กรมชลประทาน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เอกสารเผยแพร่ของผลงาน

เรื่อง

การศึกษาการป้องกันการกัดเซาะตลิ่งด้วยกล่องลวดตาข่าย กรณีศึกษา:งานก่อสร้างโครงการระบบระบายพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

(2560)

โดย

นายสมพร ภู่ศิริ

ตำแหน่งวิศวกรชลประทานชำนาญการพิเศษ (ตำแหน่งเลขที่ 4903)

สำนักงานชลประทานที่ 16

เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมชลประทาน

(ด้านการพัฒนาแหล่งน้ำและจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสำนักงานชลประทานที่ 16)

วิศวกรชลประทานเชี่ยวชาญ

(ตำแหน่งเลขที่ 4903)

สำนักงานชลประทานที่ 16

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	
บทคัดย่อ	
สารบัญ	
สารบัญตาราง	
สารบัญรูป	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความจำเป็นและเหตุผล	1
1.2 เหตุผลความจำเป็นและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตและรายละเอียดของการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	1
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเขื่อนป้องกันตลิ่ง	2
2.1 พื้นฐานของแม่และธรรมชาติการไหลของแม่น้ำ	2
2.2 การพังทลายของตลิ่ง	7
2.3 ลักษณะการพังทลายของตลิ่ง	14
2.4 ส่วนประกอบของเขื่อนป้องกันตลิ่ง	17
2.5 ชนิดของเขื่อนป้องกันตลิ่ง	19
บทที่ 3 ขั้นตอนการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง	29
3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน	29
3.2 การนำความรู้เชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในงาน	30
3.3 การนำความรู้ด้านอื่นมาประยุกต์กับงานวิศวกรรม	49

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 4 กรณีศึกษา	50
บทที่ 5 ภาพถ่ายโครงการ	53-68
บทที่ 6 แผนที่โครงการ	70
บรรณานุกรม	71

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงความเร็วสูงสุดที่ยอมให้ในทางน้ำตามชนิดของดิน	36
2	แสดงความลาดด้านข้างของทางน้ำที่ขุดในดินชนิดต่างๆ	37
3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและอัตราการสูบของปั๊ม	40
4	แสดงค่าความแข็งแรงเฉือนของดินเม็ดละเอียด(Cohesive Soils)	43
5	แสดงค่าความแข็งแรงเฉือนของดินเม็ดละเอียด(Cohesionless Soils)	44
6	แสดงค่าความแข็งแรงเฉือนของมวลดินประสิทธิผลของมวลดิน (Bert Look,2007)	44
7	แสดงความเร็วมาที่สุดของน้ำที่ยอมให้ไม่เกิดการกัดเซาะดิน	48

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	รูปแบบต่างๆของลำน้ำ	4
2	แสดงลักษณะการกัดเซาะและการทับถมของตะกอนในโค้งลำน้ำ	5
3	รูปตัดของโค้งลำน้ำแต่ละประเภท	6

4	แสดงการไหลลัด	7
5	ตัวอย่างแสดงรูปตัดของโค้งลำน้ำที่มีตลิ่งเป็นแบบผสม	8
6	แสดงตัวอยางการพังทลายเนื่องจากกัดเซาะของตลิ่ง	8
7	รูปตัดลำน้ำและการกัดเซาะจากสาเหตุต่างๆ	9
8	แสดงผลของระยะทางเปิดที่มีผลต่อการกัดเซาะลำน้ำจากคลื่นลม	10
9	กลไกการวิบัติของตลิ่งเนื่องจากการขาดเสถียรภาพของความลาด	12
10	การพังทลายบริเวณผิวลาด	13
11	การพังทลายเป็นระนาบ	14
12	การพังทลายแบบเลื่อนหมุน	14
13	การพังทลายของตลิ่งแบบผสม	15
14	การป้องกันตลิ่งโดยใช้เขื่อนป้องกันตลิ่ง	16
15	การป้องกันตลิ่งโดยใช้ Deflector	17
16	ส่วนประกอบของเขื่อนป้องกันตลิ่ง	18
17	การป้องกันการกัดเซาะฐานเขื่อน(ก) (ข)	19
18	โครงสร้างบดทับหน้าตลิ่ง	20
19	ตัวอย่างวัสดุที่ใช้เป็นชั้นป้องกันการกัดเซาะ	21
20	เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gravity Wall	22
21	เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Retaining Wall	23
22	เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Sheet-Piling Wall	23
23	เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Sheet-Piling Wall รูปแบบต่างๆ	25
24	เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Relieving PlatForm	26
25	เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบเสริมกำลังของดิน	27

26	เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบเป็นคอก	27
27	เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดอาศัยธรรมชาติ	28
28	แสดงการขุด (Cutting) ในขณะสิ้นสุดการขุดบอกอสราง (End of Construction) และภายหลังการขุดบอกอสรางในระยะยาว (Long Term Condition)	42
29-36	ก่อนการก่อสร้าง	53-56
37-44	ระหว่างการก่อสร้าง	57-60
45-52	ก่อสร้างเสร็จ	61-68
53	โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดนตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล	70

คำนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นการจัดทำเอกสารวิชาการ เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันการกัดเซาะตลิ่ง โดยใช้กล่องลวดตาข่ายและใช้ โครงการก่อสร้างระบบระบายพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล เป็นกรณีศึกษา โดยสภาพภูมิประเทศในเขตภาคใต้ ลำคลองต่างๆจะมีลักษณะไม่กว้างมากนัก แนวลำคลองโค้งคดเคี้ยว มีความลาดท้องคลองค่อนข้างมาก ทำให้เมื่อมีฝนตกลงมาในปริมาณมากๆ หรือในช่วงฤดูฝนกระแสน้ำจะไหลเร็ว ทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณริมตลิ่งชำรุดเสียหายเป็นประจำ จึงจำเป็นต้องพิจารณาหาแนวทางป้องกันน้ำกัดเซาะตลิ่ง โดยปกติแล้วการป้องกันตลิ่งจากการกัดเซาะของน้ำมีหลายวิธี แต่ในเอกสารฉบับนี้ จำเสนอการใช้กล่องลวดตาข่ายเป็นอุปกรณ์ในการป้องกันตลิ่งจากการกัดเซาะที่เกิดจากกระแสน้ำ และใช้โครงการก่อสร้างระบบระบายพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล เป็นกรณีศึกษา และเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้งานที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ต่อไป

นายสมพร ภู่ศิริ
วิศวกรชลประทานชำนาญการพิเศษ

บทคัดย่อ

การศึกษาการป้องกันการกัดเซาะตลิ่งโดยใช้กล่องลวดตาข่ายและใช้ โครงการก่อสร้างระบบระบายพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล เป็นกรณีศึกษา

จากสภาพภูมิประเทศของภาคใต้ ลำคลองต่างๆ ส่วนมากจะเป็นคลองที่มีความกว้างไม่มาก แนวลำคลองมักจะโค้ง คดเคี้ยว มีความลาดชันของท้องคลองค่อนข้างมาก ซึ่งเมื่อมีฝนตกหนักลงมาเมื่อน้ำไหลลงสู่ลำคลอง กระแสน้ำในลำตลองจะไหลเร็วและมีความรุนแรงพอสมควร ทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณริมตลิ่งที่โค้ง คดเคี้ยว พลังทลายเสียหายเป็นประจำ จึงจำเป็นต้องพิจารณาหาแนวทางป้องกันน้ำกัดเซาะตลิ่ง โดยปกติแล้วการป้องกันตลิ่งจากการกัดเซาะของน้ำมีหลายวิธี แต่ในที่นี้ จะเสนอแรวทางการใช้กล่องลวดตาข่ายเป็นอุปกรณ์ในการป้องกันตลิ่งจากการกัดเซาะที่เกิดจากกระแสน้ำ และใช้โครงการก่อสร้างระบบระบายพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล เป็นกรณีศึกษา และเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้งานที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ต่อไป

1. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) เพื่อศึกษาประเภทการกัดเซาะตลิ่งที่เกิดจากกระแสน้ำ

2) เพื่อศึกษาการใช้กล่องลวดตาข่ายในการป้องกันการกัดเซาะตลิ่ง

2. สรุปสาระสำคัญของงาน

เป็นการศึกษาการเกิดการกัดเซาะตลิ่งจากกระแสน้ำในรูปแบบต่างๆ และวิธีการป้องกันการกัดเซาะโดยใช้กล่องลวดตาข่ายและมีกรณีศึกษาการใช้งานจริงประกอบ

3. ประโยชน์ของผลงาน

1.) ได้ทราบรูปแบบการเกิดการกัดเซาะตลิ่งที่เกิดจากกระแสน้ำ

2.) ได้ทราบวิธีป้องกันการกัดเซาะตลิ่ง

3.) การป้องกันการกัดเซาะตลิ่งด้วยลวดตาข่าย และตัวอย่างที่สามารถนำไปปรับใช้ในพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

บทที่ 1

บทนำ

1. เหตุผลความจำเป็น

พื้นที่ในภาคใต้ที่ประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำทุกปี ปัญหาหนึ่งที่ตามมาคือน้ำกัดเซาะตลิ่งลำคลองต่างๆ พังทลายเสียหาย ทำให้ทรัพย์สินโดยเฉพาะบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ใกล้กับตลิ่งได้รับความเสียหายเป็นอย่างมาก จึงสมควรที่จะศึกษารูปแบบการเกิดการกัดเซาะตลิ่งในรูปแบบต่างๆ พร้อมวิธีการป้องกันการกัดเซาะในรูปแบบต่างๆ ที่จะสามารถช่วยป้องกันและหรือบรรเทาการพังทลายของตลิ่ง

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) เพื่อศึกษาประเภทการกัดเซาะตลิ่งที่เกิดจากกระแสน้ำ

2) เพื่อศึกษาการใช้กล่องลวดตาข่ายในการป้องกันการกัดเซาะตลิ่ง

3. สรุปสาระสำคัญของงาน

เป็นการศึกษาการเกิดการกัดเซาะตลิ่งจากกระแสน้ำในรูปแบบต่างๆ และวิธีการป้องกันการกัดเซาะโดยใช้กล่องลวดตาข่ายและมีกรณีศึกษาการใช้งานจริงประกอบ

4. ประโยชน์ของผลงาน

1.) ได้ทราบรูปแบบการเกิดการกัดเซาะตลิ่งที่เกิดจากกระแสน้ำ

2.) ได้ทราบวิธีป้องกันการกัดเซาะตลิ่ง

3.) การป้องกันการกัดเซาะตลิ่งด้วยลวดตาข่าย และตัวอย่างที่สามารถนำไปปรับใช้ในพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

บทที่ 2

ความรูเบื้องตนเกี่ยวกับเขื่อนปองกันตลิ่ง

เอกสารในสวนนี้จะกลาวถึงธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงของลำน้ำที่มีผลตอเสถียรภาพของตลิ่ง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ เกิดขึ้นจากกลไกตามธรรมชาติอันไดแก การกัดเซาะ และการทับถมของตะกอน จากนั้นจะอธิบายถึงสาเหตุการ พังทลายของตลิ่งอันประกอบดวย 2 สาเหตุหลัก คือ การกัดเซาะ และการขาดเสถียรภาพของตลิ่ง เมื่อทราบถึงสาเหตุ การพังทลายแลว ทำใหผูที่เกี่ยวของสามารถเลือกวิธีการหรือรูปแบบการปองกันการพังทลายไดอยางเหมาะสม ซึ่ง วิธีการดังกลาวมีอยูดวยกันหลายวิธีแตในที่นี้จะเนนเฉพาะในสวนของการปองกันโดยใชเขื่อนปองกันตลิ่ง และทายที่สุด จะอธิบายสวนประกอบพื้นฐานและชนิดของเขื่อนปองกันตลิ่ง พรอมกับพิจารณาขอดีและขอเสียของเขื่อนแตละชนิด เพื่อเปน ขอมูลเบื้องตนสำหรับการศึกษาในสวนอื่นตอไป

2.1 พื้นฐานของแมและธรรมชาติการไหลของแมน้ำ

ธรรมชาติของแมน้ำมีการเคลื่อนไหวและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ไมวาจะเปนการเปลี่ยนแปลงรูป รางของลำน้ำ ลักษณะ และขนาดของหนาตัด หรือความลาดเอียงของทองน้ำ ซึ่งการเปลี่ยนแปลง ดังกลาวอาจกอใหเกิดปญหาและสรางความ เดือดรอนตอประชาชนที่อาศัยและใชพื้นที่ในบริเวณแนวตลิ่งทั้งทางตรงและทางออม อีกทั้งในบางกรณีการเปลี่ยนแปลง ดังกลาวอาจกอใหเกิดเปนขอพิพาท และ สงผลกระทบตอความมั่นคงของประเทศได ดังนั้นจึงมีความจำเปนที่จะตอง ดำเนินการปองกันหรือควบคุมไมใหเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของแมน้ำดังกลาว

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงของแมน้ำ

แมน้ำสามารถจำแนกออกไดตามสภาพธรณีวิทยาไดเปนแมน้ำในระยะเริ่มแรก (Young Rivers) แมน้ำที่พัฒนาแลว (Mature Rivers) และแมน้ำที่มีอายุมาก (Old Rivers) แมน้ำทั้งสามประเภทมีการเคลื่อนไหวและเปลี่ยนแปลงอยู ตลอดเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกลาวมีทั้งอยางคอยเปนคอยไป และการเปลี่ยนแปลงอยางรวดเร็วที่สามารถ สังเกตเห็นไดชัดเจน แมน้ำในระยะเริ่มแรกเปนแมน้ำที่เกิดขึ้นในบริเวณหุบเขาที่มีรูปรางลักษณะคลายตัววี (V-Shaped Valleys) และมีความลาดชันสูง โดยทั่วไปแมน้ำดังกลาวมีรูปรางที่ไมสม่ำเสมอ และอยูในขบวนการที่กำลังมีการ เปลี่ยนแปลง สามารถพบเห็นแกง (Rapids) และน้ำตก (Falls) ในแมน้ำประเภทนี้ สวนแมน้ำที่พัฒนาแลวเกิดขึ้นใน

บริเวณหุบเขาที่กวางและมีความลาดชันไมสูงนัก แมน้ำประเภทนี้คอนขางจะมีเสถียรภาพ และมีหนาตัดที่เพียงพอที่จะ นำพาตะกอนในลำน้ำได สวนแมน้ำที่มีอายุมากนั้นพบไดในบริเวณหุบเขาที่มีพื้นที่กวางมากและมีความ

ลาดชันแบนราบ มีสันฝงแมน้ำ (Levees) เกิดขึ้นตามแนวตลิ่ง และบอยครั้งจะพบที่ราบน้ำทวมถึงเปนบริเวณกวาง (Wide Floodplain Areas) และลุมน้ำขัง (Swamps) ที่อยูบริเวณดานหลังสัน ฝงแมน้ำดวย การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญของแมน้ำทั้งสามประเภทดังกลาวขางตน ไดแก การเปลี่ยนแปลงรูปราง และขนาดของหนาตัดลำน้ำ ความลาดเอียงของทองน้ำ ชนิดและขนาดของวัสดุ ทองน้ำและตลิ่ง และรูปรางของลำน้ำ โดยองคประกอบที่สำคัญตอการเปลี่ยนแปลงดังกลาว ไดแก ปริมาณการไหล และปริมาณตะกอน

(1) ปริมาณการไหลของน้ำในแมน้ำมีผลโดยตรงตอการเปลี่ยนแปลงรูปรางและขนาดของหนาตัดลำน้ำ กลาวคือ ถาปริมาณการไหลสูง ความเร็วกระแสน้ำก็จะสูงขึ้นตาม อัตราการกัดเซาะตลิ่งหรือทองน้ำเปนไป อยางรุนแรง ลำน้ำจะขยายหนาตัดใหมีขนาดใหญขึ้น ซึ่งการขยายหนาตัดเปนไดทั้งการขยายความกวาง และความลึก แตในทางกลับกัน หากปริมาณการไหลของน้ำลดลง จะเกิดแนวโนมการเปลี่ยนแปลงไปใน ทิศทางตรงกันขาม ความกวางของลำน้ำจะแคบลง การสะสมของตะกอนทองน้ำจะเพิ่มมากขึ้น แตการ เปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้จะคอยเปนคอยไป ไมเกิดขึ้นรวดเร็วเหมือนกับในลักษณะแรก

(2) ปริมาณตะกอนในลำน้ำมีผลโดยตรงตอเสถียรภาพและการเปลี่ยนแปลงรูปรางและความคดเคี้ยวของลำน้ำ กลาวคือ ถาปริมาณตะกอนในลำน้ำสูง แนวโนมที่จะเกิดการตกตะกอนในลำน้ำเปนไปไดมาก ทำใหลำน้ำ ตื้นเขิน ซึ่งกลไกธรรมชาติจะพยายามหาทางปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพื่อใหเกิดความสมดุล บริเวณที่มีการตกตะกอนในลำน้ำ ไดแก ชวงที่มีการลดความลาดเอียงของทองน้ำอยางรวดเร็ว ชวงที่มีการขยายความ กวางของลำน้ำ หรือบริเวณปากลำน้ำ เปนตน การเปลี่ยนแปลงหรือการเคลื่อนไหวของแมน้ำเปนเรื่องที่เกิดขึ้นอยางปกติ ความไมสม่ำเสมอของธรรมชาติเพียง เล็กนอยก็สามารถทำใหแมน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงได แตในบางครั้งแมน้ำอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงที่นอยมากหรือแทบ จะไมมีการเปลี่ยนแปลงเลย ซึ่งเรียกสภาพของแมน้ำดังกลาววา สภาพสมดุล ซึ่งจะเกิดขึ้นไดก็ตอเมื่อ ปริมาณการไหล ของน้ำในลำน้ำเพียงพอที่จะทำใหเกิดการนำพาตะกอน และไมเกิดการกัดเซาะตลิ่งหรือทองน้ำ

2.1.2 รูปรางของลำน้ำ (Channel Configurations)

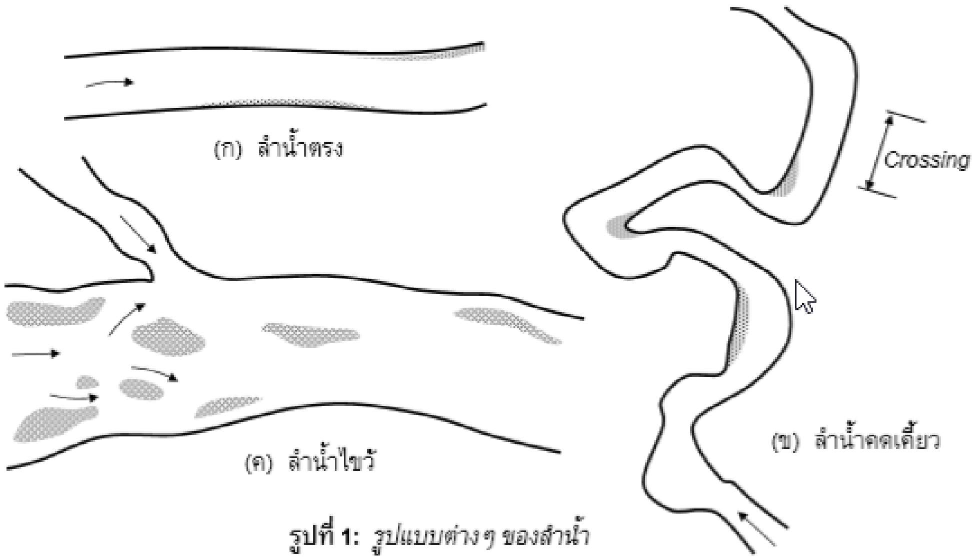
โดยทั่วไปรูปรางหรือเสนทางของลำน้ำสามารถจำแนกออกไดเปน 3 รูปแบบดวยกัน คือ

(1) ลำน้ำตรง (Straight Channels) (รูปที่ 1-ก) ไดแก ลำน้ำระหวางหุบเขาที่มีความลาดชันสูง สำหรับแมน้ำที่ราบลุม ปากแมน้ำจะไมไดพบเห็นสวนที่เปนลำน้ำตรงมากนักเวนแตจะเปนชวงสั้นๆ ที่เชื่อมตอระหวางโคงน้ำ

(2) ลำน้ำคดเคี้ยวหรือโคงตวัด (Meandering Channels) (รูปที่ 1-ข) ประกอบดวยโคงลำน้ำหลายๆ โคง สลับไปมา แตละโคงเชื่อมตอดวยลำน้ำตรงชวงสั้นๆ ที่เรียกวา Crossing หนาตัดของลำน้ำในสวนของ

Crossing จะเปนหนาตัดรูป สี่เหลี่ยม ซึ่งตางกับหนาตัดรูปสามเหลี่ยมของลำน้ำที่บริเวณโคงลำน้ำ ความคดเคี้ยวทำใหลำน้ำมีความยาวมากขึ้น ความลาดชันของลำน้ำประเภทนี้คอนขางจะแบนราบ

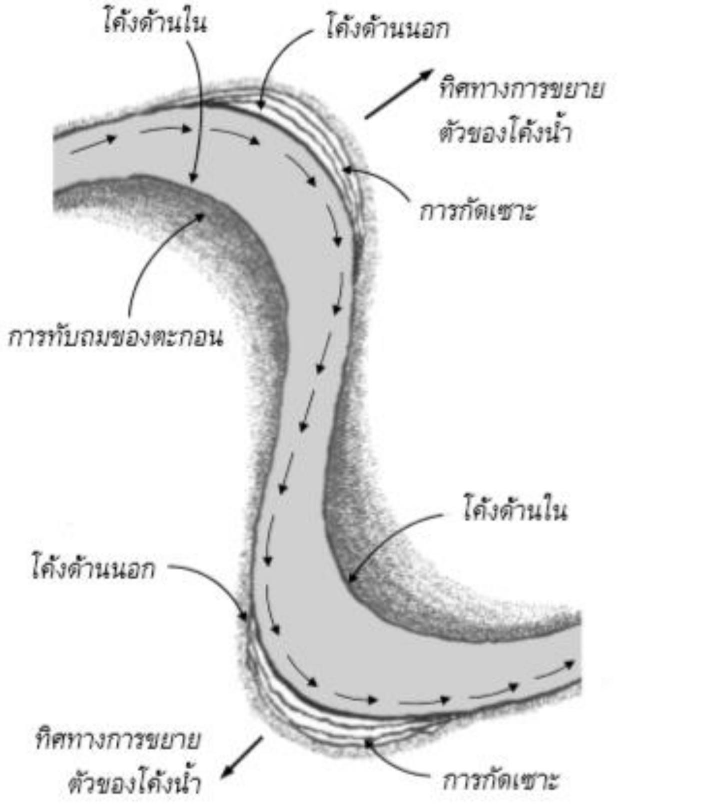
(3) ลำน้ำไขว (Braided Channels) (รูปที่ 1-ค) ในกรณีของแมน้ำที่มีตะกอนทองน้ำเปนทรายหรือกรวด และเกิดการ ทับถมเปนเนินตะกอนที่ทองน้ำ ถาเนินดังกลาวมีขนาดใหญจะทำใหการไหลของลำน้ำเปนในลักษณะไขว คือ ประกอบดวยลำน้ำเล็กจำนวนมาก เมื่ออัตราการไหลนอย อาจมีการไหลในลำน้ำเล็กเพียง 2 ถึง 3 สาย ไหลไขวไปมา ระหวางเนินตะกอน แตเมื่อมีอัตราการไหลสูง จะมีน้ำหลากไหลทวมเนินดังกลาว และพัดพาตะกอนไปกับกระแสน้ำ ลำ น้ำในลักษณะนี้จะกวาง มีแนวตลิ่งที่ไมชัดเจน และมีปริมาณตะกอนสูงซึ่งอาจกอใหเกิดปญหาการคมนาคมทางน้ำ



รูปที่ 1: *รูปแบบต่าง ๆ ของลำน้ำ*

2.1.3 ความโคงของลำน้ำ

กระบวนการกัดเซาะในโคงลำน้ำเปนสาเหตุสำคัญที่ทำใหเกิดการเปลี่ยนแปลงลำน้ำในแนวราบ กลาวคือ เมื่อน้ำไหล ผานโคงน้ำจะเกิดแรงสูศูนยกลางขึ้น ทำใหเกิดการยกระดับของผิวน้ำบริเวณโคง ดานนอก และลดระดับที่บริเวณโคง ดานใน การที่ระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้ทำใหเกิดการไหลในแนวขวางกับหนาตัดลำน้ำและมีลักษณะหมุนวนที่

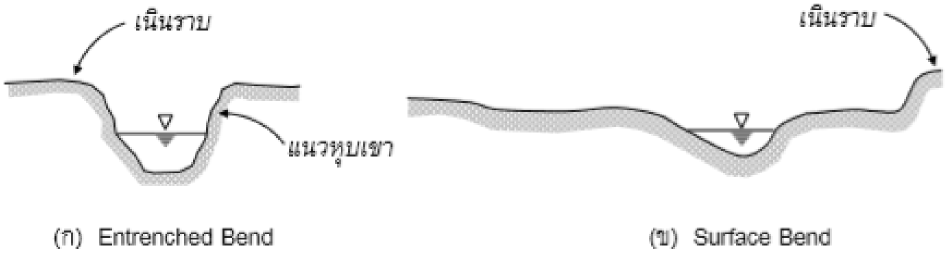


รูปที่ 2: *แสดงลักษณะการกัดเซาะและการทับถมของตะกอนในโค้งลำน้ำ*

เรียกวา Helical Spiral การหมุนวนนี้ทำใหเกิดการกัดเซาะบริเวณตีนตลิ่งดานนอก และพัดพาดินตะกอนมาทับถมเปน เนินทรายที่บริเวณทองตลิ่งดานใน ทำใหโคงน้ำมีการขยายตัวทางดานขาง ดังแสดงในรูปที่ 2 สำหรับแมน้ำบางแหงการ ตกตะกอนในลักษณะดังกลาวอาจทำใหเกิดเปนเกาะกลางลำน้ำขึ้นได การกำหนดความโคงของลำน้ำวามากหรือนอยเพียงใดนั้นไดอาศัยคาความคด (Sinuousity) เปนตัวกำหนด ซึ่งคา ดังกลาวเปนอัตราสวนความยาวลำน้ำ (Channel Length) ตอความยาวรองคลื่น (Valley Length) คาความคดของลำน้ำ ตรงมีคาเทากับ 1 สวนลำน้ำที่มีคาความคดเกินกวา 1.5 ถือวาเปนลำน้ำที่มีความโคงมาก ความโคงของลำน้ำแบงออกเปน 2 ประเภท คือ

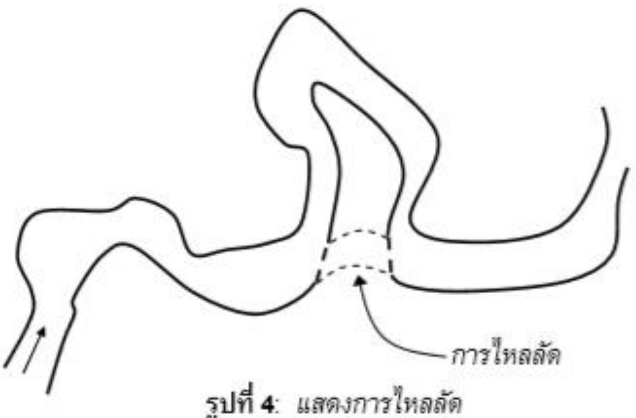
(1) โคงน้ำอยูตัว (Entrenched Bend) (รูปที่ 3-ก) โดยทั่วไปเกิดขึ้นในบริเวณตนลำน้ำ เปนโคงที่มีการกัดเซาะจนถึง ชั้นดินแข็ง มีเสนทางลัดเลาะไปตามแนวของหุบเขา และเปนโคงที่มีเสถียรภาพ การเปลี่ยนเสนทางการไหลเปนไปได นอย

(2) โคงน้ำผิวบน (Surface Bend) (รูปที่ 3-ข) ไดแก โคงน้ำที่ตลิ่งและทองน้ำมีความตานทานตอการกัดเซาะต่ำรูปรางของลำน้ำมีลักษณะคดเคี้ยว สวนใหญเกิดขึ้นกับ alluvial rivers



รูปที่ 3: *รูปตัดของโค้งน้ำแต่ละประเภท*

การเปลี่ยนแปลงลักษณะของโคงน้ำจะถูกจำกัดโดยกลไกตามธรรมชาติของลำน้ำที่เรียกวา การไหลลัด หรือ การตัดโคง (Cutoffs) กลาวคือ เมื่อโคงลำน้ำมีการขยายตัวทางดานขาง ทำใหความยาวของลำน้ำเพิ่มมากขึ้น ความลาดเอียงของ ทองน้ำจะลดลง การตกตะกอนจะเปนไปอยางตอเนื่องและสะสมมากขึ้น ทำใหลำน้ำตื้นเขิน ธรรมชาติจะพยายาม ปรับตัวเพื่อใหเกิดชองทางการไหลที่สะดวกขึ้น จึงเกิดการเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของลำน้ำในลักษณะของการไหลลัด ซึ่งเปนเสนทางใหมชวงสั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 4 นอกจากการเกิดรูปแบบลำน้ำใหมในลักษณะทางลัดน้ำขางตนแลว ยังมีรูปแบบการเกิดลำน้ำใหมอีก 2 ลักษณะ คือ Chute Cutoffs และ Avulsions ซึ่งเกิดขึ้นกับลำน้ำที่มีปริมาณตะกอนสูง ชวงที่ลำน้ำมีความลาดชันลดลง หรือ รอง คลื่นมีการขยายตัวกวางขึ้น การตกตะกอนจะเปนไปอยางตอเนื่องทำให ลำน้ำตื้นเขิน และลำน้ำจะพัฒนาหาชองทางของการไหลใหม ซึ่งอาจเปนการไหลผานดานหลังของตะกอนทราย (Point Bars) ในกรณีของ Chute Cutoffs หรือ การเปลี่ยนเสนทางการไหลของลำน้ำ ที่ไหลผานพื้นที่ราบลุม ในกรณีของ Avulsions หลังจากการเกิด Cutoffs และ Avulsions การไหลใน รองน้ำเดิมจะคอยๆ ลดลงพรอมๆ กับการตกตะกอนเพิ่มมาก ขึ้น ในที่สุดลองน้ำเดิมจะตื้นเขิน สำหรับทางเดินของลำน้ำใหมจะเปนชวงสั้นๆ มีความลาดเอียงที่ชัน กระแสน้ำไหล อยางรุนแรง อาจทำใหเกิดการกัดเซาะอยางรวดเร็ว ทำใหลำน้ำใหมมีความกวางและลึกเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ที่บริเวณ ปลายน้ำของลำน้ำใหมเชื่อมตอกับลำน้ำเดิมจะมีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง ทำใหเกิดการกระแทกและไหลวน การกัดเซาะ บริเวณสวนตอนี้จึงคอนขางรุนแรง



รูปที่ 4: แสดงการไหลลัด

2.2 การพังทลายของตลิ่ง

ในสวนนี้จะเปนการกลาวถึงรายละเอียดและกระบวนการที่เกี่ยวของกับการพังทลายของตลิ่ง รวมถึงสาเหตุและลักษณะ ของการพังทลายโดยสังเขป เพื่อเปนขอมูลพื้นฐานแกผูที่เกี่ยวของในการศึกษาและประเมินสาเหตุการพังทลายของตลิ่ง ไดอยางถูกตอง อันจะนำไปสูการแกไขปญหาที่เหมาะสมตอไป

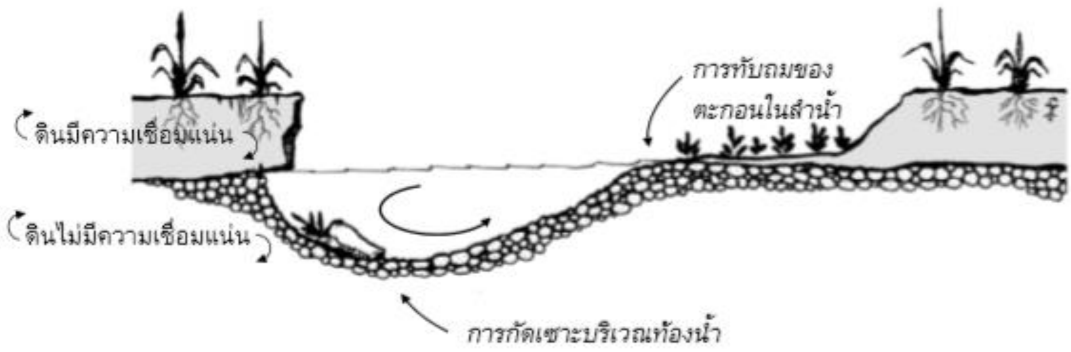
2.2.1 ประเภทของตลิ่ง

ตลิ่งของลำน้ำตางๆ สามารถจำแนกออกไดเปน 3 ประเภทตามลักษณะของดินไดดังตอไปนี้

(1) ตลิ่งที่มีความเชื่อมแนน (Cohesive Banks) เปนตลิ่งที่ประกอบจากดินประเภทที่มีความเชื่อมแนน (Cohesive Soil) หรือดินเหนียวเปนสำคัญ ตลิ่งประเภทนี้มีความตานทานตอการกัดเซาะเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำไดดี

(2) ตลิ่งที่ไมมีความเชื่อมแนน (Non-Cohesive Banks) เปนตลิ่งที่ประกอบจากดินประเภทที่ไมมีความเชื่อมแนน (Non-Cohesive Soil) เชน ทราย หรือกรวด การยึดเหนี่ยวระหวาง อนุภาคของเม็ดดินอาศัยเพียงแรงเสียดทานระหวาง อนุภาคเปนหลัก ตลิ่งประเภทนี้มีความตานทาน ตอการกัดเซาะเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำต่ำ

(3) ตลิ่งแบบผสม (Composite Banks) เปนตลิ่งที่พบเห็นไดทั่วไปในแมน้ำที่มีการนำพาตะกอน ตลิ่งประเภทนี้ ประกอบดวยดินที่มีความเชื่อมแนนและไมมีความเชื่อมแนนวางตัวเปนชั้นๆ ดังในรูปที่ 5 ที่แสดงตัวอยางรูปตัดของโคง ลำน้ำที่มีตลิ่งเปนแบบผสม ชั้นลางของตลิ่งเปนดินประเภทที่ไมมีความเชื่อมแนนที่ถูกกัดกรอนและพัดพาไดงาย เชน ทราย หรือกรวด สวนชั้นบนของตลิ่งเปนดินประเภทที่มีความเชื่อมแนน เชน ดินเหนียว ซึ่งเกิดจากการตกตะกอนและ ทับถมของอนุภาคละเอียดจากการไหลหลากของน้ำบนผิวดิน



รูปที่ 5: *แสดงตัวอย่างรูปตัดของโค้งลำน้ำที่มีตลิ่งเป็นแบบผสม*

2.2.2 สาเหตุการพังทลายของตลิ่ง

สาเหตุการพังทลายของตลิ่งสามารถจำแนกออกไดเปน 3 สาเหตุ ดังนี้

(1) การกัดเซาะตลิ่ง (Bank Erosion) การกัดเซาะเปนการกระทำที่เกิดขึ้นจากการไหลของน้ำผานผิวตลิ่ง ซึ่งการไหล ของน้ำทำให้เกิดหนวยแรงเฉือนกระทำกับผิวตลิ่ง หากหนวยแรงดังกลาวมีขนาดสูงเกินกวากำลังต้านทานแรงเฉือนของ ผิวดิน จะเกิดการพัดพาหรือกัดเซาะเอาผิวดินไหลหลุดออกไปได้ การกัดเซาะนี้เกิดขึ้นได้ทั้งบริเวณลาดตลิ่งและทองน้ำ การกัดเซาะท้องน้ำบริเวณตีนตลิ่งเปนสาเหตุสำคัญที่ทำใหตลิ่งเกิดการพังทลาย และสงผลตอการเปลี่ยนแปลงหน้าตัด และทิศทางการไหลของแมน้ำ นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณตะกอนในลำน้ำเพิ่มสูงขึ้นดวย

รูปที่ 6: แสดงตัวอยางการพังทลายเนื่องจากกัดเซาะของตลิ่ง

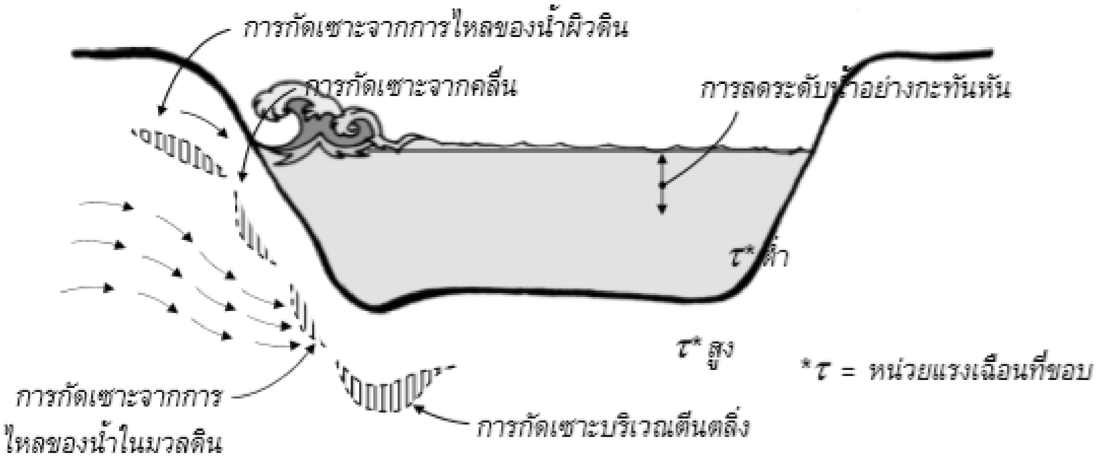
(2) การขาดเสถียรภาพทางเทคนิคธรณี (Geotechnical Instabilities) การพังทลายของตลิ่งจากการขาด เสถียรภาพเกิดขึ้นเมื่อกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินไม่เพียงพอที่จะต้านหน่วยแรงที่กระทำกับตัวตลิ่งได้ สาเหตุการ พังทลายของตลิ่งเนื่องจากการขาดเสถียรภาพที่สำคัญ ได้แก่ (ก) การลดระดับน้ำในลำน้ำอย่างกะทันหัน ทำให้แรงดันน้ำในดินสูง กำลังของดินลดลง (ข) ตลิ่งที่มีชั้นดินทรายบางๆอาจเกิดแรงดันน้ำในมวลดินสูง จนเกิดการกัดเซาะเม็ดดินออกเป็นโพรง (Piping) ส่งผลให้ดินส่วนบนพังทลายตามลงมา (ค) แรงตึงผิว (Capillary) สามารถทำให้ตลิ่งประเภทดินทรายมีความชันสูงกว่าความชันธรรมชาติของตัวตลิ่งได้ แต่เมื่อตลิ่งแห้งตัว แรงตึงผิวดังกล่าวจะหายไป ทำให้ตลิ่งขาดเสถียรภาพและพังทลายลงมา

(3) การพังทลายของตลิ่งในรูปแบบที่ (1) และ (2) รวมกัน การพังทลายของตลิ่งส่วนใหญ่เริ่มเกิดจากการกัดเซาะ และผลจากการกัดเซาะทำให้ตลิ่งขาดเสถียรภาพและพังทลายลงมา

2.2.2.1 การกัดเซาะตลิ่ง

การกัดเซาะตลิ่งเกิดขึ้นเมื่อแรงกัดเซาะเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำเกินกว่าแรงต้านทานของดินริมตลิ่ง ทำให้เม็ดดิน ถูกพัดพาไหลหลุดออกมา อันอาจจะนำไปสู่การพังทลายของตลิ่งได้ สาเหตุการกัดเซาะของตลิ่งที่สำคัญสามารถจำแนก ได้ดังต่อไปนี้

(1) การกัดเซาะเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำ (Erosion by Current Flow) ความรุนแรงของกระแสน้ำขึ้นอยู่กับ ปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณการไหลของน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำ ขนาดและความลาดเอียงของลำน้ำ รวมทั้งรูปร่าง ความคดเคี้ยวของลำน้ำก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการกัดเซาะ ลำน้ำที่มีความคดเคี้ยวมากการกัดเซาะจะเป็นไปอย่าง รุนแรง



รูปที่ 7: *รูปตัดลำน้ำและการกัดเซาะจากสาเหตุต่างๆ*

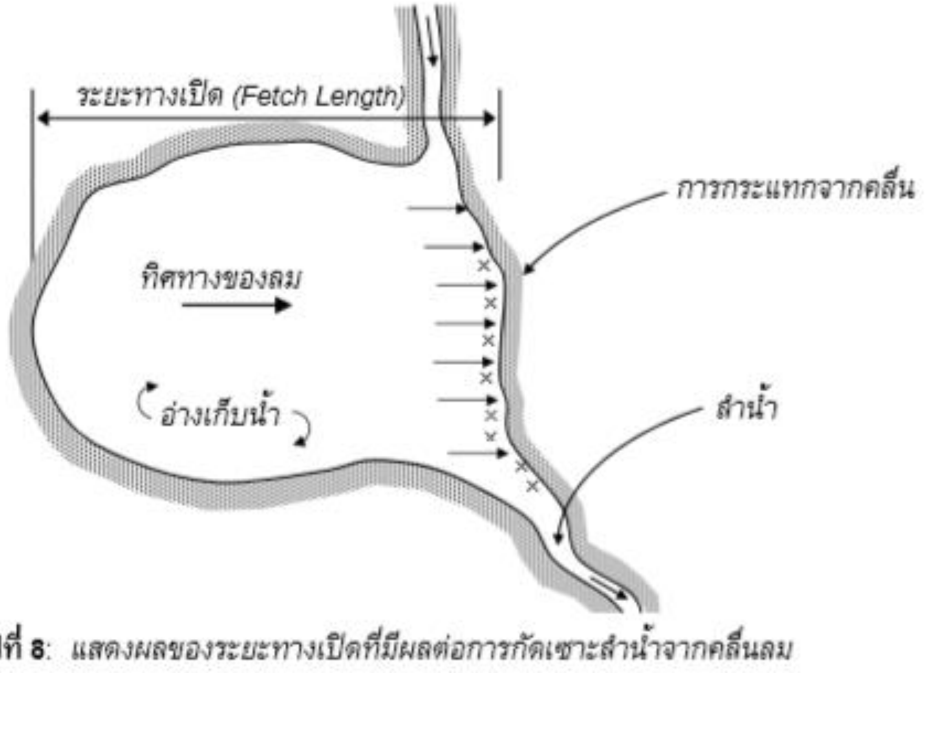
(ก) ลำน้ำตรง (Straight Channels) การไหลของกระแสน้ำในลำน้ำตรงทำให้เกิดหนวยแรงเฉือนขึ้นที่ผิวสัมผัส ระหวางผิวดินและน้ำ ซึ่งเรียกหนวยแรงเฉือนดังกลาววา หนวยแรงเฉือนที่ขอบ (Boundary Shearing Stress) ซึ่งขนาดของหนวยแรงเฉือนขึ้นอยูกับความเร็วของกระแสน้ำ รูปรางของหน่าตัด ความลาดเอียง และระดับความลึกในลำน้ำ

(ข) ลำน้ำที่ไมสม่ำเสมอ (Irregular Channels) ลำน้ำที่มีความไมสม่ำเสมอ (เชน ลำน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลง รูปรางของหน่าตัด การเปลี่ยนแปลงรูปรางของลำน้ำ เปนตน) ทำให้เกิดการไหลของกระแสน้ำรอง ซึ่งการ ไหลดังกลาวทำให้การไหลตามยาวในลำน้ำหรือการไหลหลักเกิดการปนปวน อันมีผลตอการกระจายของคา หนวยแรงเฉือนที่ขอบ

(2) การกัดเซาะเนื่องจากคลื่น (Erosion by Wave Action) คลื่นเปนสาเหตุหนึ่งที่ทำใหเกิดการกัดเซาะขึ้นในลำน้ำ โดยเฉพาะในบริเวณลาดตลิ่ง สาเหตุการเกิดคลื่นในลำน้ำแยกออกไดเปน 2 สาเหตุ ดังนี้

(ก) คลื่นที่เกิดจากลม (Wind-Generated Waves) ความแรงของคลื่นประเภทนี้ขึ้นอยูกับความเร็วลม ความถี่ และระยะเวลาที่ลมพัด รวมทั้งระยะทางเปดที่ลมพัดผาน (รูปที่ 8)

(ข) คลื่นที่เกิดจากเรือ (Boat-Generated Waves) เกิดขึ้นจากการสัญจรของเรือในลำน้ำ ความรุนแรงของคลื่น ขึ้นอยูกับประเภท รูปราง ขนาด และความเร็วของเรือ รวมทั้งขนาดและรูปรางของลำน้ำดวย



รูปที่ 8: *แสดงผลของระยะทางเปิดที่มีผลต่อการกัดเซาะลำน้ำจากคลื่นลม*

(3) การกัดเซาะทางกล (Erosion by Mechanical Action) สาเหตุการกัดเซาะทางกลมีอยู หลายประเภท ตัวอยาง ไดแก

(ก) การกระแทกของเรือเมื่อเรือเทียบฝง รวมทั้งการฝงหมุดเพื่อยึดเรือ

(ข) การขยายและหดตัวของดินสลับกันอยางตอเนื่อง ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่ดินมีสภาพชุมน้ำและแหงสลับกัน ผลทำใหดินเกิดการลาตัวและหลุดรอน

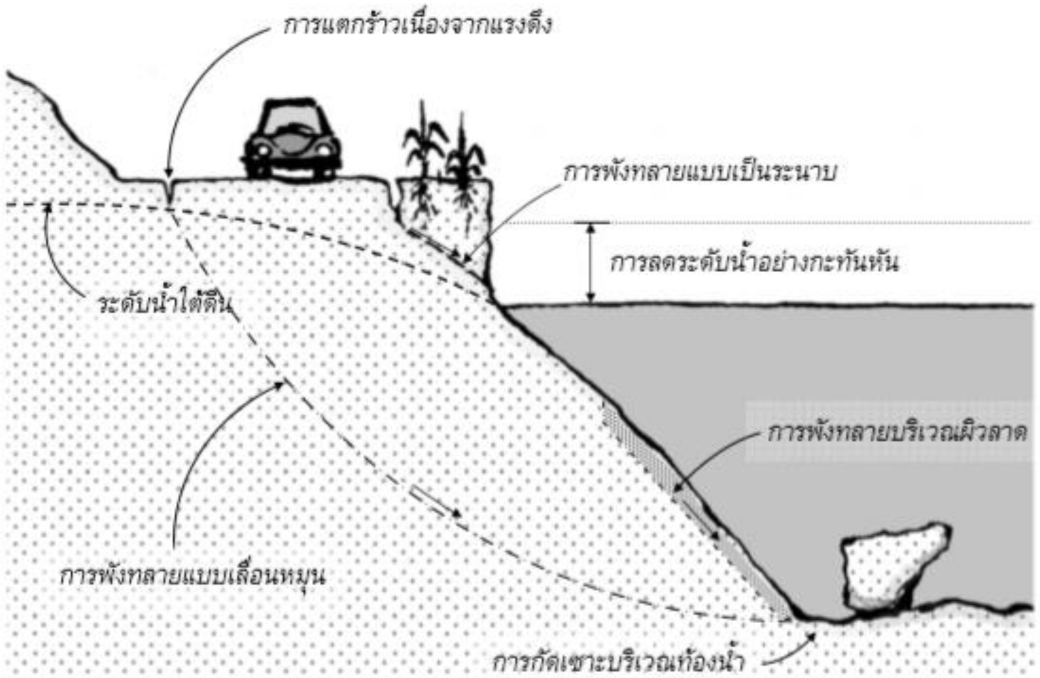
(ค) การกัดเซาะเนื่องจากการกระทำของมนุษย การกัดเซาะประเภทนี้ไดแก การสรางสิ่งกอสราง เชน สะพาน ฝายน้ำล น ทาเทียบเรือ สิ่งกอสร างเหลานี้ทำให เกิดผลกระทบกับลำน้ำและเกิดการกัดเซาะตลิ่งขึ้นได นอกจากนี้การทำลายหญาหรือวัชพืชปกคลุมตลิ่ง ก็เปนสาเหตุที่ทำใหเกิดการกัดเซาะและพังทลายของตลิ่ง ได

(4) การกัดเซาะเนื่องจากการซึมผานของน้ำในมวลดิน (Erosion Due to Seepage) การซึมผานนี้ทำใหเกิดแรงดัน น้ำในมวลดิน ซึ่งสามารถกัดเซาะเม็ดดินออกเปนโพรง (Piping) ได

(5) การกัดเซาะเนื่องจากการไหลของน้ำผิวดิน (Erosion due to Surface Runoff) การกัดเซาะในกรณีนี้เกิดขึ้น เมื่อปริมาณน้ำฝนสูงกวาอัตราการซึมได ของน้ำในดิน ทำให เกิดการไหลหลากของน้ำบนผิวดิน การที่น้ำผิวดินไหลผาน ตลิ่งอาจทำให ผิวตลิ่งเกิดการกัดเซาะขึ้นได การปลูกหญ าหรือวัชพืชคลุมตลิ่งจะทำใหความรุนแรงของการกัดเซาะใน ลักษณะนี้ลดนอยลงได

2.2.2.2 องคประกอบที่มีผลตอการขาดเสถียรภาพของตลิ่ง

องคประกอบที่เกี่ยวข องกับการพังทลายของตลิ่งจากการขาดเสถียรภาพมีอยูหลายประการดวยกัน ซึ่งองคประกอบที่ สำคัญ (รูปที่ 9) ไดแก



รูปที่ 9: *กลไกการวิบัติของตลิ่งเนื่องจากการขาดเสถียรภาพของความลาด*

(1) ความลาดเอียงของตลิ่ง (Bank Slope Geometry) หากตลิ่งมีความลาดเอียงสูงกวาความลาดเอียงตามธรรมชาติ ของตัวตลิ่งเอง ก็มีแนวโนมวาตลิ่งดังกลาวที่จะเกิดการพังทลายเนื่องจากการขาดเสถียรภาพได ปจจัยที่มีผลกระทบตอ ความลาดเอียงของตลิ่งที่สำคัญ ไดแก คุณสมบัติของดินตลิ่ง ระดับของน้ำใตดินและน้ำในลำน้ำ และการกัดเซาะบริเวณ ลาดตลิ่ง

(2) การไหลของน้ำ (Water Flow) แบงออกเปน

(ก) การไหลซึมของน้ำในมวลดิน (Seepage) การไหลของน้ำในมวลดินเกิดขึ้นเมื่อระดับน้ำใตดินและระดับน้ำ ในลำน้ำแตกตางกัน ถาผลตางของระดับดังกลาวสูง เชน ในกรณีการลดระดับอยางกะทันหันของน้ำในลำน้ำ จะทำใหเกิดแรงดันน้ำในมวลดินสูง สามารถกัดเซาะเม็ดดินออกเปนโพรงได นอกจากนี้การไหลของน้ำในมวลดินยังทำใหเกิดการกัดเซาะบริเวณผิวตลิ่งและตีนตลิ่งได

(ข) การซึม ผานของน้ำผิวดิน (Infiltration) การซึมผานของน้ำผิวดินและน้ำฝนทำใหหนวยความหนาแนนและ แรงดันน้ำในดินสูงขึ้น สงผลใหกำลังของดินและเสถียรภาพของตลิ่งลดลง

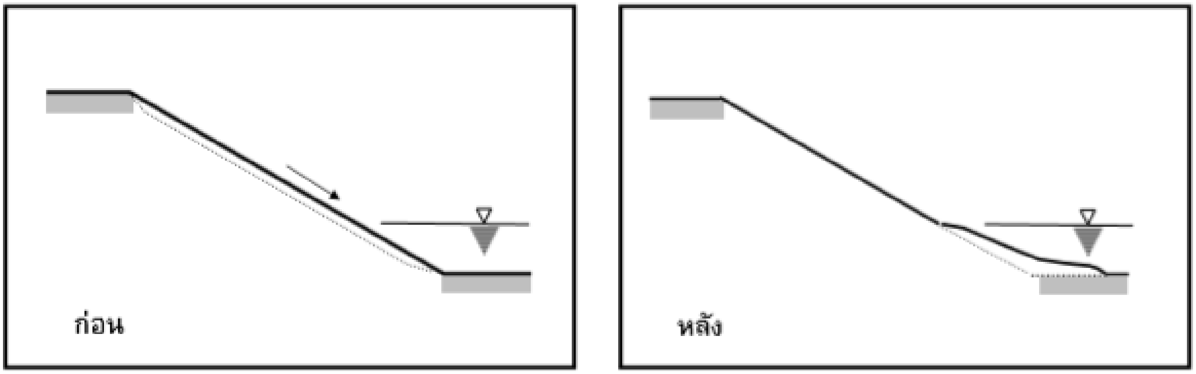
(3) น้ำหนักบรรทุกจรริมตลิ่ง (Surcharge Loads) ตัวอยางของน้ำหนักบรรทุกนี้ไดแก น้ำหนักมนุษย น้ำหนักจาก เครื่องจักรในขณะ กอสราง และน้ำหนักของรถยนตในกรณีที่มีถนนอยูริมตลิ่ง

(4) การแตกร่าวเนื่องจากแรงดึง (Tension Crack) เกิดขึ้นกับดินประเภทดินเหนียว การแตกร่าวนี้ทำให้ตลิ่งลด เสถียรภาพลง โดยเฉพาะหากมีน้ำอยู่ในรอยราวดังกลาว

2.2.3 ลักษณะการพังทลายของตลิ่ง

ลักษณะการพังทลายของตลิ่ง สามารถจำแนกได้เปน 4 ลักษณะ ดังนี้

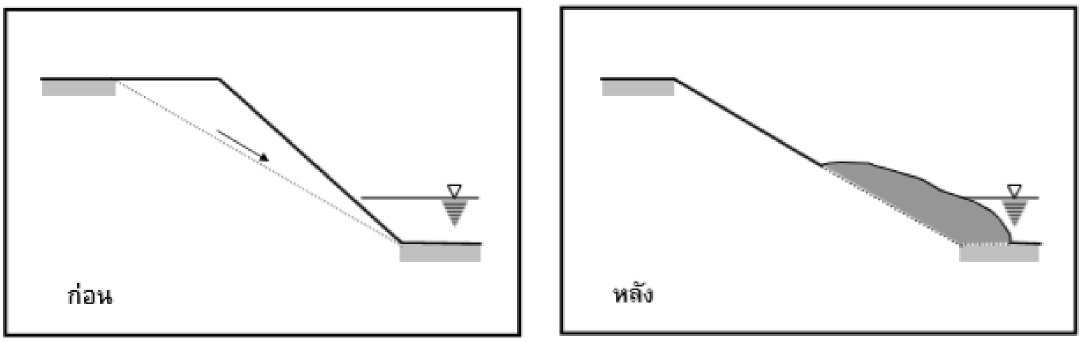
(1) การพังทลายบริเวณผิวลาด (Shallow Failure) โดยทั่วไปเกิดกับตลิ่งที่เปนดินประเภทดินทรายระนาบการ พังทลายจะอยู่ในระดับตื้นและขนานไปกับลาดของตลิ่ง การพังทลายของตลิ่งในลักษณะนี้เกิดขึ้นเนื่องจากความลาด เอียงของตลิ่งสูงกวาแรงเสียดทานภายในของเม็ดดิน โดยเฉพาะถ่ามีน้ำไหลซึมผานในตลิ่งทำใหการพังทลายในลักษณะ นี้เกิดไดงายขึ้น (รูปที่ 10)



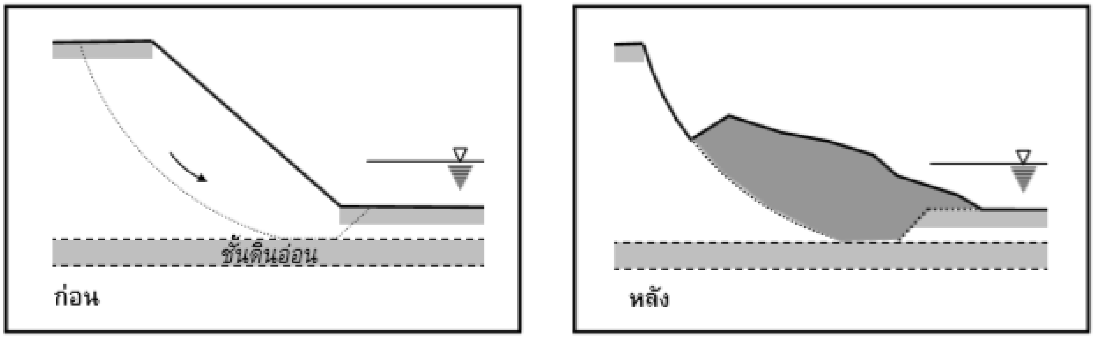
รูปที่ 10: *การพังทลายบริเวณผิวลาด*

(2) การพังทลายเปนระนาบ (Planar Failure) หรือการวิบัติแบบบล็อก (Block Failure) โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นกับ ตลิ่งที่มีความชันปานกลาง ถ่าดินตลิ่งบริเวณผิวบนเกิดการแตกในลักษณะแตกร่าวเนื่องจากแรงดึง (Tension Crack) และมีน้ำอยู่ในรอยราวดังกลาว จะทำใหการวิบัติในลักษณะนี้เกิดไดงายขึ้น (รูปที่ 11)

(3) การพังทลายแบบเลื่อนหมุน (Rotational Failure) โดยทั่วไปเกิดขึ้นกับตลิ่งที่เปนดิน ประเภทดินเหนียวมีความ สูงปานกลางถึงสูงมาก สาเหตุการพังทลายของตลิ่งในลักษณะนี้ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากมีชั้นดินออนอยู่ใตตลิ่งหรือทองน้ำ หรือเกิดจากการลดระดับน้ำในแมน้ำอยางกะทันหัน (รูปที่ 12)



รูปที่ 11: *การพังทลายเป็นระนาบ*



รูปที่ 12: *การพังทลายแบบเลื่อนหมุน*

(4) การพังทลายของตลิ่งแบบผสม (Failure of Composite Banks) การพังทลายของตลิ่งแบบผสมตามที่แสดง ใน รูปที่ 5 เกิดขึ้นเมื่อดินชั้นลางซึ่งสวนใหญเปนดินไมมีความเชื่อมแนนถูกกระแสน้ำกัดเซาะ ทําใหดินชั้นบนเกิดเปนสวน คอด (Undercut) และพังทลายลงมา ซึ่งการพังทลายของดินสวนบนอาจเกิดในลักษณะการพังทลายจากแรงดึง หรือจาก การหมุนตัว (รูปที่ 13)

2.3 แนวทางการแกไขปญหาการพังทลายของตลิ่ง

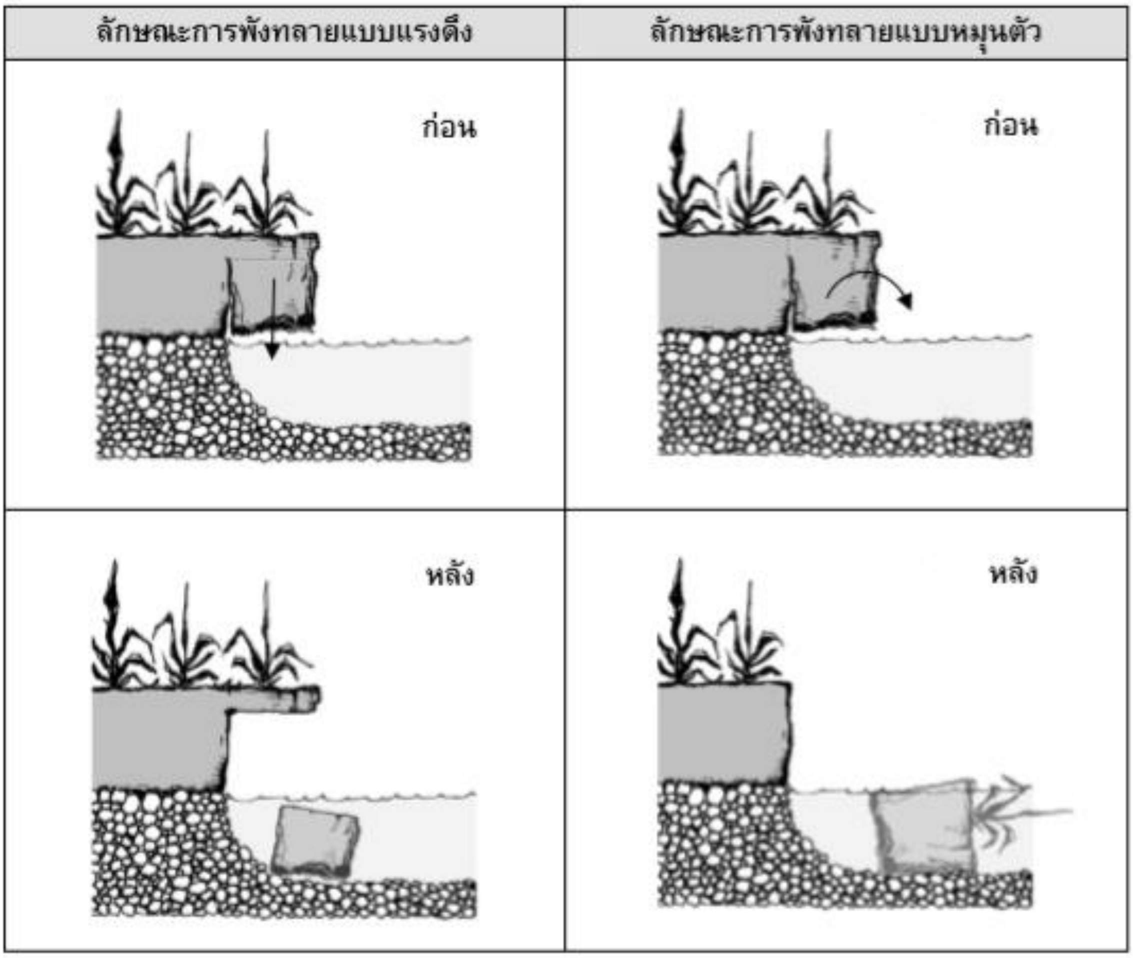
มาตรการในการแกไขปญหาหรือบรรเทาความเสียหายจากการพังทลายของตลิ่งตามที่ไดกลาว ขางตนมีอยูหลาย มาตรการดวยกันทั้งในเชิงรุกและเชิงรับ เชน การอพยพประชาชนหรือรื้อสิ่งกอสราง ออกจากพื้นที่ความเสียหาย การ เปลี่ยนเสนทางฏ้าน้ำ หรือการขุดลอกลําน้ำ เปนตน แตมาตรการที่ถือไดวาเปนมาตรการที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด มาตรการหนึ่งและเปนที่นิยมนํามาใชปฏิบัติกันอยางแพรหลายในปจจุบัน คือ การปองกันตลิ่งโดยการเสริมสราง เสถียรภาพใหกับตลิ่ง ซึ่งที่นิยมใชมีอยูดวยกัน 3 วิธี ดังตอไปนี้

(1) การปองกันโดยใชเขื่อนปองกันตลิ่ง

(2) การปองกันโดยใชโครงสรางเบี่ยงเบนการไหลของกระแสน้ำ

(3) การปองกันโดยวิธีธรรมชาติ

ซึ่งในแตละวิธีจะมีความเหมาะสมที่แตกตางกันไปแลวแตกรณี องคประกอบที่สำคัญสำหรับการพิจารณาความเหมาะสม ของการปองกันในแตละวิธีนั้น ประกอบดวย สภาพลำน้ำ ความเสียหายของตลิ่ง สภาพแวดลอม วัสดุที่มีอยูในทองถิ่น เทคนิคการกอสราง วัตถุประสงค ประโยชนใชสอย ความสวยงาม และงบประมาณของโครงการ



รูปที่ 13: *การพังทลายของตลิ่งแบบผสม*

2.3.1 การปองกันโดยใชเขื่อนปองกันตลิ่ง

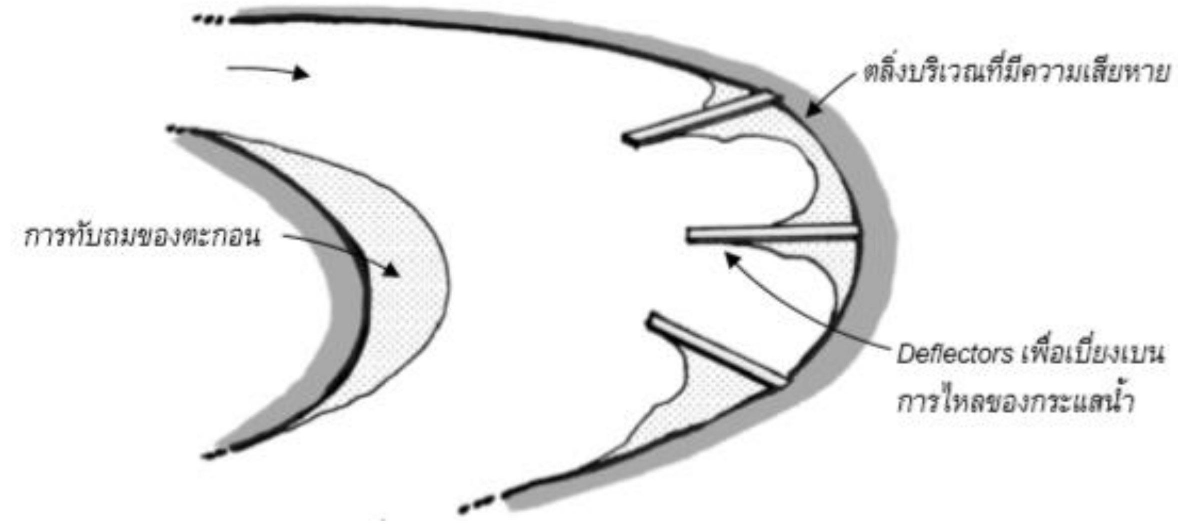
เขื่อนปองกันตลิ่งเปนสิ่งกอสรางที่วางตัวขนานไปกับแนวตลิ่งเพื่อทำหนาที่ปองกันตลิ่งไมใหเกิดความเสียหายจากการ กัดเซาะของกระแสน้ำหรือคลื่น ตลอดจนความเสียหายจากการขาดเสถียรภาพของตัวตลิ่งเอง การกอสรางเขื่อนปองกัน ตลิ่งเปนการปองกันการพังทลายของตลิ่งที่นิยมใชวิธีหนึ่ง เนื่องจากเปนการกอสรางที่ไมมีขอจำกัดตอสภาพพื้นที่ สามารถออกแบบใหดูกลมกลืนกับธรรมชาติ ไมตองอาศัยเทคนิคการกอสรางชั้นสูง อีกทั้งคาดูแลรักษาต่ำ การพิจารณา เลือกรูปแบบของเขื่อนปองกันตลิ่ง ตองอาศัยประสบการณของผูออกแบบ รวม

ทั้งข้อมูลอื่นๆ ประกอบ เชน ขอมูล ทางดานชลศาสตรและเทคนิคธรณี สภาพของลำน้ำ และแหลงวัสดุ เปนตน นอกจากนี้ยังตองคำนึงถึงความสวยงามทางดาน สถาปตยกรรมและประโยชนใชสอยอีกดวย

รูปที่ 14: การปองกันตลิ่งโดยใชเขื่อนปองกันตลิ่ง

2.3.2 การปองกันโดยใชโครงสรางเบี่ยงเบนการไหลของกระแสน้ำ

การปองกันตลิ่งวิธีนี้กระทำไดโดยกอสรางโครงสรางประเภท (Deflectors) ซึ่งเปนโครงสรางที่ยื่นล้ำเข าไปในลำน้ำเพื่อ เบี่ยงเบนและชะลอการไหลของกระแสน้ำ ตัวอยางของโครงสรางประเภทนี้ไดแก รอ (Dikes) ดังแสดงในรูปที่ 15 การ ปองกันตลิ่งโดยวิธีนี้ตองไดรับการพิจารณาเปนพิเศษ โดยเฉพาะการกำหนดขนาด ตำแหนง ระยะหาง และมุมเอียงกับ แนวตลิ่ง เพราะการกอสรางโครงสรางประเภทนี้ จะสงผลกระทบตอการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของกระแสน้ำ อาจเกิดการกัดเซาะในบริเวณที่ไมไดคาดหมายได



รูปที่ 15: การปองกันตลิ่งโดยใช Deflector

2.3.3 การปองกันโดยวิธีธรรมชาติ

การปองกันตลิ่งโดยวิธีธรรมชาติเปนการอาศัยธรรมชาติชวยในการปองกันการพังทลายของตลิ่ง เชน การปรับปรุง ปริมาณตะกอนในลำน้ำ และการปลูกพืชปองกันลาดเขื่อน เปนตน โดยที่การปลูกพืช ปองกันลาดเขื่อนเปนวิธีที่นิยมใช แตทั้งนี้กอนปลูกจะตองมีการพิจารณาถึงการใชพืชในทองถิ่นและการคัดเลือกพันธุไมที่เหมาะสม รวมทั้งยังตองคำนึงถึง สภาพแวดลอมอีกดวย การปองกันตลิ่งโดยวิธีธรรมชาตินี้เปนการปองกันตลิ่งแบบไมถาวร คาใชจายเริ่มแรกต่ำเมื่อ เทียบกับการปองกันตลิ่งชนิดอื่น แตจะตองมีการดูแลรักษาอยูตลอดเวลา ขอเสียอีกประการหนึ่งคือตองใชระยะเวลารอ ใหพันธุไมเจริญเติบโตจนใชการได

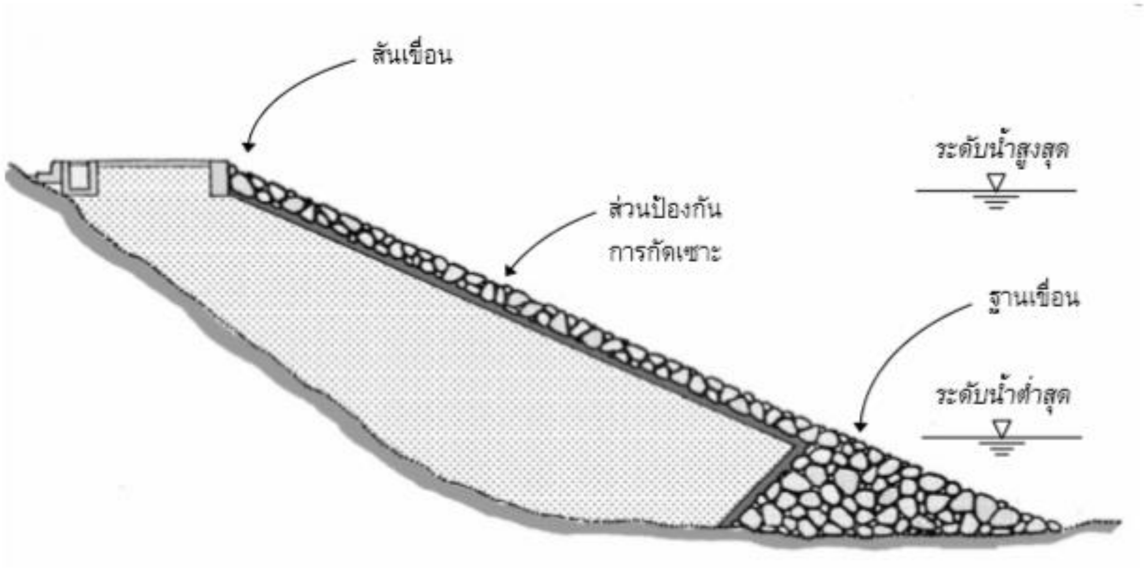
2.4 สวนประกอบของเขื่อนปองกันตลิ่ง

โดยทั่วไปเขื่อนปองกันตลิ่งประกอบดวยสวนสำคัญ 3 สวน (รูปที่ 16) ดังตอไปนี้

(1) สันเขื่อน (Upper Part หรือ Crest) โดยทั่วไปเปนสวนของเขื่อนที่อยูสูงกวาระดับน้ำสูงสุด รวมถึงพื้นที่ใชสอย ดานหลังเขื่อน และสิ่งสาธารณูปโภคอื่นๆ เชน ทางเทา ระบบระบายน้ำ และถนนดานหลังเขื่อน เปนตน ในการ ออกแบบสวนนี้ควรมีการพิจารณาการกัดเซาะเนื่องจากการไหลของน้ำผิวดิน การปองกันการกัดเซาะดังกลาวสามารถ กระทำไดโดยการปลูกหญา ซึ่งหญาที่ใชปลูกควรมีรากลึก สามารถตานทานการกัดเซาะไดดี และมีความทรหด

(2) สวนปองกันการกัดเซาะ (Protection Part) เปนสวนของเขื่อนที่ ทำหนาที่ปองกันตลิ่งจากการกัดเซาะเนื่องจาก กระแสน้ำและคลื่น ผูออกแบบอาจเลือกใชโครงสราง ปดทับหนาตลิ่ง (Revetment) หรือโครงสรางถาวร เชน กำแพงกัน ดิน ทำหนาที่ในสวนปองกันการกัดเซาะดังกลาว

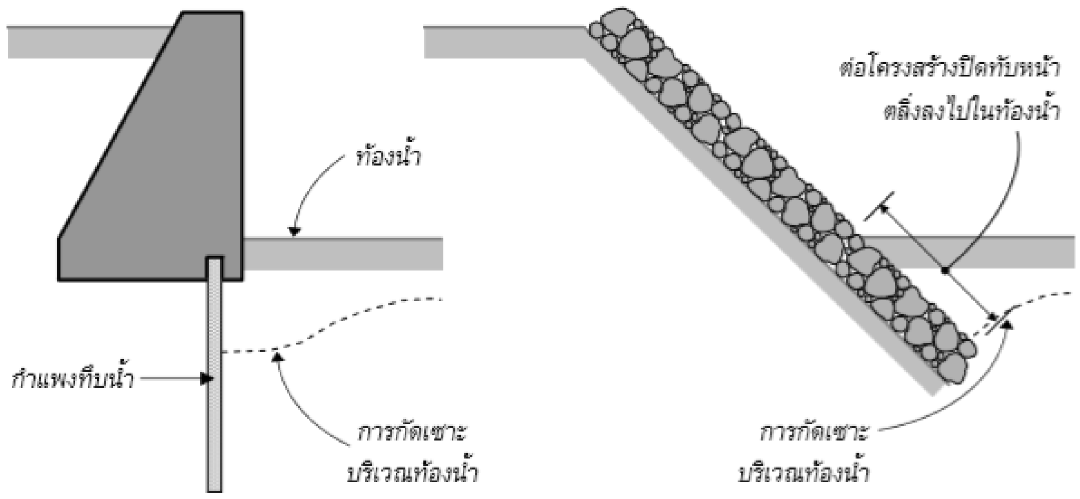
(3) ฐานเขื่อน (Lower Part หรือ Toe) คือ สวนลางสุดของเขื่อน ซึ่งทำหนาที่เปนฐานของเขื่อนและปองกันการกัดเซาะ ทองน้ำบริเวณตีนตลิ่ง ซึ่งปญหาการกัดเซาะดังกลาวเปนปญหาสำคัญที่ทำใหเขื่อนปองกันตลิ่งเกิดความเสียหาย การ ปองกันการกัดเซาะของฐานเขื่อนสามารถกระทำได 2 วิธี ดังนี้



รูปที่ 16: สวนประกอบของเขื่อนปองกันตลิ่ง

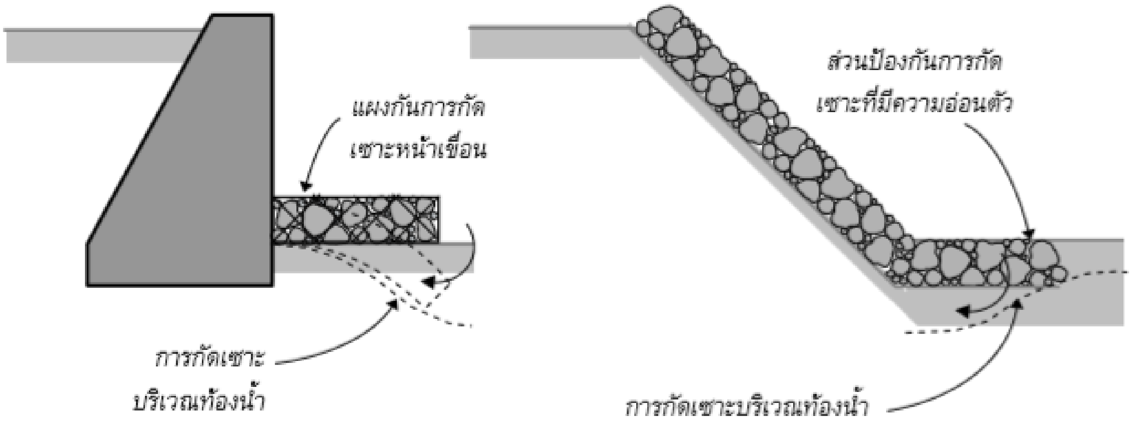
(ก) ใชกำแพงทึบน้ำ (Cut-Off Wall) หรือขยายโครงสรางลงไปใหลึกกวาความลึกที่คาดวาจะเกิดการกัดเซาะ (Scour Depth) ดังแสดงในรูปที่ 17-ก

(ข) ใชแผงกันการกัดเซาะหนาเขื่อน (Armour Skirt หรือ Apron) โครงสรางสวนนี้มีคุณสมบัติออนตัว สามารถ ปรับตัวใหเขากับทองน้ำบริเวณที่มีการกัดเซาะได ดังแสดงในรูปที่ 17-ข



(ก) การป้องกันโดยใช้กำแพงทึบน้ำหรือขยายโครงสร้างลงไปในท้อง
น้ำ

รูปที่ 17: การปองกันการกัดเซาะฐานเขื่อน



(ข) การป้องกันโดยใช้แผงกันการกัดเซาะหน้าเขื่อน

รูปที่ 17 : การปองกันการกัดเซาะฐานเขื่อน (ตอ)

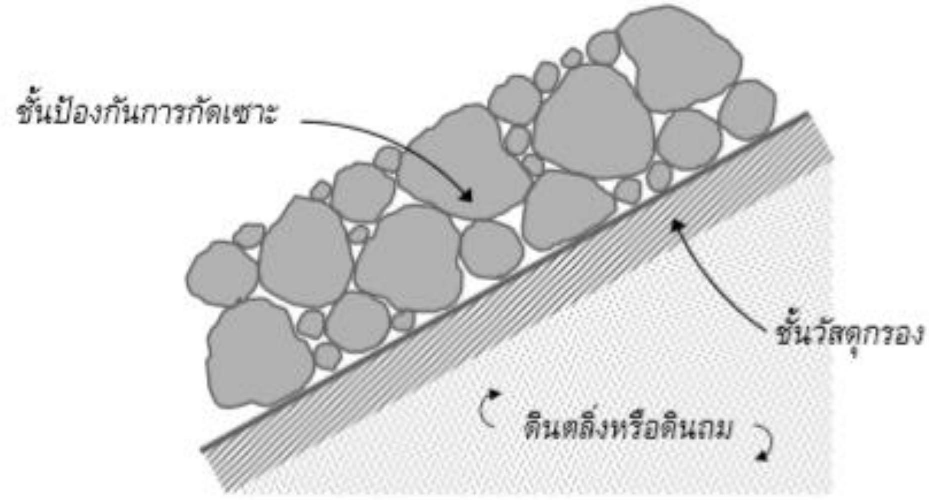
2.5 ชนิดของเขื่อนปองกันตลิ่ง

เขื่อนปองกันตลิ่งสามารถจำแนกออกเปน 3 ชนิด ไดดังนี้

(1) เขื่อนปองกันตลิ่งชนิดลาดเอียง (Slope Bank Protection)

(2) เขื่อนปองกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง (Vertical Bank Protection)

(3) เขื่อน ปองกันตลิ่งชนิดอาศัยธรรมชาติ (Natural Bank Protection) การพิจารณาเลือกรูปแบบของเขื่อนปองกันตลิ่งตองอาศัยประสบการณของผูออกแบบ รวมทั้งขอมูลอื่นๆ ประกอบ เชน ขอมูลทางดานชลศาสตรและปฐพีกลศาสตร สภาพของลำน้ำและแหลงวัสดุ เปนตน นอกจากนี้ยังตองคำนึงถึงความสวยงามทาง ดานสถาปตยกรรมและประโยชนใชสอยอีกดวย



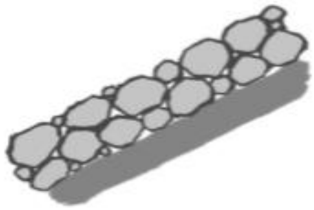
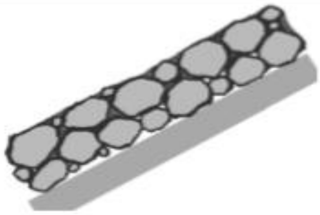
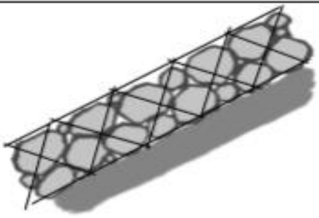
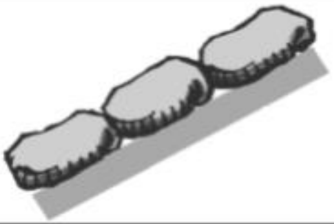
รูปที่ 18: โครงสรางปดทับหนาตลิ่ง

(1) ชั้นปองกันการกัดเซาะ ชั้นปองกันการกัดเซาะเปนโครงสรางที่ปองกันตลิ่งจากการกัดเซาะซึ่งเกิดจากคลื่นและ กระแสน้ำโดยตรง ผูออกแบบตองออกแบบใหชั้นปองกันการกัดเซาะสามารถรับแรงกระแทกจากคลื่นและกระแสน้ำและ มีความแข็งแกรงทนตอการสึกกรอนไดดี รวมทั้งตองมีน้ำหนักมากพอที่จะไมถูกกระแสน้ำพัดพาหลุดออกไปได รูปที่ 19 แสดงตัวอยางของวัสดุที่ใชทำชั้นปองกันการกัด วัสดุที่นิยมใชกันมากคือหินเรียงเนื่องจากเปนวัสดุที่หาไดงาย ราคาถูก และสะดวกในการกอสราง

(2) ชั้นวัสดุกรอง การที่วัสดุในชั้นปองกันการกัดเซาะมีขนาดใหญกวาเม็ดดินริมตลิ่งหรือดินถมมากทำใหเม็ดดินริม ตลิ่งดังกลาวสามารถหลุดออกตามชองวางของชั้นปองกันการกัดเซาะได จึงจำ เปนตองมีชั้นวัสดุกรองซึ่งเปนชั้นที่อยู ระหวางชั้นปองกันการกัดเซาะกับดินตลิ่งหรือดินถมกรองเม็ดดินของดินริมตลิ่งไมใหไหลหลุดออกมา ในการออกแบบ ชั้นวัสดุกรองตองพิจารณาถึงขนาดและความหนาของชั้นวัสดุกรองจากขนาดของเม็ดดินและขนาดของชั้นปองกันการ กัดเซาะ นอกจากนี้ยังตองพิจารณาถึงความสามารถในการใหน้ำซึมผานเพื่อลดแรงดันของน้ำ วัสดุที่นิยมใชทำวัสดุ กรองไดแก หินหรือกรวดคละและแผนใยสังเคราะห (Geotextile)

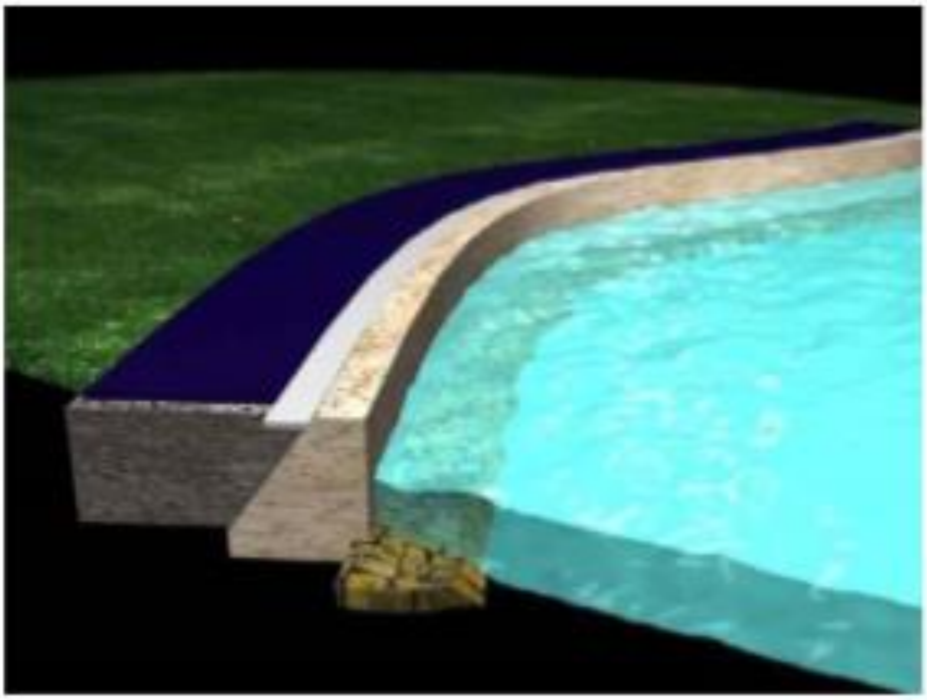
2.5.2 เขื่อนปองกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง

การกอสรางเขื่อนปองกันตลิ่งชนิดลาดเอียงในลำน้ำที่แคบหรือตลิ่งมีความสูงชันมาก อาจไมเปนการเหมาะสม เนื่องจาก ลาดของตัวเขื่อนจะยื่นล้ำเขาไปในลำน้ำมาก ทำใหเกิดปญหาในการใชลำน้ำได วิธีแกปญหาวิธีหนึ่ง คือ เลือกใชเขื่อน ปองกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง เขื่อนปองกันตลิ่งชนิดแนวตั้งสามารถจำแนกไดออกเปน 6 แบบ ดังนี้

เรียงหินใหญ่	
เรียงหินยาแนว	
กล่องลวดตาข่าย	
แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป	
กระสอบทราย	
หญ้า	

รูปที่ 19: ตัวอยางวัสดุที่ใชเปนชั้นปองกันการกัดเซาะ

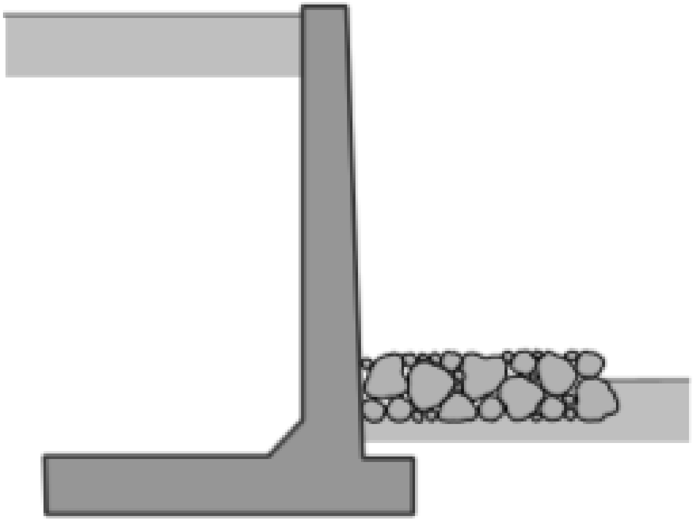
2.5.2.1 เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Gravity Wall



รูปที่ 20: เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Gravity Wall

เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Gravity Wall เปนเขื่อนปองกันตลิ่งที่อาศัยน้ำหนักของตัวเขื่อนเองเปนตัว ตานแรงดันดินดานหลัง เขื่อน ดังแสดงไวในรูปที่ 20 วัสดุที่ใชมีทั้งคอนกรีตลวน อิฐกอ กลองลวดตาขายเกเบี้ยนนำมาตั้งเปนชั้นๆ และแทง คอนกรีตสำเร็จรูป ขอเสียในการใชเขื่อนปองกันตลิ่งนี้คือ ดินฐานรากตองมีความแข็งแรง ในกรณีที่ดินฐานรากเปนดิน ออนอาจตองใชฐานรากระบบเสาเข็มทำใหราคาคา กอสรางสูง เขื่อนปองกันตลิ่งประเภทนี้ จึงไมเหมาะสำหรับการ กอสรางที่มีดินฐานรากเปนดินออน เชน บริเวณตลิ่งของแมน้ำบางสายในภาคกลาง เปนตน

2.5.2.2 เขื่อนปองกันตลิ่งแบบCantilever Retaining Wallหรือเขื่อนปองกันตลิ่งแบบกำแพงกันดิน



รูปที่ 21: เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Retaining Wall

เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Cantilever Retaining Wall ประกอบดวยกำแพงและแผนพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่หลอกับที่ ดัง แสดงไวในรูปที่ 21 เขื่อนประเภทนี้มีความสวยงามเปนระเบียบเรียบรอย แตการดำเนินการกอสรางกระทำไดยาก อาจ ตองมีการปดกั้นลำน้ำหรือทำเขื่อนชั่วคราว (Coffer Dam) กั้นกอนที่จะทำการตั้งไมแบบ

2.5.2.3 เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Sheet-Piling Wall หรือเขื่อนตอกเข็มพืด

รูปที่ 22: เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Sheet-Piling Wall

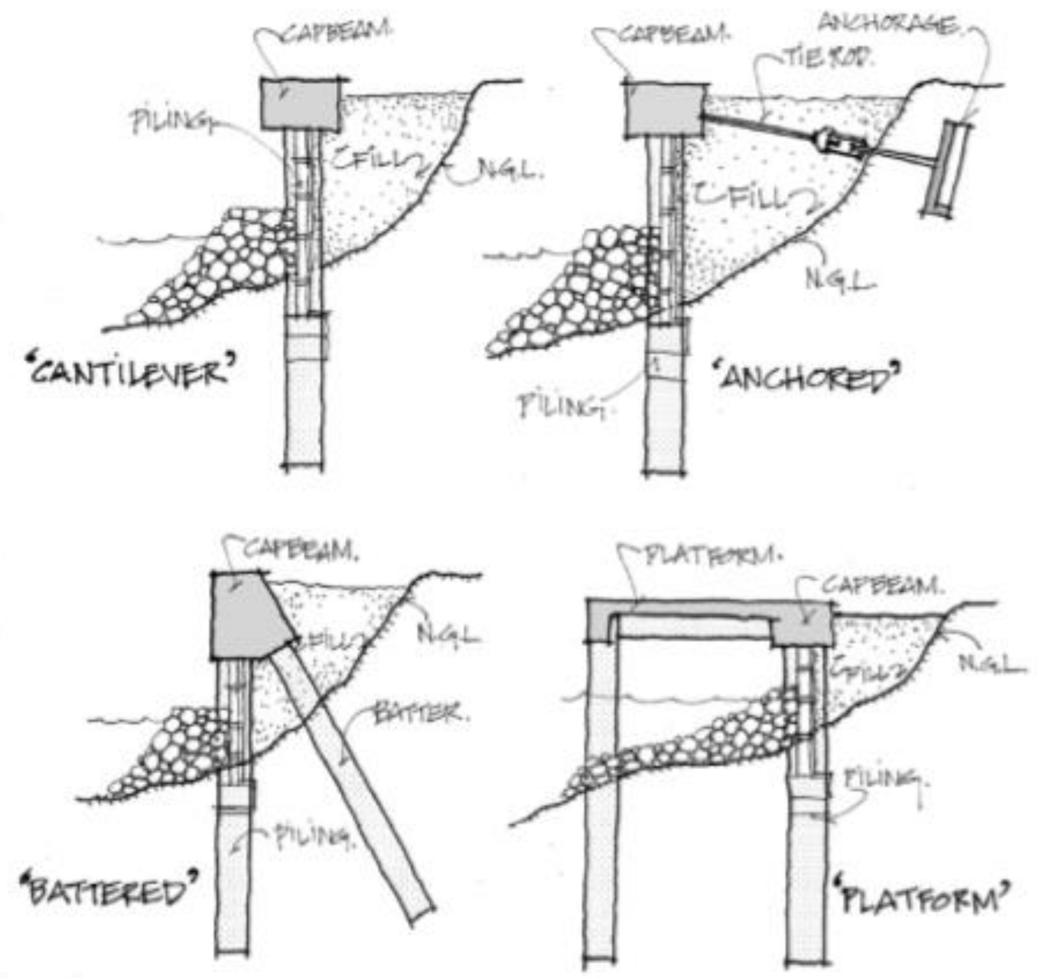
รูปแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดของเขื่อนเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Sheet-Piling Wall ได้แก่ เขื่อนตอกเข็มคอนกรีตเสริม เหล็กพร้อมแผงกรุกันดิน เนื่องจากเป็นรูปแบบทำการก่อสร้างได้สะดวกเพียงแต่ตอกเข็มแล้วใส่แผงกันดิน ไม่ต้องมีการ ปิดกั้นลำน้ำหรือทำเขื่อนชั่วคราวเหมือนการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งประเภทกำแพงกันดิน เขื่อนป้องกันตลิ่งประเภทนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 รูปแบบ (รูปที่ 23) ดังนี้

(1) Cantilever Sheet-Piling Wall เป็นโครงสร้างที่อาศัยแรงดันดินด้านหน้าเขื่อนเป็นตัวต้านแรงดันด้านข้าง เหมาะสำหรับงานเขื่อนที่มีความสูงไม่มากนัก หรือไม่มีที่ว่างด้านหลังเขื่อน เขื่อนประเภทนี้จะเกิดการเคลื่อน ตัวทางด้านข้างสูงโดยเฉพาะขอบบนของตัวเขื่อน การเคลื่อนตัวนี้อาจไม่สม่ำเสมอตลอดความยาวของเขื่อน เนื่องจากคุณสมบัติของดินและน้ำหนักบรรทุกที่แตกต่างกัน จึงมีการทำคานรัดหัวเสาเข็ม (Cap Beam) เพื่อ รัดหัวเสาเข็มให้เขื่อนมีความสวยงามเป็นระเบียบเรียบร้อย

(2) Anchored Sheet-Piling Wall คล้ายเขื่อนตอกเข็มประเภท Cantilever Sheet-Piling Wall แต่มีการดึงสาย สมอ (Tie Rod) ที่บริเวณขอบบนของตัวเขื่อน เพื่อช่วยต้านแรงดันด้านข้าง ซึ่งแรงดึงในสายสมอนี้จะส่งผ่าน ไปยังแผงสมอ (Anchorage) เพื่อต้านทานแรงดึงที่เกิดขึ้น ดังนั้นแผงสมอจะต้องฝังลึกเพียงพอในการพัฒนา แรงดันดินและอยู่ห่างจากกำแพงเพียงพอที่จะไม่ให้เกิด Overall Failure สำหรับเขื่อนกันดินที่มีความสูงมากกว่า 2.5 - 3.0 เมตร การสร้างเขื่อนแบบ Anchored Wall จะประหยัดค่าก่อสร้างมากกว่าแบบ Cantilever Sheet-Piling Wall แต่ทั้งนี้ด้านหลังเขื่อนจะต้องมีพื้นที่เพียงพอในการก่อสร้างแผงสมอ

(3) Batter-Pile Wall มีลักษณะคล้ายเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Anchored Wall แต่ใช้เข็มเอียงช่วยในการรับแรง ทางด้านข้าง การใช้เขื่อนรูปแบบนี้เหมาะสำหรับการก่อสร้างที่ไม่มีพื้นที่ด้านหลังเขื่อนเพียงพอที่จะสร้างแผง สมอได้ ราคาค่าก่อสร้างเขื่อนประเภทนี้จะสูงกว่าแบบ Anchored Wall

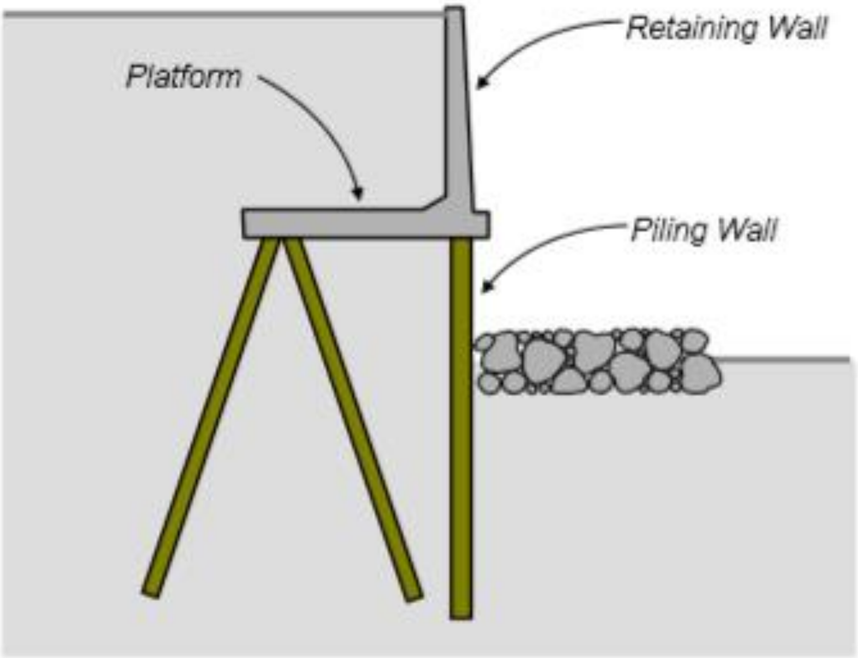
(4) Platform เป็นโครงสร้างกันดินแบบ Sheet-Piling Wall ตาม (1) (2) หรือ (3) และมี ส่วนยื่นที่เป็นลานออกไป ในลำน้ำ เพื่อเพิ่มเติมพื้นที่ใช้สอยให้มากขึ้น



รูปที่ 23: เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Sheet-Piling Wall รูปแบบตางๆ

2.5.2.4 เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Relieving Platform

เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Relieving Platform เปนโครงสรางที่อาศัยกำแพงกันดินและฐานรากเสาเข็มชวยในการรับแรงดัน ดินด่านขางดังแสดงไวในรูปที่ 24 โดยตัว Platform จะรับน้ำหนักดินส่วนที่อยูเหนือขึ้นไป แลวถายลงเสาเข็มทำให แรงดันดินดานขางที่กระทำกับ Sheet Pile ที่อยูใต Platform ลดลง เขื่อนปองกันตลิ่งประเภทนี้เหมาะกับการกอสรางที่มี ดินฐานรากเปนดินออน หรือต่องมีการรับน้ำหนักบรรทุกมาก



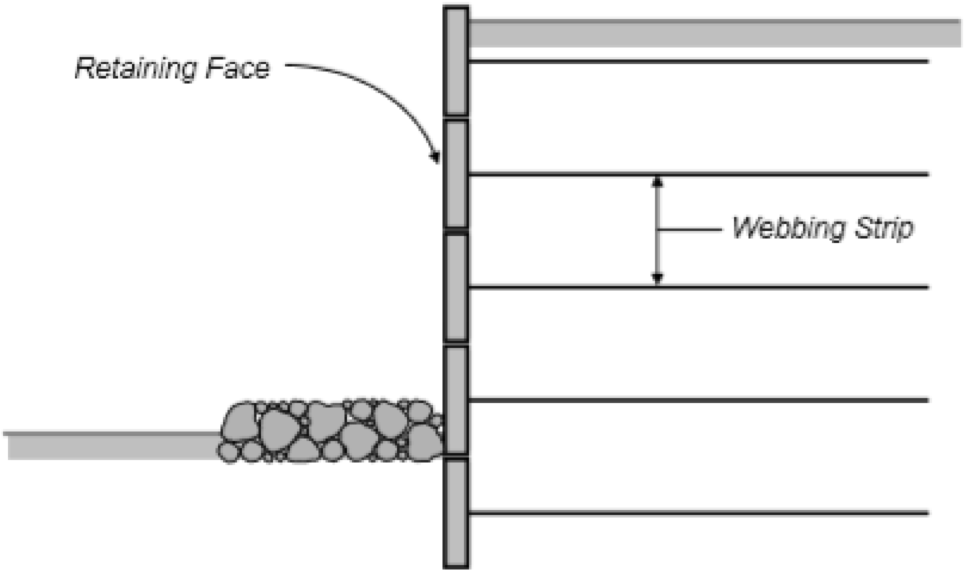
รูปที่ 24: เขื่อนปองกันตลิ่งแบบ Relieving Platform

2.5.2.5 เขื่อนปองกันตลิ่งที่อาศัยหลักการเสริมกำลังดิน (Reinforced Earth)

เขื่อนปองกันตลิ่งที่อาศัยหลักการเสริมกำลังดิน เปนการสรางเขื่อนโดยการเสริมความแข็งแรงของดิน ซึ่งอาศัยวัสดุอื่นที่ มีความสามารถในการรับแรงดึงสูง แรงดึงนี้จะชวยใหดินสามารถรับแรงตางๆ ไดเพิ่มมากขึ้น เขื่อนปองกันตลิ่งประเภท นี้ (ดังแสดงไวในรูปที่ 25) ประกอบดวยสวนสำคัญ 2 สวน คือ

(1) แผงกันดิน (Retaining Face) ทำหนาที่สงถายแรงดันดินในแนวราบไปที่แถบเสริมกำลัง แผงกันดินสวนใหญ เปนแผนคอนกรีตสำเร็จรูปหรืออาจเปน Shotcrete

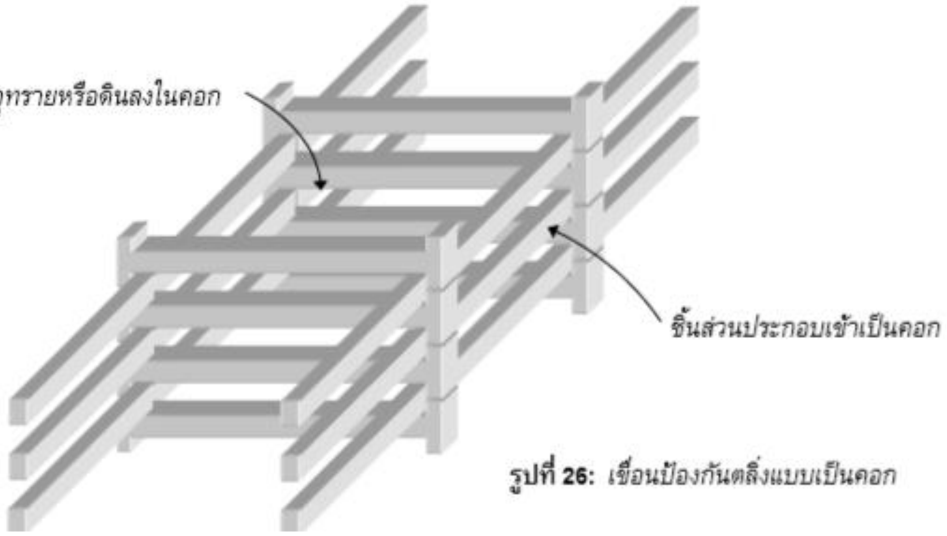
(2) แถบเสริมกำลัง (Webbing Strip) เปนวัสดุเสริมความแข็งแรงของดิน ทำหนาที่ตานการเคลื่อนที่ของ Retaining Face โดยอาศัยแรงเสียดทานระหวาง Strip และดิน วัสดุเสริมความแข็งแรงของดินนี้อาจใช Geogrid, Anchor Bolt หรือ Gabion ก็ได แตทั้งนี้จะตองพิจารณาถึงความสามารถในการตานทานการกัด กรอนจากสภาพแวดลอมและสารเคมี นอกจากนี้แถบเสริมกำลังจะตองมีความยาวเพียงพอที่จะทำใหเกิดแรง ตานทานดังกลาว รวมทั้งจะตองตัดผานระนาบการวิบัติที่อาจเกิดขึ้นได



รูปที่ 25: เขื่อนปองกันตลิ่งแบบเสริมกำลังของดิน

2.5.2.6 เขื่อนปองกันตลิ่งแบบเปนคอก (Crib Wall)

เขื่อนปองกันตลิ่งแบบเปนคอก ประกอบด่วยชิ้นสวนที่อาจทำด่วยไม่หรือแทนคอนกรีต แล่วนำมาประกอบเขาดวยกัน เปนคอก หลังจากนั้นจึงบรรจุทรายหรือดินลงไปในคอกดังแสดงไวในรูปที่ 26 น้ำหนักของดินในคอกจะทำหนาที่คลาย กับ Gravity Wall คือเปนตัวตานแรงดันดินดานหลังเขื่อน

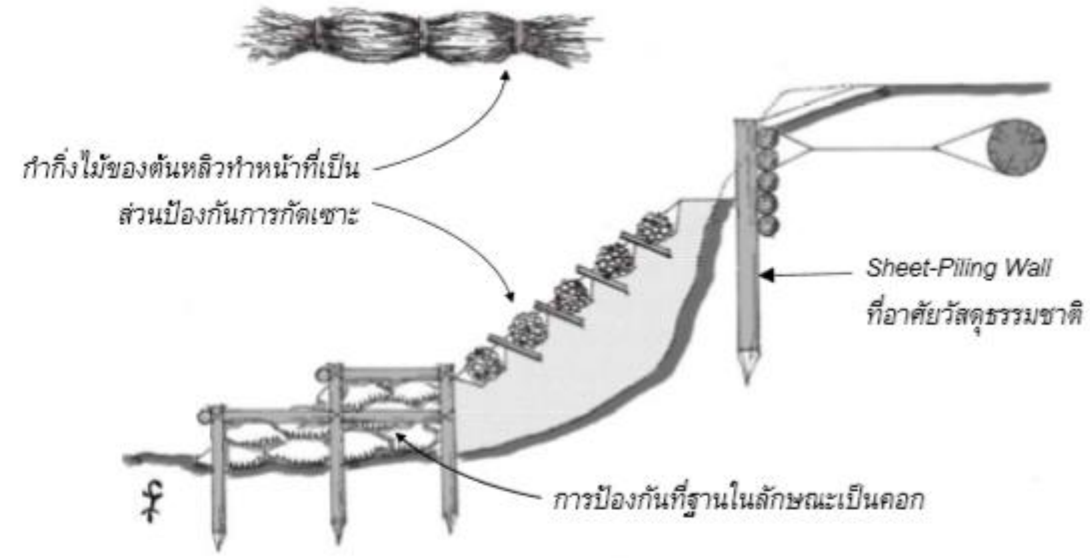


รูปที่ 26: *เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบเป็นคอก*

2.5.3 เขื่อนปองกันตลิ่งชนิดอาศัยธรรมชาติ (Natural Bank Protection)

เขื่อนปองกันตลิ่งโดยวิธีธรรมชาติเปนการผสมผสานระหวางการปองกันตลิ่งโดยวิธีธรรมชาติและการกอสร่างเขื่อน ปองกันตลิ่งโดยการนำหลักการทาง Biotechnical Stabilization มาใช่กับโครงสร่างเขื่อนปองกัน

ตลิ่ง วัสดุที่นำมาใชเปน วัสดุธรรมชาติที่หาไดในท่องถิ่น เชน พืชประเภทตางๆ ซึ่งจะตองมีการพิจารณาถึงการใช พืชในท่องถิ่นและการคัดเลือก พันธุไม่ที่เหมาะสม รวมทั้งยังต่องคำนึงถึงสภาพแวดล่อมอีกด่วย สำหรับพันธุไม่ที่นิยมนำมาใช่การปองกันดังกลาว ไดแก ตนสน (Willow) เนื่องจาก เปนพันธุที่ทนทรหด มีรากที่สามารถยึดติดกับสภาพตลิ่งไดดี ตัวอยางของเขื่อน ประเภทแสดงในรูปที่ 27



รูปที่ 27: เขื่อนปองกันตลิ่งชนิดอาศัยธรรมชาติ

บทที่ 3

ขั้นตอนการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งบ้านควนโดน เป็นงานดำเนินการเอง และจ้างเหมาบางส่วน งานดำเนินการเอง เป็นงานก่อสร้างตัวอาคารอาคารป้องกันตลิ่งดุสน และองค์ประกอบต่างๆของอาคาร ทั้งนี้งานป้องกันตลิ่งสถานีพัฒนาอาหารสัตว์สตูล เป็นโครงการที่มีความจำเป็นเร่งด่วน ดังนั้นการเตรียมความพร้อมด้านต่างๆ การดำเนินการในแต่ละขั้นตอนต้องพิจารณาให้ครอบคลุมในทุกด้าน ดังนั้นผู้ขอเลื่อนประเภทวิศวกรซึ่งรับผิดชอบงานวางแผนและควบคุมงานก่อสร้าง ได้ดำเนินงานโดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ตรวจสอบเรื่องร้องขอจากราษฎรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ริมตลิ่งคลองดุสน อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสตูล และประสานหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์การบริหารส่วนตำบล องค์การบริหารส่วนจังหวัด เพื่อเข้าประสานงานและตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นในพื้นที่ก่อสร้าง

2. ร่วมพิจารณาศึกษาข้อมูลการวางโครงการกับกลุ่มงานวิศวกรรม ส่วนวิศวกรรมบริหาร สำนักงานชลประทานที่ 16 โดยทำการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของการก่อสร้างอาคารป้องกันตลิ่งคลองดุสน จังหวัดสตูล ทั้งทางด้านอุทกวิทยา ปริมาณน้ำฝนรายปี ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ข้อมูลย้อนหลัง รวมถึงการกำหนดขอบเขตการสำรวจ และออกแบบก่อสร้าง

3. ประสานข้อมูลให้ ฝ่ายสำรวจภูมิประเทศภาคพื้นดิน สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา เพื่อส่งข้อมูลการพิจารณาความเหมาะสมเบื้องต้น และทำการกำหนดขอบเขต ตำแหน่ง แนวกันเขตบริเวณหัวงานเพื่อขอใช้พื้นที่จากราษฎรเจ้าของที่ดิน เพื่อให้ราษฎรอนุญาติให้ทำการก่อสร้าง

4. ประสานให้ข้อมูลในการสำรวจธรณีวิทยาและปฐพีกลศาสตร์ โดยประสานกับกลุ่มปฐพีและธรณีวิทยา สำนักชลประทานที่ 16 เพื่อสำรวจฐานรากทางด้านธรณีวิทยาและทางด้านปฐพีกลศาสตร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบและก่อสร้าง งานก่อสร้างอาคารป้องกันตลิ่งคลองดุสน จังหวัดสตูล

5. ประสานฝ่ายออกแบบ สชป.16 ให้ข้อมูลที่ใช้ดำเนินการออกแบบงานก่อสร้างก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งสถานีพัฒนาอาหารสัตว์สตูล จังหวัดสตูล โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาและพิจารณาความเหมาะสมโครงการเบื้องต้น ส่งมอบผลสำรวจและพาออกสนามตรวจสอบดูสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ก่อสร้างจริง

6. ตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของแบบก่อสร้าง โดยเข้าตรวจสอบและพิจารณาความเหมาะสมของแบบก่อสร้างกับพื้นที่ก่อสร้างจริง

7. ตรวจสอบการคำนวณปริมาณงาน และราคาค่าก่อสร้าง ในส่วนของงานดำเนินการเอง ดำเนินการจัดทำราคางานต่อหน่วย ราคารวม ค่าวัสดุ ค่าแรง และค่าขนส่ง ในส่วนของงานจ้างเหมาก่อสร้างดำเนินการจัดทำใบแจ้งปริมาณงานและราคา คำนวณราคางานต่อหน่วย และราคารวม ค่าวัสดุ ค่าแรง และค่าขนส่ง และจัดทำราคากลาง โดยใช้อัตราราคางานที่สำนักงบประมาณอนุมัติให้

8. ควบคุมคุณภาพของงานก่อสร้าง ประกอบด้วย งานเสาเข็มเจาะ งานบดอัดดิน งานคอนกรีต และการใช้วัสดุให้เป็นไปตามรูปแบบ และข้อกำหนดทางด้านวิศวกรรม

9. รายงานผลการปฏิบัติงาน เช่น ผลการทดสอบวัสดุ ผลการทดสอบงานดินถมบดอัดแน่น ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต เป็นต้น

10. ตรวจสอบการจัดทำแผนการใช้งวดเงินงบประมาณ ประกอบประมาณการ เพื่อวางแผนงานและแผนการใช้งบประมาณ เพื่อเสนอของบประมาณ

11. วางแผนงานก่อสร้างเบื้องต้นงานก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งสถานีพัฒนาอาหารสัตว์สตูล จังหวัดสตูล

12. จัดทำรายงานผลความก้าวหน้าของงานก่อสร้างเปรียบเทียบกับแผนงานก่อสร้างที่กำหนดไว้และจัดทำรายงานการก่อสร้างแล้วเสร็จ

3.2 การนำความรู้เชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในงาน

เนื่องจากบริเวณตลิ่งระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดนถูกกระแสน้ำกัดเซาะในชวงน้ำหลาก สงผลใหเกิด ความเสียหาย หากปลอยให่เกิดการกัดเซาะอยางตอเนื่อง อาจเกิดความเสียหายกับอาคารและบานเรือนราษฎรบริเวณ ขางเคียงได

สำนักงานชลประทานที่ 16 โดยกลุ่มพิจารณาโครงการ ส่วนวิศวกรรมบริหารร่วมกับเจ้าหน้าที่โครงการก่อสร้าง 16 และเจ้าที่ที่เกี่ยวข้องได้ตรวจสอบสภาพภูมิประเทศและสอบถามข้อมูลเบื้องต้นจากราษฎรในเขตโครงการแล้ว เห็นว่ามีแนวทางที่จะให้ความช่วยเหลือได้โดยการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง ดังนั้น ผู้ขอเลื่อนประเภทวิศวกร จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำความรู้เชิงวิศวกรรมด้านต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในงาน ดังนี้

1. การตรวจสอบสภาพพื้นที่บริเวณที่จะออกแบบ

เมื่อเดินทางไปถึงสถานที่จะก่อสร้างอาคารป้องกันตลิ่ง ก่อนดำเนินการตรวจสอบสถานที่จริงควรทำการตรวจสอบชื่อและสถานที่บริเวณดังกล่าวนั้นว่าตรงกับคำขอหรือไม่ พร้อมทั้งชื่อบ้านหมู่ที่ ตำบลอำเภอ

จังหวัด ถ้ามีความผิดพลาดควรที่จะแก้ไขให้ถูกต้องตามความเป็นจริงและถูกต้องตามงบประมาณ หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการตรวจสอบสถานที่จริงต่อไป

1) สภาพพื้นที่ปัจจุบัน เมื่อเริ่มทำการตรวจสอบสภาพพื้นที่จริง ควรมองดูภาพรวมๆ ของพื้นที่คุ้งน้ำตลอดความยาวทั้งหมดพร้อมทั้งประเมินความยาวตามแนวตลิ่งทั้งหมดที่จำเป็นที่จะออกแบบ กำหนดตำแหน่งจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการออกแบบอาคารป้องกันตลิ่ง ไว้ก่อนตามความเหมาะสมด้านเทคนิค รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1.1 ประเมินความยาวที่จำเป็นตลอดคุ้งน้ำ เพื่อกำหนดจุดสิ้นสุดหรือจุดเริ่มต้นที่เหมาะสมด้านเทคนิค สเก็ตลักษณะแม่น้ำ คุ้งน้ำ

1.2 กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดตามความยาวที่ได้รับงบประมาณหรือตามความเห็นของท้องถิ่น

1.3 ตรวจสอบความกว้างของลำน้ำ ความลึกของท้องน้ำ ความลาดชันของตลิ่งปัจจุบันโดยประมาณ สเก็ตลักษณะของคุ้งน้ำและรูปตัดตลิ่งโดยประมาณ

1.4 ตรวจสอบแนวตลิ่งที่เกิดการพังทลายมากๆ หรือบริเวณที่เห็นว่าตลิ่งพังผิดปกติไปจากบริเวณอื่นๆ

1.5 แนวเขตที่ดินในกรณีที่เป็นพื้นที่สวนหรือว่างเปล่า หรือแนวรั้ว ขอบเขตอาคารต่างๆ ต้นไม้ขนาดใหญ่ เป็นต้น

1.6 ตรวจสอบกรรมสิทธิ์ที่ดินในบริเวณที่จะออกแบบพร้อมกับสอบถามความยินยอมในเบื้องต้น

1.7 ขอบเขตของอาคารต่างๆในระยะประมาณ 20 เมตรจากแนวตลิ่ง

1.8 ความกว้างของถนนหรือทางเท้าบริเวณเดิม ชนิดของถนนทางเท้า หน่วยงานเจ้าของถนน ลักษณะของรถยนต์ที่สัญจรไปมา

1.9 สอบถามประวัติการพังทลายของตลิ่งในรอบหลายๆ ปีผ่านมา

1.10 สอบถามระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุดในช่วงที่ผ่านมาหลายๆ ปี หรือระดับน้ำท่วมสูงสุดในปีน้ำมาก เช่น คราบน้ำท่วม ระดับน้ำในขณะทำการสำรวจ ความเร็วการไหล ลักษณะการไหลของน้ำ

1.11 ช่วงระยะเวลาน้ำท่วม การขึ้นลงของน้ำในรอบรายปี เช่น เดือนไหนน้ำท่วมน้ำลด มีการควบคุมระดับน้ำจากเขื่อนฯ หรือประตูระบายน้ำบริเวณใกล้เคียงหรือไม่

1.12 สภาพพื้นที่ที่เป็นอุปสรรคในบริเวณที่จะออกแบบ เช่น ท่าเทียบเรือ ทางลงน้ำ ท่าน้ำเดิม กำแพงกันดิน สะพาน แนวสายไฟแรงสูง ท่อระบายน้ำ เกาะกลางน้ำ

1.13 อาคารป้องกันตลิ่งเดิมบริเวณข้างเคียงหรือต่อเนื่องกัน ชนิดของอาคารเดิม รูปร่าง ขนาด เสาเข็ม ความลาดชัน ทางเท้า ราวกันตก ระบบระบายน้ำ ไฟฟ้า บันไดลงท่าน้ำ เป็นต้น

1.14 การจราจรทางน้ำ เช่น ขนาดเรือ ปริมาณจราจร ความสูงคลื่น

1.15 ข้อมูลพื้นที่ใกล้เคียง การขนส่งวัสดุเข้าหน่วยงานว่ามีข้อจำกัดอย่างไร เช่นสถานที่คับแคบ ซอยแคบ ไม่สามารถขนเสาเข็มเข้าหน่วยงานได้ เป็นต้น

1.16 น้ำใต้ดินไหลออกมา (ถ้ามี) กำหนดตำแหน่งและพื้นที่ให้ถูกต้อง ท่อระบายน้ำ น้ำทิ้งต่างๆ ทั้งบ่อพัก และแนวท่อ เพื่อคำนวณปริมาณน้ำทิ้ง

1.17 ระดับของท่อน้ำทิ้ง ขนาด หน่วยงานรับผิดชอบโครงสร้างที่กระทบต่อ ลำน้ำเช่น ตอม่อ สะพาน ท่อส่งน้ำ ประตูระบายน้ำ ฝาย เป็นต้น

2). ข้อมูลด้านเทคนิค ข้อมูลบางอย่างสามารถตรวจสอบได้ในขณะทำการสำรวจเบื้องต้น เช่น ลักษณะของชั้นดินริมตลิ่ง แนวโขดหิน เกาะกลางลำน้ำ ชนิดของดินหลังตลิ่ง เป็นต้น เพื่อเก็บไว้ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตรวจสอบกับข้อมูลที่จะได้หลังจาก ทำการสำรวจหรือทดสอบในห้องปฏิบัติการแล้ว ข้อมูลด้านเทคนิคต่างๆ ที่สามารถพบได้ เช่น

2.1 ชนิดของพื้นที่ดินบริเวณหลังตลิ่ง เช่น ดินทราย ดินเหนียว โคลน ดินดาน

2.2 ลักษณะของตะกอน ท้องน้ำบริเวณริมตลิ่ง ทั้ง 2 ฝั่ง

2.3 ความลาดชันของตลิ่งเป็นตลิ่งชั้นเดียว หรือหลายๆ ชั้น แต่ละชั้นของตลิ่งเกิดจากอะไร ความสูงต่ำของตลิ่งกับท้องน้ำโดยประมาณ

2.4 สภาพการกัดเซาะของตลิ่ง การตกตะกอนของดินริมตลิ่งบางแห่ง (ถ้ามี)

2.5 คุณภาพน้ำ เช่น น้ำเค็ม น้ำกร่อย หรือเป็นน้ำเค็มเป็นบางช่วงเวลา

2.6 ลักษณะของการวิบัติของตลิ่งเดิม มีรูปแบบอย่างไร มีสาเหตุจากอะไรเป็นองค์ประกอบหลัก เนื่องจากรูปแบบของการวิบัติมีความสำคัญเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกและใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของลาดตลิ่ง ซึ่งรูปแบบการวิบัติควรแบ่งเป็นรูปแบบทั่วๆไปได้ 4 รูปแบบดังนี้

ก. การร่วงหล่น (Falls) มักจะเกิดขึ้นในมวลที่ร่วงหล่นจากหน้าผาตามแนวผิวระนาบซึ่งมีเพียงเล็กน้อย หรือแทบจะไม่มีระยะขจัดเนื่องจากแรงเฉือนและส่วนใหญ่มักจะร่วงหล่นลงเบื้องล่าง หรือกระเด็นกระดอน หรือกลิ้งลงมา

ข. การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides) มีลักษณะของการเคลื่อนที่ที่มีระยะขจัดและ Strain เนื่องจากแรงเฉือนตามผิวระนาบส่วนโค้ง

ค. การเคลื่อนตามแนวระนาบ (Translation Slides) มีลักษณะการเคลื่อนที่ตามแนวผิวระนาบ, แนวการเลื่อน (Faults), แนวรอยแตก หรือผิวระนาบที่อ่อน

ง. การไหล (Flows) มีลักษณะของการเคลื่อนไหลมาตามแนวลาดเอียงลักษณะเดียวกับการไหลของวัสดุที่มีความหนืด

2. ความรู้ด้านอุทกวิทยา–อุตุนิยมวิทยา ต้องศึกษาเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่จะมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง การขึ้นลงของน้ำทะเล ปริมาณฝนตกโดยเฉลี่ยแต่ละเดือน แต่ละปี มีจำนวนมากน้อยเพียงใด ซึ่งผู้ขอเลื่อนประเภทวิศวกรต้องร่วมกับทีมงาน เพื่อกำหนดแผนงานให้สอดคล้องกับงานก่อสร้าง เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น และเพื่อใช้พิจารณาการขนส่งวัสดุและเครื่องจักร–เครื่องมือ ในระหว่างการก่อสร้าง จึงจำเป็นต้องวางแผนการขนส่งวัสดุ เครื่องจักร–เครื่องมือ ให้เหมาะสมกับสภาพอุตุนิยมวิทยา เพื่อความสะดวกและรวดเร็วของการทำงานสามารถทำงานให้แล้วเสร็จตามเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัด

3. ความรู้ด้านชลศาสตร์ ผู้ขอเลื่อนได้ทำการศึกษาความรู้ด้านชลศาสตร์ เพื่อใช้ในการพิจารณากำหนดทางผันน้ำ เพื่อรับน้ำจากพื้นที่บ้านเรือนของราษฎรและพื้นที่การเกษตรที่อยู่ริมคลอง ที่ไหลบ่าลงคลองดุสนในขณะฝนตก แล้วไหลผ่านคลองบริเวณสถานที่ก่อสร้าง โดยไม่เกิดการไหลล้นท่วมบ่อก่อสร้าง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องศึกษาลักษณะปริมาณการไหลของน้ำผ่านคลอง เพื่อการคำนวณปริมาณน้ำ และความเร็วของน้ำสำหรับการออกแบบทางผันน้ำ โดยเฉพาะลำน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี และช่วงฤดูฝนระดับน้ำในลำน้ำมีระดับสูง การดำเนินงานจำเป็นต้องทำการก่อสร้างทำนบดินชั่วคราว (Coffer Dam) ปิดกั้นลำน้ำเดิมบริเวณบ่อก่อสร้าง พร้อมทั้งก่อสร้างทางผันน้ำเพื่อเปลี่ยนแนวทางการไหลของน้ำไม่ให้น้ำในลำน้ำไหลเข้ามาเป็นอุปสรรคการทำงานในบ่อก่อสร้าง และต้องพิจารณาถึงความต้องการใช้น้ำของราษฎรด้านท้ายน้ำ ในช่วงระหว่างทำการก่อสร้าง ราษฎรต้องการใช้น้ำตลอดปี หากมีการก่อสร้างปิดทางน้ำเดิม ทำให้น้ำไม่ไหลลงไปด้านท้ายจะทำให้ราษฎรขาดแคลนน้ำทั้งเพื่อการอุปโภคบริโภค การเกษตรกรรม การประปาและกิจกรรมอื่นๆ ดังนั้นการก่อสร้างทางผันน้ำจำเป็นต้องคำนึงถึงขนาดของทางผันน้ำซึ่งต้องคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นในลำน้ำมาคำนวณหาขนาดทางผันน้ำที่เหมาะสม นอกจากนี้ต้องพิจารณาถึงชนิดของดิน ซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างทางผันน้ำ เพื่อนำมากำหนดความเร็วสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นในทางผันน้ำ โดยไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะพังทลายของดิน อันจะทำให้เกิดการประหยัดเวลา-ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และได้ขนาดทางผันน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง

3.1) การคำนวณปริมาณน้ำสูงสุด สำหรับการออกแบบทางผันน้ำ (Q design) สามารถคำนวณได้ 3 วิธี คือ

1. คำนวณจากพื้นที่รับน้ำฝน (Watershed Area) ของโครงการ

2. คำนวณจากพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ (Cross-Section Area)

3. คำนวณจากอาคารเดิมที่อยู่ใกล้เคียงกับหัวงานก่อสร้างในลำน้ำเดียวกัน

(1). คำนวณจากพื้นที่รับน้ำฝน (Watershed Area) ของโครงการ โดยปกติโครงการชลประทานขนาดเล็ก จะประเมินปริมาณน้ำนองสูงสุดในรอบ 25 ปี ดังนั้น ปริมาณน้ำสูงสุดที่ต้องระบาย (Q) สามารถหาได้จาก

$$Q = q \times A$$

เมื่อ q = ปริมาณน้ำนองสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนหนึ่งตารางกิโลเมตร หน่วยเป็น เป็น ลบ.ม. / วินาที / ตารางกิโลเมตร

A = พื้นที่รับน้ำฝน เป็นตารางกิโลเมตร

(2). คำนวณจากพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ (Cross-Section Area)

การคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดสำหรับการออกแบบทางผันน้ำจากพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ (Cross-Section Area) นิยมใช้สมการการไหลของ Manning (Manning’s formula) มาคำนวณหาปริมาณน้ำสูงสุด ทั้งนี้สมการการไหลแบบสม่ำเสมอของ Manning จะมีความแม่นยำ เมื่อสภาพการไหลเป็นแบบปั่นป่วนสมบูรณ์ (Fully Turbulent Flow)

จากสูตร Manning’s formula

ความเร็วของกระแสน้ำ (V) $$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

ปริมาณน้ำสูงสุดที่ต้องระบาย (Q) $$Q = A_{ave} \times V$$

เมื่อ n = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของผิวทางน้ำ (Coefficient of Roughness)

R = รัศมีชลศาสตร์ (hydraulic radius) = A / P

A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล (Section Area)

P = เส้นขอบเปียก (Wetted Perimeter)

S = ความลาดของระดับท้องทางน้ำ

(3). คำนวณจากอัตราการไหลผ่านอาคารเดิมที่อยู่ใกล้เคียงกับหัวงานก่อสร้างในลำน้ำเดียวกัน เป็นการคำนวณปริมาณน้ำสูงสุด สำหรับการออกแบบทางผันน้ำ โดยอาศัยอาคารชลประทานเดิมที่มีอยู่แล้วในลำน้ำและตั้งอยู่ใกล้เคียงกับหัวงานก่อสร้างมาคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุดผ่านอาคาร โดยจะต้องพิจารณาข้อมูลระดับน้ำสูงสุด ทั้งด้านหน้าและด้านท้ายอาคารมาใช้ประกอบในการคำนวณ ทั้งนี้ การคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่ต้องระบาย (Q) วิธีนี้ เป็นการคำนวณจากข้อมูลจริงที่เกิดขึ้นกับอาคารเดิม ความแม่นยำในการคำนวณขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญคือระยะห่างระหว่างอาคารเดิมกับหัวงานก่อสร้างโครงการ

การออกแบบคลองดิน ด้วยวิธีความเร็วสูงสุดที่ยอมให้ (Method of maximum Permissible Velocity) ความเร็วสูงสุดที่ยอมให้ได้ คือ ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ทำให้ไม่เกิดการกัดเซาะ ซึ่งขั้นอยู่กับชนิดของเนื้อดิน การออกแบบด้วยวิธีนี้เสนอโดย Forntier & Scobey ค.ศ. 1926 เป็นแนวทางการเลือกความเร็วสูงสุดที่ยอมให้ และค่า Critical Tractive force ที่ยอมให้ ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยมีข้อกำหนดคือ

1. ค่าในตารางนี้ความลึกของน้ำไม่เกิน 1.00 เมตร

2. ถ้าความลึกของน้ำมากเกิน 1.00 เมตร ค่าของความเร็วในตารางอาจจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 0.15 เมตร / วินาที

3. ถ้ามีตะกอนหยาบแขวนลอยมากับน้ำ ความเร็วในตารางควรลดลง 0.15 เมตร /วินาที

4. ถ้าอัตราการไหลมากแต่เกิดในระยะเวลาสั้นและเกิดไม่บ่อยนักความเร็วในตารางอาจเพิ่มได้อีกประมาณ 30 %

ตารางที่ 1 แสดงความเร็วสูงสุดที่ยอมให้ในทางน้ำตามชนิดดิน (Maximum Permissible Velocities) ซึ่งเสนอโดย Fortier and Scobey (1926) สำหรับทางน้ำที่มีแนวตรงความลาดท้องน้ำน้อย ๆ

ชนิดของดิน	น้ำใส V (ม./วินาที)	น้ำขุ่น V (ม./วินาที)
ดินทรายละเอียดมาก (Fine sand)	0.457	0.762
ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)	0.533	0.762
ดินร่วนปนตะกอนทราย (Silt loam)	0.610	0.914
ตะกอนทรายจากลุ่มน้ำ (Alluvial silts)	0.610	1.07
ดินร่วน (Ordinary firm loam)	0.762	1.07
ดินเหนียวที่แข็ง (Stiff clay)	1.14	1.52
ดินเหนียวที่แข็งมาก (Shales and hardpans)	1.83	1.83
กรวดละเอียด (Fine gravel)	0.762	1.52
กรวดหยาบ (Coarse gravel)	1.22	1.83
หิน (Cobble and shingles)	1.52	1.68

การกำหนดความลาดด้านข้างคลอง ต้องคำนึงถึงลักษณะของเนื้อดินที่เป็นตัวคลอง ซึ่ง USBR ได้เสนอไว้ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2 แสดงความลาดด้านข้างของทางน้ำที่ขุดในดินชนิดต่าง ๆ

ชนิดของดิน	ความลาดด้านข้างคลอง	
	ความลึกของน้ำ ไม่เกิน 1.20 ม.	ความลึกของน้ำ มากกว่า 1.20 ม.
หญ้า (Turf)	1:0	
ดินเหนียวที่แข็งตัว (Hard clay)	1:0.5	1:1
ดินร่วนปนดินเหนียว(Clay loam)	1:1	1:1.5
ดินร่วนปนตะกอนทราย (Silty loam)	1:1	1:1.5
ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)	1:1.5	1:2
ดินทราย (Sand)	1:2	1:3

3.2) การควบคุมปริมาณน้ำในบ่อก่อสร้างระหว่างการก่อสร้าง

การควบคุมปริมาณน้ำในบ่อก่อสร้าง โดยในงานก่อสร้างปกติจะทำการก่อสร้างทำนบดินชั่วคราว (Coffer Dam) เพื่อทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำในคลอง หรือน้ำในทางผันน้ำไหลล้นหรือซึมผ่านตัวทำนบเข้าบ่อก่อสร้างได้นั้น แต่หากในบ่อก่อสร้างเกิดปัญหามีน้ำ เนื่องมาจากน้ำใต้ดินที่เกิดจากการขุดบ่อก่อสร้าง (ด้วยสภาพภูมิประเทศบริเวณบ่อก่อสร้างเป็นพื้นที่ราบ ระดับน้ำใต้ดินมีระดับสูง) หรือมีน้ำที่เกิดจากปริมาณฝนที่ตกลงในเขตบ่อก่อสร้าง ซึ่งจะเป็นปัญหาและอุปสรรคในการทำงานในบ่อก่อสร้าง

ดังนั้นผู้ควบคุมงานก่อสร้างต้องพิจารณาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยกำหนดวิธีควบคุมปริมาณน้ำในบ่อก่อสร้างเพื่อไม่ให้เป็นปัญหาและอุปสรรคต่อการทำงานต่อไป การแก้ไขปัญหาการท่วมขังของน้ำในบ่อก่อสร้าง ทำได้โดยวิธีการสูบน้ำออกจากบ่อก่อสร้าง (Dewatering) ซึ่งในงานก่อสร้างที่ระดับฐานรากของอาคารอยู่ลึกลงไปจากดินเดิมมากจนถึงระดับน้ำใต้ดินทำให้เกิดปัญหามีน้ำใต้ดินในบ่อก่อสร้าง (โดยปกติระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ลึกจากผิวดินบริเวณนี้ประมาณ 5-10 เมตร) หรือเกิดฝนตกในเขตบ่อก่อสร้าง จำเป็นต้องมีการควบคุมน้ำในบ่อก่อสร้างไม่ให้เป็นปัญหาและอุปสรรคต่อการทำงาน โดยวิธีการสูบน้ำออกจากบ่อก่อสร้าง (Dewatering) วิธีการสูบน้ำที่นิยมใช้ คือการสูบน้ำผิวดิน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

- วิธี Deep Well เป็นการสูบน้ำออกจากบ่อก่อสร้างทางตรง โดยใช้เครื่องสูบน้ำ สูบจากจุดที่เกิดน้ำผุดขึ้นมา วิธีนี้มีข้อควรระมัดระวัง เพราะความเร็วของกระแสน้ำที่จะไหลเข้าเครื่องสูบน้ำจะสูงมากจนสามารถไหลพาเม็ดดินบริเวณรอบๆไหลเข้าเครื่องสูบน้ำทำให้เกิดโพรงที่ฐานรากจนดินฐานรากเกิดถล่มหรือพังทลายได้

- วิธีฝัง Well Point เป็นการสูบน้ำออกจากบ่อก่อสร้างโดยวิธีการขุดบ่อ หรือร่องชักน้ำรอบๆ บ่อก่อสร้างบริเวณที่จะเทคอนกรีตฐานราก พร้อมกับขุดบ่อดักน้ำ (Sunp) เพื่อรวบรวมน้ำ แล้วใช้เครื่องสูบน้ำ สูบน้ำออกจากบ่อดักน้ำ (Sump) ให้ไปออกจากบ่อก่อสร้าง (วิธีนี้ความเร็วของกระแสน้ำที่จะไหลเข้าท่อ Well Point ไม่สูงเท่าวิธี Deep Well จึงเหมาะต่อสภาพฐานรากที่เป็นดินปนทราย)

- วิธี Relief Well เป็นการสูบน้ำออกจากบ่อก่อสร้าง โดยการขุดบ่อดักเพื่อลดความดันน้ำใต้ดินแล้วใช้เครื่องสูบน้ำ สูบน้ำจากบ่อก่อสร้างออกไป วิธีนี้ความเร็วของกระแสน้ำจะต่ำมาก จะไม่เกิดปัญหาการกัดเซาะพัดพาเม็ดดินฐานราก ทำให้ปลอดภัยต่อการพังทลายของดินฐานราก แต่วิธีนี้จะต้องใช้เวลานานที่จะขจัดน้ำในบ่อก่อสร้างออกได้ วิธีนี้เหมาะสมที่จะใช้กับฐานรากที่ดินเป็นดินเหนียว

ในการปฏิบัติงานจริงอาจจะใช้แบบผสมผสานกันหลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพดินฐานรากและปริมาณน้ำในบ่อก่อสร้าง โดยผู้ควบคุมงานก่อสร้างต้องพิจารณาให้เหมาะสม โดยควบคุมน้ำในบ่อก่อสร้างไม่ให้เป็นปัญหาและอุปสรรคต่อการทำงานได้

หลักปฏิบัติงานสูบน้ำ งานสูบน้ำเป็นงานที่มีหน้าที่และบทบาทที่สำคัญ ไม่เพียงแต่ด้านงบประมาณเพื่อลงทุนติดตั้งเท่านั้น แต่ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นค่าพลังงานในการสูบ และบำรุงรักษาขณะการก่อสร้างกำลังดำเนินอยู่อีกด้วย ดังนั้น การพิจารณาวางแผนการสูบน้ำจึงต้องกระทำอย่างรอบคอบและต้องพิจารณาให้ครอบคลุมทั้งระบบ โดยจะต้องคำนึงถึง

(1). การประหยัดค่าลงทุน และให้ใช้ได้ได้ตามวัตถุประสงค์ในการปรับใช้งานสูงสุด

(2). สะดวกต่อการใช้งานและบำรุงรักษาตลอดระยะเวลาการก่อสร้าง

(3). ประหยัดพลังงาน เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด

การวางแผนงานสูบน้ำเป็นการรวบรวมเอาความรู้ความเชี่ยวชาญในงานช่างหลายแขนงมาประกอบเข้าด้วยกัน เช่น ความรู้ด้านงานเครื่องกล ความรู้ด้านงานโยธา ความรู้ด้านงานไฟฟ้า และความรู้ด้านงานควบคุม เป็นต้น

ขั้นตอนการดำเนินงาน การวางแผนงานสูบน้ำ

พิจารณาสภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณก่อสร้างดังนี้

- รายละเอียดทางชลศาสตร์ ต้องศึกษาความผันแปรของระดับน้ำทางด้านดูด-จ่าย ความแตกต่างของระดับน้ำทั้งสอง (Static Head) โดยคาดการณ์ระดับน้ำสูงสุดที่อาจท่วมที่ตั้งเครื่องสูบน้ำ

- ลักษณะน้ำและสิ่งแขวนลอยมากับน้ำ ต้องตรวจสอบเพื่อหาความเหมาะสมในการนำไปใช้และเป็นข้อมูล เพื่อกำหนดชนิดของปั้ม

- พิจารณาสภาพภูมิประเทศเพื่อกำหนดตำแหน่งของเครื่องสูบน้ำ ในงานสูบน้ำเพื่อระบายน้ำฝนมักจะมีน้ำที่ต้องการกำจัดเป็นปริมาณมาก กรณีเช่นนี้จำเป็นจะต้องจัดให้มีอ่างพักน้ำขนาดใหญ่หน้าเครื่องสูบเพื่อให้การสูบน้ำเป็นไปอย่างต่อเนื่องโดยไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางและความเร็วของการไหล และต้องจัดให้มีลาดทางชลศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อที่ว่าอัตราการไหลมาสู่บ่อมีปริมาณพอที่จะทำให้การสูบน้ำเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

- การจัดให้มีอ่างพักน้ำอยู่หน้าเครื่องสูบ โดยมีพื้นที่ผิวน้ำมากพอสมควรเป็นสิ่งที่ดีเพราะว่าในช่วงน้ำหลากสูงสุด น้ำจะมารวมอยู่หน้าเครื่องสูบ ทำให้สามารถใช้ปั้มขนาดเล็ก ทำงานต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน โดยไม่ต้องปิด – เปิด เครื่องบ่อยนัก

การหาจำนวนเครื่องสูบน้ำ จากปริมาณน้ำที่ต้องการระบาย สามารถเลือกใช้เครื่องสูบน้ำได้จากตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาด และอัตราการสูบน้ำของปั้ม โดยพิจารณาเลือกขนาด และจำนวนเครื่องสูบน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งาน ทั้งนี้ควรกำหนดให้มีเครื่องสำรองจำนวนหนึ่งที่พร้อมจะปฏิบัติงานได้ทันที กรณีเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและอัตราการสูบของปั๊ม

ขนาด มม.	อัตราการสูบ ม.^{3} /นาที	ขนาด มม.	อัตราการสูบ ม.^{3} /นาที
65	0.35-0.45	600	36-50
80	0.45-0.70	700	50-70
100	0.70-1.20	800	70-90
125	1.20-1.80	900	90-115
150	1.80-3.00	1000	115-150
200	3.00-5.00	1200	150-200
250	5-8	1350	200-225
300	8-12	1500	255-325
350	12-18	165	325-400

4. ความรู้ด้านปฐพีกลศาสตร์ (Soil Mechanic) ได้นำความรู้ด้านปฐพีกลศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนงาน การควบคุมงาน และการแก้ไขปัญหางานระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล โดยทำการศึกษา วิเคราะห์ ตรวจสอบข้อมูลและคุณสมบัติของชั้นดินเพื่อประเมินสภาพโดยรวมของความมั่นคงของลาดตลิ่งคลอง ลาดบ่อก่อสร้าง ในพื้นเขตพื้นที่ก่อสร้าง ตลอดจนใช้ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับหน่วยแรง (Stress) การรับน้ำหนัก (Strength) และการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Deformation) ของมวลดินภายใต้น้ำหนักกระทำในรูปแบบต่างๆ มาประกอบการพิจารณาด้านวิศวกรรม เพื่อให้งานขุดขยายคลองและงานขุดบ่อก่อสร้างของอาคารอาคารป้องกันตลิ่งคลอง มีความมั่นคงและปลอดภัย โดยปัจจัยที่สำคัญในชั้นดินที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติด้านวิศวกรรมอย่างมาก คือ แรงดันน้ำในมวลดิน ดังนั้น หากไม่ได้รับการพิจารณาตรวจสอบอย่างละเอียดและรอบคอบแล้วนั้น การพังทลายของลาดดินด้านข้างคลองและ ลาดดินขุดบ่อก่อสร้างจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขให้กลับคืนสู่สภาพเดิม ผลงานก้าวหน้า งานก่อสร้างล่าช้ากว่าแผนปฏิบัติงานก่อสร้าง และที่สำคัญที่สุด คือ เหตุของการพิบัติอาจส่งผล กระทบต่อความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินในบริเวณดังกล่าวอย่างมหาศาลจนไม่อาจประเมินมูลค่าความเสียหายได้

ดังนั้น การสำรวจเพื่อเก็บตัวอย่างดินและตรวจสอบหาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดิน (Engineering Properties) ที่ได้จากห้องทดลอง จึงมีความจำเป็นอย่างมากต่อการศึกษาวิเคราะห์การพิบัติของลาดดินบ่อก่อสร้าง โดยมีข้อมูลสำคัญ ๆ ที่ใช้ประกอบการพิจารณา อาทิเช่น แรงยึดเกาะของมวลดิน (Cohesion, c) และแรงเสียดทานภายใน (Angle of Friction, Ø) เป็นต้น และจะต้องมีการตรวจสอบเสถียรภาพความมั่นคงของลาดดินขุดบ่อก่อสร้างในสองกรณี คือ ในขณะสิ้นสุดการขุดบ่อก่อสร้าง (End of Construction) และภายหลังการขุดบ่อก่อสร้างในระยะยาว (Long Term Condition) โดยทั่วไปแล้ว ชั้นดินจะมีความชื้นหรือน้ำอยู่ในช่องว่างของมวลดิน และหากมีการเปลี่ยนแปลงหน่วยแรงจากการกระทำภายนอกเนื่องมาจากการขุดดินออก จะส่งผลให้ค่าหน่วยแรงรวมที่กระทำตั้งฉากกับผิวเคลื่อน (Total Stress, σ) มีค่าลดลงในช่วงแรก ระดับน้ำใต้ดินค่อย ๆ ลดลงและมวลดินพยายามขยายตัวเพิ่มมากขึ้นในขณะที่กำลังดำเนินการขุดบ่อก่อสร้าง ดังนั้น ความดันน้ำภายในมวลดิน (Pore Pressure) จะลดลงไปตามลาดดินขุดทันทีภายหลังจากสิ้นสุดการดำเนินการขุดบ่อก่อสร้าง แต่เนื่องจากชั้นดินยังคงอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน จึงใช้วิธีวิเคราะห์แบบความเค้นรวม (Total Stress Analysis) และภายหลังการขุดบ่อก่อสร้างแล้วเสร็จในระยะยาว เมื่อความดันน้ำภายในมวลดินมีการระบายน้ำจากด้านเหนือน้ำของบ่อก่อสร้าง หรือน้ำที่ไหลซึมมาจากใต้ดินหรือแหล่งน้ำใกล้เคียง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าความซึมน้ำของมวลดิน (Permeability, K) ไหลซึมเข้ามาแทนที่ ค่าความดันน้ำจึงค่อยๆ มีค่าเพิ่มสูงมากขึ้นจนถึงสภาวะคงที่ (Steady State) และส่งผลให้เสถียรภาพความมั่นคงของลาดดินขุดมีค่าน้อยที่สุด ในการวิเคราะห์จึงใช้วิธีการวิเคราะห์แบบความเค้นประสิทธิผล (Effective Stress Analysis) จึงจะถูกต้องเหมาะสมมากที่สุด

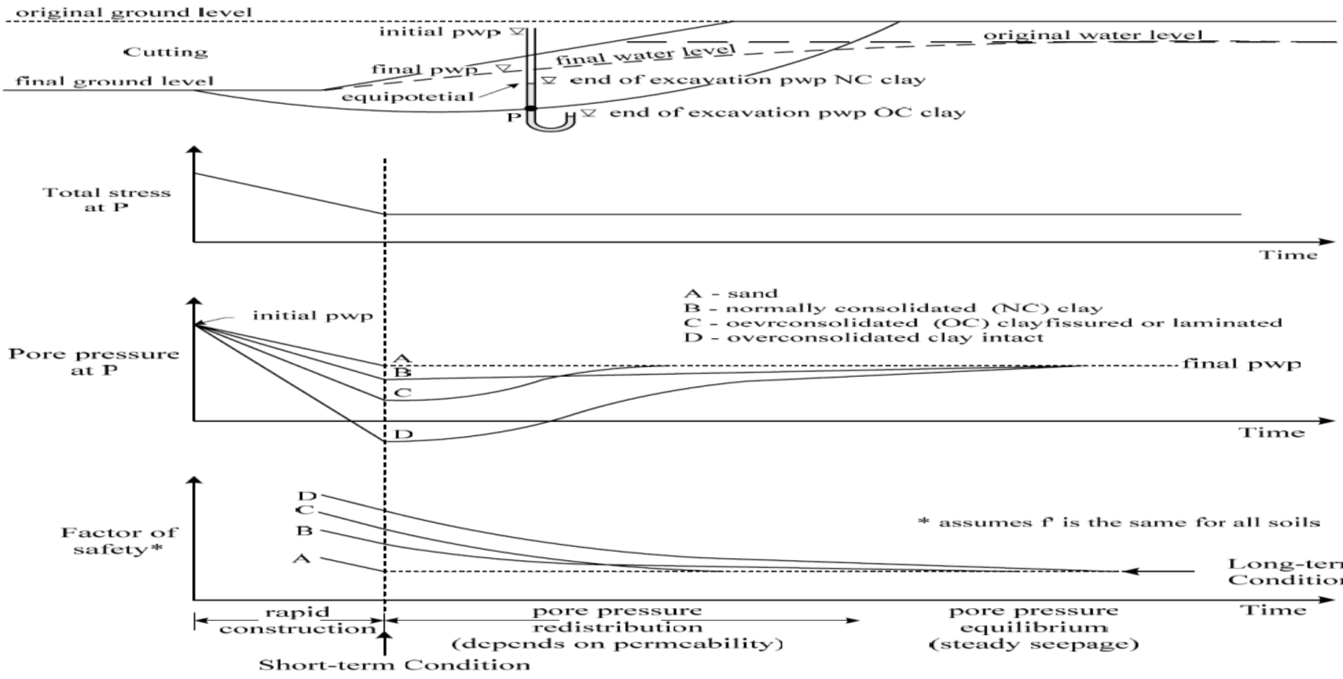
ดังนั้น ค่าความแข็งแรงของมวลดินที่นำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์เสถียรภาพความมั่นคงของลาดดินขุดบ่อก่อสร้างให้ครอบคลุมทั้งสองกรณี นั่นคือ ในขณะสิ้นสุดการขุดบ่อก่อสร้าง (End of Construction) และภายหลังการขุดบ่อก่อสร้างในระยะยาว (Long Term Condition) สามารถแบ่งค่าความแข็งแรงของมวลดินออกได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

(1) "S_u - Analysis" หรือ Undrained Shear Strength สำหรับการพิจารณากรณีที่ดินเหนียวอิ่มตัวและมีการก่อสร้างโดยรวดเร็ว (Ø = 0) ใช้วิธีวิเคราะห์แบบความเค้นรวม (Total Stress Analysis)

(2) "c_u , $Ø_u$ - Analysis" หรือ Total Strength สำหรับการพิจารณากรณีที่ดินชื้นไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นมวลดินที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน จึงไม่สามารถทราบความดันน้ำได้อย่างชัดเจน เช่น ดินถมบดอัดในระหว่างการก่อสร้าง

(3) "c´, Ø´ - Analysis" หรือ Effective Strength สำหรับการพิจารณากรณีที่ดินอิ่มตัว และสามารถทราบความดันน้ำชัดเจน เช่น ก่อสร้างเสร็จนานแล้วและอยู่ระหว่างการใช้งาน และมีความดันน้ำปรับเข้าสู่สภาพ

สมดุลหรือมีน้ำไหลผ่านคงที่ (Steady State) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบความเค้นประสิทธิผล (Effective Stress Analysis)



รูปที่ 28 แสดงงานดินขุด (Cutting) ในขณะสิ้นสุดการขุดบ่อก่อสร้าง (End of Construction) และภายหลังการขุดบ่อก่อสร้างในระยะยาว (Long Term Condition)

ในการประเมินค่าหน่วยแรง (Stress) และการรับน้ำหนัก (Strength) สำหรับดินเหนียว (Clay) ซึ่งค่า Ø มีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าความแข็งแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, S_u) จึงมีค่าเท่ากับ ค่าความแข็งแรงเฉือนแบบไม่มีแรงดันด้านข้าง (Unconfined Compressive Strength, c_u) และมีค่าเท่ากับ 0.5 เท่าของหน่วยแรง ดังนั้น ความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของคุณสมบัติเบื้องต้นของดินเหนียวสามารถประมาณค่าได้จากผลการเจาะสำรวจดินในสนาม โดยวิธี Standard Penetration Test (SPT) ดังแสดงในตารางที่ 6 เพื่อใช้ประกอบในการวิเคราะห์ค่าความมั่นคงของลาดบ่อก่อสร้าง

ตารางที่ 4 แสดงค่าความแข็งแรงเฉือนของดินเม็ดละเอียด (Cohesive Soils)

Correlation of Undrained Shear Strength and Unit Weight of Clay (q_u /2= c)			
Consistency	**q_u (t/sq.m.)**	**SPT (blow/ft)**	**Saturated Unit Weight (t/cu.m.)**
Very Soft	0-2.44	0-2	<1.60-1.76
Soft	2.44-4.88	3-4	1.60-1.92
Medium	4.88-9.76	5-8	1.76-2.00
Stiff	9.76-19.53	9-16	1.84-2.08
Very Stiff	19.53-39.06	16-32	1.92-2.24
Hard	>39.06	>32	>2.08

การประเมินค่าหน่วยแรง (Stress) และการรับน้ำหนัก (Strength) สำหรับทราย (Sand) ซึ่งมีอนุภาคขนาดใหญ่ สามารถระบายน้ำได้ดี เมื่อมีแรงกระทำต่อมวลดินจึงสามารถระบายน้ำได้ดี เนื่องจากค่า C มีค่าเท่ากับ 0 ค่าความแข็งแรงเฉือนจึงมีค่าเท่ากับแรงเสียดทานภายใน (Angle of Friction, Ø) ดังนั้น ความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของคุณสมบัติเบื้องต้นของทรายสามารถประมาณค่าได้จากผลการเจาะสำรวจดินในสนาม โดยวิธี Standard Penetration Test (SPT) ดังแสดงในตารางที่ 7 เพื่อใช้ประกอบในการวิเคราะห์ค่าความมั่นคงของลาดบ่อก่อสร้าง

ตารางแสดงค่าความแข็งแรงเฉือนของดินเม็ดละเอียด (Cohesionless Soils)

Granular Soil Properties (After Teng, 1962)					
	Relative Density	SPT-N	Angle of Internal Friction	Unit Weight Moist.	Unit Weight Submerged
Compactness	(%)	(blow/ft.)	(degree)	(t/cu.m.)	(t/cu.m.)
Very Loose	0-15	0-4	<28	<1.60	<0.96
Loose	16-35	5-10	28-30	1.52-2.00	0.88-1.04
Medium	36-65	11-30	31-36	1.76-2.08	0.96-1.12
Dense	66-85	31-50	37-41	1.76-2.24	1.04-1.36
Very Dense	86-100	>51	>41	>2.08	>1.20

จากผลการศึกษาทดลองสำหรับค่าความแข็งแรงของมวลดินประสิทธิผลของมวลดินเม็ดละเอียด (Effective Strength of Cohesive Soils) ซึ่งนำมาใช้ประกอบการพิจารณางานขุดบ่อก่อสร้างดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางแสดงค่าความแข็งแรงของมวลดินประสิทธิผลของมวลดิน Bert Look, 2007)

Type	Soil Description/State	Effective Cohesion (t/cu.m.)	Friction Angle (Degree)
Cohesive	Soft - Organic	0.5-1.0	10-20
	Soft – Non Organic	1.0-2.0	15-25
	Stiff	2.0-5.0	20-30
	Hard	5.0-10	25-30

เมื่อทราบค่าความแข็งแรงของมวลดินในแต่ละวิธีเพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ลาดดินในสภาพต่าง ๆ แล้ว ต้องสำรวจสภาพภูมิประเทศเพื่อคาดการณ์ลักษณะการพังทลายของลาดดินขุด (Slope Failure) จึงเป็นส่วนที่สำคัญในขั้นตอนต่อไปในการพิจารณาเลือกใช้ทฤษฎีสำหรับการวิเคราะห์หาอัตราส่วนความปลอดภัยและการหาแนวทางวิธีการแก้ไขปัญหา

5. ความรู้ด้านธรณีวิศวกรรม (Engineering Geology)ผู้เสนอผลงานได้นำความรู้ทางด้านธรณีวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการปฏิบัติงานก่อสร้างอาคารป้องกันตลิ่งคลองดุสน โดยทำการศึกษาวิเคราะห์ ตรวจสอบข้อมูลและคุณสมบัติของชั้นดินเพื่อจำแนกความหนาของชั้นดิน (Overburden) ชั้นหินผุ (Weathered Rock) และชั้นหินแข็ง (Bed Rock) เพื่อประเมินคุณภาพโดยรวมของฐานรากบ่อก่อสร้าง กำหนดขนาด ระดับ ขอบเขต และมิติต่างๆ ของบ่อก่อ สร้าง จากสภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่บริเวณโครงการพบว่า มีลักษณะเป็นดินทราย ซึ่งดินเนื้อทรายเป็นกลุ่มชุดดินที่ไม่อุ้มน้ำ ง่ายต่อการ กัดกร่อน จากผลของการสำรวจที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่ามีดินทรายทั่วประเทศประมาณ 6 ล้านไร่ กระจัดกระจายอยู่ในจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศ ซึ่งจะต้องมีการจัดการเป็นกรณีพิเศษกว่าดินทั่วไป

ประเภทของดินทรายสามารถแบ่งออก 2 ประเภท คือ

1). ดินทรายจัด หมายถึง ดินทรายที่มีเนื้อดินบนเป็นดินทราย หรือดินทรายร่วน และหนากว่า 50 เซนติเมตร สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ดินทรายที่มีเนื้อดินเป็นทรายหรือหยาบร่วนหนากว่า 50 เซนติเมตร แต่ไม่เกิน 1 เมตร จากผิวด้านบน ส่วนดินชั้นล่างลงไปจะเหนียวขึ้น พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กลุ่มที่ 2 ดินทรายที่มีเนื้อดินเป็นทรายหรือหยาบร่วนหนากว่า 1 เมตร คือภายใน 2 เมตร จะพบชั้นดินที่ร่วนปนดินเหนียว หรือ ดินเหนียวปนทรายเกิดขึ้น ดินกลุ่มนี้พบมากเช่นเดียวกับกลุ่มแรก

กลุ่มที่ 3 ดินทรายที่มีเนื้อดินเป็นทรายและหยาบร่วนหนากว่า 2 เมตร

2). ดินทรายมีชั้นดาน พบมากบริเวณจังหวัดที่อยู่ติดฝั่งทะเลทางภาคใต้และภาคตะวันออกประมาณ 7 แสนไร่ จะเกิดในสภาพแวดล้อมที่จำกัด สภาพที่เหมาะสมสำหรับการเกิดดินชนิดนี้จะต้องมีวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นทราย ภูมิอากาศชุ่มชื้น และเป็นที่ราบ องค์ประกอบทางแร่ธาตุของดินเหล่านี้มีแต่แร่ที่ไม่สลายตัวหรือสลายตัวยาก สภาพของดินโดยทั่วไปเป็นกรด มีแร่ดินเหนียวน้อย อินทรีย์วัตถุในดินเป็นตัวสำคัญในขบวนการเปลี่ยนแปลงของดินและควบคุมการดูดยึดต่าง ๆ ขบวนการเกิดของชั้นดินดาน เกิดจาก อินทรีย์วัตถุไปจับตัวกับธาตุ อลูมิเนียมและเหล็ก โดยมีกรดเป็นตัวดูดซับทำให้เกิดตะกอนของสารประกอบเชิงซ้อนออร์กาโนเมทัลลิค เมื่อเวลาผ่านไป ตะกอนที่เกิดขึ้นก็จะเพิ่มและสะสมมากขึ้น จับตัวกันเป็นชั้นดานแข็ง ซึ่งระดับน้ำใต้ดินก็

มีอิทธิพลอย่างมากในการตกตะกอนและควบคุมตำแหน่งของชั้นดาน ถ้าระดับน้ำใต้ดินตื้น จะทำให้ชั้นดานแข็งเกิดอยู่ตื้น มีผลในการขัดขวางการเจริญเติบโตและการชอนไช ของรากพืช

ปัญหาของดินทรายแบ่งออกเป็น 3 ปัญหาหลัก ดังนี้

(1) ปัญหาเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดินเป็นปัญหาที่รุนแรงในพื้นดินดอน พื้นที่ลุ่ม ๆ ดอน ๆ และรุนแรงมากในบริเวณพื้นภูเขา การชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นรุนแรงในพื้นที่ที่มีความลาดชันตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป เนื่องจากอนุภาคของดินเกาะกันอย่างหลวมๆ การชะล้างพังทลายของดินทำให้เกิดปัญหาติดตามมาหลายชนิด เช่น เกิดสภาพเสื่อมโทรมมีผลกระทบทำให้แม่น้ำลำธาร เกิดความแห้งแล้งและน้ำท่วมซ้ำซาก

(2) ปัญหาที่เกี่ยวกับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดินทรายจัด จะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำปริมาณอินทรีย์วัตถุ ธาตุโพแทสเซียมและฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในเกณฑ์ต่ำถึงต่ำมาก และเป็นผลให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ลดลงด้วย

(3) ปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของดินไม่ดี ได้แก่ ดินแน่นทึบ โดยเฉพาะดิน พื้นที่นาที่มีค่อนข้างเป็นทรายละเอียด มีอินทรีย์วัตถุเป็นองค์ประกอบต่ำ จะมีผลทำให้ดินอัดตัวแน่นทึบ ยากแก่การใช้ของรากพืช

องค์ประกอบทางธรณีเทคนิคต่อเสถียรภาพของตลิ่ง

องค์ประกอบทางธรณีเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพการพังทลายของตลิ่งทางน้ำมีอยู่มากมาย ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่

1) ความลาดเอียงของตลิ่ง (Bank slope geometry) ส่วนที่มีผลกระทบต่อความลาดเอียงของตลิ่งได้แก่ การกัดเซาะบริเวณลาดตลิ่งและบริเวณท้องน้ำริมตลิ่ง

2) การไหลของน้ำ (Water flow) แบ่งได้เป็น การไหลซึมของน้ำในมวลดินและการซึมผ่านของน้ำผิวดิน

(1) การไหลซึมของน้ำในมวลดิน (Seepage) การไหลของน้ำในมวลดินนี้เกิดขึ้น เมื่อระดับน้ำใต้ดินและระดับน้ำในลำน้ำแตกต่างกัน ถ้าผลต่างของระดับนี้สูง เช่น ในกรณีของการลดระดับอย่างทันทีทันใดของน้ำในลำน้ำ จะทำให้เกิดแรงดันน้ำในมวลดินสูง สามารถกัดเซาะเม็ดดินออกเป็นโพรงได้ (piping) นอกจากนี้การไหลของน้ำในมวลดิน ยังทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณผิวตลิ่งและตีนตลิ่งได้

(2) การซึมผ่านของน้ำผิวดิน (Infiltration) การซึมผ่านของน้ำผิวดินและน้ำฝนทำให้หน่วยความหนาแน่นและแรงดันของน้ำในดินสูงขึ้น ส่งผลให้กำลังของดินและเสถียรภาพของตลิ่งลดลง

3) น้ำหนักบรรทุกจรริมตลิ่ง (Surcharge load) ตัวอย่างของน้ำหนักบรรทุกนี้ได้แก่ มนุษย์ เครื่องจักรในขณะก่อสร้าง และรถยนต์ในกรณีที่มีถนนอยู่ริมตลิ่ง

(4) การแตกร้าวของดินเนื่องจากแรงดึง (Tension crack) เกิดขึ้นกับดินประ เภทดินเหนียวการแตกร้าวทำให้ตลิ่งลดเสถียรภาพลง โดยเฉพาะถ้ามีน้ำอยู่ในรอยร้าวดังกล่าว

สาเหตุการพังทลายของตลิ่ง

สาเหตุการพังทลายของตลิ่งริมแม่น้ำส่วนใหญ่จะเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1) กระแสน้ำ: กระแสน้ำที่รุนแรงจะพัดพาอนุภาคเล็กๆ ของดินที่ร่วนหรือดินที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวทำให้เกิดการกัดเซาะทั้งที่บริเวณฐานและบริเวณส่วนลาดชันของตลิ่ง กระแสน้ำเกิดการกัดเซาะตลิ่งบนบริเวณลำน้ำที่คดโค้งแนวร่องน้ำลึกจะชิดกับโค้งด้านนอกซึ่งเป็นที่รวมของกระแสน้ำที่ไหลวนในลำน้ำจึงมีอานุ ภาพในการกัดเซาะสูง กระแสน้ำจะพุ่งกัดเซาะตลิ่งที่โค้งด้านนอกจากนั้น Secondary Current ที่เกิดในแนวขวางของลำน้ำจะพาตะกอนไปตกทับถมกันที่ฝั่งด้านตรงข้าม

2) แรงดันของน้ำใต้ดิน: แรงดันน้ำใต้ดินจะสัมพันธ์โดยตรงกับความแตกต่างของระดับน้ำในแม่น้ำกับระดับน้ำใต้ดิน ในสภาพสมดุลระดับน้ำใต้ดินบนฝั่งจะเท่ากับระดับน้ำในแม่น้ำ แต่ในช่วงน้ำลดหลังการเกิดน้ำหลาก ระดับน้ำในแม่น้ำจะลดลงเร็วกว่าระดับน้ำใต้ดินบนฝั่ง ซึ่งทำให้แรงดันน้ำใต้ดินบนฝั่งสูงกว่าและไหลซึมไปตามช่องว่างระหว่างมวลดิน ทำให้ดินเกิดการแยกตัวและเลื่อนไถลลงสู่ลำน้ำ การไหลซึมของน้ำใต้ดินขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมวลดินและแรงดันระดับน้ำใต้ดินจะลดลงตามระดับน้ำในแม่น้ำ ทำให้ค่าความแตกต่างของแรงดันลดลงด้วยนั่นคือ เสถียรภาพของตลิ่งภายใต้สถานการณ์ดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติมวลดินของตลิ่งอัตราการลดระดับของน้ำช่วงน้ำลดและช่วงระยะที่เปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในแม่น้ำ

3) การกัดเซาะที่เกิดจากคลื่น: คลื่นที่เกิดจากลมและการเดินเรือจะมาปะทะกับตลิ่งเกิดเป็นกระแสน้ำปะทะตลิ่ง และจะเป็นตัวพัดพาอนุภาคของดินไป จึงมีผลต่อเสถียรภาพของตลิ่ง ทั้งนี้จะเกิดขึ้นในบริเวณลาดชันที่น้ำขึ้นถึง ผลกระทบของคลื่นมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับมวลดินของตลิ่ง ความลาดชันของตลิ่งและความสูงของคลื่น โดยทั่วไปตลิ่งที่อยู่ในระดับสูงจะมีความลาดชันกว่าตลิ่งที่อยู่ในระดับต่ำ การกัดเซาะจะรุนแรงถ้าความชันของตลิ่งเกิน 3:1 (แนวตั้ง:แนวนอน)การกัดเซาะตลิ่งส่วนมากจะเกิดในช่วงที่มีอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำสูง หรือหลังการลดลงของน้ำหลาก จึงเห็นได้ว่าการกัดเซาะที่ฐานของตลิ่งและการพังทลายของส่วน

ลาดชันนั้นเกิดจากกระแสน้ำ และแรงดันน้ำใต้ดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลความเสียหายที่เกิดจากคลื่นแล้ว ผลเสียหายจากคลื่นน้อยกว่ามาก

4) รับน้ำหนักมากเกินไป: กรณีที่มีถนนอยู่ใกล้กับตลิ่ง น้ำหนักบรรทุกของรถที่วิ่งผ่านจะส่งผ่านลงไปในพื้นดิน ซึ่งถ้าน้ำหนักบรรทุกมากเกินกว่าที่ดินจะรับได้ จะเกิดการพังทลายในลักษณะของ Slip Circle นอกจากนี้ความสั่นสะเทือนของรถที่วิ่งจะส่งผ่านลงไปในพื้นดินด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการแตกแยกในเนื้อดิน เป็นผลทำให้เกิดการพังทลายในที่สุด

7. การออกแบบป้องกันการกัดเซาะ ข้อมูลจาก สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ ความยาวของหินทิ้ง มีหลักเกณฑ์ในการออกแบบดังนี้ การป้องกันการกัดเซาะดินของน้ำ จะทำการออกแบบในกรณีที่ความเร็วของกระแสน้ำมีค่าสูงเพียงพอที่จะเกิดการกัดเซาะ โดยเฉพาะในบริเวณลาดตลิ่งของลำน้ำที่คดโค้ง และบริเวณพื้นท้องน้ำและบนลาดด้านข้าง ด้านท้ายน้ำและเหนือน้ำของอาคารฝายน้ำล้น ทางระบายน้ำล้นและอาคารบังคับน้ำ เป็นต้นสำหรับค่าความเร็วที่มากที่สุดของน้ำยอมให้และไม่เกิดการกัดเซาะดินซึ่งเสนอแนะโดย Fortier และ Scobey (1973) แสดงในตารางด้านล่าง

ตารางแสดงความเร็วมากที่สุดของน้ำที่ยอมให้ที่ไม่เกิดการกัดเซาะดิน

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

ที่มา : Fortier and Scobey (1973) “Design of Low-Head Hydraulic Structure” New York.

3.3 การนำความรู้ด้านอื่นมาประยุกต์กับงานวิศวกรรม นอกจากความรู้เชิงวิศวกรรมแล้ว มีความจำเป็นต้องใช้ศาสตร์ด้านอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ควบคู่กับความรู้ทางด้านวิศวกรรม เพื่อให้โครงการประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายในระดับสูงสุด ดังนี้

1). ความรู้ด้านการบริหาร ต้องมีความรู้ด้านการบริหารเพื่อนำมาใช้ด้านการบริหารงานโครงการฯ ทั้งด้านแผนงบประมาณ แผนงานก่อสร้าง การบริหารงานบุคคล การบริหารงานพัสดุ ฯลฯ เพื่อให้การบริหารโครงการฯ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้องตามระเบียบของทางราชการด้วย

2). ความรู้ด้านกฎหมาย ต้องมีความรู้ทางด้านกฎหมาย เช่น กฎหมายด้านป่าไม้ กฎหมายด้านที่ดิน การขอใช้ที่ดิน กฎหมายด้านความมั่นคง เพื่อนำมาใช้งานให้ถูกต้องและจะไม่ทำผิดกฎหมายซึ่งจะทำให้เกิดโทษต่อผู้ปฏิบัติงาน ผู้บังคับบัญชาและผู้ใต้บังคับบัญชา

3). ความรู้ด้านจิตวิทยามวลชน เพื่อชี้แจงทำความเข้าใจกับประชาชนผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับโครงการให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน สิ่งที่ประชาชนจะได้รับจากการดำเนินงานโครงการ ความร่วมมือของประชาชนเจ้าของพื้นที่ ตลอดจนการสร้างแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของผู้ร่วมงานเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่น สะดวก รวดเร็ว และไม่มีอุปสรรคต่อการทำงาน

4). ความรู้ด้านรัฐประศาสนศาสตร์ เพื่อให้สามารถดำเนินงานในรูปแบบบูรณาการได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประสานความร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ และเป็นไปตามนโยบายที่กำหนดไว้ แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงทางการเมือง หรือปัจจัยอื่น ๆ ก็สามารถปรับเปลี่ยนไป ยืดหยุ่นไปตามสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม กลมกลืน ทั้งฝ่ายการเมือง ประชาชน ข้าราชการ ผู้นำท้องถิ่นเข้ามาเกี่ยวข้อง การวางแผนงานก่อสร้างโครงการชลประทานขนาดกลางจำเป็นต้องใช้ข้อมูลต่าง ๆ เช่น ปริมาณงานที่จะต้องทำ สภาพภูมิประเทศ ปฐพีวิทยาและธรณีวิทยา ข้อมูลด้านอุทกวิทยา ข้อมูลทางด้านแหล่งวัสดุ ข้อมูลแรงงานทั่วไปและแรงงานที่มีทักษะความชำนาญการในด้านต่าง ๆ ข้อมูลด้านกฎระเบียบประเพณีท้องถิ่นและเทศบัญญัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ขีดความสามารถในการจัดหาเครื่องจักรเครื่องมือที่จะนำมาใช้ ข้อมูลด้านเส้นทางคมนาคม การติดต่อสื่อสาร วัตถุประสงค์และเป้าหมายของงานว่าเป็นงานเร่งด่วนตามนโยบายของหน่วยเหนือหรือเป็นงานตามปกติ

บทที่ 4

กรณีศึกษา : โครงการก่อสร้างระบบระบายพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

1.1 ชื่อโครงการ ระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

1.2 เหตุผลความจำเป็นและวัตถุประสงค์ของโครงการ

2.1 เหตุผลความจำเป็น

เนื่องจากราษฎรในเขตพื้นที่ตำบลควนโดนและตำบลย่านซื่อ อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล ได้ประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำทุกปีจากน้ำกัดเซาะตลิ่งลำคลองดุสนเป็นประจำทุกปีในช่วงฤดูฝน ทำให้ถนนชำรุด ทรัพย์สินและพื้นที่การเกษตรของราษฎรได้รับความเสียหายเป็นอย่างมาก องค์การบริหารส่วนตำบลควนโดนและองค์การบริหารส่วนตำบลย่านซื่อ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ก่อสร้างโครงการ ระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน เพื่อช่วยบรรเทาและแก้ไขปัญหาความเดือนร้อนของราษฎร

2.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อช่วยป้องกันการกัดเซาะตลิ่งอันเกิดจากน้ำในคลองธรรมชาติบริเวณ บางส่วนของตำบลควนโดน และบางส่วนของตำบลย่านซื่อ อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

1.3 สาระสำคัญ

3.1 อาคารป้องกันตลิ่งบ้านบูเก็ตยามู หมู่ที่ 2 ความยาว 400 เมตร อาคารป้องกันตลิ่งบ้านดุสนใน หมู่ที่ 6 ความยาว 200 เมตร อาคารป้องกันตลิ่งบ้านปากบาง หมู่ที่ 7 ความยาว 200 เมตรตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

3.2 อาคารป้องกันตลิ่งบ้านสะพานเคียนใต้ หมู่ที่ 7 ตำบลย่านซื่อ อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล ความยาว 240 เมตร

1.4 ประมาณการค่าใช้จ่าย ค่าก่อสร้างโครงการ 40,000,000 บาท

1.5 ปริมาณงานทั้งหมด

15.1. งานกล่อง MATTRESS ขนาด 3.00 x 1.00 x 0.30 พร้อมบรรจุหินใหญ่งานกลอง จำนวน 630 กล่อง

15.2งานกล่อง MATTRESS ขนาด 4.00 x 2.00 x 0.30 ม. พรอมบรรจุหินใหญ จำนวน 670 กล่อง

15.3 งานกลอง GABION ขนาด 2.00 x 1.00 x 0.50 ม. พรอมบรรจุหินใหญ จำนวน 530 กล่อง

1.5.4 งาน TERRAMASH ขนาด 2.00 x 1.00 x 0.50 x 4.00 ม. พร้อมบรรจุหินใหญ 1,800 กล่อง

1.5.5 งาน Geotextile 25,231 ตารางเมตร

1.5.6 งานสูบน้ำระหว่างก่อสร้าง

1.5.7 งานถางป่า จำนวน 10,600 ตารางเมตร

1.5.8 งานทำนบทรายกั้นน้ำ

1.5.9 งานคอนกรีตหยาบ จำนวน 40 ลูกบาศก์เมตร

1.5.10 งานเสาหลักคอนกรีตเสริมเหล็ก ขาว-ดำ จำนวน 261 ต้น

1.5.11 งานดินขุดเปิดหน้าดิน จำนวน 2,362 ลูกบาศก์เมตร

1.5.12 งานดินขุดด้วยเครื่องจักร จำนวน 7,513 ลูกบาศก์เมตร

1.5.13 งานจัดหาพร้อมถมดินบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักร 95 % จำนวน 7,847 ลูกบาศก์เมตร

1.5.14 งานจัดหาพร้อมถมทรายบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักร 95 % จำนวน 6,085 ลูกบาศก์เมตร

1.5.15 งานจัดหาพร้อมตอกเสาเข็มเหล็ก WIDE FLANGE

1.5.16 งาน DOWEL BAR Dia. 25 มิลลิเมตร จำนวน 1,260 จุด

บทที่ 5

ภาพถ่ายโครงการ

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 29 : ก่อนการก่อสร้าง

รูปที่ 30 : ก่อนการก่อสร้าง

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 31 : ก่อนการก่อสร้าง

รูปที่ 32 : ก่อนการก่อสร้าง

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 33 : ก่อนการก่อสร้าง

รูปที่ 34 : ก่อนการก่อสร้าง

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 35 : ก่อนการก่อสร้าง

รูปที่ 36 : ก่อนการก่อสร้าง

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 37 : ระหว่างการก่อสร้าง

รูปที่ 38 : ระหว่างการก่อสร้าง

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 39 : ระหว่างการก่อสร้าง

รูปที่ 40 : ระหว่างการก่อสร้าง

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 41 : ระหว่างการก่อสร้าง

รูปที่ 42 : ระหว่างการก่อสร้าง

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 43 : ระหว่างการก่อสร้าง

รูปที่ 44 : ระหว่างการก่อสร้าง

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 45 : ก่อสร้างเสร็จ

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 46 : ก่อสร้างเสร็จ

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 47 : ก่อสร้างเสร็จ

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 48 : ก่อสร้างเสร็จ

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 49 : ก่อสร้างเสร็จ

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 50 : ก่อสร้างเสร็จ

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 51 : ก่อสร้างเสร็จ

โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

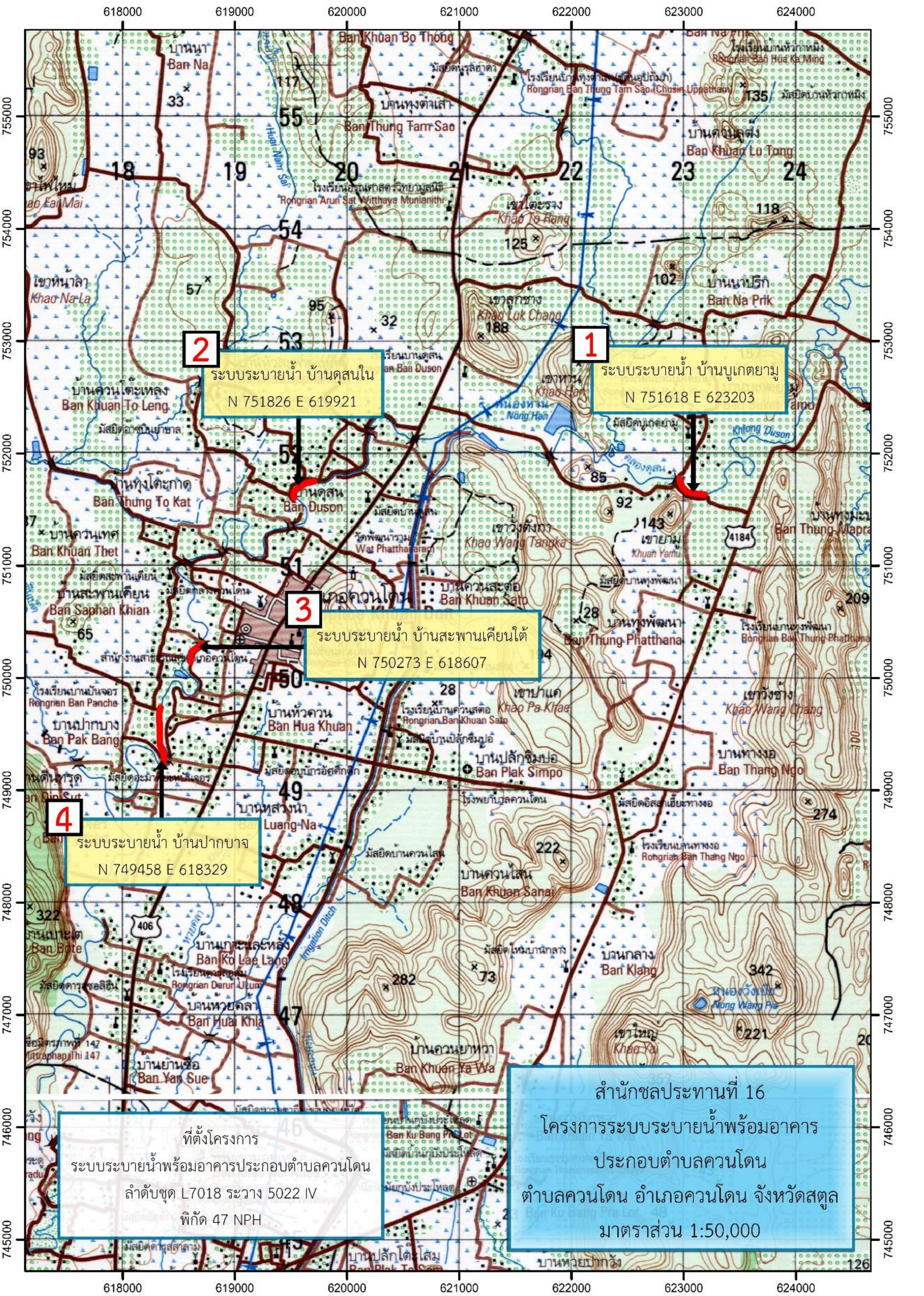
ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

รูปที่ 52 : ก่อสร้างเสร็จ

บทที่ 6

แผนที่โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล



รูปที่ 53 แผนที่โครงการระบบระบายน้ำพร้อมอาคารประกอบตำบลควนโดน

ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล

บรรณานุกรม

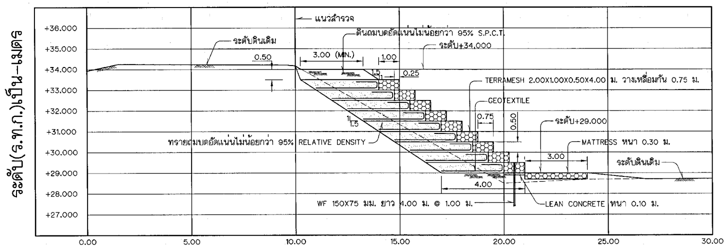
[1] มาตรฐานและคู่มือการออกแบบอาคารชลประทานในระบบส่งน้ำกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สิงหาคม 2538

[2] คู่มือ การออกแบบเขื่อนดิน (Design of small dam) สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทาน(สามเสน) กรกฎาคม 2529 , อาจารย์ปราโมทย์ ไม้กลัด อธิบดีกรมชลประทาน, 51(5)

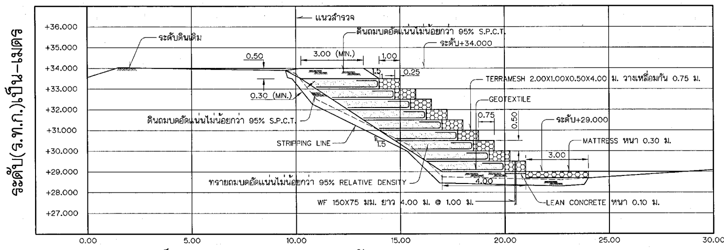
[3] คู่มือ งานเขื่อนดินขนาดเล็ก กองออกแบบ กรมชลประทาน 2542 , อาจารย์ปราโมทย์ ไม้กลัด

[4] คู่มือ การออกแบบและความรู้เกี่ยวกับเขื่อนป้องกันตลิ่ง กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย 2549 , โดยคณะทำงานจัดการความรู ดานการออกแบบ การกอสราง และการบำรุงรักษาเขื่อนปองกันตลิ่ง

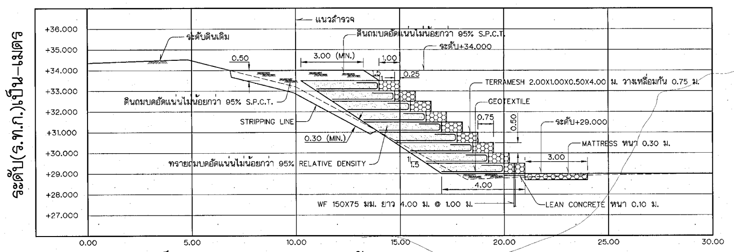
264009



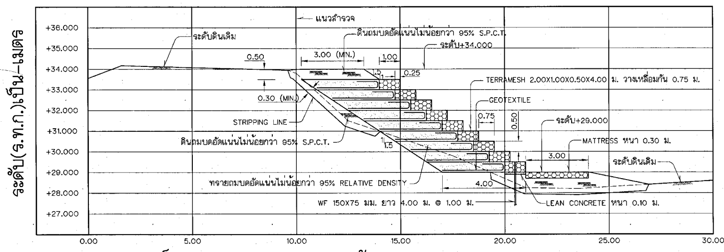
ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+080



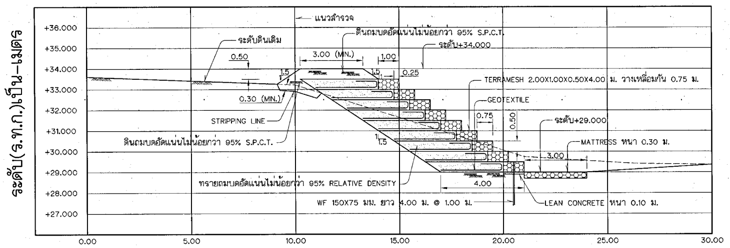
ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+200



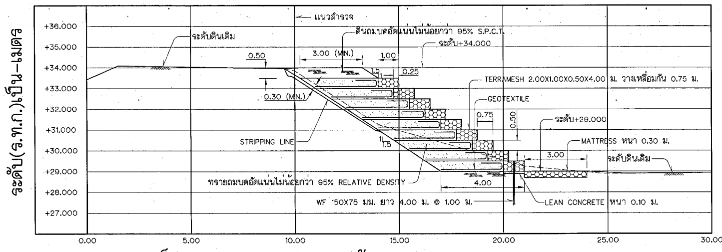
ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+040



ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+160



ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+000



ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+120

มาตราส่วน { ทางตั้ง 1:100 / ทางราบ 1:100 }

หมายเหตุ

1. ระดับ(ร.ท.ก.)และมิติต่างๆกำหนดไว้เป็นเมตร ระยะทางเป็นกิโลเมตร นอกจากแสดงไว้เป็นอย่างอื่น
2. ดูหมายเหตุ และแบบประกอบในแบบหมายเลข 264011

แบบประกอบ	แบบหมายเลข
1. แปลน	264008
2. รูปตัดตามขวาง	264010
3. บันไดหินก่อ	264011

มาตราส่วน 1:100 (0 1 2 3 4 5 6 7 8 เมตร)

ครั้งที่	ตำแหน่ง	รายการแก้ไข	วันที่	ตรวจ / เสนอ	ผ่าน / เห็นชอบ	อนุมัติ

กรมชลประทาน

โครงการระบบระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัยตำบลควนโดน

งานป้องกันตลิ่งบ้านบูเกตยามู

ต.ควนโดน อ.ควนโดน จ.สตูล

บ้านบูเกตยามู

กม.0+000 ถึง กม.0+200

รูปตัดตามขวาง

ออกแบบ		เสนอ		ผส.อ.สบ.
เขียน		ผ่าน		ผอ.ร.อพ.
ลอก		เห็นชอบ		ผส.อร.
ตรวจ		อนุมัติ	แทน	อธช.

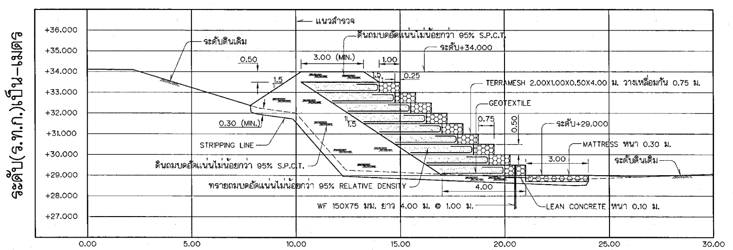
สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม 31ต.ค.59 วันที่

ฝ่ายออกแบบระบบชลประทานที่ 8

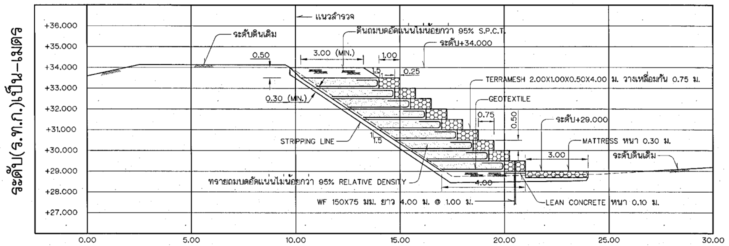
264009

แผ่นที่ 2/4

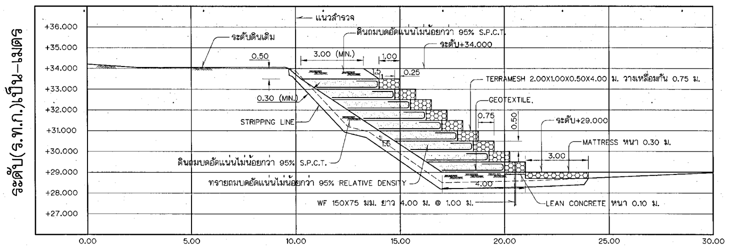
264010



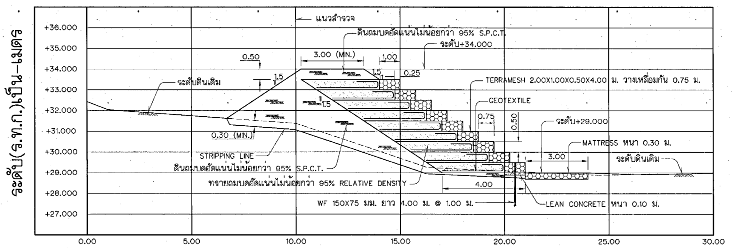
ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+320



ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+280

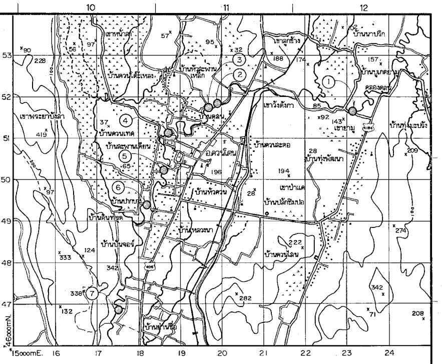


ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+240



ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+360

มาตราส่วน ทางดิ่ง 1:100 / ทางราบ 1:100



แผนที่สังเขปแสดงจุดที่ตั้ง

มาตราส่วน 1:50,000

1. งานป้องกันตลิ่งบ้านบูเกตยามู
2. งานป้องกันตลิ่งบ้านดูสน้ำ
3. งานป้องกันตลิ่งบ้านควนโต๊ะเหลี่ยง
4. งานป้องกันตลิ่งบ้านควนโดนใน
5. งานป้องกันตลิ่งบ้านสะพานเคียนใต้
6. งานป้องกันตลิ่งบ้านปากบาง
7. งานป้องกันตลิ่งบ้านหินพรุด

หมายเหตุ

1. ระดับ(จ.ท.ก.)และมิติต่างๆกำหนดไว้เป็นเมตร ระยะทางเป็นกิโลเมตร นอกจากแสดงไว้เป็นอย่างอื่น
2. ดูหมายเหตุ และแบบประกอบในแบบหมายเลข 264011

แบบประกอบ	แบบหมายเลข
1. แปลนและรูปตัดตามขวาง	264008 ถึง 264009
2. บันไดหินก่อ	264011

0 1 2 3 4 5 6 7 8 เมตร
มาตราส่วน 1:100

กรมชลประทาน
โครงการระบบระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัยตำบลควนโดน
งานป้องกันตลิ่งบ้านบูเกตยามู
ต.ควนโดน อ.ควนโดน จ.สตูล
บ้านบูเกตยามู
กม.0+240 ถึง กม.0+360
รูปตัดตามขวาง

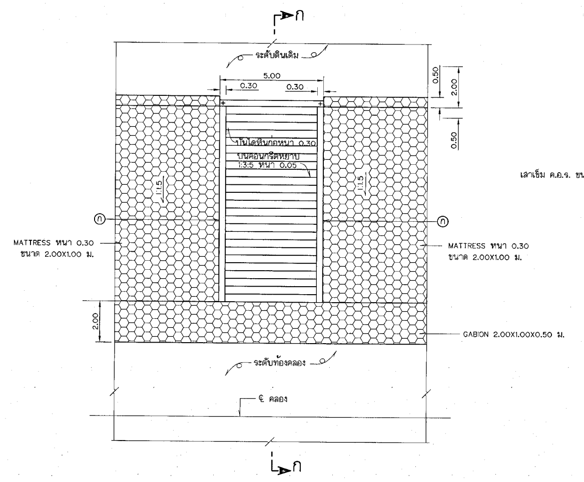
ออกแบบ		เสนอ		ฝจ.ส.อล.
เขียน		ผ่าน		ผอ.ส.อล.
ลอก		เห็นชอบ		ผส.อล.
ตรวจ		อนุมัติ		แทน อธช.

ครั้งที่	ตำแหน่ง	รายการแก้ไข	วันที่	ตรวจ / เสนอ	ผ่าน / เห็นชอบ	อนุมัติ

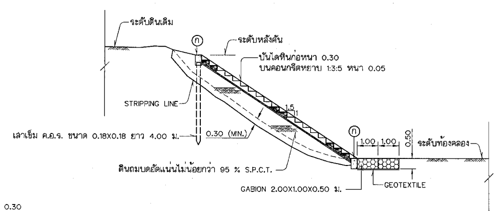
สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม 31ต.ค.53
ฝ่ายออกแบบระบบชลประทานที่ 8 วันที่

264010

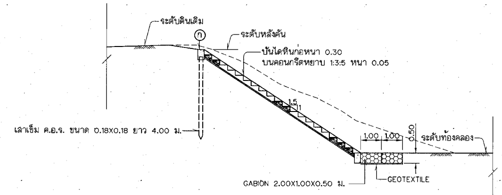
แผ่นที่ 3/4



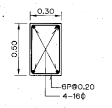
แปลนบันไดหินก่อ
มาตราส่วน 1:100



รูปตัด ก – ก (กรณีดินเดิมต่ำกว่าอาคาร)
มาตราส่วน 1:100



รูปตัด ก – ก (กรณีดินเดิมสูงกว่าอาคาร)
มาตราส่วน 1:100



รูปขยายเอ็นคอนกรีต ⓝ
มาตราส่วน 1:20

หมายเหตุ

1. ระดับ (ร.ท.ก.) และมิติต่างๆ กำหนดไว้เป็นเมตร ระยะทางเป็นกิโลเมตร นอกจากแสดงไว้เป็นอย่างอื่น
2. ผลสำรวจได้จากหน่วยสำรวจสำนักพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง วันที่ 21 กรกฎาคม 2559
3. จุดที่ตั้งอาคารในแผนที่ 1:50,000 ลำดับชุด (SERIES) L7018 ระวาง (SHEET) 5022IV
3. เสาเข็มเหล็ก WF (WIDE FLANGE) ที่ใช้ตอกยึด MATTRESS บริเวณท้องน้ำตามแบบนั้นให้ตอกจมดินลงไปประมาณ 3.85 ม. และส่วนที่เหลือฝังลงใน MATTRESS ประมาณ 0.15 ม. หากตอกไม่ลงเพราะชนหินก็ให้โผล่ส่วนที่เหลือไว้แต่จะต้องสูงไม่เกินระดับ MATTRESS เสาเข็มเหล็ก WF 100x50 มม. มีน้ำหนัก 37.20 กก./4.00ม. และ WF 150×75มม. มีน้ำหนัก 56.00 กก./4.00ม.
4. ก่อนทำการติดตั้ง GABION หรือ MATTRESS ต้องขุดลอกหน้าดินเดิมออกไม่น้อยกว่า 0.30 ม. หรือตามคำแนะนำของหัวหน้าโครงการ
5. ดินถมบดอัดแน่นต้องบดอัดแน่นไม่น้อยกว่า 95% STANDARD PROCTOR COMPACTION TEST โดยถมบดอัดแน่นหนาเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นหนาไม่เกิน 0.30 ม.
6. กล่องลวดตาข่ายเคลือบสังกะสี GABION และ MATTRESS จะต้องมีรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (SPECIFICATIONS) ตามข้อกำหนดของกรมชลประทาน ทะเบียนงานเลขที่ 2S–148–36 และเลขที่ 2S–149–36
7. กล่องตาข่ายจะต้องเป็นรูปหกเหลี่ยม การถักจะต้องถักเป็นลักษณะเกลียวโดยบิดลวดให้เป็นเกลียวจำนวน 3 เกลียว สำหรับ GABION ที่ใช้ให้มีความยาว 2.00 ม. กว้าง 1.00 ม. สูง 0.50 ม. ขนาดตาลวดตาข่ายเท่ากับ 10x12 ซม. และสำหรับ MATRESS ที่ใช้ให้มีความยาว 2.00 ม. กว้าง 1.00 ม. สูง 0.30 ม. ขนาดตาลวดตาข่าย 6x8 ซม.
8. ก่อนวาง GABION ลงที่ท้องน้ำ จะต้องตกแต่งให้ท้องน้ำราบเรียบโดยการขุดหรือถมเกลี่ยด้วยหินย่อยได้เล็กน้อยตามแบบ
9. การติดตั้ง MATTRESS ต้องปรับพื้นที่ที่จะติดตั้งให้เรียบเสมอกัน มีความหนาแน่นเพียงพอและไม่อยู่ในช่วงที่ดินอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพจากการกัดเซาะ ประกอบโครงของ MATTRESS ให้มีความมั่นคงตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เรียงหินที่ได้รับอนุมัติบรรจุในกล่องให้มีความหนาแน่นมากที่สุดจนถึงระดับฝากล่องจากนั้นยึดผนังกล่องให้ได้รูปด้วยลวด ทุกระยะประมาณ 0.30 ม. และปิดฝากล่องให้เรียบร้อย วิศวกรฯอาจสั่งให้เพิ่มความยาวของกล่อง MATTRESS ให้มากจากที่ระบุในแบบได้หากเห็นว่าดินชั้นนั้นๆยังอาจมีการเปลี่ยนแปลงสภาพจากการกัดเซาะของน้ำ
10 หินที่ใช้บรรจุใน GABION ให้ใช้ขนาด 0.15–0.30 ม. ใน MATTRESS ให้ใช้ขนาด 0.075–0.20 ม.
11. รายละเอียดแผ่นใยสังเคราะห์ (GEOTEXTILE)
    - 11.1 รายละเอียดแผ่นใยสังเคราะห์ (GEOTEXTILE)จะต้องผลิตจากวัสดุ POLYPROPYLENE 100% แบบ NONWOVENS
    - 11.2 เส้นใยสังเคราะห์จะต้องอัดกันเป็นแผ่นไม่หลุดจากกันง่าย และเป็น HEAT BONDED ทั้งสองด้าน
    - 11.3 ความกว้างของแผ่นใยสังเคราะห์จะต้องเท่ากับหรือมากกว่า 4.00 ม.
    - 11.4 คุณสมบัติของแผ่นใยสังเคราะห์จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์มาตรฐาน ดังนี้
        - 11.4.1 น้ำหนักต่อพื้นที่ (MASS/UNIT AREA), (ASTM D5261) เท่ากับหรือไม่น้อยกว่า 130 กรัม/ม.^{2}
        - 11.4.2 ความหนา (THICKNESS), (ASTM D5199:1991) เท่ากับหรือไม่น้อยกว่า 1.10 มม.
        - 11.4.3 ความต้านทานแรงดึง (WIDE WIDTH TENSILE STRENGTH), (ISO 10319) เท่ากับ หรือไม่น้อยกว่า 9,500 นิวตัน
        - 11.4.4 การยืดตัว (ELONGATION), (ASTM D4632) เท่ากับหรือไม่น้อยกว่า 40%
        - 11.4.5 ความต้านทานแรงฉีกขาด (TEAR STRENGTH), (ISO 9073/4) มากกว่าหรือเท่ากับ 240 นิวตัน
        - 11.4.6 อัตราการซึมผ่าน (PERMEABILITY AT 100 MM. HEAD), (BS 6906 PART 3) มากกว่าหรือเท่ากับ 190 ล./ม.^{2}/วิ.
12. ห้ามวัดระยะจากแบบชุดนี้
13. ให้หัวหน้าโครงการฯพิจารณาปรับลาดตลิ่งและท้องลำน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำได้ตามความเหมาะสมในสนาม โดยไม่ให้เกิดผลกระทบต่องานป้องกันการกัดเซาะลาดตลิ่งฯ
14. เสาเข็ม ค.อ.ร. ขนาด 0.18 X 0.18 ยาว 4.00 ม. ตามมาตรฐาน มอก.396–2549
15. ขนาดความสูงและความกว้างของลูกตั้ง ลูกนอนบันไดหินก่อ ให้หัวหน้าโครงการพิจารณากำหนดขนาดของลูกตั้งและลูกนอนให้เข้ากับสภาพภูมิประเทศได้ตามความเหมาะสมในสนาม

แบบประกอบ	**แบบหมายเลข**
1. แปลนและรูปตัดตามขวาง บ้านบูเกตยามู	264008 ถึง 264010
2. แปลนและรูปตัดตามขวาง บ้านดุสนใน	264012 ถึง 264013
3. แปลนและรูปตัดตามขวาง บ้านควนโต๊ะเหล็ง	264014 ถึง 264015
4. แปลนและรูปตัดตามขวาง บ้านควนโดนใน	264016 ถึง 264017
5. แปลนและรูปตัดตามขวาง บ้านสะพานเคียนใต้	264018 ถึง 264019
6. แปลนและรูปตัดตามขวาง บ้านปากบาง	264020 ถึง 264021
7 แปลนและรูปตัดตามขวาง บ้านดินทรุด	264022 ถึง 264023

0 0.2 0.5 1.0 1.5 มาตราส่วน 1:20 เมตร

0 1 2 3 4 5 6 7 8 มาตราส่วน 1:100 เมตร

กรมชลประทาน

โครงการระบบระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัยตำบลควนโดน

งานป้องกันตลิ่ง

ต.ควนโดน อ.ควนโดน จ.สตูล

บันไดหินก่อ

แปลนและรูปตัด

ครั้งที่	ตำแหน่ง	รายการแก้ไข	วันที่	ตรวจ / เสนอ	ผ่าน / เห็นชอบ	อนุมัติ

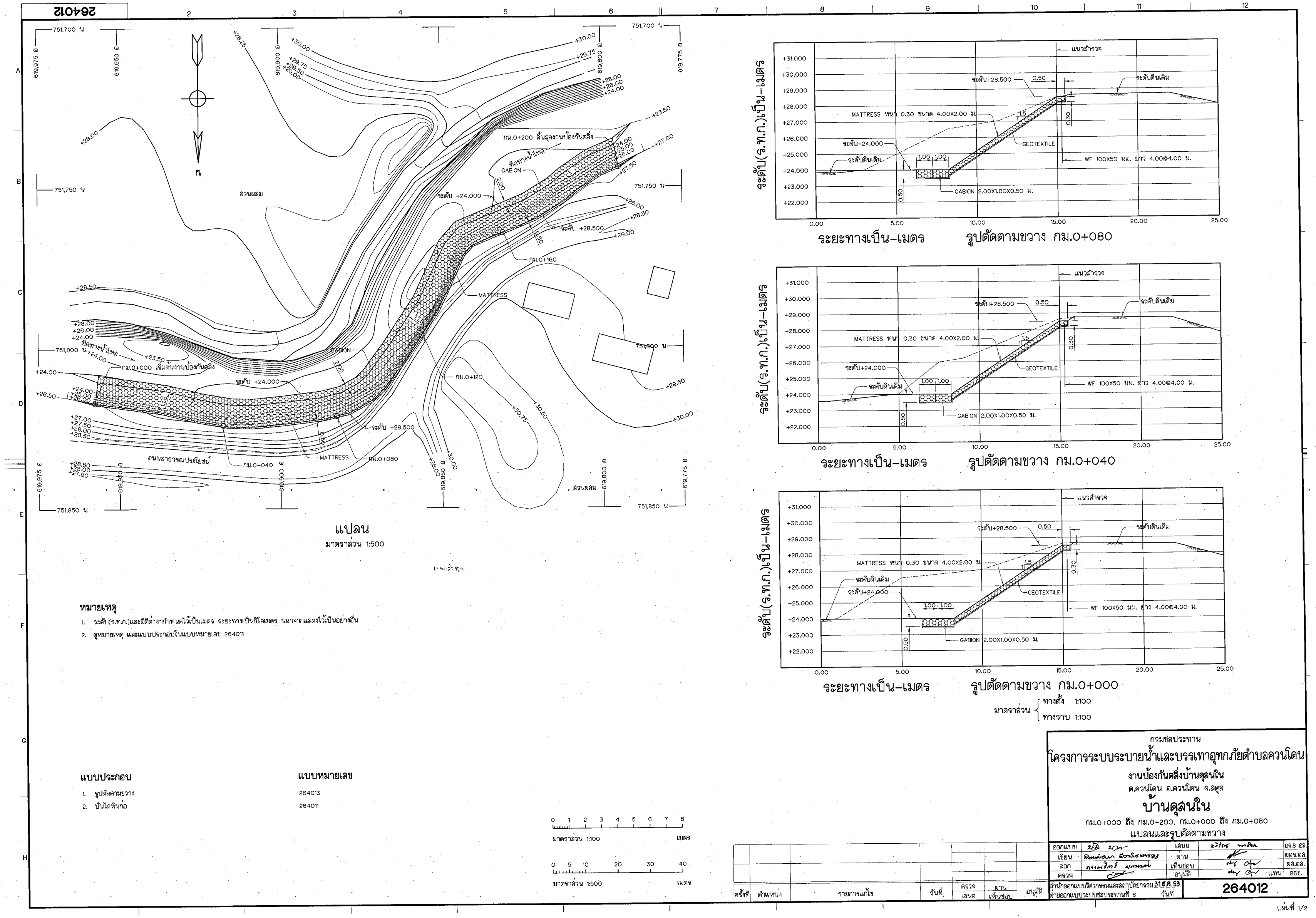
ออกแบบ	[signature]	เสนอ	[signature]	ธร.8 ฮล.
เขียน	[signature]	ผ่าน	[signature]	ผอร.ฮล.
ลอก	[signature]	เห็นชอบ	[signature]	ผส.ฮล.
ตรวจ	[signature]	อนุมัติ	[signature] แทน	อธช.

สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม ฝ่ายออกแบบระบบชลประทานที่ 8 วันที่ 31 ส.ค.59

264011

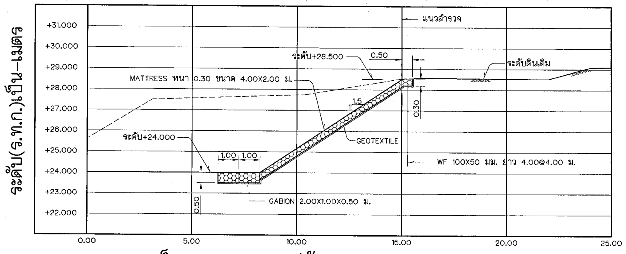
แผ่นที่ 4/4

264011

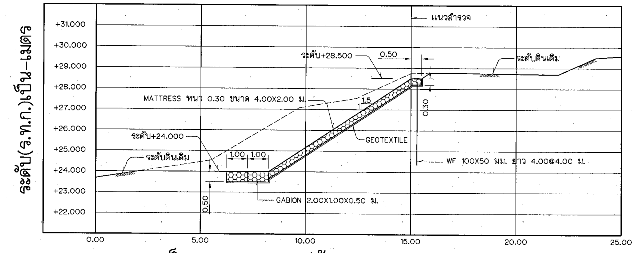


แปลน
มาตราส่วน 1:500
หมายเหตุ
1. ระดับ(ร.ท.ก.)และมิติต่างๆกำหนดไว้เป็นเมตร ระยะทางเป็นกิโลเมตร นอกจากแสดงไว้เป็นอย่างอื่น
2. ดูหมายเหตุ และแบบประกอบในแบบหมายเลข 264011
แบบประกอบ
1. รูปตัดตามขวาง
2. บันไดทีท่อ
แบบหมายเลข
264013
264011
ระยะทางเป็น-เมตร
รูปตัดตามขวาง กม.0+080
รูปตัดตามขวาง กม.0+040
รูปตัดตามขวาง กม.0+000
ระดับ(ร.ท.ก.)เป็น-เมตร
MATTRESS หนา 0.30 ขนาด 4.00X2.00 ม.
GABION 2.00X1.00X0.50 ม.
GEOTEXTILE
WF 100X50 มม. ยาว 4.00@4.00 ม.
มาตราส่วน ทางดิ่ง 1:100 ทางราบ 1:100
กรมชลประทาน
โครงการระบบระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัยตำบลควนโดน
งานป้องกันตลิ่งบ้านดุลนใน
ต.ควนโดน อ.ควนโดน จ.สตูล
บ้านดุลนใน
กม.0+000 ถึง กม.0+200, กม.0+000 ถึง กม.0+080
แปลนและรูปตัดตามขวาง
264012
แผ่นที่ 1/2

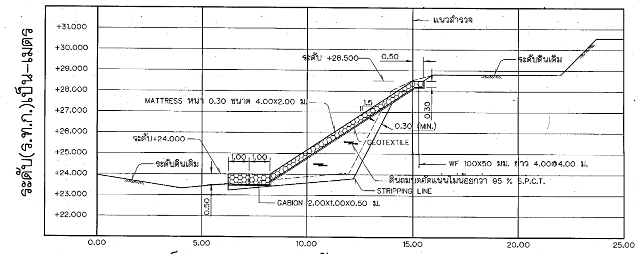
264013



ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+200



ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+160



ระยะทางเป็น-เมตร รูปตัดตามขวาง กม.0+120

มาตราส่วน { ทางตั้ง 1:100 / ทางราบ 1:100 }

0 1 2 3 4 5 6 7 8

มาตราส่วน 1:100 เมตร

หมายเหตุ

1. ระดับ(ร.ท.ก.)และมิติต่างๆกำหนดไว้เป็นเมตร ระยะทางเป็นกิโลเมตร นอกจากแสดงไว้เป็นอย่างอื่น
2. ดูหมายเหตุ และแบบประกอบในแบบหมายเลข 264011

แบบประกอบ	แบบหมายเลข
1. แปลน	264012
2. บันไดหินก่อ	264011

กรมชลประทาน

โครงการระบบระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัยตำบลควนโดน

งานป้องกันตลิ่งบ้านดุลนใน

ต.ควนโดน อ.ควนโดน จ.สตูล

บ้านดุลนใน

กม.0+120 ถึง กม.0+200

รูปตัดตามขวาง

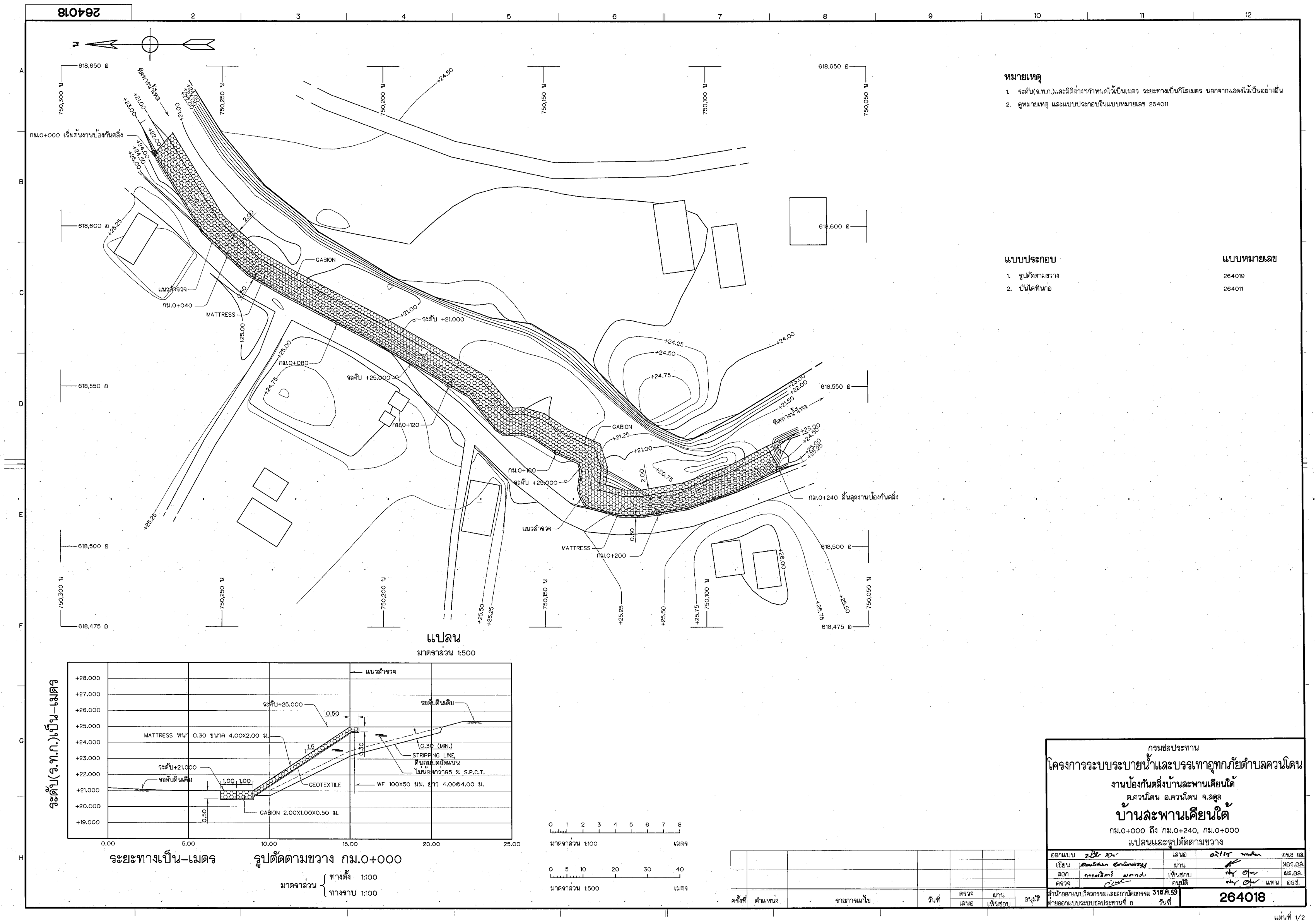
ออกแบบ	[signature]	เสนอ	[signature]	อธ.8 อล.
เขียน	[signature]	ผ่าน	[signature]	ผอร.อล.
ลอก	[signature]	เห็นชอบ	[signature]	ผส.อล.
ตรวจ	[signature]	อนุมัติ	[signature] แทน	อธช.

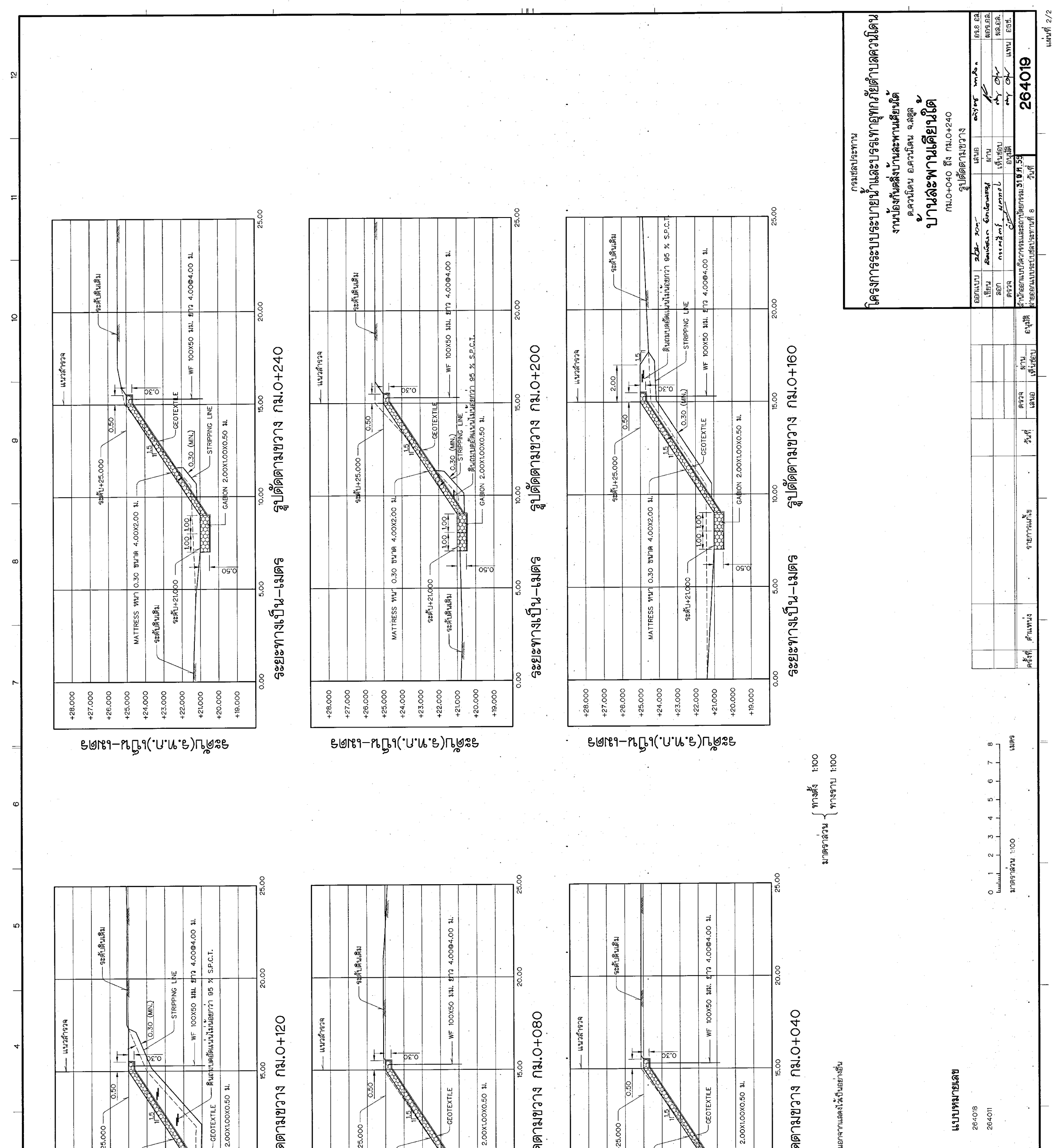
สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม 31 ส.ค.59
ฝ่ายออกแบบระบบชลประทานที่ 8 วันที่

264013

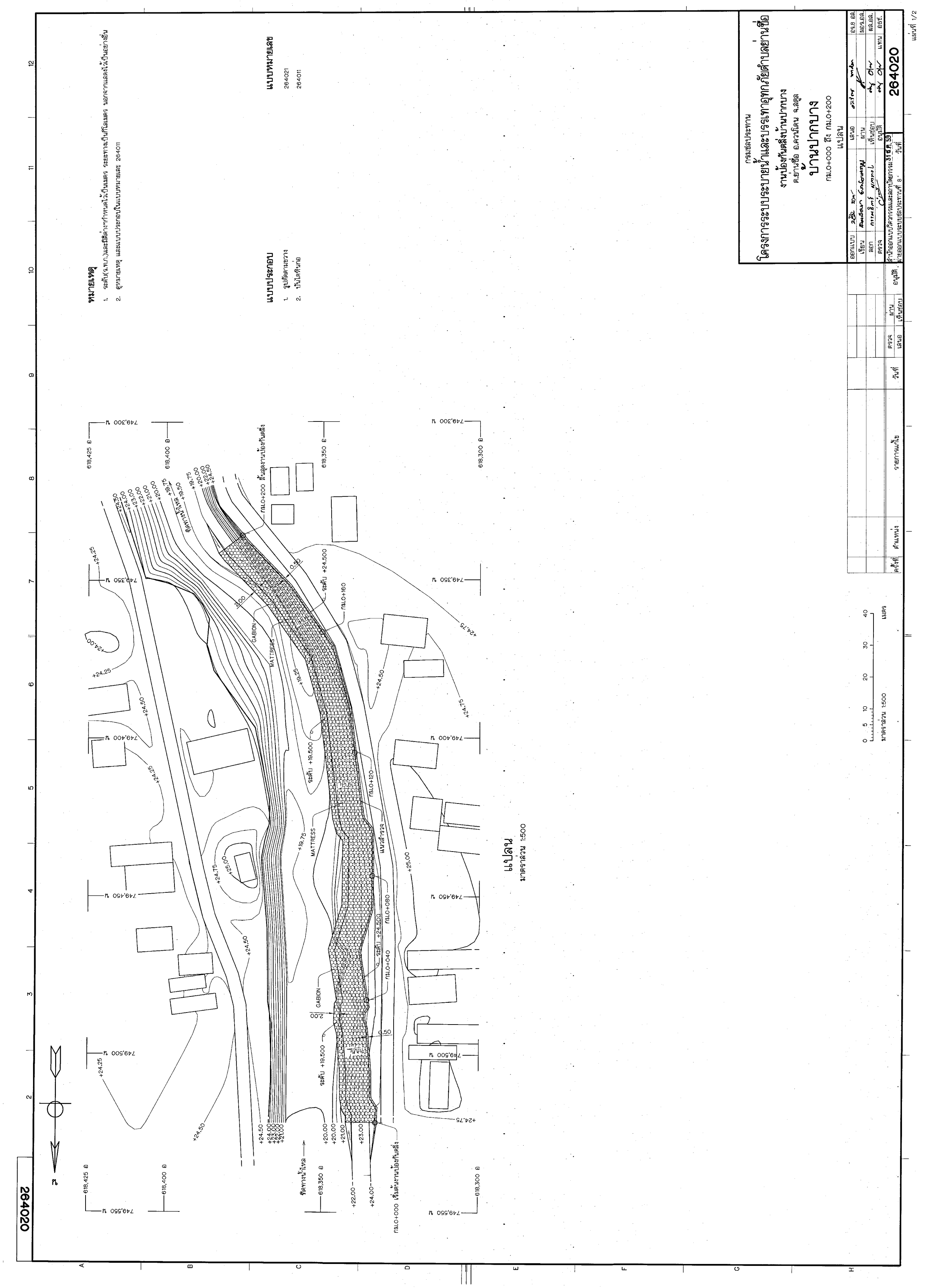
ครั้งที่	ตำแหน่ง	รายการแก้ไข	วันที่	ตรวจ / เสนอ	ผ่าน / เห็นชอบ	อนุมัติ

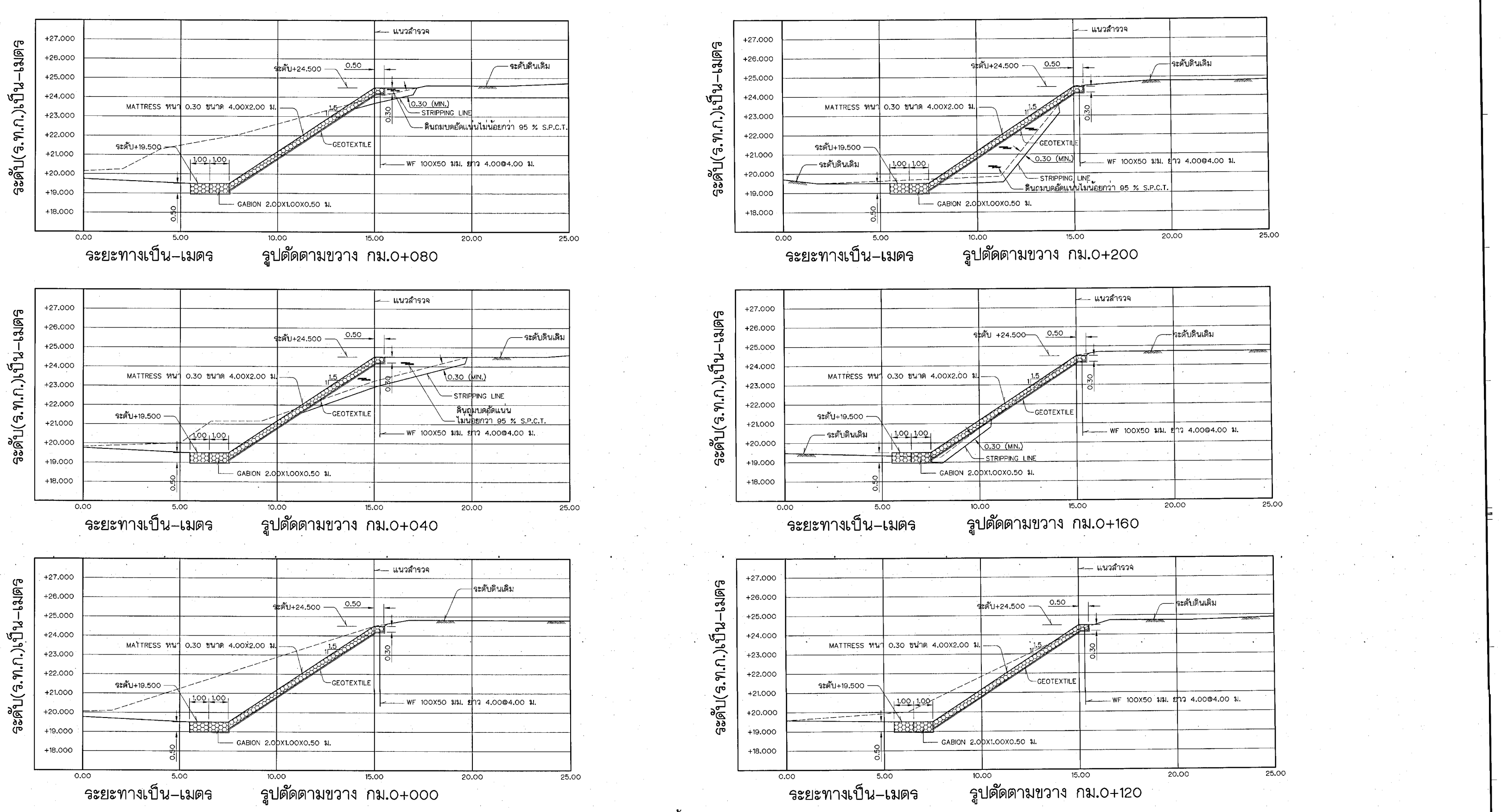
แผ่นที่ 2/2


264018
หมายเหตุ
1. ระดับ(ร.ท.ก.)และมิติต่างๆกำหนดไว้เป็นเมตร ระยะทางเป็นกิโลเมตร นอกจากแสดงไว้เป็นอย่างอื่น
2. ดูหมายเหตุ และแบบประกอบในแบบหมายเลข 264011
แบบประกอบ
แบบหมายเลข
1. รูปตัดตามขวาง 264019
2. บันไดหินก่อ 264011
กม.0+000 เริ่มต้นงานป้องกันตลิ่ง
ทิศทางน้ำไหล
GABION
MATTRESS
แนวสำรวจ
กม.0+040
กม.0+080
กม.0+120
กม.0+160
กม.0+200
กม.0+240 สิ้นสุดงานป้องกันตลิ่ง
ระดับ +21.000
ระดับ +25.000
แปลน
มาตราส่วน 1:500
ระดับ(ร.ท.ก.)เป็น-เมตร
ระยะทางเป็น-เมตร
รูปตัดตามขวาง กม.0+000
มาตราส่วน ทางตั้ง 1:100
ทางราบ 1:100
MATTRESS หนา 0.30 ขนาด 4.00X2.00 ม.
GABION 2.00X1.00X0.50 ม.
GEOTEXTILE
STRIPPING LINE
ดินถมบดอัดแน่น ไม่น้อยกว่า95 % S.P.C.T.
WF 100X50 มม. ยาว 4.00@4.00 ม.
ระดับดินเดิม
มาตราส่วน 1:100 เมตร
มาตราส่วน 1:500 เมตร
กรมชลประทาน
โครงการระบบระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัยตำบลควนโดน
งานป้องกันตลิ่งบ้านละพานเคียนใต้
ต.ควนโดน อ.ควนโดน จ.สตูล
บ้านละพานเคียนใต้
กม.0+000 ถึง กม.0+240, กม.0+000
แปลนและรูปตัดตามขวาง
ออกแบบ
เขียน
ลอก
ตรวจ
เสนอ อธ.8 อล.
ผ่าน ผอธ.อล.
เห็นชอบ ผล.อล.
อนุมัติ แทน อธช.
สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม 31ส.ค.59
ฝ่ายออกแบบระบบชลประทานที่ 8 วันที่
264018
ครั้งที่ ตำแหน่ง รายการแก้ไข วันที่ ตรวจ เสนอ ผ่าน เห็นชอบ อนุมัติ
แผ่นที่ 1/2



264019
รูปตัดตามขวาง กม.0+240
รูปตัดตามขวาง กม.0+200
รูปตัดตามขวาง กม.0+160
รูปตัดตามขวาง กม.0+120
รูปตัดตามขวาง กม.0+080
รูปตัดตามขวาง กม.0+040
ระยะทางเป็น-เมตร
ระดับ(ร.ท.ก.)เป็น-เมตร
MATTRESS หนา 0.30 ขนาด 4.00X2.00 ม.
GABION 2.00X1.00X0.50 ม.
GEOTEXTILE
STRIPPING LINE
WF 100X50 มม. ยาว 4.00@4.00 ม.
แนวลำรางเดิม
หมายเหตุ
แบบประกอบ
แบบหมายเลข
มาตราส่วน ทางดิ่ง 1:100 ทางราบ 1:100
กรมชลประทาน
โครงการระบบระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัยด้านลุ่มน้ำ
บ้านสะพานเดียนใต้
กม.0+040 ถึง กม.0+240
แผ่นที่ 2/2


264020
หมายเหตุ
1. ระดับ(จ.ท.ก.)และมิติต่างๆกำหนดไว้เป็นเมตร ระยะทางเป็นกิโลเมตร นอกจากแสดงไว้เป็นอย่างอื่น
2. ดูหมายเหตุ และแบบประกอบในแบบหมายเลข 264011
แบบประกอบ
1. รูปตัดตามขวาง
2. บันไดหินทิ้ง
แบบหมายเลข
264021
264011
แปลน
มาตราส่วน 1:500
GABION
MATTRESS
ทิศทางน้ำไหล
กม.0+000 เริ่มต้นงานป้องกันตลิ่ง
กม.0+200 สิ้นสุดงานป้องกันตลิ่ง
แนวลำรวจ
กรมชลประทาน
โครงการระบบระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัยตำบลย่านซื่อ
งานป้องกันตลิ่งบ้านปากบาง
ต.ย่านซื่อ อ.ควนโดน จ.สตูล
บ้านปากบาง
กม.0+000 ถึง กม.0+200
แปลน
264020
แผ่นที่ 1/2



หมายเหตุ

1. ระดับ(ร.ท.ก.)และมิติต่างๆกำหนดไว้เป็นเมตร ระยะทางเป็นกิโลเมตร นอกจากแสดงไว้เป็นอย่างอื่น
2. ดูหมายเหตุ และแบบประกอบในแบบหมายเลข 264011

มาตราส่วน { ทางตั้ง 1:100 / ทางราบ 1:100 }

แบบประกอบ	แบบหมายเลข
1. แปลน	264020
2. บันไดพักท่อ	264011

มาตราส่วน 1:100 เมตร

กรมชลประทาน

โครงการระบบระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัยตำบลย่านซื่อ

งานป้องกันตลิ่งบ้านปากบาง

ต.ย่านซื่อ อ.ควนโดน จ.สตูล

บ้านปากบาง

กม.0+000 ถึง กม.0+200

รูปตัดตามขวาง

ออกแบบ		เสนอ		ธร.8 ชป.	
เขียน		ผ่าน		ผอร.ชป.	
ลอก		เห็นชอบ		ผส.ตล.	
ตรวจ		อนุมัติ		แทน ธธช.	

สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม 31 มี.ค.59

ฝ่ายออกแบบระบบชลประทานที่ 8 วันที่

264021

ครั้งที่	ตำแหน่ง	รายการแก้ไข	วันที่	ตรวจ / เสนอ	ผ่าน / เห็นชอบ	อนุมัติ

แผ่นที่ 2/2