนป้องกันตลิ่ง 42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

ศึกษาเศษคอนกรีตที่ได้จากการรื้อถอนอาคาร..... 47
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 47
การประเมินมูลค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์..... 48

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 50
เปรียบเทียบความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์..... 50
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 51
การวิเคราะห์ผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit – cost ratio)..... 53

5 บทสรุป..... 54
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า..... 55
อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า..... 56
ข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไป..... 57

บรรณานุกรม..... 58

ภาคผนวก..... 60
ภาคผนวก ก บัญชีประมาณราคา..... 61
ภาคผนวก ข รูปแบบของการป้องกันตลิ่งในแต่ละแบบ..... 70
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบดิน..... 74
ภาคผนวก ง ตารางแสดงผลการตอบแทนต่อการลงทุน..... 75
ภาคผนวก จ ตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง รถบรรทุก 10 ล้อ..... 76
ภาคผนวก ฉ ราคาสินค้าเฉลี่ยวัสดุก่อสร้าง..... 79

ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า..... 87

สารบัญภาพ

ภาพ **หน้า**

1 การกัดเซาะตลิ่งของแม่น้ำลาว (ภาพจากสถานที่จริง) 2
2 แผนที่แสดงเส้นทางการขนส่งวัสดุที่จะนำมาทำการก่อสร้าง..... 3
3 ตัวอย่างรูปตัดของโค้งลำน้ำที่มีตลิ่งเป็นแบบผสม 6
4 ตัวอย่างการพังทลายเนื่องจากกัดเซาะของตลิ่ง..... 7
5 รูปตัดลำน้ำและการกัดเซาะจากสาเหตุต่าง ๆ 8
6 ผลของระยะทางเปิดที่มีผลต่อการกัดเซาะลำน้ำจากคลื่นลม 9
7 กลไกการวิบัติของตลิ่งเนื่องจากการขาดเสถียรภาพของความลาด 10
8 การพังทลายบริเวณผิวลาด 12
9 การพังทลายเป็นระนาบ..... 12
10 การพังทลายแบบเลื่อนหมุน..... 13
11 เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gravity Wall 15
12 เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Sheet-Piling Wall..... 16
13 เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดอาศัยธรรมชาติ..... 18
14 Vegetated Rock Gabion Section View..... 23
15 การพันลวดเพื่อประกอบกล่อง Gabion..... 24
16 เครื่องมือในการติดตั้งกล่อง Gabion 26
17 การใช้กล่องเกเบี้ยนเป็นกำแพงกันดิน (ก) GravityWall และ
(ข) Semi-Gravity Wall..... 27
18 รูปแบบกล่องเกเบี้ยนและลักษณะตาข่ายถักเป็นรูปหกเหลี่ยม..... 28
19 ตัวอย่างการใช้งานของกล่องเกเบี้ยน..... 29
20 รูปแบบการพังทลายของกำแพงกล่องเกเบี้ยน 30
21 วัสดุท้องถิ่น เช่น ก้อนกรวดในลำห้วย 32
22 แผนที่แสดงจุดที่จำทำการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง..... 37
23 รูปตัดตามขวางแม่น้ำลาว 38
24 แผนที่แสดงจุดที่ทำการเจาะสำรวจดินและจุดที่จะทำการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง..... 39
25 ภาพถ่ายหินใหญ่คละ 40

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ **หน้า**

26 แสดงภาพถ่ายเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร..... 41
27 แสดงรูปตัดเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ..... 42
28 แสดงภาพเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ 43
29 แสดงรูปตัดหินเรียงยาแนว..... 44
30 แสดงภาพเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบหินเรียงยาแนว..... 45
31 แสดงรูปตัดการวางกล่อง Gabion บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร..... 46

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

1 แสดงขนาดของหินที่ใช้ในการก่อสร้างแบบเรียงหินยาแนว..... 19
2 แสดงเปอร์เซ็นโดยน้ำหนักร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานของวัสดุรองพื้น..... 19
3 แสดงอัตราส่วนผสมวัสดุโดยตวงปริมาตร 22
4 แสดงอัตราส่วนของน้ำกับปูนซีเมนต์..... 22
5 แสดงความหนาแน่นของหินชนิดต่าง ๆ..... 31
6 แสดงการจำแนกลักษณะดิน 38
7 แสดงคุณสมบัติจำเพาะของมวลรวม..... 47
8 แสดงต้นทุนรายปีในการซ่อมแซม 52
9 แสดงการวิเคราะห์ผลตอบแทนต่อต้นทุน B/C..... 53

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

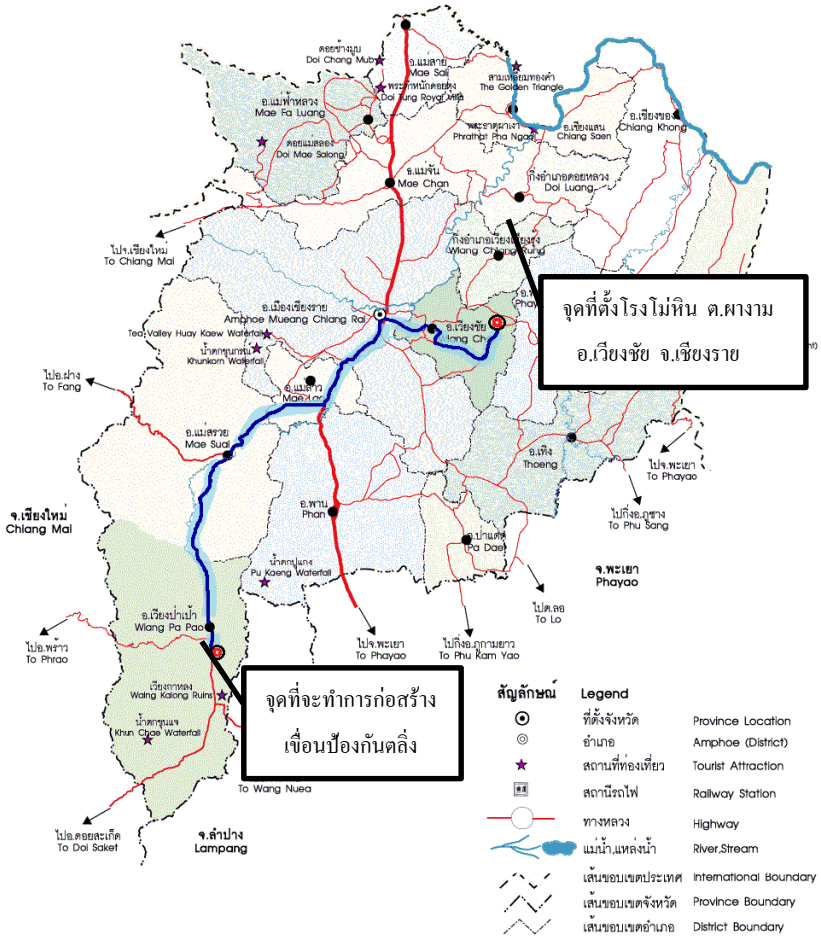
แม่น้ำลาว ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขานางแก้วในเขตอำเภอเวียงป่าเป้า ไหลผ่านอำเภอแม่สรวย อำเภอเมืองเชียงราย มาบรรจบกับแม่น้ำกกที่ สบลาว ใกล้บ้านแม่ข้าวต้ม มีความยาวประมาณ 117 กิโลเมตร ขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่ลาว (รหัสลุ่มน้ำสาขา 0303) มีพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาประมาณ 2,798.43 ตารางกิโลเมตรหรือ 1,749,018.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 38.33 ของพื้นที่ลุ่มน้ำกก ความยาวของลำน้ำแม่ลาว ประมาณ 210 กิโลเมตร ความลาดชันประมาณเฉลี่ย 1:1,000 โดยบริเวณต้นน้ำมีความลาดชันประมาณ 1:500 กลางน้ำประมาณ 1:1,000 และท้ายน้ำประมาณ 1:2,000 ลำน้ำย่อยที่สำคัญ ได้แก่ น้ำแม่โถ น้ำแม่เจดีย์ น้ำแม่ฉางข้าว น้ำแม่ปูนหลวง น้ำแม่ตำ น้ำแม่ยางมิ้น น้ำตาช้าง น้ำแม่สรวย และน้ำแม่กรณ์น้อย เป็นต้น น้ำแม่ลาวมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาผีปันน้ำในเขตอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ไหลไปทางทิศเหนือผ่านอำเภอเวียงป่าเป้า เข้าสู่อำเภอแม่สรวย จากนั้นเป็นเส้นแบ่งเขตระหว่างอำเภอพานกับอำเภอเมืองเชียงราย แล้วไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย จนไปบรรจบกับแม่น้ำกกที่บ้านป่าตง ตำบลรอบเวียง อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

เนื่องจากปัญหาการกัดเซาะของกระแสน้ำสร้างความเสียหายต่อสภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์ และเป็นปัญหาที่สำคัญที่ต้องดำเนินการแก้ไข แม่น้ำลาวที่มีลักษณะไหลจากทิศใต้ไปทางทิศเหนือตามพื้นที่ต่าง ๆ ได้ไหลผ่าน ตำบลป่า อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย และได้กัดเซาะตลิ่งซึ่งเป็นที่สาธารณะพังเสียหายโดยพื้นที่เสียหายได้เกิดขึ้นในพื้นที่ของตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ได้รับความเสียหายเป็นอันมาก และในเขตพื้นที่อำเภอเวียงป่าเป้าได้มีอาคารที่เก่าแก่มีอายุมากกว่าห้าสิบปีเป็นจำนวนมาก

ด้วยเหตุนี้ผู้ศึกษาจึงเกิดความสนใจศึกษาการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง แต่เนื่องจากในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแม่น้ำลาวในเขตพื้นที่ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงรายนั้น วัสดุที่ใช้ต้องนำเข้าจากโรงโม่หินที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ ตำบลผางาม อำเภอเวียงชัย จังหวัดเชียงราย ซึ่งมีระยะทางไกลจากจุดที่จะทำการก่อสร้างเป็นระยะทาง 96 กิโลเมตร ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็นอันมากผู้ศึกษาจึงเกิดแนวคิดที่ว่าถ้าสามารถนำเศษ

คอนกรีตที่ได้จากการรื้อถอนอาคาร มาใช้แทนหินใหญ่คละในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box จะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างได้

ภาพ 1 แสดงการกัดเซาะตลิ่งของแม่น้ำลาว (ภาพจากสถานที่จริง)



ภาพ 2 แสดงแผนที่แสดงเส้นทางการขนส่งวัสดุที่จะนำมาทำการก่อสร้าง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบหาข้อแตกต่างในด้านต้นทุนราคาในการก่อสร้างว่าการป้องกันตลิ่งแบบไหนที่มีต้นทุนต่ำและความเหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์

สมมุติฐานของการวิจัย

การใช้เศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารมาใช้ทำเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box เป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมลดปัญหาขยะที่เกิดจากงานก่อสร้าง แทนที่จะนำเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารไปทิ้งเป็นขยะ ก็สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างทั้งทางด้านด้านเศรษฐศาสตร์รวมถึงความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างจำนวน 3 ทางเลือก

1. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ
2. หินเรียงยาแนว
3. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร

นิยามศัพท์เฉพาะ

เขื่อนป้องกันตลิ่ง หมายถึงโครงสร้างที่ใช้ป้องกันตลิ่งไม่ให้พังทลายโดยจำแนกออกเป็น 3 ชนิดได้ดังนี้

1. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ
2. หินเรียงยาแนว
3. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงความแตกต่างในค่าใช้จ่ายการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง
2. เป็นแนวทางการนำของที่เหลือใช้จากงานก่อสร้างไปใช้ให้เป็นประโยชน์
3. ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้วยการลดการบริโภคทรัพยากรธรรมชาติ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลพื้นฐานตำบลป่าง้ิว

ตำบลป่างิ้ว เป็นตำบลที่ตั้งอยู่ในเขตการปกครองของอำเภอเวียงป่าเป้า มีจำนวนหมู่บ้านทั้งสิ้น 16 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ 1 บ้านป่างิ้ว หมู่ 2 บ้านป่าสัก หมู่ 3 บ้านป่าฮ่างต่ำ หมู่ 4 บ้านรองกู่ หมู่ 5 บ้านป่าเหมือด หมู่ 6 บ้านหม้อหมู่ 7 บ้านแม่หาง หมู่ 8 บ้านห้วยมะเกลี้ยง หมู่ 9 บ้านสบลี หมู่ 10 บ้านหนองเขียว หมู่ 11 บ้านขุนเมืองงาม หมู่ 12 บ้านฮ่างต่ำเหนือ หมู่ 13 บ้านทรายมูล หมู่ 14 บ้านสันทราย หมู่ 15 บ้านดงพระพร หมู่ 16 บ้านสันปูเลย

อาณาเขต

ทิศเหนือ ติดกับ ต.บ้านโป่ง อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย

ทิศใต้ ติดกับ ต.เวียงกาหลง อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย

ทิศตะวันออก ติดกับ อ.วังเหนือ จ.ลำปาง

ทิศตะวันตก ติดกับ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่

ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของตำบลป่างิ้ว สภาพพื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำลาวไหลผ่านในเขตพื้นที่ มีเนื้อที่ทั้งหมด 150 ตร.กม. หรือประมาณ 93,750 ไร่

ประเภทของตลิ่ง

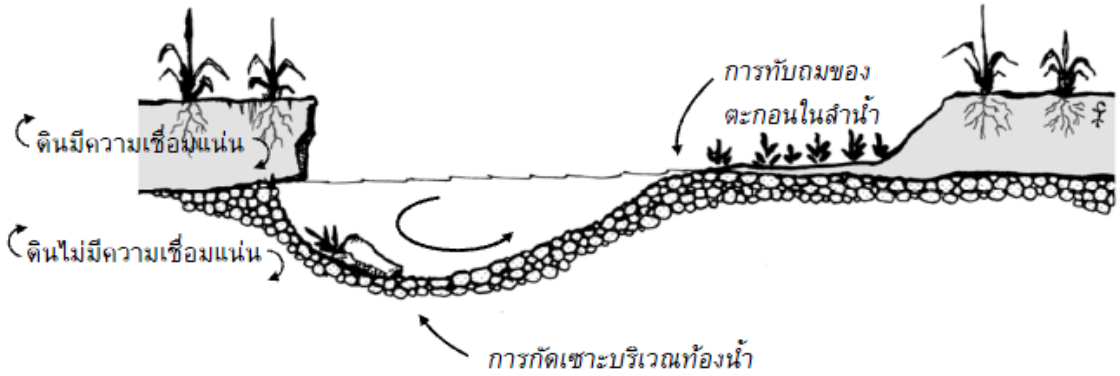
ตลิ่งของลำน้ำต่าง ๆ สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทตามลักษณะของดินได้ดังต่อไปนี้

1. ตลิ่งที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesive Banks) เป็นตลิ่งที่ประกอบจากดินประเภทที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesive Soil) หรือดินเหนียวเป็นสำคัญตลิ่งประเภทนี้มีความต้านทานต่อการกัดเซาะเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำได้ดี

2. ตลิ่งที่ไม่มีความเชื่อมแน่น (Non–Cohesive Banks) เป็นตลิ่งที่ประกอบจากดินประเภทที่ไม่มีความเชื่อมแน่น (Non–Cohesive Soil) เช่นทรายหรือกรวดการยึดเหนี่ยวระหว่าง

อนุภาคของเม็ดดินอาศัยเพียงแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคเป็นหลักตลิ่งประเภทนี้มีความต้านทานต่อการกัดเซาะเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำต่ำ

3. ตลิ่งแบบผสม (Composite Banks) เป็นตลิ่งที่พบเห็นได้ทั่วไปในแม่น้ำที่มีการนำพาตะกอนตลิ่งประเภทนี้ประกอบด้วยดิน ที่มีความเชื่อมแน่นและไม่มีความเชื่อมแน่นวางตัวเป็นชั้น ๆ ดังในรูปที่แสดงตัวอย่างรูปตัดของโค้งลำน้ำที่มีตลิ่งเป็นแบบผสมชั้นล่างของตลิ่ง เป็นดินประเภทที่ไม่มีความเชื่อมแน่นที่ถูกกัดกร่อนและพัดพาได้ง่าย เช่น ทรายหรือกรวดส่วนชั้นบนของตลิ่งเป็นดิน ประเภทที่มีความเชื่อมแน่นเช่นดินเหนียวซึ่งเกิดจากการตกตะกอนและทับถมของอนุภาคละเอียด จากการไหลหลากของน้ำบนผิวดิน



ภาพ 3 แสดงตัวอย่างรูปตัดของโค้งลำน้ำที่มีตลิ่งเป็นแบบผสม

สาเหตุการพังทลายของตลิ่ง

สาเหตุการพังทลายของตลิ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 สาเหตุ ดังนี้

1. การกัดเซาะตลิ่ง (Bank Erosion) การกัดเซาะเป็นการกระทำที่เกิดขึ้นจากการไหลของน้ำผ่านผิวตลิ่งซึ่งการไหลของน้ำทำให้เกิดหน่วยแรงเฉือนกระทำกับผิวตลิ่งหากหน่วยแรงดังกล่าวมีขนาดสูงเกินกว่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของผิวดินจะเกิดการพัดพาหรือกัดเซาะเอาผิวดินไหลหลุดออกไปได้การกัดเซาะนี้เกิดขึ้นได้ทั้งบริเวณลาดตลิ่งและท้องน้ำการกัดเซาะท้องน้ำบริเวณตีนตลิ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ตลิ่งเกิดการพังทลายและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดและทิศทางการไหลของแม่น้ำนอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณตะกอนในลำน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ภาพ 4 แสดงตัวอย่างการพังทลายเนื่องจากกัดเซาะของตลิ่ง

2. การขาดเสถียรภาพทางเทคนิคธรณี (Geotechnical Instabilities) การพังทลายของตลิ่งจากการขาดเสถียรภาพเกิดขึ้นเมื่อกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินไม่เพียงพอที่จะต้านหน่วยแรงที่กระทำกับตัวตลิ่งได้สาเหตุการพังทลายของตลิ่งเนื่องจากการขาดเสถียรภาพที่สำคัญ ได้แก่

2.1 การลดระดับน้ำในลำน้ำอย่างกะทันหันทำให้แรงดันน้ำในดินสูงกำลังของดินลดลง

2.2 ตลิ่งที่มีชั้นดินทรายบาง ๆ อาจเกิดแรงดันน้ำในมวลดินสูงจนเกิดการกัดเซาะเม็ดดินออกเป็นโพรง (Piping) ส่งผลให้ดินส่วนบนพังทลายตามลงมา

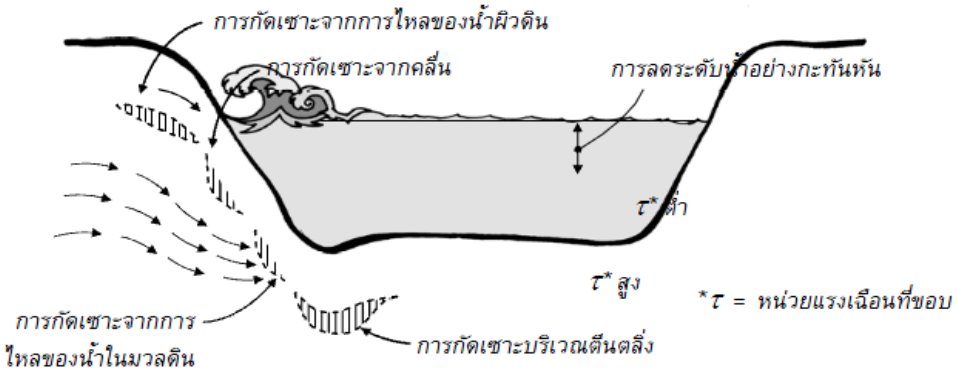
2.3 แรงตึงผิว (Capillary) สามารถทำให้ตลิ่งประเภทดินทรายมีความชันสูงกว่าความชันธรรมชาติของตัวตลิ่งได้ แต่เมื่อตลิ่งแห้งตัวแรงตึงผิวดังกล่าวจะหายไปทำให้ตลิ่งขาดเสถียรภาพและพังทลายลงมา

3. การพังทลายของตลิ่งในรูปแบบที่ 1. และ 2. รวมกันการพังทลายของตลิ่งส่วนใหญ่เริ่มเกิดจากการกัดเซาะและผลจากการกัดเซาะทำให้ตลิ่งขาดเสถียรภาพและพังทลายลงมา

การกัดเซาะตลิ่ง

การกัดเซาะตลิ่งเกิดขึ้นเมื่อแรงกัดเซาะเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำเกินกว่าแรงต้านทานของดินริมตลิ่งทำให้เม็ดดินถูกพัดพาไหลหลุดออกมาอันอาจจะนำไปสู่การพังทลายของตลิ่งได้สาเหตุการกัดเซาะของตลิ่งที่สำคัญ สามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

1. การกัดเซาะเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำ (Erosion by Current Flow) ความรุนแรงของกระแสน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่นปริมาณการไหลของน้ำความเร็วของกระแสน้ำขนาดและความลาดเอียงของลำน้ำรวมทั้งรูปร่างความคดเคี้ยวของลำน้ำก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการกัดเซาะลำน้ำที่มีความคดเคี้ยวมากการกัดเซาะจะเป็นไปอย่างรุนแรง



ภาพ 5 แสดงรูปตัดลำน้ำและการกัดเซาะจากสาเหตุต่าง ๆ

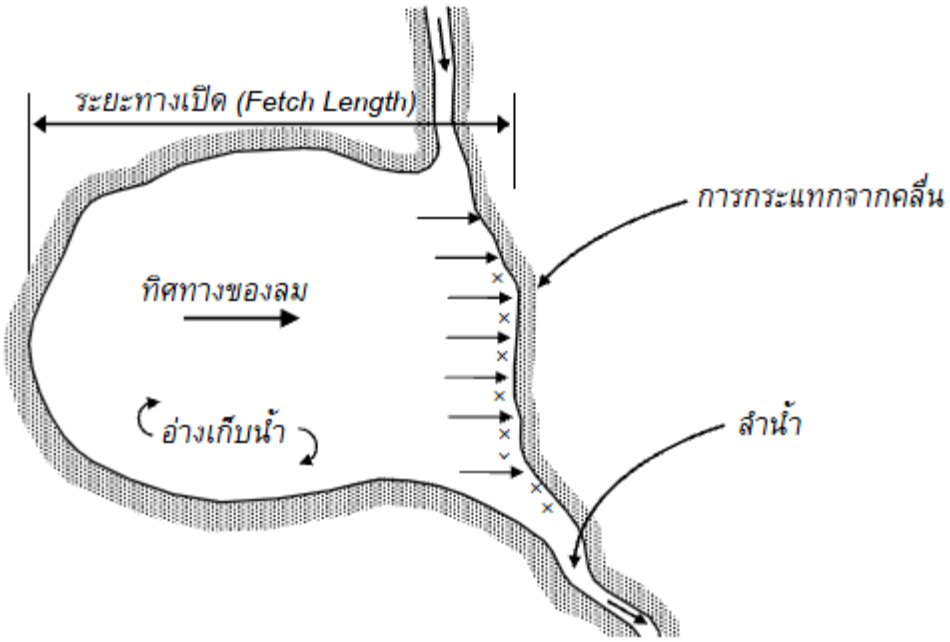
1.1 ลำน้ำตรง (Straight Channels) การไหลของกระแสน้ำในลำน้ำตรงทำให้เกิดหน่วยแรงเฉือนขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างผิวดินและน้ำซึ่งเรียกหน่วยแรงเฉือนดังกล่าวว่าหน่วยแรงเฉือนที่ขอบ (Boundary Shearing Stress) ซึ่งขนาดของหน่วยแรงเฉือนขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำรูปร่างของหน้าตัดความลาดเอียงและระดับความลึกในลำน้ำ

1.2 ลำน้ำที่มีความไม่สม่ำเสมอ (เช่นลำน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของหน้าตัดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของลำน้ำเป็นต้น) ทำให้เกิดการไหลของกระแสน้ำรองซึ่งการไหลดังกล่าวทำให้การไหลตามยาวในลำน้ำหรือการไหลหลักเกิดการปั่นป่วนอันมีผลต่อการกระจายของค่าหน่วยแรงเฉือนที่ขอบ

2. การกัดเซาะเนื่องจากคลื่น (Erosion by Wave Action) คลื่นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการกัดเซาะขึ้นในลำน้ำโดยเฉพาะในบริเวณลาดตลิ่งสาเหตุการเกิดคลื่นในลำน้ำแยกออกได้เป็น 2 สาเหตุดังนี้

2.1 คลื่นที่เกิดจากลม (Wind–Generated Waves) ความแรงของคลื่นประเภทนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมความถี่และระยะเวลาที่ลมพัดรวมทั้งระยะทางเปิดที่ลมพัดผ่าน

2.2 คลื่นที่เกิดจากเรือ (Boat–Generated Waves) เกิดขึ้นจากการสัญจรของเรือในลำน้ำความรุนแรงของคลื่นขึ้นอยู่กับประเภทรูปร่างขนาดและความเร็วของเรือรวมทั้งขนาดและรูปร่างของลำน้ำด้วย



ภาพ 6 แสดงผลของระยะทางเปิดที่มีผลต่อการกัดเซาะลำน้ำจากคลื่นลม

3. การกัดเซาะทางกล (Erosion by Mechanical Action) สาเหตุการกัดเซาะทางกลมีอยู่หลายประเภทตัวอย่างได้แก่

3.2 การกระแทกของเรือเมื่อเรือเทียบฝั่งรวมทั้งการฝังหมุดเพื่อยึดเรือ

3.3 การขยายและหดตัวของดินสลับกันอย่างต่อเนื่องซึ่งเกิดขึ้นจากการที่ดินมีสภาพชุ่มน้ำและแห้งสลับกันผลทำให้ดินเกิดการล้าตัวและหลุดร่อน

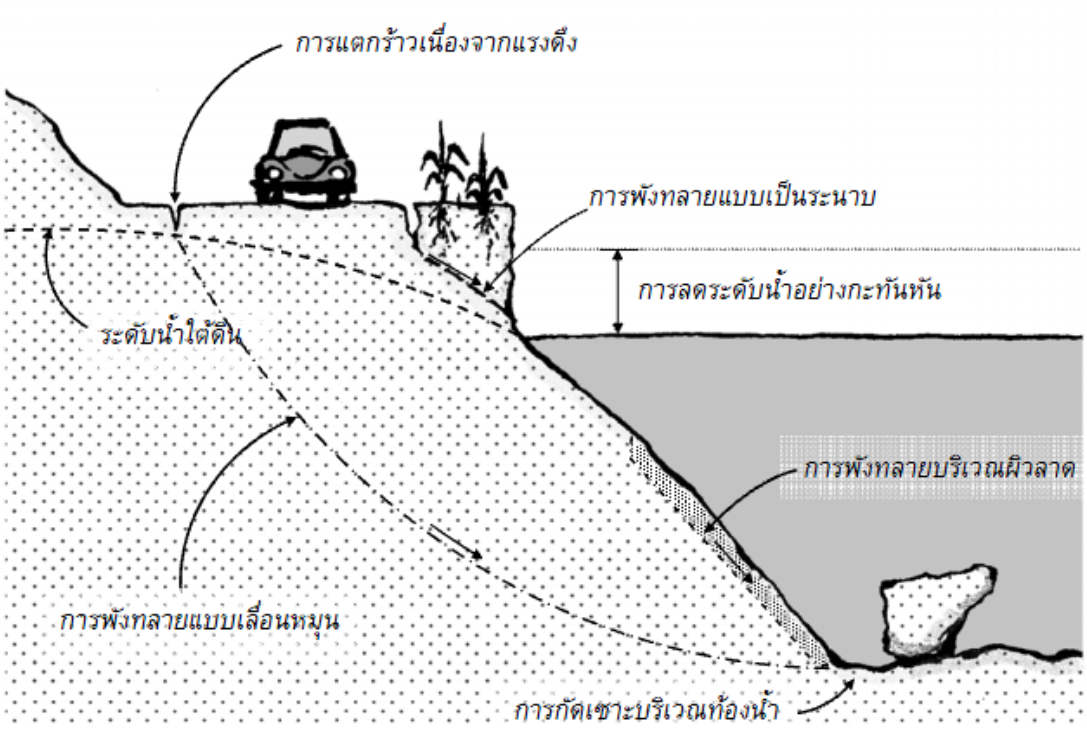
3.4 การกัดเซาะเนื่องจากการกระทำของมนุษย์การกัดเซาะประเภทนี้ได้แก่การสร้างสิ่งก่อสร้าง เช่น สะพาน ฝายน้ำล้น ท่าเทียบเรือ สิ่งก่อสร้างเหล่านี้ทำให้เกิดผลกระทบกับลำน้ำและเกิดการกัดเซาะตลิ่งขึ้นได้ นอกจากนี้การทำลายหญ้าหรือวัชพืชปกคลุมตลิ่งก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกัดเซาะและพังทลายของตลิ่งได้

4. การกัดเซาะเนื่องจากการซึมผ่านของน้ำในมวลดิน (Erosion Due to Seepage) การซึมผ่านนี้ทำให้เกิดแรงดันน้ำในมวลดินซึ่งสามารถกัดเซาะเม็ดดินออกเป็นโพรง (Piping) ได้

5. การกัดเซาะเนื่องจากการไหลของน้ำผิวดิน (Erosion due to Surface Runoff) การกัดเซาะในกรณีนี้เกิดขึ้นเมื่อปริมาณน้ำฝนสูงกว่าอัตราการซึมได้ของน้ำในดินทำให้เกิดการไหลหลากของน้ำบนผิวดินการที่น้ำผิวดินไหลผ่านตลิ่งอาจทำให้ผิวตลิ่งเกิดการกัดเซาะขึ้นได้การปลูกหญ้าหรือวัชพืชคลุมตลิ่งจะทำให้ความรุนแรงของการกัดเซาะในลักษณะนี้ลดน้อยลงได้

องค์ประกอบที่มีผลต่อการขาดเสถียรภาพของตลิ่ง

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการพังทลายของตลิ่งจากการขาดเสถียรภาพมีอยู่หลายประการด้วยกันซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่



ภาพ 7 แสดงกลไกการวิบัติของตลิ่งเนื่องจากการขาดเสถียรภาพของความลาด

1. ความลาดเอียงของตลิ่ง (Bank Slope Geometry) หากตลิ่งมีความลาดเอียงสูงกว่าความลาดเอียงตามธรรมชาติของตัวตลิ่งเองก็มีแนวโน้มว่าตลิ่งดังกล่าวที่จะเกิดการพังทลายเนื่องจากการขาดเสถียรภาพได้ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความลาดเอียงของตลิ่งที่สำคัญได้แก่คุณสมบัติของดินตลิ่งระดับของน้ำใต้ดินและน้ำในลำน้ำและการกัดเซาะบริเวณลาดตลิ่ง

2. การไหลของน้ำ (Water Flow) แบ่งออกเป็น

2.1 การไหลซึมของน้ำในมวลดิน (Seepage) การไหลของน้ำในมวลดินเกิดขึ้นเมื่อระดับน้ำใต้ดินและระดับน้ำในลำน้ำแตกต่างกันถ้าผลต่างของระดับดังกล่าวสูงเช่นในกรณีการลดระดับอย่างกะทันหันของน้ำในลำน้ำจะทำให้เกิดแรงดันน้ำในมวลดินสูงสามารถกัดเซาะเม็ดดินออกเป็นโพรงได้นอกจากนี้การไหลของน้ำในมวลดินยังทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณผิวตลิ่งและตีนตลิ่งได้

2.2 การซึมผ่านของน้ำผิวดิน (Infiltration) การซึมผ่านของน้ำผิวดินและน้ำฝนทำให้หน่วยความหนาแน่นและแรงดันน้ำในดินสูงขึ้นส่งผลให้กำลังของดินและเสถียรภาพของตลิ่งลดลง

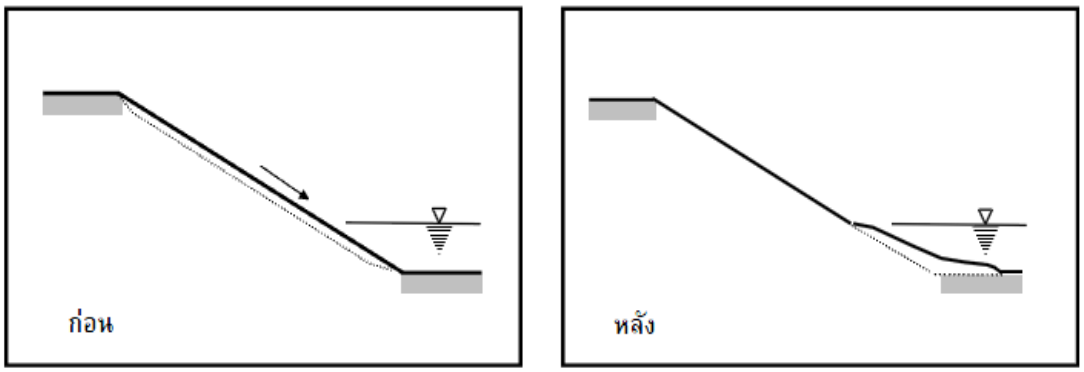
3. น้ำหนักบรรทุกจรริมตลิ่ง (Surcharge Loads) ตัวอย่างของน้ำหนักบรรทุกนี้ได้แก่น้ำหนักมนุษย์น้ำหนักจากเครื่องจักรในขณะก่อสร้างและน้ำหนักของรถยนต์ในกรณีที่มีถนนอยู่ริมตลิ่ง

4. การแตกร้าวเนื่องจากแรงดึง (Tension Crack) เกิดขึ้นกับดินประเภทดินเหนียวการแตกร้าวนี้ทำให้ตลิ่งลดเสถียรภาพลงโดยเฉพาะหากมีน้ำอยู่ในรอยร้าวดังกล่าว

ลักษณะการพังทลายของตลิ่ง

ลักษณะการพังทลายของตลิ่งสามารถจำแนกได้เป็น 4 ลักษณะดังนี้

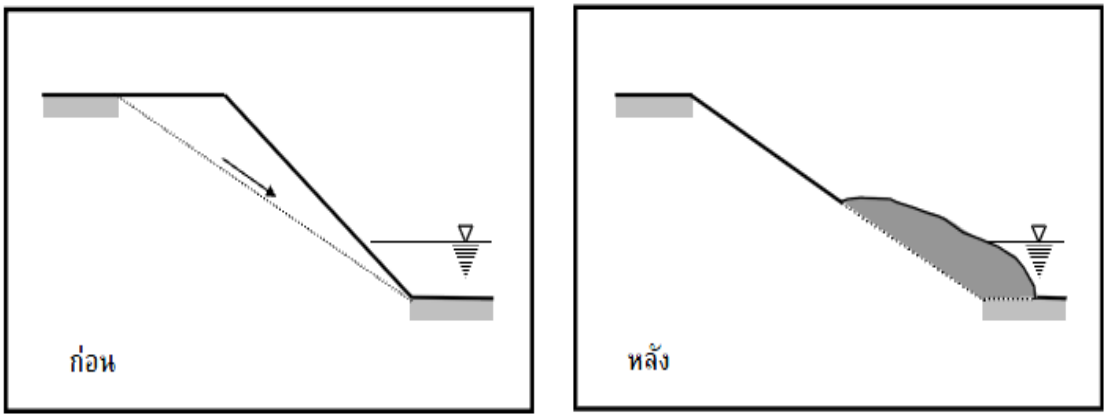
1. การพังทลายบริเวณผิวลาด (Shallow Failure) โดยทั่วไปเกิดกับตลิ่งที่เป็นดินประเภทดินทรายระนาบการพังทลายจะอยู่ในระดับตื้นและขนานไปกับลาดของตลิ่งการพังทลายของตลิ่งในลักษณะนี้เกิดขึ้นเนื่องจากความลาดเอียงของตลิ่งสูงกว่าแรงเสียดทานภายในของเม็ดดินโดยเฉพาะถ้ามีน้ำไหลซึมผ่านในตลิ่งทำให้การพังทลายในลักษณะนี้เกิดได้ง่ายขึ้น



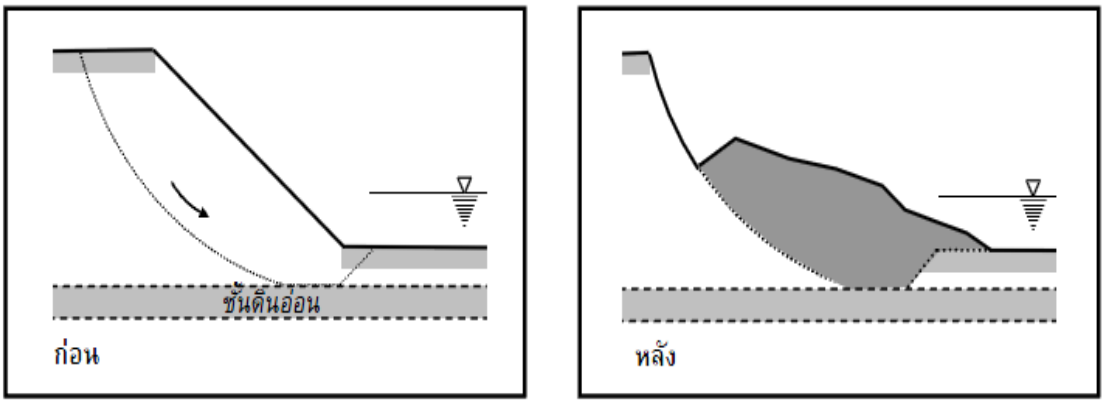
ภาพ 8 แสดงการพังทลายบริเวณผิวลาด

2. การพังทลายเป็นระนาบ (Planar Failure) หรือการวิบัติแบบบล็อก (Block Failure) โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นกับตลิ่งที่มีความชันปานกลางถ้าดินตลิ่งบริเวณผิวบนเกิดการแตกในลักษณะแตกร้าวเนื่องจากแรงดึง (Tension Crack) และมีน้ำอยู่ในรอยร้าวดังกล่าวจะทำให้การวิบัติในลักษณะนี้เกิดได้ง่ายขึ้น

3. การพังทลายแบบเลื่อนหมุน (Rotational Failure) โดยทั่วไปเกิดขึ้นกับตลิ่งที่เป็นดินประเภทดินเหนียวมีความสูงปานกลางถึงสูงมากสาเหตุการพังทลายของตลิ่งในลักษณะนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากมีชั้นดินอ่อนอยู่ใต้ตลิ่งหรือท้องน้ำหรือเกิดจากการลดระดับน้ำในแม่น้ำอย่างกะทันหัน



ภาพ 9 แสดงการพังทลายเป็นระนาบ



ภาพ 10 แสดงการพังทลายแบบเลื่อนหมุน

4. การพังทลายของตลิ่งแบบผสม (Failure of Composite Banks) การพังทลายของตลิ่งแบบผสมเกิดขึ้นเมื่อดินชั้นล่างซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินไม่มีความเชื่อมแน่นถูกกระแสน้ำกัดเซาะทำให้ดินชั้นบนเกิดเป็นส่วนคอด (Undercut) และพังทลายลงมาซึ่งการพังทลายของดินส่วนบนอาจเกิดในลักษณะการพังทลายจากแรงดึงหรือจากการหมุนตัว

แนวทางการแก้ไขปัญหาการพังทลายของตลิ่ง

มาตรการในการแก้ไขปัญหาหรือบรรเทาความเสียหายจากการพังทลายของตลิ่งตามที่ได้กล่าวข้างต้นมีอยู่หลายมาตรการด้วยกันทั้งในเชิงรุกและเชิงรับเช่นการอพยพประชาชนหรือรื้อสิ่งก่อสร้างออกจากพื้นที่ความเสียหายการเปลี่ยนเส้นทางล้ำน้ำหรือการขุดลอกลำน้ำเป็นต้นแต่มาตรการที่ถือได้ว่าเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดมาตรการหนึ่งและเป็นที่นิยมนำมาใช้ปฏิบัติกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือการป้องกันตลิ่งโดยการเสริมสร้างเสถียรภาพให้กับตลิ่งซึ่งที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีดังต่อไปนี้ 1) การป้องกันโดยใช้เขื่อนป้องกันตลิ่ง 2) การป้องกันโดยใช้โครงสร้างเบี่ยงเบนการไหลของกระแสน้ำ และ 3) การป้องกันโดยวิธีธรรมชาติ

ซึ่งในแต่ละวิธีจะมีความเหมาะสมที่แตกต่างกันไปแล้วแต่กรณีองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการพิจารณาความเหมาะสมของการป้องกันในแต่ละวิธีนั้นประกอบด้วยสภาพลำน้ำความเสียหายของตลิ่งสภาพแวดล้อมวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นเทคนิคการก่อสร้างวัตถุประสงค์ประโยชน์ใช้สอยความสวยงามและงบประมาณของโครงการ

1. การป้องกันโดยใช้เขื่อนป้องกันตลิ่ง เขื่อนป้องกันตลิ่งสามารถจำแนกออกเป็น 3 ชนิดได้ดังนี้

1.1 เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดลาดเอียง (Slope Bank Protection)

1.2 เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง (Vertical Bank Protection)

1.3 เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดอาศัยธรรมชาติ (Natural Bank Protection)

การพิจารณาเลือกรูปแบบของเขื่อนป้องกันตลิ่งต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ออกแบบรวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ ประกอบเช่นข้อมูลทางด้านชลศาสตร์และปฐพีกลศาสตร์สภาพของลำน้ำและแหล่งวัสดุเป็นต้นนอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความสวยงามทางด้านสถาปัตยกรรมและประโยชน์ใช้สอยอีกด้วย

1.1 เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดลาดเอียง

เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดลาดเอียงเป็นการป้องกันตลิ่งโดยการถมด้วยวัสดุที่คัดเลือกแล้วจนกระทั่งมีความลาดเอียงที่พอเหมาะทำให้ตลิ่งมีความมั่นคงแข็งแรงความลาด

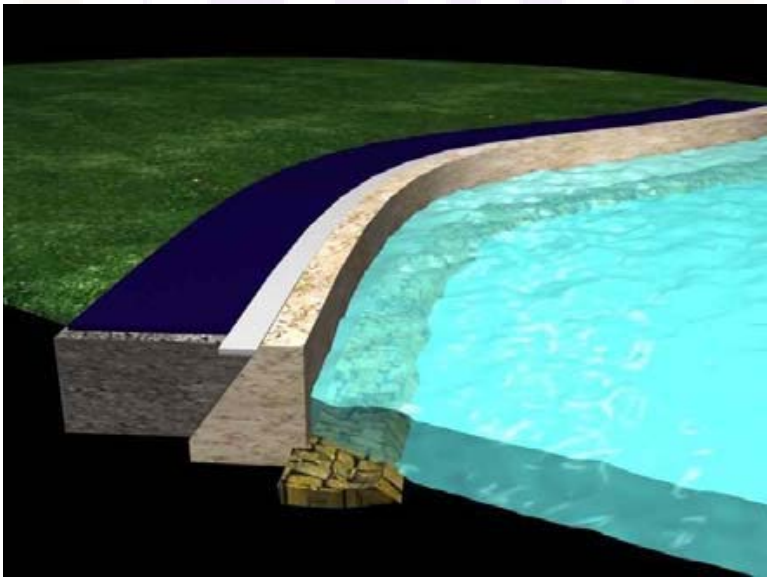
เอียงของเขื่อน (อัตราส่วนระยะแนวตั้งต่อระยะแนวราบ) โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 1:2 ถึง 1:3 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินริมตลิ่งและวัสดุถม หลังจากนั้นจึงทำการปูทับด้วยโครงสร้างปิดทับหน้าตลิ่งหรือ Revetment เขื่อนชนิดนี้สามารถดำเนินการก่อสร้างได้ง่ายไม่ต้องอาศัยช่างฝีมือและราคาค่าก่อสร้างไม่สูงนักแต่ถ้าตลิ่งมีความสูงมากจะทำให้ลาดของตัวเขื่อนยื่นล้ำเข้าไปในลำน้ำมากอันอาจจะเกิดปัญหาในการใช้ลำน้ำได้

1.2 เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง

การก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดลาดเอียงในลำน้ำที่แคบหรือตลิ่งมีความสูงชันมากอาจไม่เป็นการเหมาะสมเนื่องจากลาดของตัวเขื่อนจะยื่นล้ำเข้าไปในลำน้ำมากทำให้เกิดปัญหาในการใช้ลำน้ำได้ วิธีแก้ปัญหาวิธีหนึ่งคือเลือกใช้เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งสามารถจำแนกได้ออกเป็น 6 แบบดังนี้

1.2.1 เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gravity Wall

เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gravity Wall เป็นเขื่อนป้องกันตลิ่งที่อาศัยน้ำหนักของตัวเขื่อนเองเป็นตัวต้านแรงดันดินด้านหลังเขื่อน วัสดุที่ใช้มีทั้งคอนกรีตล้วน อิฐก่อกล่องลวดตาข่ายเกเบี้ยนนำมาตั้งเป็นชั้น ๆ และแท่งคอนกรีตสำเร็จรูปข้อเสียในการใช้เขื่อนป้องกันตลิ่งนี้คือดินฐานรากต้องมีความแข็งแรงในกรณีที่ดินฐานรากเป็นดินอ่อนอาจต้องใช้ฐานรากระบบเสาเข็มทำให้ราคาค่าก่อสร้างสูงเขื่อนป้องกันตลิ่งประเภทนี้จึงไม่เหมาะสำหรับการก่อสร้างที่มีดินฐานรากเป็นดินอ่อนเช่นบริเวณตลิ่งของแม่น้ำบางสายในภาคกลางเป็นต้น



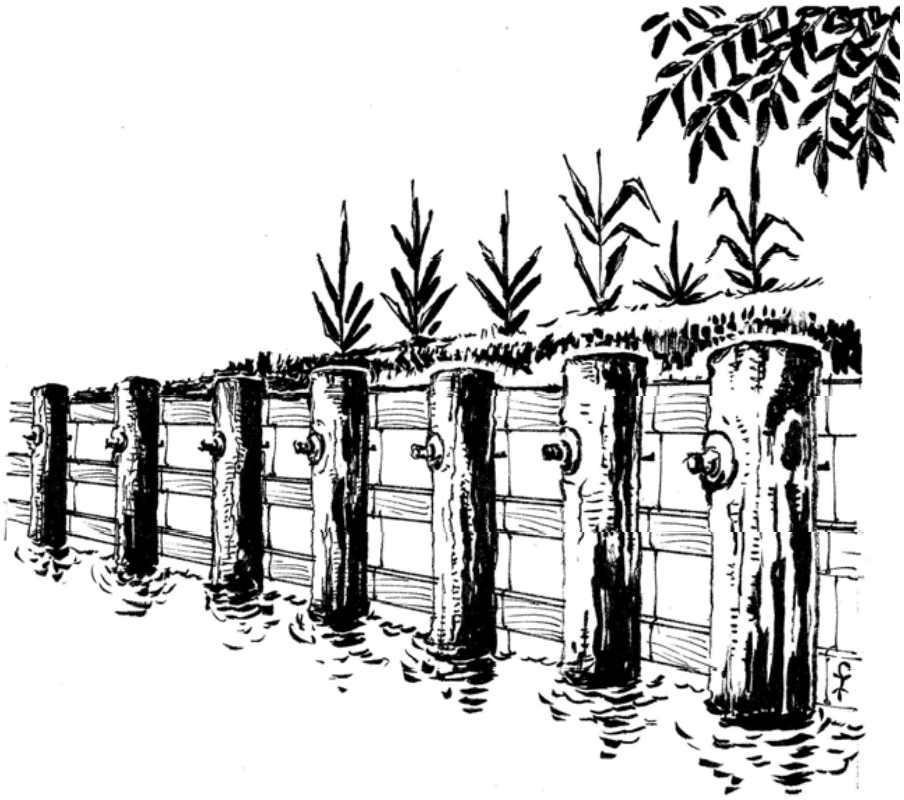
ภาพ 11 แสดงเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gravity Wall

1.2.2 เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Cantilever Retaining Wall หรือเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบกำแพงกันดิน

เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Cantilever Retaining Wall ประกอบด้วยกำแพงและแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่หล่อกับที่เขื่อนประเภทนี้มีความสวยงามเป็นระเบียบเรียบร้อยแต่การดำเนินการก่อสร้างกระทำได้ยากอาจต้องมีการปิดกั้นลำน้ำหรือทำเขื่อนชั่วคราว (Coffer Dam) กั้นก่อนที่จะทำการตั้งไม้แบบ

1.2.3 เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Sheet–Piling Wall หรือเขื่อนตอกเข็มพืด

รูปแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดของเขื่อนเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Sheet–Piling Wall ได้แก่เขื่อนตอกเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กพร้อมแผงกรุกันดินเนื่องจากเป็นรูปแบบทำการก่อสร้างได้สะดวกเพียงแต่ตอกเข็มแล้วใส่แผงกันดินไม่ต้องมีการปิดกั้นลำน้ำหรือทำเขื่อนชั่วคราวเหมือนการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งประเภทกำแพงกันดินเขื่อนป้องกันตลิ่งประเภทนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 รูปแบบดังนี้ 1) Cantilever Sheet–Piling Wall เป็นโครงสร้างที่อาศัยแรงดันดินด้านหน้าเขื่อนเป็นตัวต้านแรงดันด้านข้างเหมาะสำหรับงานเขื่อนที่มีความสูงไม่มากนักหรือไม่มีที่ว่างด้านหลังเขื่อนเขื่อนประเภทนี้จะเกิดการเคลื่อนตัวทางด้านข้างสูงโดยเฉพาะขอบบนของตัวเขื่อนการเคลื่อนตัวนี้อาจไม่สม่ำเสมอตลอดความยาวของเขื่อนเนื่องจากคุณสมบัติของดินและน้ำหนักบรรทุกที่แตกต่างกันจึงมีการทำคานรัดหัวเสาเข็ม (Cap Beam) เพื่อรัดหัวเสาเข็มให้เขื่อนมีความสวยงามเป็นระเบียบเรียบร้อย 2) Anchored Sheet–Piling Wall คล้ายเขื่อนตอกเข็มประเภท Cantilever Sheet–Piling Wall แต่มีการดึงสายสมอ (Tie Rod) ที่บริเวณขอบบนของตัวเขื่อนเพื่อช่วยต้านแรงดันด้านข้างซึ่งแรงดึงในสายสมอนี้จะส่งผ่านไปยังแผงสมอ (Anchorage) เพื่อต้านทานแรงดึงที่เกิดขึ้นดังนั้นแผงสมอจะต้องฝังลึกเพียงพอในการพัฒนาแรงดันดินและอยู่ห่างจากกำแพงเพียงพอที่จะไม่ให้เกิด Overall Failure สำหรับเขื่อนกันดินที่มีความสูงมากกว่า 2.5–3.0 เมตร การสร้างเขื่อนแบบ Anchored Wall จะประหยัดค่าก่อสร้างมากกว่าแบบ Cantilever Sheet–Piling Wall แต่ทั้งนี้ด้านหลังเขื่อนจะต้องมีพื้นที่เพียงพอในการก่อสร้างแผงสมอ 3) Batter–Pile Wall มีลักษณะคล้ายเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Anchored Wall แต่ใช้เข็มเอียงช่วยในการรับแรงทางด้านข้างการใช้เขื่อนรูปแบบนี้เหมาะสำหรับการก่อสร้างที่ไม่มีพื้นที่ด้านหลังเขื่อนเพียงพอที่จะสร้างแผงสมอได้ ราคาค่าก่อสร้างเขื่อนประเภทนี้จะสูงกว่าแบบ Anchored Wall 4) Platform เป็นโครงสร้างกันดินแบบ Sheet–Piling Wall ตาม 1) 2) หรือ 3) และมีส่วนยื่นที่เป็นลาออกไปในลำน้ำเพื่อเพิ่มเติมพื้นที่ใช้สอยให้มากขึ้น



ภาพ 12 แสดงเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Sheet–Piling Wall

1.2.4 เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Relieving Platform

เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Relieving Platform เป็นโครงสร้างที่อาศัยกำแพงกันดินและฐานรากเสาเข็มช่วยในการรับแรงดันดินด้านข้าง โดยตัว Platform จะรับน้ำหนักดินถมส่วนที่อยู่เหนือขึ้นไปแล้วถ่ายลงเสาเข็มทำให้แรงดันดินด้านข้างที่กระทำกับ Sheet Pile ที่อยู่ใต้ Platform ลดลงเขื่อนป้องกันตลิ่งประเภทนี้เหมาะกับการก่อสร้างที่มีดินฐานรากเป็นดินอ่อนหรือต้องมีการรับน้ำหนักบรรทุกมาก

1.2.5 เขื่อนป้องกันตลิ่งที่อาศัยหลักการเสริมกำลังดิน (Reinforced Earth)

เขื่อนป้องกันตลิ่งที่อาศัยหลักการเสริมกำลังดินเป็นการสร้างเขื่อนโดยการเสริมความแข็งแรงของดินซึ่งอาศัยวัสดุอื่นที่มีความสามารถในการรับแรงดึงสูงแรงดึงนี้จะช่วยให้ดินสามารถรับแรงต่าง ๆ ได้เพิ่มมากขึ้นเขื่อนป้องกันตลิ่งประเภทนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

1) แผงกันดิน (Retaining Face) ทำหน้าที่ส่งถ่ายแรงดันดินในแนวราบไปที่แถบเสริมกำลัง แผงกันดินส่วนใหญ่เป็นแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปหรืออาจเป็น Shotcrete

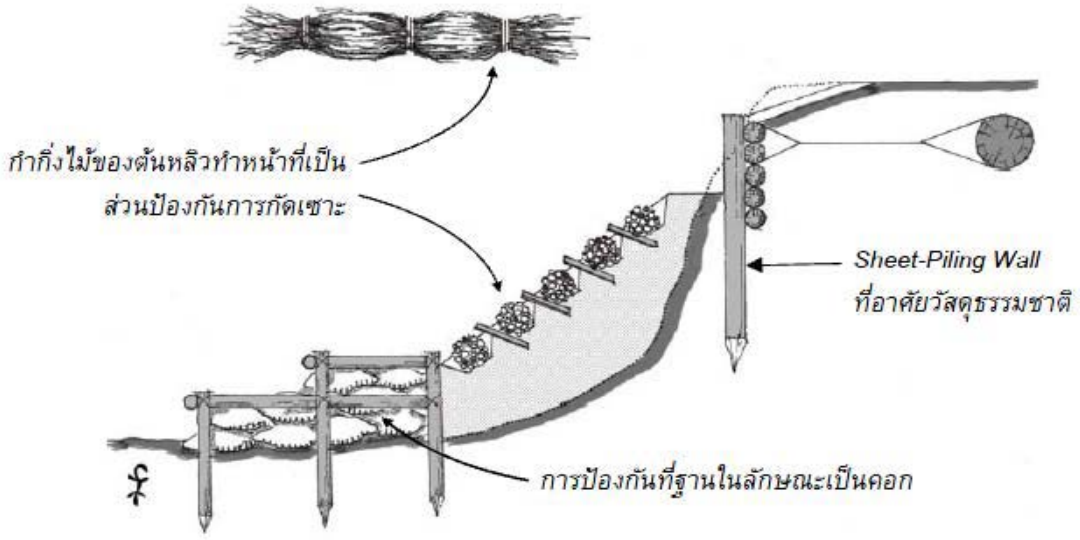
2) แถบเสริมกำลัง (Webbing Strip) เป็นวัสดุเสริมความแข็งแรงของดินทำหน้าที่ต้านการเคลื่อนที่ของ Retaining Face โดยอาศัยแรงเสียดทานระหว่าง Strip และดินวัสดุเสริมความแข็งแรงของดินนี้อาจใช้ Geogrid, Anchor Bolt หรือ Gabion ก็ได้แต่ทั้งนี้จะต้องพิจารณาถึงความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนจากสภาพแวดล้อมและสารเคมี นอกจากนี้แถบเสริมกำลังจะต้องมีความยาวเพียงพอที่จะทำให้เกิดแรงต้านทานดังกล่าวรวมทั้งจะต้องตัดผ่านระนาบการวิบัติที่อาจเกิดขึ้นได้

1.2.6. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบเป็นคอก (Crib Wall)

เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบเป็นคอกประกอบด้วยชิ้นส่วนที่อาจทำด้วยไม้หรือแท่นคอนกรีตแล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นคอก หลังจากนั้นจึงบรรจุทรายหรือดินลงไปในคอกน้ำ หนักของดินในคอกจะทำหน้าที่คล้ายกับ Gravity Wall คือเป็นตัวต้านแรงดันดินด้านหลังเขื่อน

1.3 เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดอาศัยธรรมชาติ (Natural Bank Protection)

เขื่อนป้องกันตลิ่งโดยวิธีธรรมชาติเป็นการผสมผสานระหว่างการป้องกันตลิ่งโดยวิธีธรรมชาติและการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งโดยการนำหลักการทาง Biotechnical Stabilization มาใช้กับโครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง วัสดุที่นำมาใช้เป็นวัสดุธรรมชาติที่หาได้ในท้องถิ่น เช่น พืชประเภทต่าง ๆ ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาถึงการใช้พืชในท้องถิ่นและการคัดเลือกพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมรวมทั้งยังต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมอีกด้วย สำหรับพันธุ์ไม้ที่นิยมนำมาใช้การป้องกันดังกล่าวได้แก่ต้นสน (Willow) เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ทนทรหด มีรากที่สามารถยึดติดกับสภาพตลิ่งได้ดี



ภาพ 13 แสดงเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดอาศัยธรรมชาติ

เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบเรียงหินยาแนว

วัสดุที่ใช้หิน

หินที่ใช้จะต้องเป็นหินที่มีความแข็งแกร่งทนทาน ปราศจากส่วนประกอบของแร่ยิบซั่ม แอนไฮไดรท์ หินดินดาน หินเนื้ออ่อน หรือหินผุ มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีส่วนแบนเรียวน้อย ไม่มีรอยแตกร้าวหรือลักษณะอื่นใดที่แสดงให้เห็นว่าจะไม่ทนทานต่อการกัดเซาะ หินที่นำมาใช้ในงานหินทิ้ง หินก่อ หินเรียง หินเรียงยาแนวต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ความถ่วงจำเพาะที่จุดอิ่มตัวและผิวหน้าแห้งต้องไม่น้อยกว่า 2.65

2. ความต้านทานต่อการขัดสีเมื่อทดสอบด้วยเครื่อง Los Angeles Abrasion Test (ASTM C131) โดยส่วนสูญหายต้องไม่เกิน 40%

3. ตรวจสอบความคงทน (Soundness) สูญเสียต้องไม่เกิน 12% โดยน้ำหนักเมื่อทดสอบด้วยวิธี Sodium Sulphate (ASTM C88)

4. ขนาดของหินที่ใช้ถ้ามิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นต้องประกอบด้วยก้อนขนาดคละตามที่กำหนดไว้

ตาราง 1 แสดงขนาดของหินที่ใช้ในการก่อสร้างแบบเรียงหินยาแนว

ขนาดก้อน	ความหนาที่ระบุในแบบ			
	0.20 ม.	0.30 ม.	0.50 ม.	0.70 ม.
ใหญ่กว่า 50 ซม.	–	–	–	เกิน 30%
ใหญ่กว่า 30 ซม.	–	น้อยกว่า 20 %	เกิน50%	เกิน50%
ใหญ่กว่า 15 ซม.	เกิน20%	เกิน60%	เกิน70%	เกิน70%
ใหญ่กว่า 7 ซม.	เกิน60%	เกิน80%	เกิน90%	เกิน90%
ใหญ่กว่า 3ซม.	น้อยกว่า 5%	น้อยกว่า 5%	น้อยกว่า 5%	–

วัสดุรองพื้น (Bedding Material)

ชั้นวัสดุรองพื้นที่รองใต้หินทิ้งหินเรียงหินเรียงยาแนว จะต้องเป็นกรวดหรือหินย่อยและทรายที่สะอาด ปราศจากอินทรียวัตถุเจือปน หรืออนุภาคที่อ่อนแตกง่ายปนอยู่ ถ้ามิได้กำหนดชั้นวัสดุรองพื้นไว้เป็นอย่างอื่น กรวดหรือหินย่อยและทรายต้องผสมกันโดยมีขนาดคละตามที่กำหนด

ตาราง 2 แสดงเปอร์เซ็นโดยน้ำหนักร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานของวัสดุรองพื้น

เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักร่อนผ่าตะแกรงมาตรฐาน						
เบอร์ 200	เบอร์ 40	เบอร์ 16	เบอร์ 4	3/8"	3/4"	1½"
น้อยกว่า 5%	5–20	20–35	40–58	40–58	65–85	80–100

วิธีการทำงานชั้นวัสดุรองพื้น

ก่อนจัดทำปูชั้นวัสดุรองพื้น ต้องทำการบดอัดแน่นดินบริเวณที่จะทำงานชั้นวัสดุรองพื้นให้มีความแน่นไม่น้อยกว่าที่กำหนดในแบบ ถากแต่งให้ได้ความลาดและระดับตามแบบ วัสดุชั้นรองพื้นจะต้องปูลงบนพื้นที่เตรียมไว้แล้วให้สม่ำเสมอไม่ให้เป็นกองสูงต่ำหรือเป็นคลื่นและต้องไม่ทำให้วัสดุชั้นรองพื้นเกิดการแยกตัว วัสดุชั้นรองพื้นต้องบดอัดให้มีความแน่นไม่น้อยกว่า 70% Relative Density และได้ความหนาตามแบบ

วิธีการทำงานหินเรียงยาแนว (Grouted Riprap)

ก่อนจัดทำหินเรียงยาแนวต้องทำการบดอัดแน่นดินบริเวณที่จะทำหินเรียงยาแนว ให้มีความแน่นไม่น้อยกว่าตามที่กำหนดในแบบ หินเรียงยาแนวต้องก่อสร้างบนชั้นวัสดุรองพื้นที่มีความหนาตามที่กำหนด หินเรียงยาแนวต้องวางเรียงกันในลักษณะที่จะให้ก้อนเล็กก้อนใหญ่คละกันเพื่อให้หินเรียงชิดกันมากที่สุด การวางเรียงต้องเริ่มจากด้านล่างขึ้นไปด้านบน โดยต้องไม่ทำให้ชั้นรองพื้นขยับตัวหินก้อนใหญ่ต้องอยู่กระจายกันออกไปโดยต้องไม่มีก้อนเล็กรวมกันเป็นหย่อม ๆ พร้อมทั้งแต่งผิวหน้าของหินใหญ่แต่ละก้อนให้เป็นระนาบเสมอกันกับหินก้อนข้างเคียงทั่วพื้นที่ ความหนาของชั้นหินเรียงยาแนวต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดก้อนที่หนาเกินให้ฝังจมลงในชั้นวัสดุรองพื้น ราดน้ำให้ชุ่ม ยาแนวตามช่องว่างระหว่างหินก้อนใหญ่ด้วยปูนทราย (Mortar) อัตราส่วน 1:3 กระทุ้งให้แน่นและตกแต่งให้เรียบ

การป้องกันตลิ่งแบบคอนกรีต

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน เพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคา และคุณสมบัติต่าง ๆ คุณสมบัติหลักของคอนกรีตคือ “การรับแรงอัด” ในขณะที่ความสามารถรับแรงดึงได้ต่ำประมาณ 10% ของแรงอัด แต่ถ้าต้องการให้คอนกรีตสามารถรับแรงดึงได้ ต้องเพิ่มเหล็กเส้นเข้าไปในคอนกรีต เพื่อเหล็กจะช่วยรับแรงดึงภายในคอนกรีต คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน อัน

ได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ผสมกับวัสดุผสมอันได้แก่ ทราย หินหรือกรวด เมื่อน้ำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง พอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อ ที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็ง มีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีต ที่เพิ่มขึ้น คอนกรีตเป็นวัสดุผสมที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ปูนซีเมนต์ วัสดุผสม (เช่น หิน ทราย หรือ กรวด) และ น้ำ โดยอาจจะมีสารเคมีเติมเพิ่มเข้าไปสาหรับคุณสมบัติด้านอื่น เมื่อผสมเสร็จคอนกรีตจะแข็งตัวอย่างช้า ๆ ซึ่งน้ำและซีเมนต์ จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกันในลักษณะที่เรียกว่าการ ไฮเดรชั่น โดยซีเมนต์จะเริ่มจับตัวกับวัสดุอื่นและแข็งตัวซึ่งในสถานะนี้จะนิยมเรียก กันว่าคอนกรีต

หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม ซีเมนต์เพสต์ มีหน้าที่เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม เช่น หิน กรวด และทราย หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเทหล่อและให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของปูนซีเมนต์ อัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์ และความสมบูรณ์ของ ปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration Reaction) มวลรวม มีหน้าที่เป็นตัวแทรกประสานที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก คุณสมบัติของมวลรวมที่สำคัญคือ มีความแข็งแรง การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำ คงทนต่อปฏิกิริยาเคมี และมีความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี น้ำมีหน้าที่หลักคือ ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration Reaction) กับปูนซีเมนต์ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้ และเคลือบหินทรายให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์สามารถเข้าเกาะได้โดยรอบ นอกเหนือจากหน้าที่หลักแล้ว น้ำยังใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่าง ๆ และใช้บ่มคอนกรีตอีกด้วย น้ำยาผสมคอนกรีต มีหน้าที่สำคัญ คือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทั้งคอนกรีตที่เหลวและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วในด้าน ต่าง ๆ เช่น เวลาในการก่อตัวความสามารถเทได้ กำลังอัด ความทนทาน เป็นต้น

วิธีการผสมคอนกรีต

วิธีการผสมคอนกรีต สามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธี คือ

1. การผสมด้วยมือ ผสมด้วยเครื่องมือธรรมดาด้วยแรงงานคน โดยใช้พลั่วหรือจอบผสมปูน สำหรับงานที่ใช้ปริมาณคอนกรีตไม่มาก

2. การผสมด้วยเครื่องมือผสมคอนกรีตขนาดเล็ก โดยใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อน

3 การผสมด้วยเครื่องผสมขนาดใหญ่จากโรงงานและบรรทุกโดยรถที่มีโม่ผสมหมุนไปด้วยเพื่อไม่ให้คอนกรีตแข็งตัว

อัตราส่วนผสมของวัสดุ และการนำไปใช้

การผสมวัสดุให้เข้ากันจนเป็นเนื้อคอนกรีตนั้น วัสดุผสมต่าง ๆ จะต้องมีสัดส่วนที่ได้มาตรฐาน เพื่อคุณภาพของเนื้อคอนกรีต อัตราส่วนผสมของวัสดุในคอนกรีตสามารถกำหนดสัดส่วนได้ 2 แบบ ดังนี้

1. กำหนดอัตราส่วนผสมวัสดุโดยคิดตามน้ำหนักของวัสดุการผสมวัสดุในแบบนี้จะต้องทราบห้ำหนักของวัสดุผสมแต่ละชนิด โดยวัสดุผสมแต่ละชนิดมีน้ำหนักดังนี้

1.1 ปูนซีเมนต์ 1 ถุง มีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม

1.2 ทราย 1 ลูกบาศก์เมตรหนัก 1,650 กิโลกรัม

1.3 หินย่อย 1 ลูกบาศก์เมตรหนัก 1,600 กิโลกรัม

2. กำหนดอัตราส่วนผสมวัสดุโดยตวงปริมาตร

ตาราง 3 แสดงอัตราส่วนผสมวัสดุโดยตวงปริมาตร

อัตราส่วนผสม			ลักษณะงาน
ปูนซีเมนต์	ทราย	หินย่อย	
1	1 ½	3	หล่อเสาและส่วนของโครงสร้างที่ต้องการให้แน่นกันน้ำ
1	2	4	โครงสร้างทั่วไป เช่น เสา พื้น คาน บันได ครีบกันแดด
1	2 ½	4	งานพื้นถนน ฐานรากอาคาร เขื่อน ทางเดินเท้า
1	3	5	งานหล่อคอนกรีตขนาดใหญ่ เช่น ฐานรากขนาดใหญ่ ผนังคอนกรีต

ตาราง 4 แสดงอัตราส่วนของน้ำกับปูนซีเมนต์

คอนกรีต			ลักษณะหิน	ปริมาตรที่ใช้
ปูนซีเมนต์	ทราย	หินย่อย		
1	3	6	แห้ง	32 ลิตร : ปูนซีเมนต์ 1 ถุง(50 กก.)
1	3	6	ชื้น	28ลิตร : ปูนซีเมนต์ 1 ถุง(50 กก.)
1	2	4	แห้ง	26 ลิตร : ปูนซีเมนต์ 1 ถุง(50 กก.)
1	2	4	ชื้น	23 ลิตร : ปูนซีเมนต์ 1 ถุง(50 กก.)

การเทคอนกรีต

การนำคอนกรีตจากเครื่องมือลำเลียงไปเทให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุดในแบบหล่อโดยต้องทำอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ มีข้อควรปฏิบัติในการเทคอนกรีตดังนี้

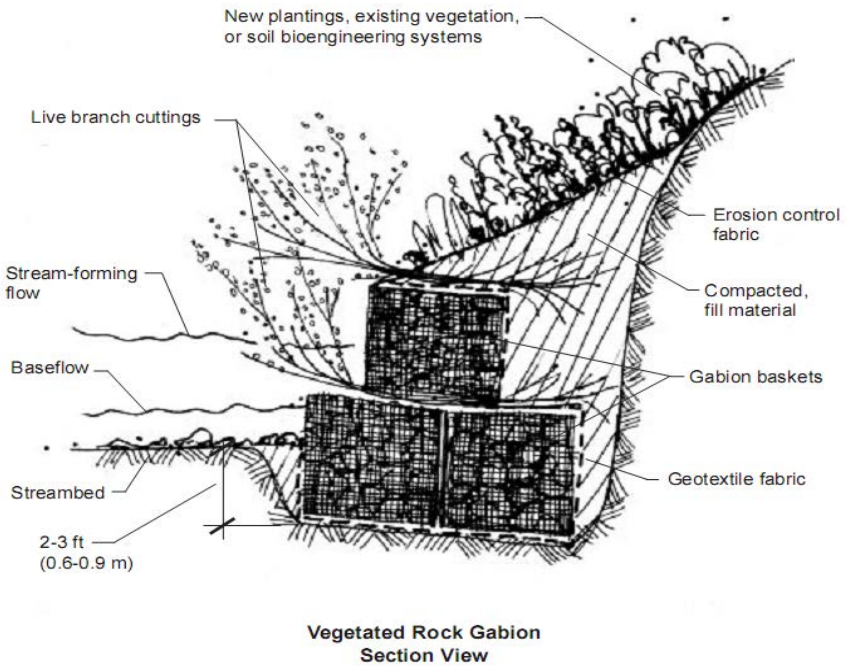
1. เทคอนกรีตให้เคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งให้ใกล้จุดที่ต้องการมากที่สุดในแบบหล่อและหลีกเลี่ยงการทำให้คอนกรีตเคลื่อนที่ในแนวราบ เพื่อป้องกันการแยกตัวของคอนกรีต

2. ระยะตกอิสระของคอนกรีต ไม่ควรเกิน 1.5 เมตร เพื่อให้เทคอนกรีตได้ถูกตำแหน่ง ที่ต้องการ และลดการแยกตัวของคอนกรีต

3. ควรเทคอนกรีตเป็นชั้น ๆ อย่างสม่ำเสมอ ไม่ควรเทเป็นกองสูง ความหนาของการเทแต่ละชั้นไม่ควรหนาเกินชั้นละ 45 เซนติเมตรและเทชั้นต่อไปในขณะที่ชั้นล่างยังไม่แข็งตัวเพื่อให้คอนกรีตทุกชั้นเชื่อมต่อเป็นเนื้อเดียวกัน

การก่อสร้างระบบป้องกันตลิ่งโดยวิธี Rock Gabion

Rock gabion เป็นองค์ประกอบในรูปแบบของบล็อกที่ทำจากลวดตาข่ายหกเหลี่ยมบิดในการเปิดหรือรอยสี่เหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมเปิดซึ่งเต็มไปด้วยหินธรรมชาติเพื่อป้องกันแม่น้ำภูเขาหรือการก่อสร้างเป็นโครงสร้างเพื่อใช้สำหรับควบคุมการพังทลายเพื่อรักษาเสถียรภาพของตลิ่ง ข้อดีของวิธีนี้คือมีความยืดหยุ่นทนทานและมีความจุสูงเมื่อเวลาผ่านไปมีการเจริญเติบโตของหญ้าและต้นไม้ที่เป็นตัวประสานทำให้หินมีความแน่นขึ้นและวิธีนี้ไม่ต้องใช้แรงงานที่มีความรู้มากนักทำได้ง่ายและรวดเร็ว



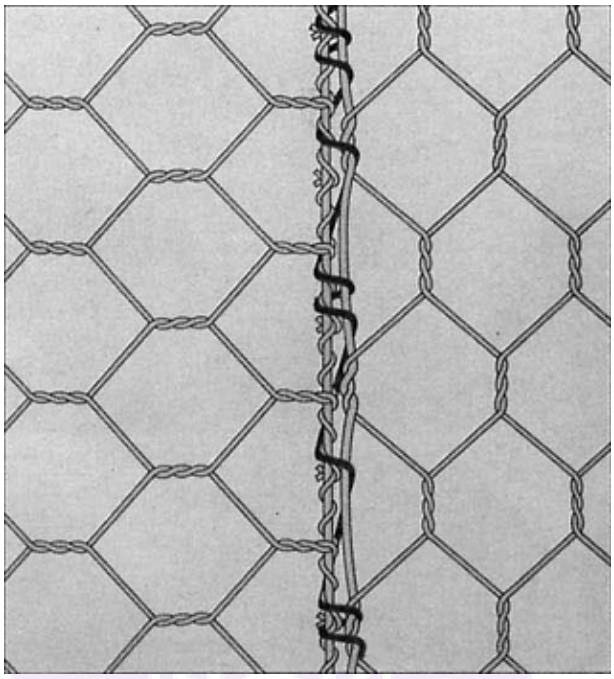
ภาพ 14 แสดง Vegetated Rock Gabion Section View

การประกอบกล่อง Gabion ที่ถูกมัดไม่ว่าขนาดใด ๆ (จะมีลวดที่ใช้ยึดมากพอสำหรับทุกกล่อง Gabion ที่ส่งมา) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. แกะกล่อง Gabion แต่ละกล่องลงบนพื้นผิวที่แข็งและเรียบแผ่กล่องออกและกดตรงที่มีรอยบิดงอให้เรียบตรวจสอบว่าทุกรอยพับอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องในการประกอบเป็นกล่องด้านหนึ่งอยู่ที่ขอบของปลายแผ่นไม้และแผ่น Diaphragm แต่ละแผ่น

2. ห่อแต่ละข้างและปลายแผ่นไม้ไปยังตำแหน่งที่ตั้งตรงเพื่อสร้างกล่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าต่อมุมบนของกล่องเข้าด้วยกันด้วยสายผ้าที่ทอขึ้นมาอย่างหนา ยึดจากมุมของแผ่นไม้แต่ละแผ่นตรวจสอบว่ายอดทั้งสี่ด้านของกล่องนั้นเท่ากัน

3. เริ่มพันลวดโดยยึดลวดที่ใช้ยึดที่มุมบนของแผ่นไม้ซึ่งถูกเชื่อมโดยการร้อยผ่านและบิดเข้าด้วยกัน จากนั้นร้อยลวดรอบผ้าที่ใช้ยืนเป็นวงเดี่ยวและสองวงโดยร้อยเมื่อช่องว่างมีความกว้าง 100 mm. (4 นิ้ว) สุดท้ายคาดลวดยึดไว้ตรงมุมล่างและดันตรงปลายที่หลวมด้านในของกล่อง Gabion ต่อมาดึงแผ่น Diaphragm ไปตรงตำแหน่งในแนวดิ่งและผูกลวดไปยังด้านของแผ่นไม้ในแบบเดียวกัน



ภาพ 15 แสดงการพันลวดเพื่อประกอบกล่อง Gabion

4. เชื่อมต่อกล่อง Gabion เข้าด้วยกันเพื่อความสมบูรณ์แข็งแรงวิธีง่ายกว่าของการพันลวดแต่ละข้างโดยเฉพาะเมื่อต้องทำในน้ำทำให้พื้นราบให้ได้มากที่สุดที่โครงสร้าง Gabion จะถูกสร้างก่อนจะวางลงในตำแหน่งของกล่อง Gabion ที่ว่างเมื่อกล่อง Gabion ที่ว่างอยู่ตามตำแหน่งแล้วจะเป็นการยากที่จะกำจัดวัสดุที่ไม่ต้องการออกจากด้านล่าง

5. ร้อยกล่อง Gabion เข้าด้วยกันโดยใช้วิธีเดียวกับการประกอบกล่อง Gabion เดียววางลงโดยให้ด้านหน้าชนด้านหน้าด้านหลังชนด้านหลัง

6. ดังนั้นคู่ของด้านที่ชนกันจะสามารถถูกพันลงไปอีกด้านหนึ่งได้แผ่นกล่อง Gabion ก่อนการบรรจุหินลงในกล่อง

7. วางกล่อง Gabion ที่ว่างหรือในตำแหน่งยึดจุดปลายจากจุดที่เริ่มโดยแท่งที่ผ่านมุมทั้งสองลงไปยังพื้นและยึดอย่างมั่นคงกับหลักยึดที่ดีเป็นสิ่งสำคัญที่หลักยึดจะต้องอยู่อย่างน้อยที่ความสูงของกล่อง Gabion เพื่อป้องกันการพังทลายกล่อง Gabion ที่ว่างที่เหลือจะถูกนำไปร้อยเข้าด้วยกันตามกระบวนการแผ่ด้านตรงข้ามหรือปลายกล่องโดยแทรกไม้เข้าไปที่มุมล่างและยกมันขึ้นไปทางด้านหน้ายอดและฐานจะแผ่อยู่อย่างนั้นจนกว่ากล่องGabion จะถูกบรรจุโดยยึดเข้ากับจุดยึดเช่นหมุดที่ปักลงพื้นและร้อยอยู่กับกล่อง Gabionข้างใต้

8. ในขณะที่แผ่กล่อง Gabion ตรวจสอบว่าเส้นลวดที่ร้อยอยู่ด้วยกันนั้นเป็นระเบียบและไม่ดึงแยกจากกันถ้าไม่เช่นนั้นในส่วนนั้นจะต้องร้อยขึ้นมาใหม่

9. เมื่ออยู่บนโครงสร้างร้อยกล่อง Gabion ยึดไปตามด้านข้างและด้านปลายกับ Gabion ที่อยู่ติดกันกับกล่อง Gabion ที่ถูกบรรจุแล้วที่อยู่ด้านล่าง

การบรรจุ

1. ใช้วัสดุที่จะบรรจุลงไปโดยมีขนาดไม่เกิน 250 mm. (10 นิ้ว) และไม่ต่ำกว่าขนาดของตาข่ายซึ่งช่วงขนาดที่ดีที่สุดคือ 125 mm.–200 mm. (5–8 นิ้ว) เปอร์เซ็นต์เล็กน้อยที่เล็กกว่าวัสดุประมาณ 5–7% สามารถใช้ได้บรรจุกล่อง Gabion โดยมือหรือเครื่องจักรตรวจสอบว่าหินนั้นบรรจุอย่างแน่นหนาและมีช่องว่างที่น้อยที่สุดหากเป็นไปได้ปล่อยให้ Gabionกล่องสุดท้ายว่างซึ่งมันจะทำให้ต่อกับกล่องถัดไปได้ง่ายขึ้น

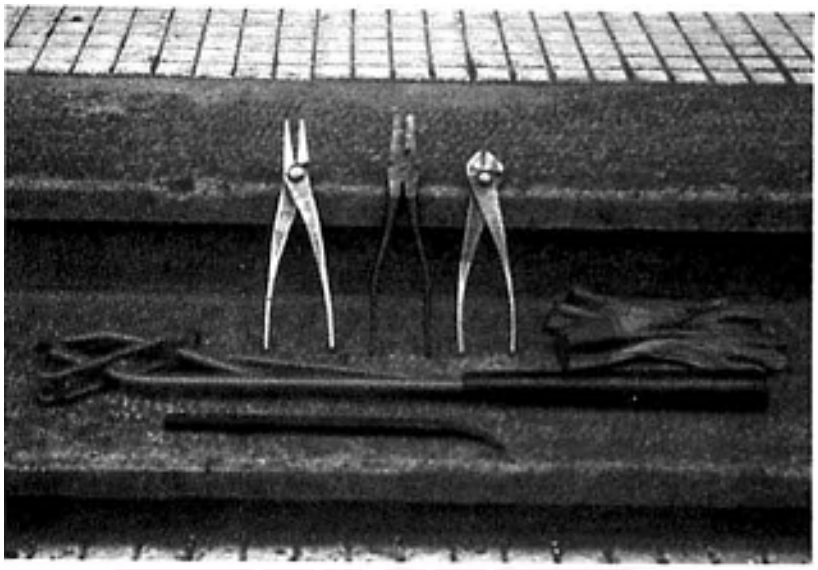
2. บรรจุทุกชิ้นส่วนด้านนอกของกล่อง Gabion สูง 1 เมตร เพียงแค่ 1/3 ของความสูงสำหรับในตอนแรกจากนั้นซ่อมลวดที่ใช้รั้งในแนวขวางในกล่อง Gabion โดยตรงเหนือระดับของหินในส่วนเหล่านั้นและ Spanish เครื่องกว้านลวดที่ใช้รั้งเพื่อทำให้ผิวหน้าเสมอกันและเป็นอิสระจากการขยายขนาดจากนั้นบรรจุเป็น 2/3 และทำการรั้งอีกครั้งสุดท้ายบรรจุด้านบนกล่อง Gabion ขนาด 500 mm. ถูกบรรจุโดยการยกสองครั้งและการรั้งที่ความจุครึ่งเดียวไม่จำเป็นต้องทำการรั้งกับกล่อง Gabion 330 mm. ปรับระดับการบรรจุเป็น 25mm.–50 mm. (1–2 นิ้ว) เหนือผิวตาข่ายเพื่อให้เกิดการปักหลักซึ่งใช้ได้ดีกับวัสดุขนาดเล็กตามทางที่กระแสน้ำไหลของฝายและในที่ ๆ คล้ายกันซึ่งน้ำจะไหลโดยตรงไปยังกล่องGabion ทำให้ลวดรั้งในแนวตั้งระหว่างผิวและก้นตาข่ายพอดี

3. แผ่ตัวรั้งอย่างแน่นหนาเหนือรูบรรจุและพันตัวรั้งมุมต่าง ๆ ควรจะถูกยึดแบบชั่วคราวก่อนในตอนแรกเพื่อทำให้แน่ใจว่าจะมีตาข่ายมากพอที่จะคลุมพื้นที่ทั้งหมดบางรูบรรจุอาจถูกนำออกไปจากผิวของกล่อง Gabion เพื่อป้องกันตัวรั้งจากการยืดมากเกินไปซึ่งเครื่องมือในการติดตั้งมีดังนี้

3.1 คีม (ควรเป็นคีมที่มีปากคีมยาวสิบนิ้ว)

3.2 ชะแลง (ปิดตัวรั้ง)

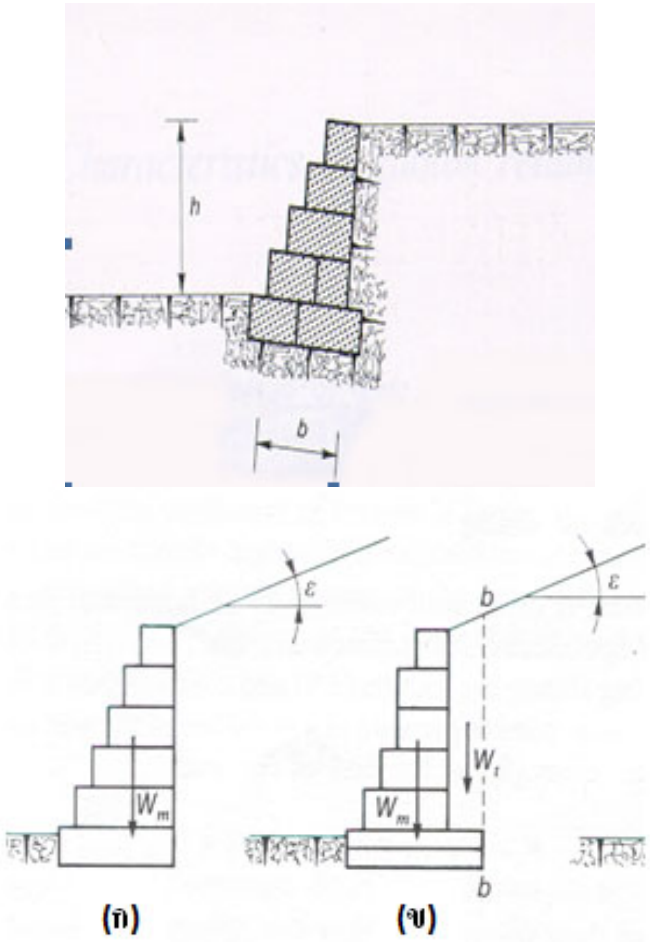
3.3 ตัวปิดที่รั้งเครื่องมือพิเศษของ Maccaferri สำหรับการวาดแบบ



ภาพ 16 แสดงเครื่องมือในการติดตั้งกล่อง Gabion

ตัวรั้งยึดกับแผ่นไม้ด้านข้างเข้าด้วยกันทำให้ร้อยเชือกได้ง่ายและเร็วปลายแถวของลวดที่อยู่ก่อนหน้ากับกล่อง Gabion ที่ว่างจะถูกยึดอย่างแน่นกับหลักยึดที่ดีและปลายอีกด้านเชื่อมอยู่กับ Tirfor ซึ่งก็คือแท่งไม้และคานกระจายเมื่อมีแรงดึงมากพอใช้กับความยาว (ถึง 30 m.) Gabion จะถูกพันลงไปยังเส้นทางด้านล่างลากนั้นก็ถูกบรรจุ (ถ้าเป็นเส้นทางช่วงที่ 2 หรือมากกว่านั้น) หรือถูกบรรจุในทันที (ถ้ากล่อง Gabion ต่อเป็นช่วงฐาน) ในพื้นที่ที่ทำการบรรจุขนาดใหญ่ได้ลำบาก ชิ้นส่วนต่าง ๆ จะถูกกำหนดบริเวณขอบด้วยวัสดุขนาดใหญ่และบรรจุชิ้นส่วนภายในด้วยวัสดุที่เล็กกว่า

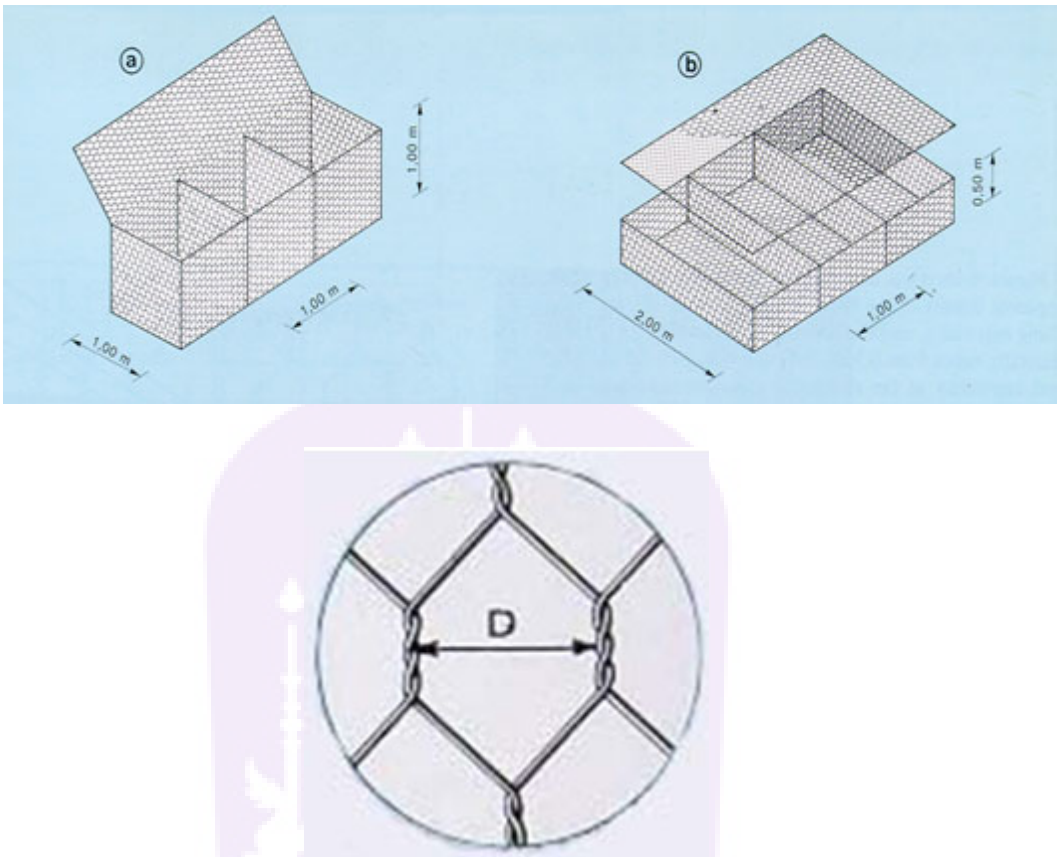
จากปัญหาการกัดเซาะของกระแสน้ำและคลื่นทะเล สร้างความเสียหายต่อสภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์ และเป็นปัญหาที่สำคัญที่ต้องดำเนินการแก้ไข ปัจจุบันประเทศไทยยังประสบกับวิกฤตการณ์อุทกภัยน้ำท่วม สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประเทศเป็นจำนวนมาก หลายหน่วยงานทั่วประเทศร่วมกันซ่อมแซมแก้ไขและป้องกันสถานการณ์น้ำท่วมอย่างเร่งด่วน วิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า คือ การใช้กล่องลวดบรรจุหิน หรือ "เกเบี้ยน (Gabion)" ซ่อมแซมประตูระบายน้ำและคันกั้นน้ำที่ชำรุดเสียหาย การใช้กล่องเกเบี้ยนเพื่ออุดช่องคันดินที่ขาด การใช้กล่องเกเบี้ยนเสริมคันกั้นน้ำ เป็นต้น กรมทางหลวงมีประสบการณ์การใช้กล่องเกเบี้ยนนับเกือบสิบปี โดยมีลักษณะการใช้งานหลากหลายรูปแบบ ได้แก่ แนวป้องกันการกัดเซาะของคันทางติดลำน้ำ กำแพงกันดิน Gravity Wall ($h/b < 1.5$) และ Semi-Gravity Wall ($h/b > 1.5$) (ภาพ 17) เป็นต้น



ภาพ 17 แสดงการใช้กล่องเกเบี้ยนเป็นกำแพงกันดิน (ก) GravityWall และ (ข) Semi–Gravity Wall

กล่องเกเบี้ยน (Gabion) คืออะไร

กล่องเกเบี้ยน หรือกล่องลวดบรรจุหิน คือ กล่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำจากลวดเหล็กตีเกลียวคู่ ทอเป็นตาข่ายถักเป็นรูปหกเหลี่ยม บรรจุหินอยู่ภายในกล่อง แผ่นตาข่ายแต่ละชิ้นซึ่งประกอบขึ้นเป็นกล่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผลิตจากลวดเหล็กชุบสังกะสีกันสนิม ตามมาตรฐาน สากล หรือลวดเหล็กชุบสังกะสีและหุ้มพีวีซีหนา 0.4–0.6 มม. อีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันการกัดกร่อน ของน้ำทะเลหรือมลพิษจากสภาวะแวดล้อมเป็นกรณีพิเศษ ขอบทุกด้านของกล่องเสริมความแข็งแรงด้วยลวดโครงกล่องที่มีขนาดใหญ่กว่าลวดตาข่าย ภายในกั้นเป็นช่อง โดยมีแผ่นกระบังกันทุก ๆ 1 เมตร (บางครั้งเรียกว่า 1 เซลล์) ตามความยาวของกล่อง ซึ่งทำจากแผ่นตาข่ายเช่นเดียวกับตัวกล่อง เพื่อความแข็งแรงของกล่องและเป็นตัวช่วยประกอบการติดตั้ง ตัวกล่องมีความกว้างได้ 1 หรือ 2 เมตร มีความสูง 0.5 และ 1 เมตร และมีความยาว 1 ถึง 6 เมตร ดังภาพ 18



ภาพ 18 แสดงรูปแบบกล่องเกเบี้ยนและลักษณะตาข่ายถักเป็นรูปหกเหลี่ยม

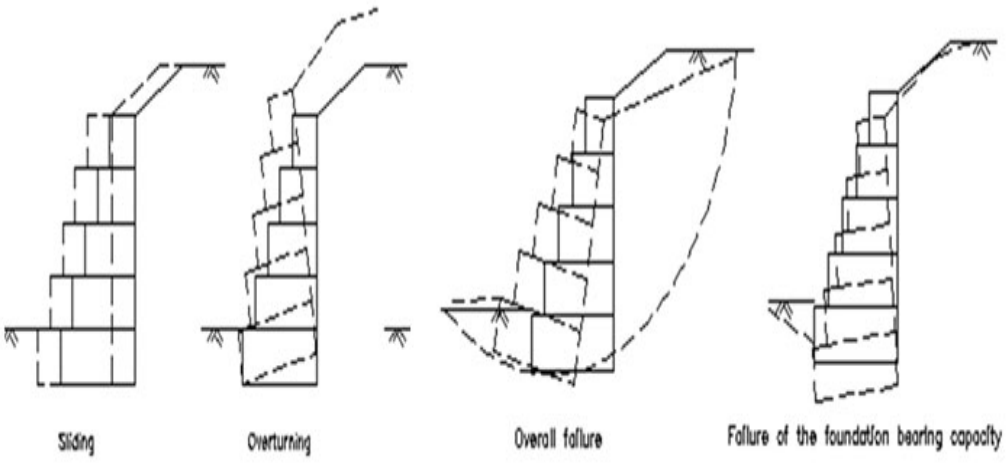
กล่องเกเบี้ยนมีขนาดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะและวัตถุประสงค์การใช้งาน มีฝาปิด เวลาใช้งานต้องนำมาประกอบติดกันที่หน้างาน โดยการใช้ลวดพันยึดติดกันไว้ แล้วบรรจุหินใหญ่ลงภายในกล่อง โดยทั่วไปนิยมใช้หินที่มีกำลังรับแรงอัดที่เหมาะสม และมีความทนทาน พร้อมปิดฝากล่องให้แน่น จัดวางกล่องเป็นชั้น ๆ ให้ได้ระดับ และจัดเรียงในตำแหน่งที่เหมาะสม ผูกยึดกล่องเข้าด้วยกันให้ได้แนว หรือเป็นผืนระนาบตามโครงสร้างที่ออกแบบ กล่องเกเบี้ยนนิยมนำมาใช้แก้ปัญหางานทางด้านวิศวกรรม รักษาสภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์ งานป้องกันและควบคุมการกัดเซาะและเสริมเสถียรภาพของตลิ่งแม่น้ำหรือกันคลื่นทะเลอุทกภัย งานป้องกันดินพังทลาย งานป้องกันและรักษาหน้าดิน เป็นต้น การก่อสร้างไม่มีข้อจำกัดต่อสภาพพื้นที่ สามารถออกแบบให้ดูกลมกลืนกับธรรมชาติ มีความสวยงามด้านสถาปัตยกรรมและประโยชน์ใช้สอย (ภาพ 19)

ภาพ 19 แสดงตัวอย่างการใช้งานของกล่องเกเบี้ยน

กล่องเกเบี้ยนจะต้องวางบนชั้นดินฐานรากที่แน่น มั่นคง และแข็งแรง เพื่อป้องกันการยุบตัวและการพังทลายของดินฐานราก เนื่องจากน้ำหนักของตัวกล่องเกเบี้ยนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฐานรากของกำแพงกันดินแบบเกเบี้ยน ต้องปราศจากชั้นดินอ่อนหรือวัสดุอื่นใดที่มีกำลังรับน้ำหนักได้น้อย และต้องทำการบดอัดชั้นดินฐานรากให้ได้ความแน่นแห้งไม่น้อยกว่า 95% ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ม.107/2517

ข้อควรคำนึงในการออกแบบ

การออกแบบกำแพงกล่องเกเบี้ยน (Gabion Wall) คล้ายกับวิธีการออกแบบกำแพงกันดิน โดยการพิจารณาน้ำหนักรวมของโครงสร้างกำแพงกล่องเกเบี้ยนที่ใช้ต้านทานแรงดันด้านข้างที่เกิดจากมวลดินหลังกำแพง การออกแบบจะเริ่มจากการกำหนดขนาดของกำแพงที่ใช้ จากนั้นจะพิจารณาแรงดันที่กระทำต่อกำแพงเพื่อตรวจสอบโมเมนต์ที่จะทำให้กำแพงเกิดการพลิกคว่ำ (Overturning) ตรวจสอบแรงต้านทานการเลื่อนไถล (Sliding) ตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักแบกทานของดินฐานราก (BearingCapacity) และตรวจสอบเสถียรภาพโดยรวม (Overall Stability) ของโครงสร้าง ดังภาพ 20 เพื่อให้โครงสร้างมีอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ที่เหมาะสม และหากโครงสร้างที่กำหนดเบื้องต้นเกิดการพังทลายในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งให้ปรับขนาดของโครงสร้างและตรวจสอบการพังทลายแบบต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น



ภาพ 20 แสดงรูปแบบการพังทลายของกำแพงกล่องเกเบี้ยน

อนึ่ง โครงสร้างกำแพงกล่องเกเบี้ยนต้องมีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ในแต่ละรูปแบบ ดังต่อไปนี้

อัตราส่วนความปลอดภัยของการลื่นไถล ต้องมีค่าอย่างน้อย 1.5

อัตราส่วนความปลอดภัยของการพลิกคว่ำ ต้องมีค่าอย่างน้อย 2.0

อัตราส่วนปลอดภัยของกำลังรับน้ำหนักแบกทานของดินฐานราก ต้องมีค่าอย่างน้อย 2.5

อัตราส่วนปลอดภัยของเสถียรภาพโดยรวม (Global Stability) มีค่าอย่างน้อย 1.3

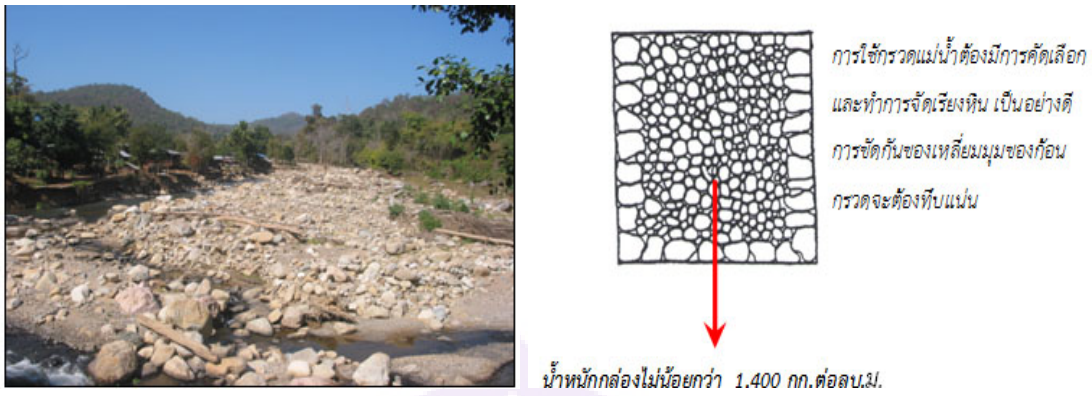
ข้อควรพิจารณาในการใช้งาน

กล่องบรรจุภัณฑ์ลวดตาข่ายที่จัดส่งมาที่หน้างานจะพับเป็นแผ่นสำเร็จรูปพร้อมฝาปิด วางซ้อนทับกันเป็นชั้น น้ำหนักประมาณ 700-800 กก.วัสดุที่จะนำมาบรรจุภายในกล่องอาจเป็นหินหรือวัสดุอื่นใด ซึ่งมีความหนาแน่นและคุณลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดด้านโครงสร้างทางวิศวกรรม หน้าที่การใช้งาน และความทนทานสอดคล้องกับความต้องการของโครงการก่อสร้าง วัสดุที่นิยมใช้ส่วนมากเป็นหินกลมและหินโม่ โดยควรเลือกหินมีค่าความหนาแน่นที่ค่อนข้างสูง สำหรับลักษณะการใช้งานเพื่อมุ่งเน้นใช้น้ำหนักของโครงสร้างตัวเองเป็นหลัก (Gravity Function) หรือเป็นโครงสร้างที่ต้องจมอยู่ใต้น้ำและ/หรือรับแรงปะทะของกระแสน้ำ นอกจากนี้หินยังต้องมีความแข็งแกร่ง ทนทานต่อการกัดกร่อน (Weather Resistant) และไม่แตกหักง่าย ตาราง 5 แสดงค่าความหนาแน่นของหินชนิดต่าง ๆ

ตาราง 5 แสดงค่าความหนาแน่นของหินชนิดต่าง ๆ

ชนิดของหิน	ความหนาแน่น (t/m^3)
Basalt	2.9
Granite	2.6
Hard Limestone	2.6
Sandstone	2.3
Soft Limestone	2.2

โดยทั่วไปอัตราส่วนช่องว่างของหินบรรจุภายในกล่อง หรือความพรุน (Porosity) มีค่าตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.40 ขึ้นอยู่กับชนิดและรูปร่างของหินที่ใช้ หินที่จะนำมาบรรจุภายในกล่องควรมีขนาดตั้งแต่ 1ถึง 2 เท่าของขนาดของช่องตาข่าย (D 8 ซม.) ดังรูปที่ 2 กล่าวคือ หินต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะไม่หลุดออกจากช่องเปิดลวดตาข่ายนั่นเอง ดังนั้นหินที่ใช้ในกล่องจึงมีขนาดตั้งแต่ 10 ซม. ถึง 25 ซม. การใช้หินขนาดเล็ก (ประมาณ 1 ถึง 1.5D) ก็มีความจำเป็นเพื่อช่วยให้การจัดเรียงของก้อนหินมั่นคงขึ้น ช่วยกระจายแรงกระทำจากภายนอก และลดการเสียรูปของโครงสร้างได้ กล่องเกเบี้ยนที่มีความสูง 1 เมตร ควรใส่หิน 1/3 ของความสูงก่อน และใช้หินก้อนเล็กแทรกลงไปจะทำให้ช่องว่างลดลงได้ หากต้องการให้ผิวด้านหน้าและทุก ๆ ด้านที่เห็นได้ชัดเจนดูสวยงามควรใช้คนจัดเรียงหิน ในกรณีที่ไม่สามารถหาหินขนาดตามที่กล่าวมาข้างต้นได้ สามารถใช้หินหรือวัสดุท้องถิ่น เช่น ก้อนกรวดในลำห้วย (ภาพ 21) ทั้งนี้จะต้องมีการจัดเรียงหินเป็นอย่างดี และต้องตรวจสอบน้ำหนักรวมของกล่องให้มีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 1,400 กก.ต่อ ลบ.ม.



ภาพ 21 แสดงวัสดุท้องถิ่น เช่น ก้อนกรวดในลำห้วย

จากคุณสมบัติของหินบรรจุภายในกล่องเกเบี้ยนดังที่กล่าวมาข้างต้น การเลือกหินมาใช้ในงานของกรมทางหลวงไม่จำเป็นต้องกำหนดเฉพาะหินโม่เท่านั้น หากพื้นที่ก่อสร้างมีปริมาณหินและก้อนกรวดมากเพียงพอ มีขนาดที่หลากหลาย และเป็นไปตามหลักเกณฑ์ข้างต้นซึ่งจะต้องดำเนินการตรวจสอบ กล่าวคือ มีหน่วยน้ำหนัก ขนาด ความแข็งและทนทานที่เหมาะสม วิศวกรผู้ออกแบบตลอดจนนายช่างผู้รับผิดชอบโครงการก่อสร้างควรพิจารณาเลือกใช้หินและกรวดในพื้นที่ได้เช่นกัน ส่วนวิเคราะห์และตรวจสอบ สำนักทางหลวงที่ 1 ได้ทำการตรวจสอบหน่วยน้ำหนักหินโม่ และกรวดแม่น้ำที่ใช้บรรจุกล่องเกเบี้ยน ขนาด 2x1x1 ลบ.ม. พบว่า หน่วยน้ำหนักหินโม่ และกรวดแม่น้ำ (น้ำหนักรวมเฉพาะหินและกรวด) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,540 กก.ต่อ ลบ.ม. และ 1,554 กก.ต่อ ลบ.ม. ตามลำดับ ผลการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่า กรวดแม่น้ำมีหน่วยน้ำหนักเป็นไปตามข้อกำหนด (น้ำหนักรวมของกล่องต้องมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 1,400 กก.ต่อ ลบ.ม.) ดังนั้นผู้ที่รับผิดชอบหรือผู้ดำเนินการสามารถพิจารณาคัดเลือกกรวดแม่น้ำแทนหินโม่ได้ แต่อย่างไรก็ตามการใช้กรวดแม่น้ำต้องพึ่งระมัดระวังเรื่องหน่วยน้ำหนัก ผู้ที่รับผิดชอบหรือผู้ดำเนินการควรกำกับดูแลกระบวนการคัดเลือกและบรรจุหิน หากเป็นไปได้ ควรใช้คนจัดเรียงหินโดยไม่ใช้เครื่องจักร เพื่อความสวยงาม และมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนด รายละเอียด ต่าง ๆ รวบรวมไว้ในรายงานแนวทางการออกแบบและพิจารณาใช้งานกล่องเกเบี้ยนเป็นโครงสร้างกำแพงกันดิน สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะการใช้งาน

ในภาวะโลกร้อน โลกเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและอุณหภูมิ สาเหตุสำคัญเกิดจากการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ การระเบิดภูเขา ซึ่งมักได้รับการต่อต้านจาก NGO นั้น หากกรมทางหลวงสามารถพิจารณาใช้วัสดุที่มีในพื้นที่ได้ ก็ควรจะนำวัสดุดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยลดปัญหาโลกร้อนกรวดแม่น้ำสามารถนำมาใช้บรรจุภายในกล่องเกเบี้ยน

แทนหินโม่ได้ ยกตัวอย่างเช่น ภาคเหนือ และพื้นที่ใกล้ลำน้ำใหญ่ ซึ่งมีกรวดแม่น้ำจำนวนมาก การใช้กรวดแม่น้ำมีข้อดีหลายประการ ได้แก่

1. ช่วยให้งานก่อสร้างดำเนินการได้เร็ว เพราะสามารถใช้วัสดุที่มีในพื้นที่

2. ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัสดุ เพราะทรัพยากรพลังงานที่ต้องใช้ขนส่งวัสดุลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากพื้นที่ก่อสร้างอยู่ห่างไกลจากโรงโม่หิน

3. ลดปัญหาการทำลายถนน ระหว่างการขนส่งวัสดุเนื่องจากรถบรรทุกหนัก

4. ลดการทำลายสิ่งแวดล้อมโดยการไม่ระเบิดหิน

ดังนั้น การพิจารณาใช้กรวดแม่น้ำบรรจุกล่องเกเบี้ยน จึงเป็นตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากวัสดุท้องถิ่น (Local Material) อย่างคุ้มค่า เกิดประสิทธิภาพ เป็นการพัฒนาระบบสาธารณูปโภคอย่างยั่งยืน (Sustainable Development)และยังช่วยประหยัดงบประมาณค่าก่อสร้างได้

แนวคิดในการวิเคราะห์โครงการ

การวิเคราะห์มูลค่าการลงทุนรายปี จะใช้เป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างผลตอบแทนซึ่งสามารถคำนวณออกมาในรูปของมูลค่าการลงทุนรายปี ที่จ่ายไปในการดำเนินการของโครงการการคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนนี้สามารถคำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ดังนี้

มูลค่าต้นทุนรายปี = P x recovery factor

โดย P = ต้นทุนที่ลงทุนไปกับโครงการ

recovery factor = เป็นค่าที่ใช้สำหรับเปลี่ยนมูลค่าหรือต้นทุนของโครงการเป็นต้นทุนรายปี ค่าเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ย และอายุของโครงการ ซึ่งได้มีการกำหนดไว้เป็นตารางหรืออาจจะคำนวณได้จากสมการ

$$\text{recov eryfactor} = \frac{i(1+i)^N}{(i+1)^N - 1}$$

โดย i = อัตราดอกเบี้ยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปี

N = อายุของอาคารหรือโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน (Investment Decision)

การตัดสินใจในการลงทุน (Investment Decision) หมายถึงการตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกโครงการลงทุนว่าควรลงทุนในโครงการใดจึงจะให้ผลตอบแทนที่ต้องการโดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจทางการลงทุนที่คำนึงถึงค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ได้แก่มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงกาน (IRR) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อ

ค่าใช้จ่าย (B/C Ratio) ดังรายละเอียดข้างต้นเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการตัดสินใจการลงทุนจะช่วยให้ผู้วิเคราะห์การลงทุนนั้นตัดสินใจว่าควรลงทุนในโครงการนั้น ๆ หรือไม่โดยปกติผลที่ได้จากการวิเคราะห์โครงการที่น่าตัดสินใจลงทุนได้แก่

1. มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) มีค่ามากกว่า 0

2. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) มีค่าสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำหรือสูงกว่าต้นทุนของเงินทุนเช่นสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ในปัจจุบัน

3. อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่ามากกว่า 1

4. ระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปานทิพย์ มีถาวร และอภิรัฐ ปล้องมาก (2553) ได้ทำการศึกษาการป้องกันการกัดเซาะตลิ่งในเขตพื้นที่ตำบลบางระกำ อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม โดยได้ทำการศึกษาหาแนวทางที่เหมาะสมในการป้องกันปัญหาการกัดเซาะตลิ่ง จากผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะต่าง ๆ ของวิธีการป้องกันตลิ่งทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การป้องกันการกัดเซาะตลิ่งโดยการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง, การป้องกันตลิ่งโดยวิธี Jet grouted piles และวิธีการป้องกันตลิ่งโดยวิธี Rock Gabion พบว่าการป้องกันการกัดเซาะตลิ่งโดยวิธี Rock Gabion เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เพราะเป็นวิธีที่สะดวกและสามารถทำได้รวดเร็วไม่ต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญมากนักในกาก่อสร้างโดยวิธีดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นตาข่ายบิดคู่รูปหกเหลี่ยมผลิตจากลวดเคลือบสังกะสีหรือ PVC–U เคลือบสังกะสีมีอายุการใช้งานยาวนาน 40–60 ปี

กิติโรจน์ มะลาไวย์ (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่องปัญหาและแนวทางแก้ไขการพังทลายของผนังและตลิ่งลำห้วยแคนโดยศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ไขการพังทลายของผนังและตลิ่งลาห้วยแคน ในเขตเทศบาลตำบลโนนศิลา อำเภอโนนศิลา จังหวัดขอนแก่น โดยได้เสนอแนวทาง แก้ไขปัญหาการพังทลายของผนังและตลิ่งลำห้วยแคน 2 แนวทางดังนี้คือแนวทางที่ 1. การราดคอนกรีตพร้อมเรียงหินใหญ่ผนังลำห้วยแคนทั้งสองฝั่ง ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันในงานคลองชลประทาน แนวทางที่ 2.การใช้ถุงฟูกทราย (Geotube) ทับบนผนังลำห้วยวิธีนี้จะช่วยกรองไม่ให้ดินทรายโดนน้ำกัดเซาะออกไปจากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้างพบว่า แนวทางที่ 2 มีความเหมาะสมที่สุด ด้วยต้นทุนค่าก่อสร้าง 3,600 บาทต่อเมตร

ชิตชัย ปินทรายมูล (2556) ได้ทำการศึกษาการศึกษาวิธีป้องกันการกัดเซาะตลิ่งแม่น้ำโขง กรณีศึกษา ตำบลม่วงยาย อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย จากการวิเคราะห์ข้อมูลราคาต้นทุนรายปี จะพบว่าการป้องกันตลิ่งแบบคอนกรีตมีมูลค่าการลงทุนน้อยกว่าการลงทุนแบบ

หินเรียงยาแนว และการลงทุนแบบ Rock Gabion แต่เมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนต่อต้นทุน ซึ่งก็พบว่าการป้องกันตลิ่งแบบเรียงหินยาแนวมีความคุมค่าต่อการลงทุนมากกว่าอีกสองวิธี โดยมีค่า Benefit เท่ากับ 1.05 ส่วนการป้องกันระบบคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 0.90 และ การป้องกันระบบ Rock Gabion ค่าเท่ากับ 0.91 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าแต่ละวิธีมีอายุการใช้งานที่ไม่เท่ากัน และรวมถึงระยะทางในการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้าง แต่ทั้งนี้ในการป้องกันตลิ่งแต่ละชนิดย่อมเป็นผลดีต่อประชาชนที่มีพื้นที่อยู่ติดกับแม่น้ำโขง ซึ่งถ้าไม่มีการป้องกันในแต่ละปีนั้นตลิ่งจะมีการพังทลายเป็นจำนวนมากทั้งนี้การพังทลายจะมากหรือน้อยเพียงได้อาจขึ้นอยู่กับระดับน้ำโขงหรืออัตราการไหลของน้ำ และยังไม่รวมถึงการที่ตลิ่งแม่น้ำโขงที่พังทลายยังเป็นการเสียดินแดนเพราะแม่น้ำโขงเป็นแม่น้ำที่กันระหว่างประเทศอีกด้วย

พิธะพร บุญยืน (2557) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค กรณีศึกษาลำห้วยค้อนก้อม บ้านโป่งปูเฟือง ตำบลแม่สรวย อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย จากการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ซึ่งแบ่งโครงการก่อสร้างฝายเก็บกักน้ำ 2 แบบ คือแบบที่ 1 ฝายกึ่งถาวรโดยการใช้กล่องลวดตาข่าย (Gabion–Mattress) ผสมผสานกับวัสดุธรรมชาติ และโครงการก่อสร้างฝาย แบบที่ 2 ฝายถาวร (ฝายคอนกรีต) ตามแบบมาตรฐาน มข.2527 ได้ผลสรุปดังนี้

จากการวิเคราะห์มูลค่าการลงทุนรายปีต้นทุนรายปีรวม ซึ่งระบบไหนที่มีมูลค่าการลงทุนรายปีกับต้นทุนรายปีน้อยที่สุด ระบบนั้นก็เหมาะที่จะทำการลงทุนมากที่สุด พบว่าโครงการที่มีมูลค่าการลงทุนรายปีกับต้นทุนรายปีน้อยที่สุด คือ โครงการก่อสร้างฝายแบบที่ 1 ฝายกึ่งถาวรโดยการใช้กล่องลวดตาข่าย (Gabion–Mattress) มีความเหมาะสมและน่าสนใจในการลงทุนมากกว่าโครงการก่อสร้างฝายแบบที่ 2 ฝายถาวร (ฝายคอนกรีต) ตามแบบมาตรฐาน มข. 2527 เนื่องจากเป็นฝายคอนกรีตซึ่งมูลค่าการลงทุนรายปีกับต้นทุนรายปีรวมสูง ค่าใช้จ่ายในการในการลงทุนก่อสร้างจึงสูง

จากการวิเคราะห์มูลค่าการลงทุน

โครงการก่อสร้างฝายแบบที่ 1 มีต้นทุนต่อปี เท่ากับ 65,876.77 บาท

โครงการก่อสร้างฝายแบบที่ 2 มีต้นทุนต่อปี เท่ากับ 120,774.09 บาท

สมศักดิ์ ศรีสวัสดิ์ (2558) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมในการใช้หินในกล่องลวดตาข่ายสร้างฝายต้นน้ำลำธาร: กรณีศึกษา ตำบลท่าตอน อำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่ ฝายต้นน้ำลำธารแบบใช้หินในกล่องลวดตาข่ายเป็นฝายที่สามารถสร้างได้ค่อนข้างง่ายและรวดเร็ว วัสดุที่

ใช้ในการทำฝายสามารถหาได้ง่ายซึ่งมีอยู่ตามลำห้วยทั่วไป แม้ว่าฝายต้นน้ำลำธารแบบใช้หินในกล่องลวดตาข่ายจะมีอายุการใช้งานมากกว่าฝายกระสอบทราย แต่ก็ยังมีอายุการใช้งานน้อยกว่าฝายต้นน้ำลำธารแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก เนื่องจากฝายต้นน้ำลำธารแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความมั่นคงแข็งแรงแต่มีต้นทุนในการก่อสร้างค่อนข้างสูง ใช้เวลาในการก่อสร้างยาวนานกว่า อย่างไรก็ตามในงานก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธารควรเลือกใช้วัสดุที่หาได้ง่ายตามธรรมชาติ มีปริมาณมากในท้องถิ่นและมีราคาถูกควรมีการเลือกทำเลและออกแบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดและสิ่งสำคัญเมื่อมีการสร้างฝายต้นน้ำลำธารแล้วประชาชนในพื้นที่ควรมีส่วนร่วมในการตรวจสอบและบำรุงรักษาฝายต้นน้ำลำธารตามความเหมาะสม เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากฝายต้นน้ำลำธารได้มากที่สุด

บทที่ 3

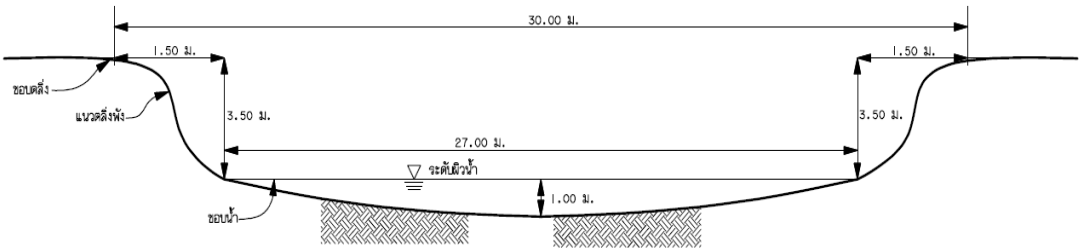
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาวิธีการป้องกันการพังทลายของตลิ่งแม่น้ำลาว ในพื้นที่ตำบลป่าง้ิว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งโดยศึกษาด้านต้นทุนราคาในการก่อสร้างว่าการป้องกันตลิ่งแบบไหนที่มีต้นทุนต่ำและ มีความเหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์

ศึกษาและทำการเก็บข้อมูล

1. พื้นที่ที่จะทำการก่อสร้าง สภาพโดยทั่วไปของแม่น้ำลาวมีความกว้าง 30.00 เมตร ระยะแนวราบ 1.50 เมตร ความสูงของตลิ่ง 3.50 เมตร ความลึกกลางร่องน้ำ 1.00 เมตร อัตราการกัดเซาะเฉลี่ยประมาณ 0.01–1.00 เมตรต่อปี ความยาวของตลิ่งมีการพังทลายครอบคลุมระยะทางประมาณ 80.00 เมตร สภาพภูมิประเทศริมตลิ่งเป็นพื้นที่การเกษตร ไม่มีบ้านเรือนริมตลิ่งที่ได้รับผลกระทบ

ภาพ 22 แสดงแผนที่แสดงจุดที่จะทำการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง



ภาพ 23 แสดงรูปตัดตามขวางแม่น้ำลาว

2. ลักษณะของดินในพื้นที่ ตามรายงานผลการเจาะสำรวจดิน ของโครงการก่อสร้างประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดใหญ่ ที่ตั้ง บ้านป่าสัก หมู่ที่ 2 ตำบลป่าง้ิว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ทำการเจาะสำรวจดินโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด ลำปาง ซอยเทสต์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น

วิธี BORING TEST ซึ่งจุดที่ทำการเจาะสำรวจอยู่ห่างจากจุดที่จะทำการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งเป็นระยะทาง 675 เมตร พิกัดจุดที่ทำการเจาะสำรวจชั้นดินตั้งอยู่ที่ประมาณ เขต 47 Q พิกัดทางตะวันออก 554424 พิกัดทางเหนือ 2134173 พิกัดจุดที่จะทำการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง ตั้งอยู่ที่ประมาณ เขต 47 Q พิกัดทางตะวันออก 554321 พิกัดทางเหนือ 2133501 ได้รายงานลักษณะของชั้นดิน จากผลการสำรวจชั้นดินจำนวน 1 หลุม จำแนกลักษณะดินได้ดังนี้

ตาราง 6 แสดงการจำแนกลักษณะดิน (รายละเอียดตามภาคผนวกแนบท้าย)

ความลึกจากผิวดิน	ชนิดดิน	ลักษณะของชั้นดิน
0.00 – 2.00 ม.	ML	ชั้นตะกอน
2.00 – 3.50 ม.	CL–ML	ชั้นดินเหนียวปนตะกอน
3.00 – 9.45 ม.	SP	ชั้นทราย
ระดับน้ำใต้ดิน		ไม่พบระดับน้ำใต้ดินขณะเจาะทดสอบ

ซึ่งดินที่พบส่วนใหญ่จะมีค่า SPTN blow count มากกว่า 20 ซึ่ง สามารถจำแนกเป็นชั้นดินที่มีความหนาแน่นมาก (Vary stiff) ค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกประลัยของดินมีค่าเท่ากับ 50 ตัน/ตารางเมตร

ภาพ 24 แสดงแผนที่แสดงจุดที่ทำการเจาะสำรวจดินและจุดที่จะทำการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง

3. วัสดุที่นำมาใช้

3.1 เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ

3.1.1 กล่อง Gabion เคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x3.0 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 2.5 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 2.0 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 1.5 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 1.0 x 1.0 เมตร

3.1.2 ลวดผูกกล่อง ขนาด 2.2 มม.

3.1.3 แผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) 200g/sq.m

3.1.4 หินใหญ่คละ

คุณสมบัติของหินที่นำมาใช้ในงาน เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box มาตรฐานหิน หินทิ้งฐานเขื่อน หินเรียงหน้าเขื่อน และหินทิ้งปิดหัว–ท้ายเขื่อนหินทิ้งฐานเขื่อน ให้ทิ้งหินขนาดประมาณ 0.30 ม. หินเรียงหน้าเขื่อน ให้ทิ้งหินขนาดประมาณ 0.30 ม. หรือตามที่ระบุในแบบ และแทรกโพรง หรือช่องว่างด้วยหินเล็กให้แน่นหินทิ้งปิดหัว–ท้าเขื่อน ให้ทิ้งหินขนาดประมาณ 0.30 ม. หรือตามที่ระบุในแบบหินที่จะนำมาใช้ต้องเป็นหินชนิดที่มีความแกร่งทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ และไม่เสียหายแตกหักระหว่างทำการก่อสร้างวัสดุในกล่อง Gabion ให้ใช้หินหรือกรวด ขนาดประมาณ 0.12 ม. หรือตามที่ระบุในแบบ บรรจุจนแน่นและเต็มกล่อง

ภาพ 25 แสดงภาพถ่ายหินใหญ่คละ

3.2 หินเรียงยาแนว

3.2.1 กล่อง Gabion เคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 1.0 x 1.0 เมตร

3.2.2 ลวดผูกกล่อง ขนาด 2.2 มม.

3.2.3 แผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) 200g/sq.m

3.2.4 หินใหญ่คละ

3.2.5 คอนกรีตผสมเสร็จรูปทรงลูกบาศก์ 240 กก./ตร.ซม.

3.2.6 เหล็ก RB 6 มม. SR.24

3.2.7 เหล็ก DB 12 มม. SD.40

3.2.8 ลวดผูกเหล็ก ศก. 1.25 มม. (เบอร์ 18)

3.2.9 ไม้แบบ + เคร่า + ค้ำยัน

3.2.10 ตะปู (เหมารวมทุกขนาด)

3.2.11 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

3.2.12 ทรายหยาบผสมคอนกรีต

3.3 เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร

3.3.1 กล่อง Gabion เคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x3.0 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 2.5 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 2.0 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 1.5 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 1.0 x 1.0 เมตร

3.3.2 ลวดผูกกล่อง ขนาด 2.2 มม.

3.3.3 แผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) 200g/sq.m

3.3.4 เศษคอนกรีตที่ได้จากการรื้อถอนอาคาร

คุณสมบัติของเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารที่นำมาใช้ในงานเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box

ภาพ 26 แสดงภาพถ่ายเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร

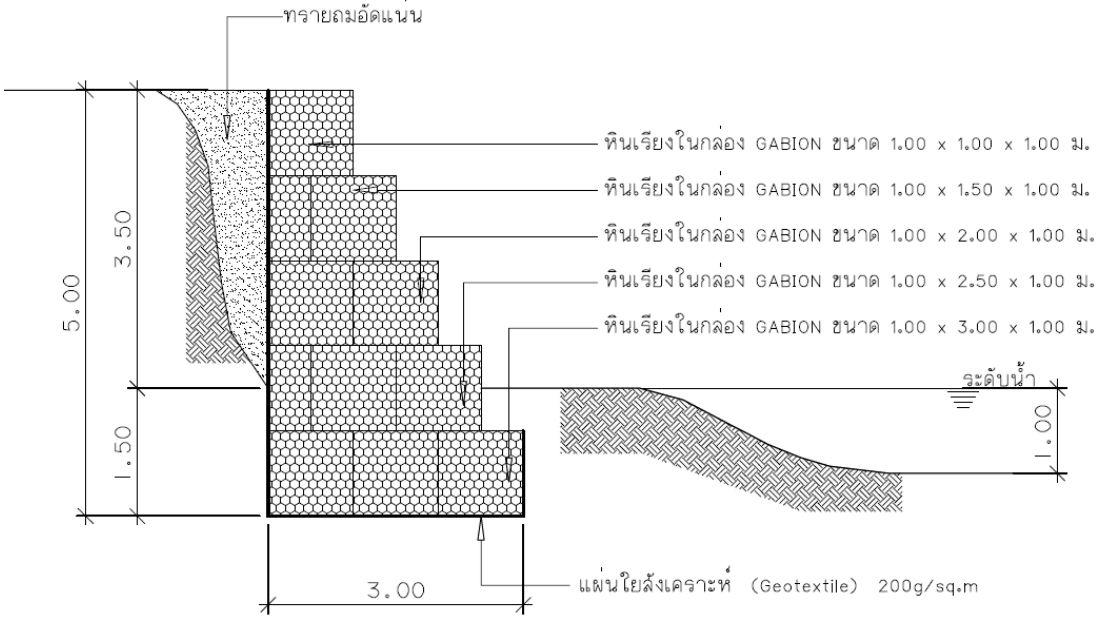
ตำแหน่งที่จะทำการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งในแม่น้ำลาว

ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่หมู่ที่ 4 ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย จุดเริ่มต้นตั้งอยู่ที่พิกัด 47 Q พิกัดทางตะวันออก 554321 พิกัดทางเหนือ 2133501 จุดสิ้นสุดตั้งอยู่ที่พิกัด 47 Q พิกัดทางตะวันออก 554345 พิกัดทางเหนือ 2133568

รูปแบบของเขื่อนป้องกันตลิ่ง

1. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ

เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ จะต้องใช้หินขนาด 15–30 เซนติเมตร ปูบนตลิ่งที่มีความลาดชัน 1:1 (แนวตั้ง:แนวนอน) หนาไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร โดยที่ฐานของเขื่อนจะต้องวางกล่อง Gabion เป็นฐานโดยระดับสันของกล่อง Gabion สูงกว่าระดับน้ำต่ำสุดไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร เพื่อเป็นฐานเขื่อนป้องกันการไถลของตัวเชิงลาด ป้องกันการกัดเซาะที่ฐาน และเพื่อความเหมาะสมในการก่อสร้างในน้ำ โดยก่อนจะวางกล่อง Gabion บนลาดตลิ่งจะต้องทำการปรับระดับด้วยทรายถมอัดแน่น ปูลาดตลิ่งด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) ก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคของเม็ดดินขนาดเล็กหลุดออกไปจากลาดตลิ่ง



ภาพ 27 แสดงรูปตัดเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ

ข้อดีของเขื่อน Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละในลักษณะนี้ คือ

1. คงรูปเดิมเมื่อเกิดการแตกร้าว เนื่องมากจากการเคลื่อนตัวของพื้นที่ที่ไม่มั่นคง

2. มีความทนทานสูงและยืดหยุ่นสูง

3. ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีความรู้เฉพาะด้าน

4. โครงสร้างและลักษณะของกล่อง Gabion สามารถกลมกลืนไปกับธรรมชาติได้เป็นอย่างดี

5. ง่ายต่อการติดตั้ง แค่ปรับพื้นวางได้เลย ช่างทั่วไปสามารถทำได้

6. ไม่ต้องเสียพื้นที่ไปกับตัวเขื่อนมาก เนื่องจากไม่ต้องควบคุมความลาดเอียง

ข้อเสียของเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละในลักษณะนี้ คือ

1. มีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก

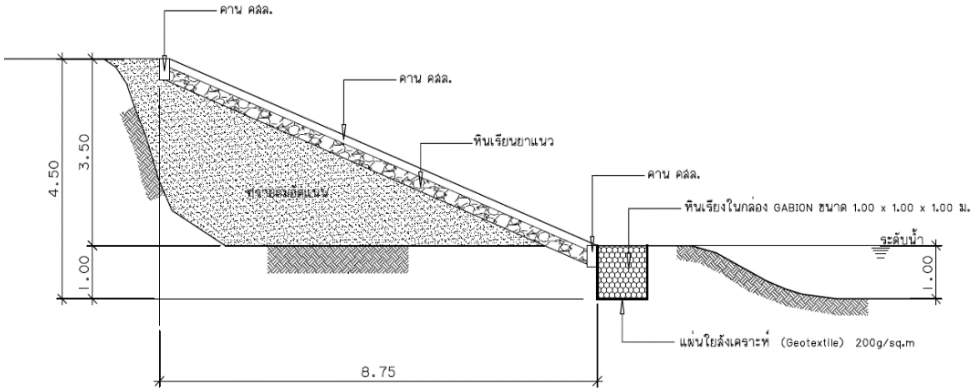
2. ใช้วัสดุจากธรรมชาติที่เป็นหินใหญ่ค่อนข้างมากซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3. ในบางพื้นที่ที่ไม่มีวัสดุหินใหญ่จำเป็นจะต้องนำเข้าวัสดุจากต่างพื้นที่ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่สูงมาก

ภาพ 28 แสดงเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ

2. หินเรียงยาแนว

เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบใช้หินเรียง จะต้องใช้หินขนาด 15–30 เซนติเมตร ปูบนตลิ่งที่มีความลาดชัน 1:2.5 (แนวตั้ง:แนวนอน) หนาไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร โดยที่ฐานของเขื่อนจะต้องวางกล่อง Gabion เป็นฐานโดยระดับสันของกล่อง Gabion สูงกว่าระดับน้ำต่ำสุดไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร เพื่อเป็นฐานเขื่อนป้องกันการไถลของตัวเชิงลาด ป้องกันการกัดเซาะที่ฐาน และเพื่อความเหมาะสมในการก่อสร้างในน้ำ โดยก่อนจะปูหินเรียงบนลาดตลิ่งจะต้องทำการปรับระดับด้วยทรายถมอัดแน่น ปูลาดตลิ่งด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) ก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคของเม็ดดินขนาดเล็กหลุดออกไปจากลาดตลิ่ง



ภาพ 29 แสดงรูปตัดหินเรียงยาแนว

ข้อดีของเขื่อนหินเรียงในลักษณะนี้ คือ

1. สามารถทำการก่อสร้างได้ง่าย
2. วัสดุที่ใช้คือหินมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมดีมาก
3. ราคาค่าก่อสร้างไม่แพง

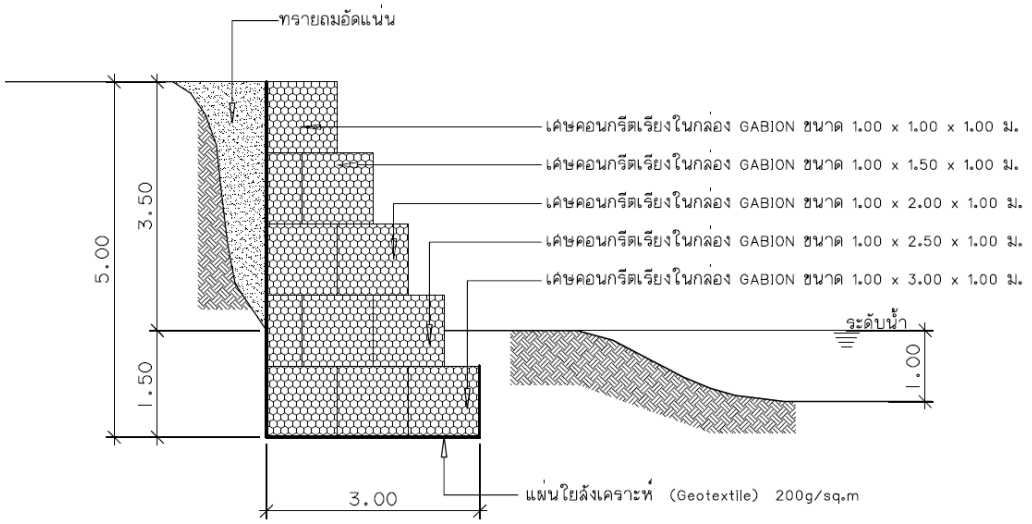
ข้อเสียของเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบหินเรียงในลักษณะนี้ คือ

1. ต้องดูแลรักษาเป็นประจำ เนื่องจากอาจมีหินบางส่วนหลุดออกไปจากโครงสร้างทำให้เกิดความเสียหายกับตัวเขื่อนได้
2. หลังจากสร้างเสร็จแล้วตลิ่งอาจดูสวยงามหรือไม่ก็ได้ โดยขึ้นอยู่กับคุณภาพของการเรียงหิน
3. ต้องเสียพื้นที่ไปกับตัวเขื่อนมาก เนื่องจากต้องควบคุมความลาดเอียง

ภาพ 30 แสดงเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบหินเรียงยาแนว

3. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร

เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร ขั้นตอนและวิธีการเช่นเดียวกับเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ จะแต่ต่างกันโดยการเปลี่ยนวัสดุที่นำมาใช้จากการใช้หินขนาด 15-30 เซนติเมตร ก็เป็นการใช้เศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารแทน ทำการปูบนตลิ่งที่มีความลาดชัน 1:1 (แนวตั้ง:แนวนอน) หนาไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร โดยที่ฐานของเขื่อนจะต้องวางกล่อง Gabion เป็นฐานโดยระดับสันของกล่อง Gabion สูงกว่าระดับน้ำต่ำสุดไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร เพื่อเป็นฐานเขื่อนป้องกันการไถลของตัวเชิงลาด ป้องกันการกัดเซาะที่ฐาน และเพื่อความเหมาะสมในการก่อสร้างในน้ำ โดยก่อนจะวางกล่อง Gabion ลาดตลิ่งจะต้องทำการปรับระดับด้วยทรายถมอัดแน่น ปูลาดตลิ่งด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) ก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคของเม็ดดินขนาดเล็กหลุดออกไปจากลาดตลิ่ง



ภาพ 31 แสดงรูปตัดการวางกล่อง Gabion บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร

ข้อดีของเขื่อนแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารในลักษณะนี้ คือ

1. คงรูปเดิมเมื่อเกิดการแตกร้าว เนื่องมากจากการเคลื่อนตัวของพื้นที่ที่ไม่มั่นคง
2. มีความทนทานสูงและยืดหยุ่นสูง
3. ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีความรู้เฉพาะด้าน
4. โครงสร้างและลักษณะของกล่อง Gabion สามารถกลมกลืนไปกับธรรมชาติได้เป็นอย่างดี
5. ง่ายต่อการติดตั้ง แค่ปรับพื้นวางได้เลย ช่างทั่วไปสามารถทำได้
6. ไม่ต้องเสียพื้นที่ไปกับตัวเขื่อนมาก เนื่องจากไม่ต้องควบคุมความลาดเอียง
7. เป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่ต้องใช้หินขนาดใหญ่มาใช้เป็นวัสดุ

ข้อเสียของเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารในลักษณะนี้ คือ

1. ถ้ามีความจำเป็นที่จะต้องใช้วัสดุเป็นจำนวนมาก อาจจะมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ
2. ในการบรรจุเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารลงในกล่อง Gabion ใช้เวลามากกว่าการใช้วัสดุที่เป็นหินใหญ่คละ เนื่องจากเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารมีขนาดเล็กย่อยมากกว่าวัสดุที่เป็นหินใหญ่คละ

ศึกษาคุณสมบัติของเศษคอนกรีตที่ได้จากการรื้อถอนอาคาร

คุณสมบัติของเศษคอนกรีตที่ได้จากการรื้อถอนอาคารที่นำมาใช้งาน เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box จากงานวิจัยของ อภิรักษ์ มาตรนอก (2555) เรื่องการศึกษาผลกระทบของสถานะความชื้นและการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบธรรมชาติและรีไซเคิลต่อค่าการยุบตัวและกำลังอัดของคอนกรีต ได้ให้ข้อมูลคุณสมบัติจำเพาะของมวลรวมว่า มวลรวมหยาบที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีตที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง เท่ากับ 2.70 และ มีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,432 กก./ลบ.ม. ซึ่งสามารถนำมาใช้แทนหินใหญ่คละเพื่อเป็นการช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างได้

ตาราง 7 แสดงคุณสมบัติจำเพาะของมวลรวม

Properties	River Sand	Lime Stone	Recycled Aggregate
Fineness Modulus	2.01	7.05	6.40
Bulk Specific gravity (SSD)	2.67	2.74	2.7
Water Absorption (%)	1.11	0.85	4.77
Dry-Rodded Weight (kg/m³.)	1,643	1,542	1,432
Void (%)	36.57	42.47	40.09

การวิเคราะห์ข้อมูล

การออกแบบพร้อมประมาณราคาค่าก่อสร้างรูปแบบของการศึกษานีจะใช้ข้อมูลจากกรมโยธาธิการและผังเมือง กรมชลประทาน กรมทางหลวง สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงราย ซึ่งรูปแบบของเขื่อนป้องกันตลิ่งที่จะทำการศึกษาประกอบด้วย

1. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ
2. หินเรียงยาแนว
3. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร

เมื่อออกแบบทั้งสามระบบแล้วเสร็จ ผู้วิจัยจะทำการประมาณราคาค่าก่อสร้างของทั้งสามระบบ (อ้างอิงราคาพาณิชย์จังหวัดเชียงราย) และเลือกระบบที่เหมาะสมที่สุดในทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ เปรียบเทียบความคุ้มค่าในการตัดสินใจดำเนินโครงการ

การประเมินมูลค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้เป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างผลตอบแทนซึ่งสามารถคำนวณออกมาในรูปของมูลค่าการลงทุนรายปีที่จ่ายไปในการดำเนินการของโครงการการคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนนี้สามารถคำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ดังนี้

มูลค่าต้นทุนรายปี = P x recovery factor

โดย P = ต้นทุนที่ลงทุนไปกับโครงการ

recovery factor = เป็นค่าที่ใช้สำหรับเปลี่ยนมูลค่าหรือต้นทุนของโครงการเป็นต้นทุนรายปี ค่าเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ย และอายุของโครงการ ซึ่งได้มีการกำหนดไว้เป็นตารางหรืออาจจะคำนวณได้จากสมการ

$$\text{recovery factor} = \frac{i(1+i)^N}{(i+1)^N-1} \qquad (3.1)$$

โดย i = อัตราดอกเบี้ยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปี

N = อายุของอาคารหรือโครงการ

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio: B/C Ratio)

เป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างผลตอบแทนซึ่งสามารถคำนวณออกมาในรูปของมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนเทียบกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนที่จ่ายไปในการดำเนินการของโครงการการคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนนี้เรียกว่าดัชนีกำไร (Profitability Index: PI) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{B/C Ratio} = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{Ct}{(1+i)^t}} \qquad (3.2)$$

โดยที่ B_t = มูลค่าผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

C_t = มูลค่าของต้นทุนการดำเนินงานของโครงการในปีที่ t

C_0 = มูลค่าของการลงทุนเริ่มแรก (ต้นทุนในปีที่ 0)

i = อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ย (Discount Rate)

t = ปีของโครงการคือปีที่ 0,1,2,3...,n

n = อายุของโครงการ

ปีที่ 0 = ปีที่มีการลงทุนเริ่มแรก (Initial Investment)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาวิจัยเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้การใช้วัสดุในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง: กรณีศึกษา ตำบลป่างิ้วอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลการเจาะสำรวจดิน การทำระดับแล้วจึงนำมาออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งทั้ง 3 แบบ พร้อมประมาณราคาต่อหน่วย แล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาต้นทุนรายปีว่าเขื่อนป้องกันตลิ่งอย่างไหนจะเป็นการลงทุนที่คุมค่าที่สุด

เปรียบเทียบความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์

ในการออกแบบได้ดำเนินการออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งเป็นสามแนวทาง เพื่อป้องกันการพังทลายของแม่น้ำลาว ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถปฏิบัติได้

แนวทางที่ 1 การป้องกันตลิ่งแบบ Rock Gabionคือ กล่องลวดตาข่ายบรรจุหินประกอบขึ้นด้วยลวดเหล็กเคลือบสังกะสี ประกอบเป็นลวดตาข่ายหกเหลี่ยม มีโครงยึดเป็นกล่องลักษณะกล่องเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตรงกลางมีผนังลวดตาข่ายกันเป็นระยะตามยาว และมีฝาเปิดปิดสำหรับบรรจุหินได้โดยสะดวก วางเรียงเต็มเป็นชั้นชั้น เป็นวิธีที่สามารถก่อสร้างได้ง่ายและไม่ต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญมากนักในการก่อสร้างโดยจะมีอายุการใช้งานประมาณ 40-60 ปีซึ่งจะใช้งบประมาณในการก่อสร้างประมาณ 1,695,000 บาท ในความยาว 80 เมตร (รายละเอียดตามภาคผนวกแนบท้าย)

แนวทางที่ 2 การป้องกันตลิ่งแบบเรียงหินยาแนวซึ่งในระบบนี้มีอายุการใช้งานประมาณ 10-20 ปีแต่มีขั้นตอนในการก่อสร้างค่อนข้างยุ่งยากหลายขั้นตอน โดยจะใช้งบประมาณในการก่อสร้างประมาณ 910,000 บาทในความยาว 80 เมตร (รายละเอียดตามภาคผนวกแนบท้าย) ระบบนี้มีข้อดีคือ ช่วยป้องกันการกัดเซาะลาดตลิ่ง มีความคงทนต่อการทำลายของมนุษย์และเป็นที่นิยมใช้ในงานชลประทาน ฯลฯ แต่ก็มีข้อเสียคือใช้เวลาในการก่อสร้างมาก และหากเกิดการพังทลายต้องรื้อจุดที่พังแล้วทำก่อสร้างใหม่

แนวทางที่ 3 การป้องกันตลิ่งแบบ Rock Gabion คือ กล่องลวดตาข่ายบรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารประกอบขึ้นด้วยลวดเหล็กเคลือบสังกะสี ประกอบเป็นลวดตาข่ายหกเหลี่ยม มีโครงยึดเป็นกล่องลักษณะกล่องเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตรงกลางมีผนังลวดตาข่ายกัน

เป็นระยะตามยาว และมีฝาเปิดปิดสำหรับบรรจุเศษคอนกรีตได้โดยสะดวก วางเรียงเป็นชั้น ๆ เป็นวิธีที่สามารถก่อสร้างได้ง่ายและไม่ต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญมากนักในการก่อสร้าง โดยจะมีอายุการใช้งานประมาณ 20–40 ปีซึ่งจะใช้งบประมาณในการก่อสร้างประมาณ 971,000 บาท ในความยาว 80 เมตร (รายละเอียดตามภาคผนวกแนบท้าย)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบของมูลค่าการลงทุนรายปีโดยกำหนดให้ใช้ อัตราดอกเบี้ยที่ 7% ในส่วนของค่าบำรุงรักษานั้นเนื่องจากโครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแต่ละชนิดนั้นเป็นโครงสร้างถาวรในการซ่อมแซมนั้นต้องทำการรื้อถอนและดำเนินการก่อสร้างใหม่ จึงไม่คิดค่าบำรุงรักษา

แนวทางที่ 1 การป้องกันตลิ่งแบบ Rock Gabion กล่องลวดตาข่ายบรรจุหินซึ่งมีต้นทุนอยู่ที่ 1,695,000 บาท ในความยาว 80 เมตร จากนั้นจึงนำมาคำนวณหามูลค่าการลงทุนรายปีตามสูตร

$$1{,}695{,}000 \times \frac{0.07(1+0.07)^{50}}{((0.07+1)^{50}-1)} = 122{,}819 \text{ บาท}$$

จะเห็นได้ว่ามีมูลค่าการลงทุนรายปีอยู่ที่ 122,819 บาทต่อความยาว 80 เมตร

แนวทางที่ 2 การป้องกันตลิ่งแบบเรียงหินยาแนวซึ่งมีต้นทุนอยู่ที่ 910,000 บาท ในความยาว 80 เมตรจากนั้นจึงนำมาคำนวณหามูลค่าต้นทุนรายปีตามสูตร

$$910{,}000 \times \frac{0.07(1+0.07)^{15}}{((0.07+1)^{15}-1)} = 99{,}913 \text{ บาท}$$

จะเห็นได้ว่ามีมูลค่าการลงทุนรายปีอยู่ที่ 99,913 บาทต่อความยาว 80 เมตร

แนวทางที่ 3 การป้องกันตลิ่งแบบ Rock Gabion กล่องลวดตาข่ายบรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร ซึ่งมีต้นทุนอยู่ที่ 971,000 บาทในความยาว 80 เมตรสามารถนำมาคำนวณหามูลค่าต้นทุนรายปีได้ดังนี้

$$971{,}000 \times \frac{0.07(1+0.07)^{30}}{((0.07+1)^{30}-1)} = 78{,}249 \text{ บาท}$$

จะเห็นได้ว่ามีมูลค่าการลงทุนรายปีอยู่ที่ 78,249 บาทต่อความยาว 80 เมตร

ตาราง 8 แสดงต้นทุนรายปีในการซ่อมแซม

รายการ	ราคา/ปี
ค่าซ่อมแซมตลิ่งโดยการถมดินกลับ	128,000
ราคาต้นทุน/ปี	128,000

ในที่นี้ผู้วิจัยได้ประเมินราคาต้นทุนรายปีในการซ่อมแซมตลิ่งที่เกิดขึ้นในพื้นที่การเกษตร(รายละเอียดตามภาคผนวกแนบท้าย) แต่ถ้าการพังทลายของตลิ่งเกิดขึ้นในพื้นที่บริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยก็อาจจะทำให้เกินต้นทุนรายปีในการซ่อมตลิ่งเพิ่มขึ้นไปอีก

ตาราง 9 แสดงการวิเคราะห์ผลตอบแทนต่อต้นทุน B/C

แนวทาง	ผลตอบแทน บาท/ปี (B)	ต้นทุนรายปี รวม(C)	อัตราส่วน B/C	ผลต่าง B-C บาท/ปี
1. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ	128,000	122,819	1.04	5,180
2. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบเรียงหินยาแนว	128,000	99,913	1.28	28,086
3. เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร	128,000	78,249	1.64	49,750

การวิเคราะห์ผลตอบแทนต่อต้นทุน(Benefit–cost ratio)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลราคาต้นทุนของการป้องกันตลิ่งแต่ละชนิดมาคำนวณพบว่า การป้องกันตลิ่งแบบ Rock Gabion กล่องลวดตาข่ายบรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร มีต้นทุนต่ำที่สุดโดยมีต้นทุนรายปีที่ 78,249 บาทต่อปี ผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่าเท่ากับ 1.64 จึงมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์และมีความเหมาะสมต่อการลงทุนกว่าอีก 2 แบบที่มีการลงทุนรายปีที่มากกว่า

บทที่ 5

บทสรุป

การพังทลายของตลิ่งแม่น้ำลาว ทั้งในพื้นที่เกษตรกรรมได้ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนในเขตตำบลป่าเงิ้ว ที่มีที่ทำกินอยู่ติดกับแม่น้ำลาว ได้รับความเดือดร้อนเสียหายเป็นจำนวนมาก ทางผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการหาแนวทางการป้องกันการพังทลายที่เหมาะสม ทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งได้เสนอ 3 แนวทางในการแก้ไขการพังทลายของตลิ่งคือ 1. การป้องกันแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ 2.การป้องกันตลิ่งแบบเรียงหินยาแนว และ 3. การป้องกันแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร

1. การป้องกันแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละเป็นองค์ประกอบในรูปแบบของบล็อกที่ทำจากลวดตาข่ายหกเหลี่ยมบิดเป็นโครงสร้างเพื่อใช้สำหรับควบคุมการพังทลายเพื่อรักษาเสถียรภาพของตลิ่ง ขนาดของกล่อง Gabion มีหลายขนาด ในที่นี้ผู้วิจัยได้ใช้ขนาด 1.0 x 3.0 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 2.5 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 2.0 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 1.5 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 1.0 x 1.0 เมตร โดยใช้วัสดุที่บรรจุด้วยหินใหญ่คละมีขนาดไม่เกิน 300 มิลลิเมตร (12 นิ้ว) และไม่ต่ำกว่าขนาดของตาข่ายซึ่งช่วงขนาดที่ดีที่สุดคือ 125 มิลลิเมตร–200 มิลลิเมตร (5–8 นิ้ว) เปอร์เซ็นต์เล็กน้อยที่เล็กกว่าวัสดุประมาณ 5–7% สามารถใช้ได้บรรจุกล่อง Gabion ด้วยแรงงานคน โดยจะต้องตรวจสอบว่าหินนั้นบรรจุลงในกล่อง Gabion ได้อย่างแน่นหนาและมีช่องว่างที่น้อยที่สุด

2. การป้องกันแบบเรียงหินยาแนว ก่อนอื่นต้องจัดทำฐานโดยใช้กล่อง Gabion ขนาด 1.0 x 1.0 x 1.0 เมตร โดยใช้วัสดุที่บรรจุด้วยหินใหญ่คละมีขนาดไม่เกิน 300 มิลลิเมตร (12 นิ้ว) และไม่ต่ำกว่าขนาดของตาข่ายซึ่งช่วงขนาดที่ดีที่สุดคือ 125 มิลลิเมตร–200 มิลลิเมตร (5–8 นิ้ว) พื้นที่ที่จะสร้างหินเรียงยาแนวต้องมีความลาด 1:2 พื้นบริเวณที่จะทำหินเรียงยาแนวให้มีความแน่นไม่น้อยกว่าตามที่กำหนดในแบบหินเรียงยาแนว ต้องก่อสร้างบนชั้นวัสดุรองพื้นที่มีความหนาตามที่กำหนดหินเรียงยาแนวในที่อยู่ที่ 0.30 เมตร โดยวางเรียงกันในลักษณะที่จะให้ก้อนเล็กก้อนใหญ่คละกันเพื่อให้หินเรียงชิดกันมากที่สุดการวางเรียง จะเริ่มจากด้านล่างขึ้นไปด้านบนโดยต้องไม่ทำให้ชั้นรองพื้นขยับตัวหินก้อนใหญ่ต้องอยู่กระจายกันออกไปโดยต้องไม่มีก้อนเล็กรวมกันเป็นหย่อม ๆ พร้อมทั้งแต่งผิวหน้าของหินใหญ่แต่ละก้อนให้เป็นระนาบเสมอกันกับหินก้อนข้างเคียงทั่วพื้นที่ความหนาของชั้นหินเรียงยาแนว ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดก้อนที่

หนาเกินให้ฝังจมลงในชั้นวัสดุรองพื้นราดน้ำให้ชุ่มยาแนวตามช่องว่างระหว่างหินก้อนใหญ่ด้วยปูนทราย (Mortar) อัตราส่วน 1:3 กระทุ้งให้แน่นและตกแต่งให้เรียบ

3. การป้องกันแบบ Gabion บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารเป็นองค์ประกอบในรูปแบบของบล็อกที่ทำจากลวดตาข่ายหกเหลี่ยมบิดเป็นโครงสร้างเพื่อใช้สำหรับควบคุมการพังทลายเพื่อรักษาเสถียรภาพของตลิ่ง ขนาดของกล่อง Gabion มีหลายขนาด ในที่นี้ผู้วิจัยได้ใช้ขนาด 1.0 x 3.0 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 2.5 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 2.0 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 1.5 x 1.0 เมตร, ขนาด 1.0 x 1.0 x 1.0 เมตร โดยบรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารมีขนาดไม่เกิน 300 มิลลิเมตร (12 นิ้ว) และไม่ต่ำกว่าขนาดของตาข่ายซึ่งช่วงขนาดที่ดีที่สุดคือ 125 มิลลิเมตร–200 มิลลิเมตร (5–8 นิ้ว) เปอร์เซ็นต์เล็กน้อยที่เล็กกว่าวัสดุประมาณ 5–7% สามารถใช้ได้บรรจุกล่อง Gabion ด้วยแรงงานคนโดยจะต้องตรวจสอบว่าหินนั้นบรรจุลงใน กล่อง Gabion ได้อย่างแน่นหนาและมีช่องว่างที่น้อยที่สุด

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

จากการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ แนวทางในการป้องกันการพังทลายของตลิ่งแม่น้ำลาวในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลป่าง้ิว 3 แนวทางคือ 1. การป้องกันแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ 2.การป้องกันแบบเรียงหินยาแนวและ 3. การป้องกันแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าก่อสร้างโดยคิดในรูปแบบของต้นทุนรายปีรวม พบว่า แนวทางที่ 3 การป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารเป็นแนวทางที่มีการลงทุนในรูปแบบของต้นทุนรายปีน้อยที่สุดคือประมาณ 78,249 บาทต่อความยาว 80 เมตร ในส่วนของการป้องกันตลิ่งแบบเรียงหินยาแนวจะใช้งบประมาณ 99,913 บาทต่อความยาว 80 เมตร และในส่วนของการป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละจะใช้งบประมาณ 122,819 บาทต่อความยาว 80 เมตร ดังนั้นในการเปรียบเทียบต้นทุนรายปีรวมนั้นรูปแบบของการป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารจึงมีความเหมาะสมกว่าอีก 2 แบบที่มีการลงทุนรายปีที่มากกว่า

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนต่อต้นทุน ซึ่งจะดูจากค่าที่ได้ถ้าผลที่ได้มีค่า Benefit น้อยกว่า 1.0 คือ ไม่เหมาะที่จะลงทุน เพราะทำให้ขาดทุน หรือผลที่ได้มีค่าเท่ากับ 1.0 คือ แสดงว่าระบบที่ลงทุนนี้เท่าทุน และถ้าผลที่ได้มีค่ามากกว่า 1.0 คือ เหมาะสมที่จะทำการลงทุนจากการวิเคราะห์พบว่า ในการลงทุนมีค่า Benefit มากกว่า 1.0 ทั้งสามรูปแบบ แต่ที่มีค่ามากที่สุดก็คือ การป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละมีค่าเท่ากับ 1.04 ทำให้มีผลกำไรที่

5,180 บาท/ปี ส่วนการป้องกันเรียงหินยาแนวมีค่าเท่ากับ 1.28 ทำให้มีผลกำไรที่ 28,086 บาท/ปี และระบบการป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร มีค่าเท่ากับ 1.64 ทำให้มีผลกำไรที่ 49,750 บาท/ปี การวิเคราะห์ในส่วนนี้จึงส่งผลให้การป้องกันแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารมีความเหมาะสมที่จะลงทุนมากที่สุด

อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า

จากการวิเคราะห์ข้อมูลราคาต้นทุนรายปีจะพบว่าการป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าอีกสองวิธี และเมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนต่อต้นทุน ซึ่งก็พบว่าการป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร มีความคุมค่าต่อการลงทุนมากกว่าอีกสองวิธี อาจเป็นเพราะว่าแต่ละวิธีมีอายุการใช้งานที่ไม่เท่ากัน และรวมถึงระยะทางในการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้าง แต่ทั้งนี้ในการป้องกันตลิ่งแต่ละชนิดยอมเป็นผลดีต่อประชาชนที่มีพื้นที่อยู่ติดกับแม่น้ำลาว ซึ่งถ้าไม่มีการป้องกันในแต่ละปีนั้นตลิ่งจะมีการพังทลายเป็นจำนวนมาก การพังทลายจะมากหรือน้อยเพียงใดอาจขึ้นอยู่กับระดับน้ำลาวหรืออัตราการไหลของน้ำและ แบบที่ 3 มีค่าใช้จ่ายที่น้อยมากเนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในการศึกษาการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาแนวทางการป้องกันตลิ่งแม่น้ำลาวในเขตพื้นที่ตำบลป่าง้ิว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ในสามแนวทางคือ หนึ่ง การป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ สองการป้องกันตลิ่งแบบเรียงหินยาแนว และ สามการป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าก่อสร้างโดยคิดในรูปแบบของต้นทุนรายปี เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะสำหรับการทำงานวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ในการจะหาวิธีการป้องกันการพังทลายของตลิ่งควรศึกษาลักษณะของตลิ่งแม่น้ำนั้น ๆ ว่ามีลักษณะเป็นเช่นไร มีความลาดชันหรือความกว้างของแม่น้ำเพื่อจะได้กำหนดรูปแบบหรือลักษณะของการป้องกันตลิ่งเป็นช่วง ๆ ช่วงละไม่เกิน 25 เมตร

2. ต้องศึกษาลักษณะของดินบริเวณตลิ่งนั้น ๆ เนื่องจากดินของตลิ่งแต่ละจุดอาจไม่เหมือนกัน เพื่อช่วยในการออกแบบวิธีการป้องกันตลิ่ง

3. ศึกษาหาวิธีการป้องกันตลิ่งแบบอื่น ๆ เพื่อหาค่าความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิติโรจน์ มะลาไวย์. (2554). ปัญหาและแนวทางแก้ไขการพังทลายของผนังและตลิ่งลำห้วย แคน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ชิตชัย ปินทรายมูล. (2556). **การศึกษาวิธีป้องกันการกัดเซาะตลิ่งแม่น้ำโขง : กรณีศึกษาตำบลม่วงยาย อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย.** การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วศ.ม., มหาวิทยาลัยพะเยา. พะเยา.

ปานทิพย์ มีถาวร และ อภิรัฐ ปล้องมาก (2553). **การศึกษาการป้องกันการกัดเซาะตลิ่ง ในเขตพื้นที่ตำบลบางระกำ อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม**. โครงงาน วศ.บ., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

พิธะพร บุญยืน. (2557). **การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค กรณีศึกษาลำห้วยค้อนก้อม บ้านโป่งปูเฟือง ตำบลแม่สรวย จังหวัดเชียงราย**.

สมศักดิ์ ศรีสวัสดิ์. (2558). **การศึกษาความเหมาะสมในการใช้หินในลวดกล่องตาข่ายสร้างฝายต้นล้ำลำธาร: กรณีศึกษา ตำบลท่าตอน อำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่.** การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วศ.ม., มหาวิทยาลัยพะเยา. พะเยา.

อภิรักษ์ มาตรนอก. (2555). **การศึกษาผลกระทบของสถานะความชื้นและการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบธรรมชาติและรีไซเคิลต่อค่าการยุบตัวและกำลังอัดของคอนกรีต**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก บัญชีประมาณราคา

บัญชีประมาณราคา

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง โครงการซ่อมแซมตลิ่งแม่น้ำลาว ขนาดสูง 3.50 เมตร ยาว 80 เมตร

สถานที่ก่อสร้าง หมู่ที่ 4 ตำบลป่าจี้ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

ปริมาณงาน ถมดินขอบตลิ่งแม่น้ำลาว ขนาดสูง 3.50 เมตร ยาว 80 เมตร ปริมาณ 240 ลบ.ม.

: ไม้ยูคาลิปตัส ขนาด ศก. 4 นิ้ว ยาว 3.00 ม. จำนวน 320 ท่อน

ประมาณการโดย นายนิคม กันทะวงค์ เมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559

ลำดับที่	ค่าวัสดุและแรงงาน	จำนวนเงิน	Factor F	รวมเป็นเงิน	หมายเหตุ
1	งานซ่อมแซมตลิ่งแม่น้ำลาว	108,000.00	1.1900	128,520.00	
สรุป	รวมราคาค่าก่อสร้างเป็นเงินทั้งสิ้น			128,520.00	
	คิดเป็นเงินค่าก่อสร้างประมาณ			128,000.00	
	ตัวอักษร (หนึ่งแสนสองหมื่นแปดพันบาทถ้วน)				

:

:

:

:

บัญชีประมาณราคา

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง โครงการซ่อมแซมตลิ่งแม่น้ำลาว ขนาดสูง 3.50 เมตร ยาว 80 เมตร

สถานที่ก่อสร้าง หมู่ที่ 4 ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

ปริมาณงาน ถมดินขอบตลิ่งแม่น้ำลาว ขนาดสูง 3.50 เมตร ยาว 80 เมตร ปริมาณ 240 ลบ.ม.

ไม้ยูคาลิปตัส ขนาด ศก. 4 นิ้ว ยาว 3.00 ม. จำนวน 320 ท่อน

ประมาณการโดย นายนิคม กันทะวงค์ เมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ-ค่าแรงงาน-ต่อหน่วย				จำนวนเงิน (บาท)	หมายเหตุ
				วัสดุ	รวม	ค่าแรง	รวม		
1	งานดินถม	240.00	ลบ.ม.	90.00	21,600.00	-	-	21,600.00	รวมค่าปรับเกลี่ย
2	เสาไม้ยูคาลิปตัส ขนาด ศก. 4 นิ้ว ยาว 3.00 เมตร	320.00	ท่อน	250.00	80,000.00	20.00	6,400.00	86,400.00	
	รวม				**101,600.00**		**6,400.00**	**108,000.00**	

บัญชีประมาณราคา

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ ขนาดสูง 5.00 เมตร ยาว 80 เมตร

สถานที่ก่อสร้าง หมู่ที่ 4 ตำบลป่าหิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

ปริมาณงาน เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ ขนาดสูง 5.00 เมตร ยาว 80 เมตร

ประมาณการโดย นายนิคม กันทะวงค์ เมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559

ลำดับที่	ค่าวัสดุและแรงงาน	จำนวนเงิน	Factor F	รวมเป็นเงิน	หมายเหตุ
1	งานเขื่อนป้องกันตลิ่ง	1,258,532.00	1.3472	1,695,494.31	
สรุป	รวมราคาค่าก่อสร้างเป็นเงินทั้งสิ้น			1,695,494.31	
	คิดเป็นเงินค่าก่อสร้างประมาณ			1,695,000.00	
	ตัวอักษร (หนึ่งล้านหกแสนเก้าหมื่นห้าพันบาทถ้วน)				
หมายเหตุ					

บัญชีประมาณราคา

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ ขนาดสูง 5.00 เมตร ยาว 80 เมตร

สถานที่ก่อสร้าง หมู่ที่ 4 ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

ปริมาณงาน เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยหินใหญ่คละ ขนาดสูง 5.00 เมตร ยาว 80 เมตร

ประมาณการโดย นายนิคม กันทะวงค์ เมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ-ค่าแรงงาน-ต่อหน่วย				จำนวนเงิน (บาท)	หมายเหตุ
				วัสดุ	รวม	ค่าแรง	รวม		
1	งานปรับแต่งสภาพพื้นที่	680.00	ตร.ม.	-	-	45.00	30,600.00	30,600.00	
2	งานกล่องการ์เบียน								
	2.1 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x3.0 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	1,800.00	144,000.00	-	-	144,000.00	
	2.2 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 2.5 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	1,500.00	120,000.00	-	-	120,000.00	
	2.3 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 2.0 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	1,200.00	96,000.00	-	-	96,000.00	
	2.4 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 1.5 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	900.00	72,000.00	-	-	72,000.00	
	2.5 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 1.0 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	600.00	48,000.00	-	-	48,000.00	
	2.6 ลวดผูกกล่อง ขนาด 2.2 มม.	116.00	กก	60.00	6,960.00	5.00	580.00	7,540.00	
3	งานแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) 200g/sq.m	720.00	ตร.ม.	40.00	28,800.00	5.00	3,600.00	32,400.00	
4	งานหินใหญ่	800.00	ลบ.ม.	697.00	557,600.00	100.00	80,000.00	637,600.00	
5	งานทรายถมอัดแน่น	168.00	ลบ.ม.	320.00	53,760.00	99.00	16,632.00	70,392.00	
	รวม				**1,127,120.00**		**131,412.00**	**1,258,532.00**	

บัญชีประมาณราคา

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ หินเรียงยาแนว ขนาดสูง 3.50 เมตร ยาว 80 เมตร

สถานที่ก่อสร้าง หมู่ที่ 4 ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

ปริมาณงาน เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ หินเรียงยาแนนว ขนาดสูง 3.50 เมตร ยาว 80 เมตร

ประมาณการโดย นายนิคม กันทะวงค์ เมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559

ลำดับที่	ค่าวัสดุและแรงงาน	จำนวนเงิน	Factor F	รวมเป็นเงิน	หมายเหตุ
1	งานเขื่อนป้องกันตลิ่ง	676,171.38	1.3472	910,938.08	
สรุป	รวมราคาค่าก่อสร้างเป็นเงินทั้งสิ้น			910,938.08	
	คิดเป็นเงินค่าก่อสร้างประมาณ			910,000.00	
	ตัวอักษร (เก้าแสนหนึ่งหมื่นบาทถ้วน)				

บัญชีประมาณราคา

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ หินเรียงยาแนว ขนาดสูง 3.50 เมตร ยาว 80 เมตร

สถานที่ก่อสร้าง หมู่ที่ 4 ตำบลป่าจิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

ปริมาณงาน เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ หินเรียงยาแนนว ขนาดสูง 3.50 เมตร ยาว 80 เมตร

ประมาณการโดย นายนิคม กันทะวงค์ เมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ-ค่าแรงงาน-ต่อหน่วย				จำนวนเงิน (บาท)	หมายเหตุ
				วัสดุ	รวม	ค่าแรง	รวม		
1	งานปรับแต่งสภาพพื้นที่	480.00	ตร.ม.	-	-	15.00	7,200.00	7,200.00	
2	งานกล่องการ์เบียน								
	2.1 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 1.0 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	600.00	48,000.00	-	-	48,000.00	
	2.2 ลวดผูกกล่อง ขนาด 2.2 มม.	12.00	กก	60.00	720.00	5.00	60.00	780.00	
3	งานแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) 200g/sq.m	560.00	ตร.ม.	40.00	22,400.00	5.00	2,800.00	25,200.00	
4	งานหินใหญ่	80.00	ลบ.ม.	697.00	55,760.00	100.00	8,000.00	63,760.00	
5	งานทรายถม	880.00	ลบ.ม.	-	-	99.00	87,120.00	87,120.00	
6	งานคอนกรีต 220 ksc.	25.24	ลบ.ม.	1,790.00	45,186.76	306.00	7,724.66	52,911.42	

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ-ค่าแรงงาน-ต่อหน่วย				จำนวนเงิน (บาท)	หมายเหตุ
				วัสดุ	รวม	ค่าแรง	รวม		
7	งานเหล็กเสริม								
	7.1 เหล็ก RB 6 มม.	0.4413	ตัน	16,839.26	7,431.64	3,300.00	1,456.38	8,888.02	
	7.2 เหล็ก DB 12 มม.	1.8494	ตัน	14,813.29	27,395.33	3,300.00	6,102.94	33,498.27	
	7.3 ลวดผูกเหล็กเบอร์ 18	68.72	กก.	35.00	2,405.24	-	-	2,405.24	
8	งานไม้แบบ + เคร่า + ค้ำยัน	252.44	ตร.ม.	-	-	133.00	33,574.52	33,574.52	
	งานไม้แบบ + เคร่า + ค้ำยัน	74.82	ลบ.ฟ.	450.00	33,670.45	-	-	33,670.45	ไม้ยาง
	8.1 ตะปู (เหมารวมทุกขนาด)	63.11	กก.	30.37	1,916.65	-	-	1,916.65	
9	งานหินเรียง	180.00	ลบ.ม.	-	-	-	-	-	
	9.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	963.60	ถุง	135.00	130,086.00	-	-	130,086.00	
	9.2 ทรายหยาบผสมคอนกรีต	159.60	ลบ.ม.	398.00	63,520.80	-	-	63,520.80	
	9.3 หินใหญ่คละ	120.00	ลบ.ม.	697.00	83,640.00	100.00	12,000.00	83,640.00	
	รวม				**522,132.87**		**166,038.51**	**676,171.38**	

บัญชีประมาณราคา

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร ขนาดสูง 5.00 เมตร ยาว 80 เมตร

สถานที่ก่อสร้าง หมู่ที่ 4 ตำบลป่าจี้ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

ปริมาณงาน เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร ขนาดสูง 5.00 เมตร ยาว 80 เมตร

ประมาณการโดย นายนิคม กันทะวงค์ 23 เมษายน 2559

ลำดับที่	ค่าวัสดุและแรงงาน	จำนวนเงิน	Factor F	รวมเป็นเงิน	หมายเหตุ
1	งานเขื่อนป้องกันตลิ่ง	720,932.00	1.3472	971,239.59	
สรุป	รวมราคาค่าก่อสร้างเป็นเงินทั้งสิ้น			971,239.59	
	ลิดเป็นเงินค่าก่อสร้างประมาณ			971,000.00	
	ตัวอักษร (เก้าแสนเจ็ดหมื่นหนึ่งพันบาทถ้วน)				

บัญชีประมาณราคา

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร ขนาดสูง 5.00 เมตร ยาว 80 เมตร

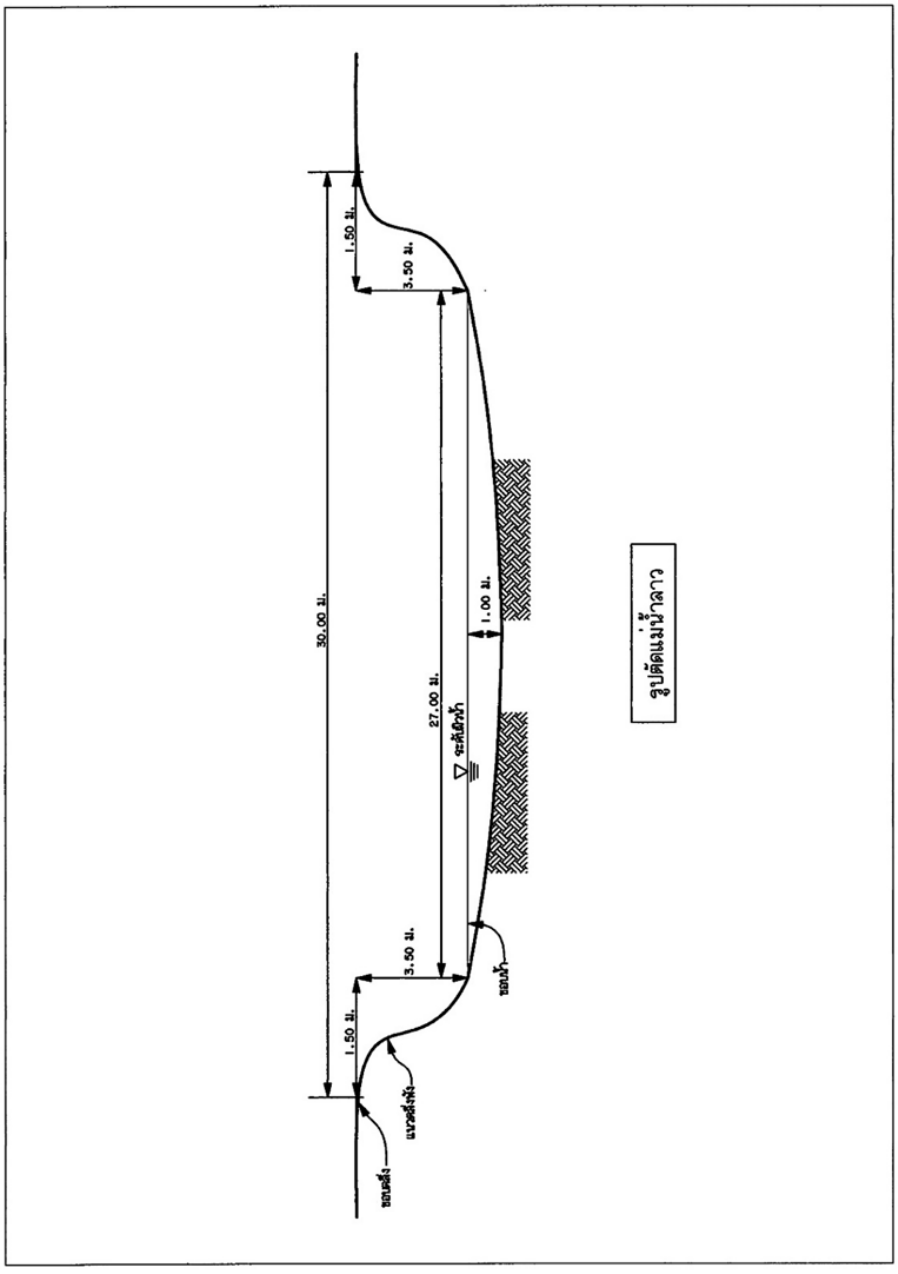
สถานที่ก่อสร้าง หมู่ที่ 4 ตำบลป่าจิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

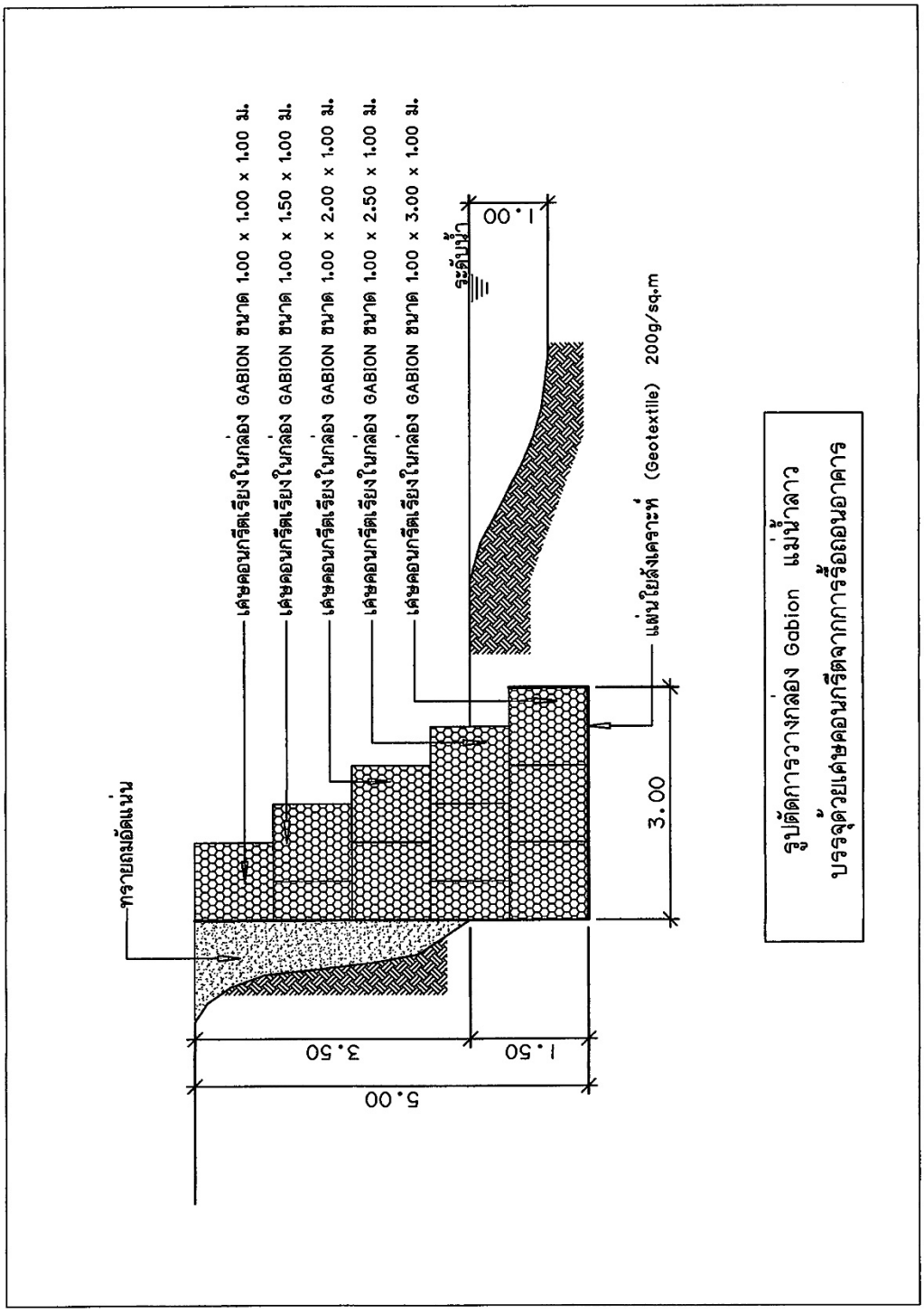
ปริมาณงาน เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gabion Box บรรจุด้วยเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร ขนาดสูง 5.00 เมตร ยาว 80 เมตร

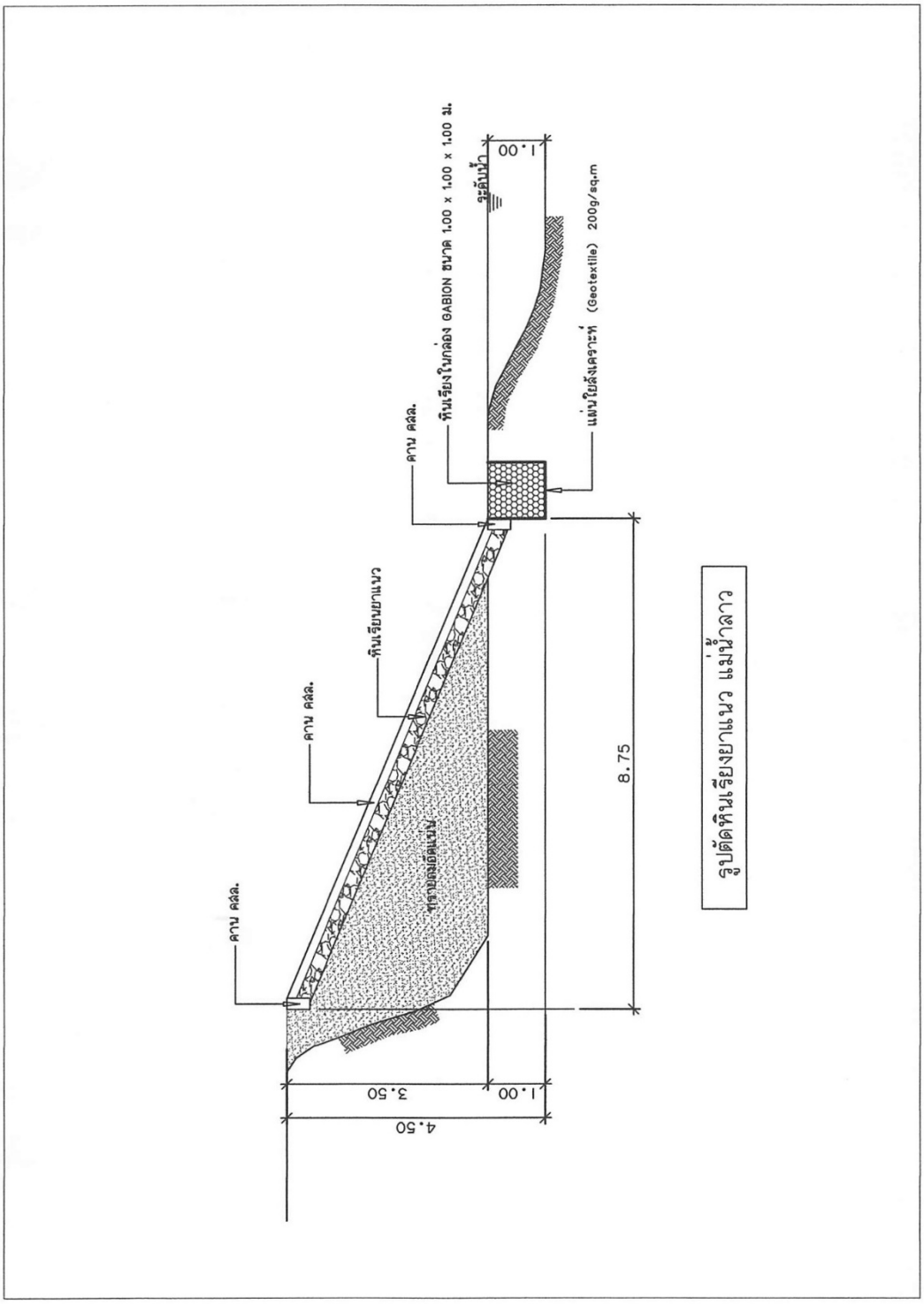
ประมาณการโดย นายนิคม กันทะวงค์ เมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ-ค่าแรงงาน-ต่อหน่วย				จำนวนเงิน (บาท)	หมายเหตุ
				วัสดุ	รวม	ค่าแรง	รวม		
1	งานปรับแต่งสภาพพื้นที่	680.00	ตร.ม.	-	-	45.00	30,600.00	30,600.00	
2	งานกล่องการ์เบียน								
	2.1 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 3.0 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	1,800.00	144,000.00	-	-	144,000.00	
	2.2 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 2.5 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	1,500.00	120,000.00	-	-	120,000.00	
	2.3 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 2.0 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	1,200.00	96,000.00	-	-	96,000.00	
	2.4 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 1.5 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	900.00	72,000.00	-	-	72,000.00	
	2.5 กล่องเกเบี้ยนเคลือบสังกะสี ขนาด 1.0 x 1.0 x 1.0 เมตร	80.00	กล่อง	600.00	48,000.00	-	-	48,000.00	
	2.6 ลวดผูกกล่อง ขนาด 2.2 มม.	116.00	กก	60.00	6,960.00	5.00	580.00	7,540.00	
3	งานแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) 200g/sq.m	720.00	ตร.ม.	40.00	28,800.00	5.00	3,600.00	32,400.00	
4	งานจัดเรียงเศษคอนกรีตลงในกล่อง Gabion	800.00	ลบ.ม.	-	-	125.00	100,000.00	100,000.00	
5	งานทรายถมอัดแน่น	168.00	ลบ.ม.	320.00	53,760.00	99.00	16,632.00	70,392.00	
	รวม				**569,520.00**		**151,412.00**	**720,932.00**	

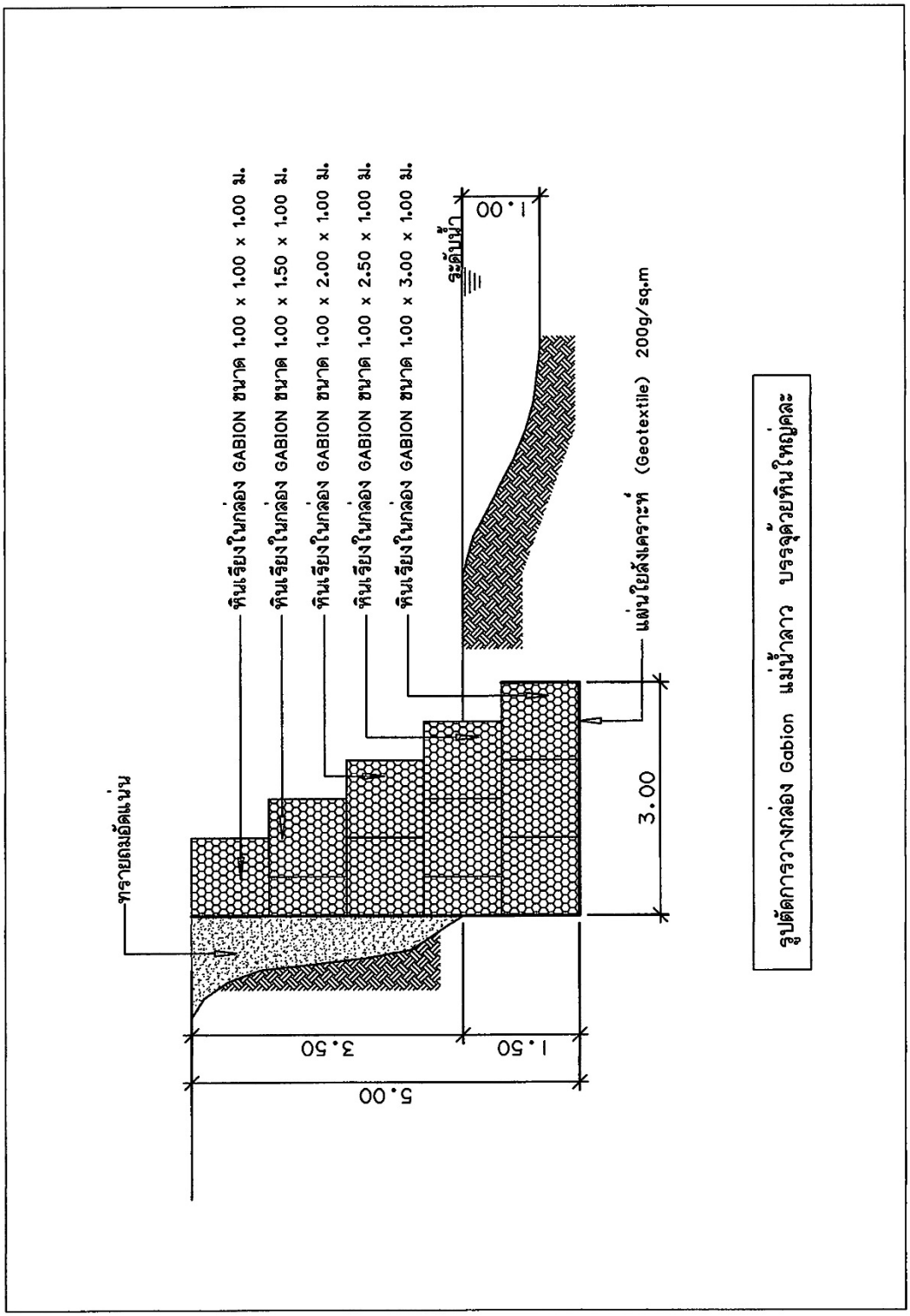
ภาคผนวก ข รูปแบบของการป้องกันตลิ่งในแต่ละแบบ




ทรายเม็ดหยาบ
เสริมคอนกรีตเสริมใยกลอง GABION ขนาด 1.00 x 1.00 x 1.00 ม.
เสริมคอนกรีตเสริมใยกลอง GABION ขนาด 1.00 x 1.50 x 1.00 ม.
เสริมคอนกรีตเสริมใยกลอง GABION ขนาด 1.00 x 2.00 x 1.00 ม.
เสริมคอนกรีตเสริมใยกลอง GABION ขนาด 1.00 x 2.50 x 1.00 ม.
เสริมคอนกรีตเสริมใยกลอง GABION ขนาด 1.00 x 3.00 x 1.00 ม.
ระดับน้ำ
1.00
แผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) 200g/sq.m
3.00
1.50
3.50
5.00
รูปตัดการวางท่อกลอง Gabion แม่น้ำกลาง
บริเวณเสริมคอนกรีตเสริมใยกลองธรรมชาติ

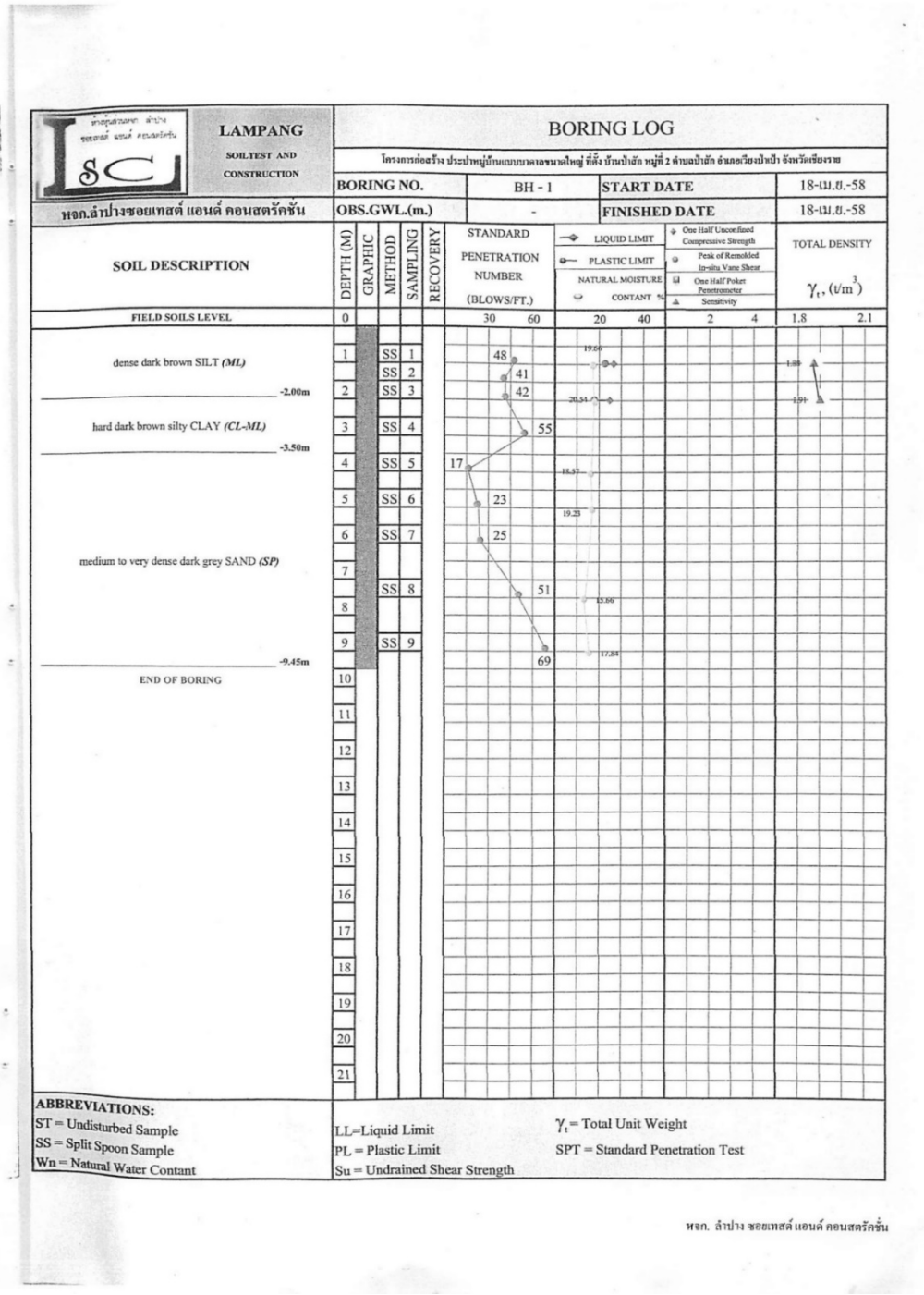


รูปตัดแสดงลักษณะโครงสร้างกันดินพังทลาย



รูปตัดกำแพงกล่อง Gabion แม่น้ำกลาง บริเวณจุดวัดน้ำใหญ่คละ

ภาคผนวก ค ผลการทดสอบดิน



LAMPANG SOILTEST AND CONSTRUCTION

หจก.ลำปางซอยเทสต์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น

BORING LOG

โครงการก่อสร้าง ประปาหมู่บ้านแบบขนาดใหญ่ ที่ตั้ง บ้านป่าตัก หมู่ที่ 2 ตำบลป่าตัก อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

BORING NO.	BH - 1	START DATE	18-เม.ย.-58
OBS.GWL.(m.)	-	FINISHED DATE	18-เม.ย.-58

SOIL DESCRIPTION	DEPTH (M)	GRAPHIC	METHOD	SAMPLING	RECOVERY	STANDARD PENETRATION NUMBER (BLOWS/FT.)	LIQUID LIMIT / PLASTIC LIMIT / NATURAL MOISTURE CONTANT %	One Half Unconfined Compressive Strength / Peak of Remolded In-situ Vane Shear / One Half Poker Penetrometer / Sensitivity	TOTAL DENSITY γ_t, (t/m^3)
FIELD SOILS LEVEL	0					30 60	20 40	2 4	1.8 2.1
dense dark brown SILT *(ML)*	1		SS	1		48	19.60		1.88
			SS	2		41			
-2.00m	2		SS	3		42	20.51		1.91
hard dark brown silty CLAY *(CL-ML)*	3		SS	4		55			
-3.50m	4		SS	5		17	18.57		
	5		SS	6		23	19.23		
	6		SS	7		25			
medium to very dense dark grey SAND *(SP)*	7								
			SS	8		51	15.66		
	8								
	9		SS	9		69	17.84		
-9.45m	10								
END OF BORING	11								
	12								
	13								
	14								
	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
	20								
	21								

ABBREVIATIONS:

ST = Undisturbed Sample
SS = Split Spoon Sample
Wn = Natural Water Contant

LL=Liquid Limit
PL = Plastic Limit
Su = Undrained Shear Strength
γ_t = Total Unit Weight
SPT = Standard Penetration Test

ภาคผนวก ง ตารางแสดงผลการตอบแทนต่อการลงทุน

ตาราง แสดงผลวิเคราะห์ผลตอบแทนต่อการลงทุน

	ค่า i	ค่า N	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด
เขื่อนป้องกันตลิ่ง แบบที่ 1	0.07	50	1,695,000.00
เขื่อนป้องกันตลิ่ง แบบที่ 2	0.07	15	910,000.00
เขื่อนป้องกันตลิ่ง แบบที่ 3	0.07	30	971,000.00

$$\text{recov eryfactor} = \frac{i(1+i)^N}{(i+1)^N - 1}$$

	A i((1+i)^N)	B ((i+1)^N)-1	ผลตอบแทน : ปี A / B
เขื่อนป้องกันตลิ่ง แบบที่ 1	2.061991754	28.45702506	122,819.44
เขื่อนป้องกันตลิ่ง แบบที่ 2	0.193132208	1.759031541	99,913.11
เขื่อนป้องกันตลิ่ง แบบที่ 3	0.532857853	6.612255043	78,249.40

วิเคราะห์ผลตอบแทนต่อการลงทุน

	ผลตอบแทน บาท/ปี (B)	ต้นทุนรายปี (C)	อัตราส่วน B / C	ผลต่าง บาท/ปี B - C
เขื่อนป้องกันตลิ่ง แบบที่ 1	128,000.00	122,819.44	1.04	5,180.56
เขื่อนป้องกันตลิ่ง แบบที่ 2	128,000.00	99,913.11	1.28	28,086.89
เขื่อนป้องกันตลิ่ง แบบที่ 3	128,000.00	78,249.40	1.64	49,750.60

ภาคผนวก จ ตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง รถบรรทุก 10 ล้อ

ตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง รถบรรทุก 10 ล้อ(กรณีน้ำหนักรวมไม่เกิน 25 ตัน)

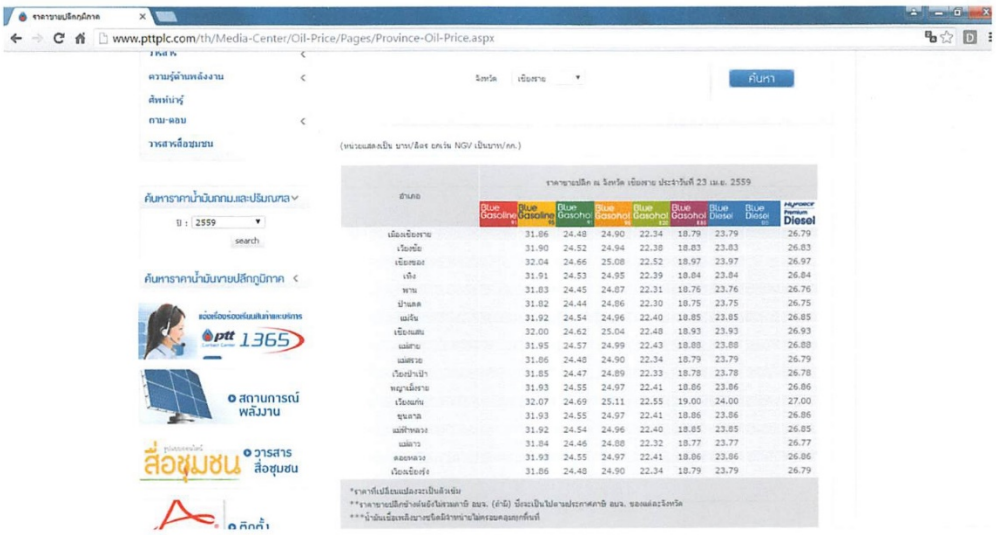
ภูมิประเทศเป็น ที่ราบ ผิวทางลาดยาง และการจราจรปกติ

ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงโซล่า ที่ อำเภอเมือง 23.00 - 23.99 บาท / ลิตร

ระยะขนส่ง กม.	ค่าบรรทุก บาท / คัน	ค่าบรรทุก บาท / ลบ.ม.	ระยะขนส่ง กม.	ค่าบรรทุก บาท / คัน	ค่าบรรทุก บาท / ลบ.ม.	ระยะขนส่ง กม.	ค่าบรรทุก บาท / คัน	ค่าบรรทุก บาท / ลบ.ม.
1	7.89	11.04	41	93.07	130.30	81	182.69	255.77
2	9.46	13.25	42	95.31	133.44	82	184.83	258.77
3	11.04	15.46	43	97.54	136.56	83	187.10	261.94
4	12.62	17.67	44	99.79	139.70	84	189.38	265.13
5	14.20	19.88	45	102.02	142.83	85	191.67	268.33
6	15.78	22.09	46	104.27	145.98	86	193.84	271.38
7	17.36	24.30	47	106.50	149.10	87	196.02	274.43
8	19.17	26.84	48	108.74	152.24	88	198.35	277.69
9	21.41	29.97	49	110.96	155.35	89	200.55	280.77
10	23.65	33.11	50	113.20	158.48	90	202.76	283.86
11	25.89	36.24	51	115.46	161.64	91	205.11	287.16
12	28.12	39.37	52	117.68	164.75	92	207.34	290.28
13	30.37	42.51	53	119.92	167.89	93	209.58	293.41
14	32.60	45.65	54	122.18	171.05	94	211.83	296.56
15	34.84	48.78	55	124.40	174.16	95	213.93	299.50
16	37.08	51.92	56	126.63	177.29	96	216.19	302.67
17	39.32	55.05	57	128.88	180.44	97	218.47	305.86
18	41.56	58.18	58	131.15	183.61	98	220.75	309.05
19	43.80	61.32	59	133.37	186.72	99	223.05	312.27
20	46.04	64.46	60	135.61	189.85	100	225.18	315.26
21	48.28	67.59	61	137.86	193.00	101	227.50	318.49
22	50.52	70.73	62	140.12	196.17	102	229.64	321.50
23	52.75	73.85	63	142.33	199.26	103	231.98	324.77
24	55.00	76.99	64	144.55	202.38	104	234.14	327.80
25	57.24	80.13	65	146.79	205.50	105	236.50	331.09
26	59.48	83.27	66	149.04	208.65	106	238.67	334.14
27	61.72	86.40	67	151.30	211.82	107	240.85	337.20
28	63.96	89.54	68	153.49	214.89	108	243.04	340.26
29	66.18	92.65	69	155.78	218.09	109	245.44	343.62
30	68.43	95.81	70	158.00	221.20	110	247.64	346.70
31	70.66	98.92	71	160.23	224.32	111	249.86	349.80
32	72.91	102.08	72	162.47	227.46	112	252.08	352.91
33	75.15	105.21	73	164.73	230.62	113	254.30	356.02
34	77.40	108.35	74	166.99	233.79	114	256.53	359.15
35	79.62	111.47	75	169.18	236.85	115	258.77	362.28
36	81.87	114.61	76	171.47	240.05	116	261.02	365.43
37	84.11	117.76	77	173.67	243.14	117	263.28	368.59
38	86.35	120.90	78	175.88	246.24	118	265.54	371.76
39	88.59	124.03	79	178.21	249.50	119	267.82	374.95
40	90.82	127.15	80	180.45	252.63	120	270.10	378.14

รูปที่ 33 ภาพแสดงระยะทางระหว่าง อำเภอแม่สรวย ถึง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

รูปที่ 34 ภาพแสดงระยะทางระหว่าง อำเภอเวียงชัย ถึง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย



รูปที่ 32 ภาพแสดงราคาน้ำมันดีเซลในจังหวัดเชียงรายเมื่อวันที่ 23 เม.ย. 2559

ภาคผนวก ฉ ราคาสินค้าเฉลี่ยวัสดุก่อสร้าง

ราคาสินค้าเฉลี่ยวัสดุก่อสร้าง (ราคาเงินสด ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ไม่รวมค่าขนส่ง) ของจังหวัด เชียงราย เดือนมีนาคม ปี 2559

ราคา : บาท

ลำดับ	รายการ	หน่วย	เดือนก่อนหน้า	มีนาคม	%
1	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 180 กก./ตร.ซม. และ รูปทรงกระบอก 140กก./ตร.ซม. ตราซีแพค	ลบ.ม.	1,707.95	1,707.95	
2	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 210 กก./ตร.ซม. และ รูปทรงกระบอก 180 กก./ตร.ซม. ตราซีแพค	ลบ.ม.	1,749.07	1,749.07	
3	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 240 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 210 กก./ตร.ซม. ตราซีแพค	ลบ.ม.	1,790.19	1,790.19	
4	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 280 กก./ตร.ซม. และ รูปทรงกระบอก 240 กก./ตร.ซม. ตราซีแพค	ลบ.ม.	1,831.31	1,831.31	
5	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 320 กก./ตร.ซม. และ รูปทรงกระบอก 280 กก./ตร.ซม. ตราซีแพค	ลบ.ม.	1,913.55	1,913.55	
6	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 350 กก./ตร.ซม. และ รูปทรงกระบอก 300 กก./ตร.ซม. ตราซีแพค	ลบ.ม.	1,958.88	1,958.88	
7	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 380 กก./ตร.ซม. และ รูปทรงกระบอก 320 กก./ตร.ซม. ตราซีแพค	ลบ.ม.	2,008.88	2,008.88	
8	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 400 กก./ตร.ซม. และ รูปทรงกระบอก 350 กก./ตร.ซม. ตราซีแพค	ลบ.ม.	2,063.55	2,063.55	
9	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 180 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 140 กก./ตร.ซม. ปูนซีเมนต์นครหลวง	ลบ.ม.	1,719.63	1,719.63	
10	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 210 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 180 กก./ตร.ซม. ปูนซีเมนต์นครหลวง	ลบ.ม.	1,766.36	1,766.36	
11	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 240 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 210 กก./ตร.ซม. ปูนซีเมนต์นครหลวง	ลบ.ม.	1,813.08	1,813.08	
12	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 280 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 240 กก./ตร.ซม. ปูนซีเมนต์นครหลวง	ลบ.ม.	1,859.81	1,859.81	
13	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 320 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 280 กก./ตร.ซม. ปูนซีเมนต์นครหลวง	ลบ.ม.	1,953.27	1,953.27	
14	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 350 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 300 กก./ตร.ซม. ปูนซีเมนต์นครหลวง	ลบ.ม.	2,000.00	2,000.00	
15	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 380 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 320 กก./ตร.ซม. ปูนซีเมนต์นครหลวง	ลบ.ม.	2,046.73	2,046.73	
16	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 400 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 350 กก./ตร.ซม. ปูนซีเมนต์นครหลวง	ลบ.ม.	2,093.46	2,093.46	
17	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 180 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 140 กก./ตร.ซม. ตรา TPI	ลบ.ม.	1,607.48	1,607.48	
18	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 210 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 180 กก./ตร.ซม. ตรา TPI	ลบ.ม.	1,654.21	1,654.21	
19	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 240 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 210 กก./ตร.ซม. ตรา TPI	ลบ.ม.	1,700.93	1,700.93	
20	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 280 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 240 กก./ตร.ซม. ตรา TPI	ลบ.ม.	1,747.66	1,747.66	
21	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 320 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 280 กก./ตร.ซม. ตรา TPI	ลบ.ม.	1,794.39	1,794.39	
22	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 350 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 300 กก./ตร.ซม. ตรา TPI	ลบ.ม.	1,841.12	1,841.12	
23	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 380 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 320 กก./ตร.ซม. ตรา TPI	ลบ.ม.	1,887.85	1,887.85	
24	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 400 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 350 กก./ตร.ซม. ตรา TPI	ลบ.ม.	1,934.58	1,934.58	
25	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 180 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 140 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	1,635.51	1,635.51	
26	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 210 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 180	ลบ.ม.	1,682.24	1,682.24	

	กก./ตร.ซม.				
27	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 240 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 210 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	1,728.97	1,728.97	
28	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 280 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 240 กก./ตร.ซม .	ลบ.ม.	1,775.70	1,775.70	
29	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 320 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 280 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	1,822.43	1,822.43	
30	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 350 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 300 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	1,869.16	1,869.16	
31	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 380 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 320 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	1,915.89	1,915.89	
32	คอนกรีตผสมเสร็จรูปลูกบาศก์ 400 กก/ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 350 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	1,962.62	1,962.62	
33	คอนกรีตบล็อกก่อผนัง ชนิดธรรมดา ขนาด 19 x 39 x 7 ซม.	ก้อน	4.67	4.67	
34	คอนกรีตบล็อกก่อผนัง ชนิดกันฝน ขนาด 19 x 39 x 9 ซม.	ก้อน	7.48	7.48	
35	อิฐมอญ ขนาด 7x 16 x 3.5 ซม.	ก้อน	1.40	1.40	
36	อิฐโปร่ง ชนิดมีรู 2 รู ขนาด 7x 16 x 3 ซม.	ก้อน	1.40	1.40	
37	อิฐหนา ขนาด 10.5x 22 x 6.5 ซม.	ก้อน	11.21	11.21	
38	เสาริ้วคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบสี่เหลี่ยม ขนาด 4" x 4" ยาว 2.50 ม.	ท่อน	233.64	233.64	
39	เสาริ้วคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบสี่เหลี่ยม ขนาด 4" x 4" ยาว 3.00 ม.	ท่อน	280.37	280.37	
40	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ยาว 10 เมตร ศก. 6 มม.	ตัน	16,839.26	16,839.26	
41	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ยาว 10 เมตร ศก. 9 มม.	ตัน	15,451.46	15,451.46	
42	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ยาว 10 เมตร ศก. 12 มม.	ตัน	16,418.29	16,418.29	
43	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ยาว 10 เมตร ศก. 15 มม.	ตัน	16,155.03	16,155.03	
44	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ยาว 10 เมตร ศก. 19 มม.	ตัน	18,628.30	18,628.30	
45	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ยาว 10 เมตร ศก. 25 มม.	ตัน	17,221.67	17,221.67	
46	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.30 ยาว 10 เมตร ศก. 12 มม.	ตัน	14,734.36	14,734.36	
47	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.30 ยาว 10 เมตร ศก. 16 มม.	ตัน	14,834.59	14,834.59	
48	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.30 ยาว 10 เมตร ศก. 20 มม.	ตัน	15,048.96	15,048.96	
49	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.30 ยาว 10 เมตร ศก. 25 มม.	ตัน	15,766.33	15,766.33	
50	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ยาว 10 เมตร ศก. 12 มม.	ตัน	14,813.29	14,813.29	
51	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ยาว 10 เมตร ศก. 16 มม.	ตัน	14,883.59	14,883.59	
52	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ยาว 10 เมตร ศก. 20 มม.	ตัน	14,913.09	14,913.09	
53	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ยาว 10 เมตร ศก. 25 มม.	ตัน	14,885.02	14,885.02	
54	ลวดผูกเหล็ก ศก. 1.25 มม. (เบอร์ 18)	กก.	35.05	35.05	
55	เหล็กฉาก หนา 4 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 40 x 40 มม. น้ำหนัก 14.5 กก.	ท่อน	320.10	320.10	
56	เหล็กฉาก หนา 4 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 50 x 50 มม. น้ำหนัก 18.4 กก.	ท่อน	357.94	357.94	
57	เหล็กฉาก หนา 6 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 50 x 50 มม. น้ำหนัก 26.8 กก.	ท่อน	416.82	416.82	
58	เหล็กฉาก หนา 6 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 65 x 65 มม. น้ำหนัก 35.5 กก.	ท่อน	953.27	953.27	

59	เหล็กฉาก หนา 6 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 75 x 75 มม. น้ำหนัก 41.1 กก.	ท่อน	971.96	971.96	
60	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 2.3 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 75 x 45 x 15 มม. น้ำหนัก 21 กก./ท่อน	ท่อน	441.59	441.59	
61	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 3.2 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 75 x 45 x 15 มม. น้ำหนัก 26.0 กก.	ท่อน	660.93	660.93	
62	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 2.3 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 100 x 50 x 20 มม. น้ำหนัก 23.5 กก.	ท่อน	485.49	485.49	
63	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 3.2 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 100 x 50 x 20 มม. น้ำหนัก 34.0 กก.	ท่อน	847.35	847.35	
64	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 2.3 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 125 x 50 x 20 มม. น้ำหนัก 25.5 กก.	ท่อน	693.10	693.10	
65	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 2.3 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 75 x 45 x 15 มม. น้ำหนัก 15 -16 กก.	ท่อน	371.50	371.50	
66	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 3.2 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 75 x 45 x 15 มม. น้ำหนัก 17 -18 กก.	ท่อน	460.28	460.28	
67	ท่อเหล็กกลวงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หนา 1.2 มม. ขนาด 1/2" x 1/2" ยาว 6 เมตร	ท่อน	140.19	140.19	
68	ท่อเหล็กกลวงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หนา 1.2 มม. ขนาด 3/4" x 3/4" ยาว 6 เมตร	ท่อน	98.13	98.13	
69	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 1/2 นิ้ว	ท่อน	348.29	348.29	
70	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 3/4 นิ้ว	ท่อน	456.39	456.39	
71	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 1นิ้ว	ท่อน	680.84	680.84	
72	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 2 นิ้ว	ท่อน	682.24	682.24	
73	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 2 1/2 นิ้ว	ท่อน	892.52	892.52	
74	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 3 นิ้ว	ท่อน	1,093.46	1,093.46	
75	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 4 นิ้ว	ท่อน	1,635.51	1,635.51	
76	ข้อต่อตรงเหล็ก ศก. 1/2 นิ้ว	อัน	19.16	19.16	
77	ข้อต่อตรงเหล็ก ศก. 3/4 นิ้ว	อัน	23.37	23.37	
78	ข้อต่อตรงเหล็ก ศก. 1 นิ้ว	อัน	34.11	34.11	
79	ข้อต่องอเหล็ก 90 องศา ศก. 1/2 นิ้ว	อัน	20.09	20.09	
80	ข้อต่องอเหล็ก 90 องศา ศก. 3/4 นิ้ว	อัน	25.47	25.47	
81	ข้อต่องอเหล็ก 90 องศา ศก. 1 นิ้ว	อัน	37.62	37.62	
82	สามทาง 90 องศาเหล็กเคลือบสังกะสี ศก. 1/2 นิ้ว	อัน	24.30	24.30	
83	สามทาง 90 องศาเหล็กเคลือบสังกะสี ศก. 3/4 นิ้ว	อัน	35.51	35.51	
84	สามทาง 90 องศาเหล็กเคลือบสังกะสี ศก. 1 นิ้ว	อัน	42.06	42.06	
85	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	39.25	39.25	
86	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3/4" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	49.53	49.53	
87	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	65.42	65.42	
88	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/4" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	81.31	81.31	
89	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/2" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	106.54	106.54	
90	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	168.22	168.22	
91	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 1/2" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	266.36	266.36	

59	เหล็กฉาก หนา 6 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 75 x 75 มม. น้ำหนัก 41.1 กก.	ท่อน	971.96	971.96	
60	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 2.3 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 75 x 45 x 15 มม. น้ำหนัก 21 กก./ท่อน	ท่อน	441.59	441.59	
61	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 3.2 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 75 x 45 x 15 มม. น้ำหนัก 26.0 กก.	ท่อน	660.93	660.93	
62	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 2.3 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 100 x 50 x 20 มม. น้ำหนัก 23.5 กก.	ท่อน	485.49	485.49	
63	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 3.2 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 100 x 50 x 20 มม. น้ำหนัก 34.0 กก.	ท่อน	847.35	847.35	
64	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 2.3 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 125 x 50 x 20 มม. น้ำหนัก 25.5 กก.	ท่อน	693.10	693.10	
65	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 2.3 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 75 x 45 x 15 มม. น้ำหนัก 15 -16 กก.	ท่อน	371.50	371.50	
66	เหล็กตัวซี (Light Lip Channel Steel) หนา 3.2 มม. ยาว 6 เมตร ขนาด 75 x 45 x 15 มม. น้ำหนัก 17 -18 กก.	ท่อน	460.28	460.28	
67	ท่อเหล็กกลวงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หนา 1.2 มม. ขนาด 1/2" x 1/2" ยาว 6 เมตร	ท่อน	140.19	140.19	
68	ท่อเหล็กกลวงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หนา 1.2 มม. ขนาด 3/4" x 3/4" ยาว 6 เมตร	ท่อน	98.13	98.13	
69	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 1/2 นิ้ว	ท่อน	348.29	348.29	
70	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 3/4 นิ้ว	ท่อน	456.39	456.39	
71	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 1นิ้ว	ท่อน	680.84	680.84	
72	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 2 นิ้ว	ท่อน	682.24	682.24	
73	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 2 1/2 นิ้ว	ท่อน	892.52	892.52	
74	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 3 นิ้ว	ท่อน	1,093.46	1,093.46	
75	ท่อเหล็กเคลือบสังกะสี รวมข้อต่อตรง 1 อัน ประเภท BS-M ยาว 6 เมตร ศก. 4 นิ้ว	ท่อน	1,635.51	1,635.51	
76	ข้อต่อตรงเหล็ก ศก. 1/2 นิ้ว	อัน	19.16	19.16	
77	ข้อต่อตรงเหล็ก ศก. 3/4 นิ้ว	อัน	23.37	23.37	
78	ข้อต่อตรงเหล็ก ศก. 1 นิ้ว	อัน	34.11	34.11	
79	ข้อต่องอเหล็ก 90 องศา ศก. 1/2 นิ้ว	อัน	20.09	20.09	
80	ข้อต่องอเหล็ก 90 องศา ศก. 3/4 นิ้ว	อัน	25.47	25.47	
81	ข้อต่องอเหล็ก 90 องศา ศก. 1 นิ้ว	อัน	37.62	37.62	
82	สามทาง 90 องศาเหล็กเคลือบสังกะสี ศก. 1/2 นิ้ว	อัน	24.30	24.30	
83	สามทาง 90 องศาเหล็กเคลือบสังกะสี ศก. 3/4 นิ้ว	อัน	35.51	35.51	
84	สามทาง 90 องศาเหล็กเคลือบสังกะสี ศก. 1 นิ้ว	อัน	42.06	42.06	
85	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	39.25	39.25	
86	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3/4" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	49.53	49.53	
87	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	65.42	65.42	
88	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/4" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	81.31	81.31	
89	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/2" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	106.54	106.54	
90	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	168.22	168.22	
91	ท่อ พีวีซี แข็ง ท่อประปา ชนิดปลายธรรมดา ชั้น 8.5 ยาว 4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 1/2" ตราท่อน้ำไทย	ท่อน	266.36	266.36	

122	ศูนย์กลาง 1 1/4" ตราท่อน้ำไทย	อัน	14.02	14.02	
123	ข้อต่อท่อ พีวีซี ข้องอ 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/2" ตราท่อน้ำไทย	อัน	17.76	17.76	
124	ข้อต่อท่อ พีวีซี ข้องอ 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 2" ตราท่อน้ำไทย	อัน	26.17	26.17	
125	ข้อต่อท่อ พีวีซี ข้องอ 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 1/2" ตราท่อน้ำไทย	อัน	55.14	55.14	
126	ข้อต่อท่อ พีวีซี ข้องอ 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 3" ตราท่อน้ำไทย	อัน	76.64	76.64	
127	ข้อต่อท่อ พีวีซี ข้องอ 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 4" ตราท่อน้ำไทย	อัน	149.53	149.53	
128	ข้อต่อท่อ พีวีซี สามทาง 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2" ตราท่อน้ำไทย	อัน	4.67	4.67	
129	ข้อต่อท่อ พีวีซี สามทาง 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 3/4" ตราท่อน้ำไทย	อัน	6.54	6.54	
130	ข้อต่อท่อ พีวีซี สามทาง 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 1" ตราท่อน้ำไทย	อัน	12.15	12.15	
131	ข้อต่อท่อ พีวีซี สามทาง 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 1/4" ตราท่อน้ำไทย	อัน	16.82	16.82	
132	ข้อต่อท่อ พีวีซี สามทาง 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 1/2" ตราท่อน้ำไทย	อัน	24.30	24.30	
133	ข้อต่อท่อ พีวีซี สามทาง 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 2" ตราท่อน้ำไทย	อัน	38.32	38.32	
134	ข้อต่อท่อ พีวีซี สามทาง 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 1/2" ตราท่อน้ำไทย	อัน	82.24	82.24	
135	ข้อต่อท่อ พีวีซี สามทาง 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 3" ตราท่อน้ำไทย	อัน	146.73	146.73	
136	ข้อต่อท่อ พีวีซี สามทาง 90 องศา สำหรับใช้กับท่อรับแรงดัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 4" ตราท่อน้ำไทย	อัน	317.76	317.76	
137	ท่อระบายน้ำคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ยาว 1 เมตร ศก. 0.30 ม.	ท่อน	233.64	233.64	
138	ท่อระบายน้ำคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ยาว 1 เมตร ศก. 0.40 ม.	ท่อน	327.10	327.10	
139	ท่อระบายน้ำคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ยาว 1 เมตร ศก. 0.50 ม.	ท่อน	373.83	373.83	
140	ท่อระบายน้ำคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ยาว 1 เมตร ศก. 0.60 ม.	ท่อน	420.56	420.56	
141	ท่อระบายน้ำคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ยาว 1 เมตร ศก. 0.80 ม.	ท่อน	747.66	747.66	
142	ท่อระบายน้ำคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ยาว 1 เมตร ศก. 1.00 ม.	ท่อน	1,121.50	1,121.50	
143	ท่อระบายน้ำคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ยาว 1 เมตร ศก. 1.20 ม .	ท่อน	1,682.24	1,682.24	
144	ท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ชั้น 3 ยาว 1 เมตร ศก. 0.30 ม.	ท่อน	327.10	327.10	
145	ท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ชั้น 3 ยาว 1 เมตร ศก. 0.40 ม.	ท่อน	373.83	373.83	
146	ท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ชั้น 3 ยาว 1 เมตร ศก. 0.50 ม.	ท่อน	514.02	514.02	
147	ท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ชั้น 3 ยาว 1 เมตร ศก. 0.60 ม.	ท่อน	560.75	560.75	
148	ท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ชั้น 3 ยาว 1 เมตร ศก. 0.80 ม.	ท่อน	1,121.50	1,121.50	
149	ท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ชั้น 3 ยาว 1 เมตร ศก. 1.00 ม.	ท่อน	1,401.87	1,401.87	
150	ท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก ปากลิ้นราง ชั้น 3 ยาว 1 เมตร ศก. 1.20 ม.	ท่อน	2,056.07	2,056.07	
151	ท่อระบายน้ำซีเมนต์ใยหิน ยาว 4 เมตร ศก. 10 ซม.	ท่อน	186.92	186.92	
152	ท่อระบายน้ำซีเมนต์ใยหิน ยาว 4 เมตร ศก. 15 ซม.	ท่อน	299.07	299.07	
153	ท่อระบายน้ำซีเมนต์ใยหิน ยาว 4 เมตร ศก. 20 ซม.	ท่อน	448.60	448.60	
154	มุ้งลวดอลูมิเนียม ขนาดกว้าง 90 ซม ยาว 30 เมตร สีขาว	ม้วน	1,214.95	1,214.95	

155	กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ซีแพคโมเนีย ขนาด 33 x 42 ซม. สีแดง เทา อิฐ น้ำตาล ตราช้าง	แผ่น	14.02	14.02	
156	กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ลอนโค้ง ขนาด 34 x 44 ซม. สีธรรมดา ตราวีคอน		13.08	13.08	
157	กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ลอนโค้ง ตราเพชร	แผ่น	32.71	32.71	
158	กระเบื้องคอนกรีตลอนโค้งแม็กม่า สีแดง เทา อิฐ น้ำตาล ตรา ห้าห่วง	แผ่น	12.15	12.15	
159	ครอบสันโค้งกระเบื้องคอนกรีต สีแดง เทา อิฐ น้ำตาล ตราช้าง	แผ่น	35.75	35.75	
160	ครอบข้างกระเบื้องคอนกรีต สีแดง เทา อิฐ น้ำตาล ตราช้าง	แผ่น	35.75	35.75	
161	ครอบโค้งปิดจั่วกระเบื้องคอนกรีต สีแดง เทา อิฐ น้ำตาล ตราช้าง	แผ่น	51.64	51.64	
162	ครอบสันโค้งกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ตราเพชร	แผ่น	32.71	32.71	
163	ครอบข้างกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ตราเพชร	แผ่น	37.38	37.38	
164	ครอบข้างปิดชายกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ตราเพชร	แผ่น	42.06	42.06	
165	ครอบโค้งปิดจั่วกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ตราเพชร	แผ่น	42.06	42.06	
166	ครอบสันโค้งกระเบื้องคอนกรีตแม็กม่า สีแดง เทา อิฐ น้ำตาล ตรา ห้าห่วง	แผ่น	26.17	26.17	
167	ครอบข้างกระเบื้องคอนกรีตแม็กม่า สีแดง เทา อิฐ น้ำตาล ตรา ห้าห่วง	แผ่น	26.17	26.17	
168	ครอบข้างปิดชายกระเบื้องคอนกรีตแม็กม่า สีแดง เทา อิฐ น้ำตาล ตรา ห้าห่วง	แผ่น	34.58	34.58	
169	ครอบโค้งปิดจั่วกระเบื้องคอนกรีตแม็กม่า สีแดง เทา อิฐ น้ำตาล ตรา ห้าห่วง	แผ่น	34.58	34.58	
170	ครอบมุมกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน ลอนคู่ ขนาด 50x45 ซม. สีซีเมนต์ ตราช้าง	แผ่น	37.38	37.38	
171	เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ไม่ชุบสี ลอนเล็ก-ใหญ่ หนา 0.20 มม. เบอร์ 35 ขนาด 2.5' x 5'-10'	ฟุต	10.79	10.79	
172	กระเบื้องลอนคู่ สีเทาซีเมนต์ ขนาด 50 x 120 x 0.5 ซม ตราช้าง	แผ่น	52.34	52.34	
173	กระเบื้องลอนคู่ สีซีเมนต์ ขนาด 50 x 150 x 0.5 ซม. ตราเพชร	แผ่น	52.34	52.34	
174	กระเบื้องลอนคู่ สีซีเมนต์ ขนาด 50 x 120 x 0.5 ซม. ตราเพชร	แผ่น	39.25	39.25	
175	แผ่นไม้อัดยาง ชนิดใช้ภายใน เกรด A ขนาด 4' x 8' หนา 4 มม.	แผ่น	230.84	230.84	
176	แผ่นไม้อัดยาง ชนิดใช้ภายใน เกรด A ขนาด 4' x 8' หนา 6 มม.	แผ่น	317.76	317.76	
177	แผ่นไม้อัดยาง ชนิดภายใน ขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 6 มม.	แผ่น	313.08	313.08	
178	แผ่นไม้อัด ชนิดใช้ภายใน ชั้น 2/4 ขนาด 4' x 8' หนา 4 มม. ตราช้าง 3 เชือก	แผ่น	420.56	420.56	
179	แผ่นไม้อัด ชนิดใช้ภายนอก ชั้น 2/4 ขนาด 4' x 8' หนา 7 มม. ตราช้าง 3 เชือก	แผ่น	579.44	579.44	
180	แผ่นยิปซัม ธรรมดา ไม่มีอลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 9 มม.	แผ่น	145.79	145.79	
181	แผ่นยิปซัม ธรรมดา มีอลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 9 มม. ตราช้าง	แผ่น	210.28	210.28	
182	เหล็กแผ่นเรียบดำ หนา 2 มม. ขนาด 4' x 8' หนัก 47 กก./แผ่น	แผ่น	869.16	869.16	
183	เหล็กแผ่นเรียบดำ หนา 3 มม. ขนาด 4' x 8' หนัก 70 กก./แผ่น	แผ่น	1,415.89	1,415.89	
184	เหล็กแผ่นเรียบดำ หนา 6 มม. ขนาด 4' x 8' หนัก 140 กก./แผ่น	แผ่น	2,757.01	2,757.01	
185	กระจกใส หนา 5 มม.	ตร.ฟุต	32.71	32.71	
186	กระจกใส หนา 6 มม.	ตร.ฟุต	42.06	42.06	
187	กระเบื้องแผ่นเรียบ ขนาด 120 x 240 x 0.60 ซม. ตราช้าง	แผ่น	218.70	218.70	
188	กระเบื้องแผ่นเรียบ ขนาด 120 x 240 x 0.40 ซม. ตราช้าง	แผ่น	146.26	146.26	
189	กระเบื้องเคลือบปูพื้น ชนิดสีเรียบ ขนาด 8" x 8"	ตร.ม.	133.64	133.64	
190	กระเบื้องเคลือบปูพื้น ชนิดสีเรียบ ขนาด 12" x 12"	ตร.ม.	129.91	129.91	

191	กระเบื้องเคลือบปูพื้น ชนิดลวดลาย ขนาด 8" x 8"	ตร.ม.	167.29	167.29	
192	กระเบื้องเคลือบบุผนัง ชนิดสีเรียบ ขนาด 8" x 8"	ตร.ม.	139.25	139.25	
193	กระเบื้องเคลือบบุผนัง ชนิดสีเรียบ ขนาด 8" x 10"	ตร.ม.	161.68	161.68	
194	กระเบื้องเคลือบบุผนัง ชนิดลวดลาย ขนาด 8" x 8"	ตร.ม.	136.45	136.45	
195	กระเบื้องเคลือบบุผนัง ชนิดลวดลาย ขนาด 8" x 10"	ตร.ม.	148.60	148.60	
196	กระเบื้องยาง PVC ปูพื้น ขนาด 9 x 9 นิ้ว หนา 1.6 มม. ตราไดโนเฟลกซ์	ตร.ม.	142.06	142.06	
197	กระเบื้องยาง PVC ปูพื้น ขนาด 9 x 9 นิ้ว หนา 2.0 มม. ตราไดโนเฟลกซ์	ตร.ม.	158.88	158.88	
198	ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1" x 6" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	1,224.30	1,224.30	
199	ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1 1/2" x 6" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	1,205.61	1,205.61	
200	ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1" x 1" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	1,271.03	1,271.03	
201	ไม้เต็ง ไม่ไส ขนาด 1" x 4" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	1,086.45	1,086.45	
202	ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1/2" x 6" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	588.79	588.79	
203	ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1" x 6" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	588.79	588.79	
204	ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1" x 8" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	588.79	588.79	
205	ไม้ยาง ไม่ไส ขนาด 1 1/2" x 3" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	570.09	570.09	
206	ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1" x 6" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	579.44	579.44	
207	ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1" x 8" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	579.44	579.44	
208	ไม้กะบาก ไม่ไส ขนาด 1" x 10" ยาว 4 - 4.50 เมตร	ลบ.ฟ.	579.44	579.44	
209	สีเคลือบน้ำมันชนิดเงา ขนาด 3.785 ลิตร ตรา ที โอ เอ	กระป๋อง	481.31	481.31	
210	สีเคลือบน้ำมันชนิดด้าน ขนาด 3.785 ลิตร ตรากัปตัน	กระป๋อง	448.60	448.60	
211	สีน้ำพลาสติก ทาภายใน ขนาด 3.785 ลิตร ตรา ไอ ซี ไอ ดูลักซ์ (โฮมแมท A965)	กระป๋อง	257.01	257.01	
212	สีน้ำพลาสติก ทาภายใน ชนิดด้าน ขนาด 3.785 ลิตร ตรา ที โอ เอ (E 100)	กระป๋อง	336.45	336.45	
213	สีน้ำพลาสติก ทาภายใน ขนาด 3.785 ลิตร ตรา กัปตัน (ไวนิล แมท)	กระป๋อง	247.66	247.66	
214	สีน้ำพลาสติก ทาภายใน ชนิดด้าน ขนาด 18.925 ลิตร ตรา ที โอ เอ (E 100)	กระป๋อง	1,476.64	1,476.64	
215	สีน้ำพลาสติก ภายนอก ชนิดด้าน ขนาด 3.785 ลิตร ตรา ที โอ เอ (E 100)	กระป๋อง	457.94	457.94	
216	สีน้ำพลาสติก ภายนอก ขนาด 3.785 ลิตร ตรา ไอ ซี ไอ ดูลักซ์ (เพนทาไลท์ A921)	กระป๋อง	560.75	560.75	
217	สีน้ำพลาสติก ภายนอก ชนิดด้าน ขนาด 18.925 ลิตร ตรา ที โอ เอ (E 100)	กระป๋อง	2,046.73	2,046.73	
218	สีรองพื้นปูนใหม่ ขนาด 3.785 ลิตร ตราที โอ เอ	กระป๋อง	404.21	404.21	
219	แลกเกอร์ ชนิดเงา ขนาด 3.785 ลิตร ตรา ที โอ เอ	กระป๋อง	425.23	425.23	
220	ทินเนอร์ ขนาด 3.785 ลิตร ตรา....	กระป๋อง	149.53	149.53	
221	สีน้ำอะครีลิค 100% ภายนอก ขนาด 3.785 ลิตร ตรา ทีโอเอ (4 seasons)	กระป๋อง	364.49	364.49	
222	สีน้ำอะครีลิค 100% ภายใน ขนาด 3.785 ลิตร ตรา ทีโอเอ (4 seasons)	กระป๋อง	289.72	289.72	
223	กระดาษทรายขัดไม้ เบอร์ 0 ขนาด 9 x 11 นิ้ว ตราจระเข้ 3 ดาว	โหล	87.39	87.39	
224	กระดาษทรายขัดไม้ เบอร์ 3 ขนาด 9 x 11 นิ้ว ตราจระเข้ 3 ดาว	โหล	106.08	106.08	
225	บานประตูไม้อัดสัก ชนิดใช้ภายใน หนา 3.5 ซม. ขนาด 80 x 200 ซม.	บาน	551.40	551.40	
226	น็อตหัวกลมสำหรับงานไม้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. ยาว 6 นิ้ว	กก.	51.40	51.40	

227	ตะปูตอกไม้ ชนิดผอม ขนาด 3 นิ้ว	กก.	30.37	30.37	
228	ตะปูตอกคอนกรีต ขนาด 3" - 4"	กก.	49.07	49.07	
229	ตะปูตอกสังกะสี ขนาด 1 3/4" เบอร์ 13 ตราหัววัว	กล่อง	14.02	14.02	
230	ตะปูตอกสังกะสี ขนาด 1 3/4" เบอร์ 13	กล่อง	56.07	56.07	
231	ตะปูเกลียว ขนาด 3"	ตัว	2.57	2.57	
232	ตะปูเกลียว ขนาด 4"	ตัว	2.80	2.80	
233	ขอยึดกระเบื้อง ขนาด 6"	อัน	2.77	2.77	
234	ขอยึดกระเบื้อง ขนาด 8"	อัน	3.27	3.27	
235	บานพับเหล็ก มีไนล่อนคั่นระหว่างข้อ หนา 2 มม. ขนาด 4 x 3 นิ้ว	อัน	14.02	14.02	
236	บานพับหน้าต่างเหล็กเคลือบสังกะสี ปรับมุม ขนาด 10 นิ้ว	ชุด	62.15	62.15	
237	บานพับหน้าต่างเหล็กเคลือบสังกะสี ปรับมุม ขนาด 12 นิ้ว	ชุด	64.49	64.49	
238	กลอนอลูมิเนียม ขนาด 6 นิ้ว	อัน	24.30	24.30	
239	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนถุง ประเภท 1 ตราช้าง	ตัน	2,566.98	2,566.98	
240	ปูนซีเมนต์ผสม ปูนถุง บรรจุ 50 กก./ถุง ตราเสือ	ตัน	2,710.28	2,710.28	
241	ฟลิ้นโค้ท เบอร์ 3 ขนาด 3.5 กก. ตราเชลล์	กระป๋อง	320.10	320.10	
242	แชลแลค ชนิดเกล็ด สีเหลือง	กก.	373.83	373.83	
243	น้ำยาประสานท่อพีวีซี ชนิดธรรมดา ขนาด 250 กรัม ตราท่อน้ำไทย	กระป๋อง	115.89	115.89	
244	ทรายหยาบ ราคาท่าทราย	ลบ.ม.	280.38	280.38	
245	ทรายละเอียด ราคาท่าทราย	ลบ.ม.	415.89	415.89	
246	หินย่อย เบอร์ 1	ลบ.ม.	374.77	374.77	
247	หินย่อย เบอร์ 2	ลบ.ม.	354.68	354.68	
248	ทรายถมที่ ราคาท่าทราย	ลบ.ม.	210.28	210.28	
249	หินคลุก	ลบ.ม.	255.14	255.14	
250	หินใหญ่ คละ ขนาด 15 - 30 ซม.	ลบ.ม.	394.39	394.39	
251	ก๊อกน้ำทองเหลือง ขนาด 1/2 นิ้ว ตรา ASUMA	อัน	92.52	92.52	
252	ก๊อกน้ำทองเหลือง ขนาด 1/2 นิ้ว ตราชันวา	อัน	90.66	90.66	
253	ก๊อกน้ำบอลสนาม ขนาด 1/2 นิ้ว ตราชันวา	อัน	107.48	107.48	
254	ก๊อกอ่างล้างหน้า แบบอะคริลิค ขนาด 1/2 นิ้ว	อัน	100.47	100.47	
255	ถังซีเมนต์สำเร็จรูป กลวง สูง 33 ซม. ศก. 80 ซม.	อัน	93.46	93.46	
256	สายไฟฟ้าเดินภายในอาคาร VAF สายแบนแกนคู่ ขนาด 2 x 1.5 ตร.มม. ยาว 100 ม.	ม้วน	895.33	895.33	
257	สายไฟฟ้าเดินภายในอาคาร VAF สายแบนแกนคู่ ขนาด 2 x 2.5 ตร.มม. ยาว 100 ม.	ม้วน	1,456.08	1,456.08	
258	สายไฟฟ้า VAF สายแบนแกนคู่ แรงดัน 300 โวลท์ ขนาด 2 x 1.5 ตร.มม. ยาว 100 เมตร ตราบางกอกเคเบิล	ม้วน	981.31	981.31	
259	สายไฟฟ้า VAF สายแบนแกนคู่ แรงดัน 300 โวลท์ ขนาด 2 x 2.5 ตร.มม. ยาว 100 เมตร ตราบางกอกเคเบิล	ม้วน	1,785.05	1,785.05	
260	สายไฟฟ้า VAF สายแบนแกนคู่ แรงดัน 300 โวลท์ ขนาด 2 x 4.0 ตร.มม. ยาว 100 เมตร	ม้วน	2,701.87	2,701.87	
261	สายไฟฟ้า VFF สายแบนอ่อนแกนคู่ แรงดัน 300 โวลท์ ขนาด 2 * 2.5 ตร.มม. ยาว 100 เมตร ตราบางกอกเคเบิล	ม้วน	1,671.03	1,671.03	
262	สายเคเบิลเดินภายในอาคาร VVF สายแบนแกนคู่ ขนาด 2x1.5 ตร.มม. ยาว 100 ม.	ม้วน	1,448.60	1,448.60	

ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า

ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า

ชื่อ นามสกุล	นิคม กันทะวงค์
วัน เดือน ปี เกิด	1 กรกฎาคม 2520
ที่อยู่ปัจจุบัน	253 หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงคำ อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
ที่ทำงานปัจจุบัน	เทศบาลตำบลป่าง้ิว ตำบลป่าง้ิว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย 57180
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	นายช่างโยธาชำนาญงาน

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2559	นายช่างโยธา เทศบาลตำบลป่าง้ิว อ. เวียงป่าเป้า จ. เชียงราย
พ.ศ. 2557	นายช่างโยธา เทศบาลตำบลเมืองพาน อ. พาน จ.เชียงราย
พ.ศ. 2554	เจ้าพนักงานประปา เทศบาลตำบลเวียงสรวย อ. แม่สรวย จ. เชียงราย
พ.ศ. 2551	นายช่างโยธา เทศบาลตำบลแม่สรวย อ. แม่สรวย จ.เชียงราย
พ.ศ. 2547	ช่างโยธา เทศบาลตำบลแม่สรวย อ. แม่สรวย จ. เชียงราย

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2557	พธ.บ. (การบริหารรัฐกิจ), มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย
พ.ศ. 2545	อส.บ. (การบริหารงานก่อสร้าง), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผลงานตีพิมพ์

ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

นิคม กันทะวงค์ (ผู้บรรยาย). (11–12 มิถุนายน 2559). การศึกษาความเป็นไปได้การใช้วัสดุในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง: กรณีศึกษา ตำบลป่าง้ิว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย. ใน **การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2.** (หน้า 270–276). พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา.

ผลงานการตีพิมพ์อื่น ๆ

-