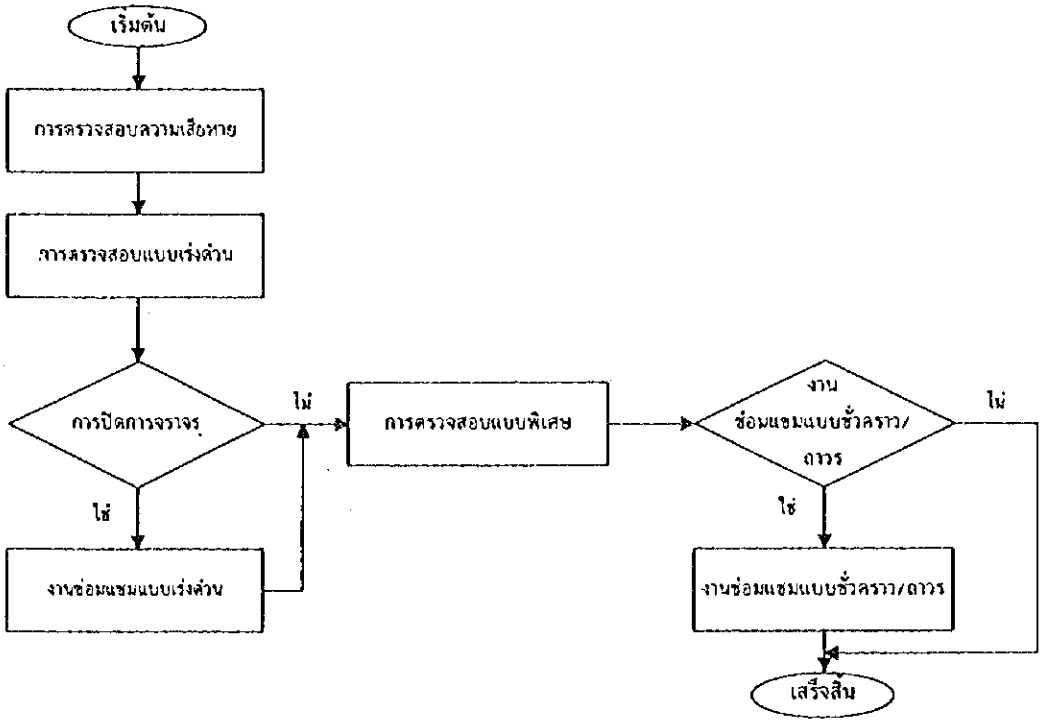
บทที่ 8

การสำรวจและตรวจสอบจุดที่ได้รับความเสียหายในภาคสนาม

บทที่ 8
การสำรวจและตรวจสอบจุดที่ได้รับความเสียหายในภาคสนาม

8.1 การตรวจสอบภาคสนาม

การตรวจสอบจุดที่ได้รับความเสียหายในภาคสนาม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การตรวจสอบแบบเร่งด่วน (Urgent Inspection) และการตรวจสอบแบบพิเศษ (Special Inspection) โดยที่วัตถุประสงค์และเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบแต่ละประเภทได้แสดงไว้ในแผนภาพ (Flow Chart) ภาพประกอบที่ 8.1.1



ภาพประกอบที่ 8.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจสอบภาคสนามและงานซ่อมแซม

8.1.1 การตรวจสอบแบบเร่งด่วน

1. วัตถุประสงค์

เมื่อมีการปิดกั้นการจราจรเนื่องจากถนนเกิดการเสียหาย จะต้องมีการรวบรวมสภาพความเสียหายที่เกิดขึ้น แล้วทำแผนงานบูรณะซ่อมแซมแบบเร่งด่วน

เมื่อใดก็ตามที่เกิดมีความเสียหายปรากฏขึ้น แม้ว่าความเสียหายนั้นจะไม่มากนัก ก็ควรมีการรวบรวมไว้ในแผนดำเนินการ (Action Plan) เพื่อปฏิบัติในขั้นตอนต่อไป

2. เมื่อใดจึงจะทำการตรวจสอบ

ถนนที่มีแนวโน้มจะเกิดความเสียหายเมื่อฝนตก โดยดูได้จากข้อมูลหรือประสบการณ์ในอดีตที่ผ่านมา ควรจะดำเนินการตรวจสอบตลอดเวลาระหว่างที่มีฝนตกหนัก

เมื่อการจราจรถูกปิดลงเนื่องจากถนนเสียหาย จุดที่ได้รับความเสียหายนั้นควรจะได้รับการตรวจสอบในรายละเอียดโดยเร็ว

3. เจ้าหน้าที่ซึ่งรับผิดชอบในการตรวจสอบ

การตรวจสอบควรจะดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่ของหมวดการทางซึ่งมีความคุ้นเคยกับสภาพของถนนในพื้นที่

4. วิธีการตรวจสอบ

การตรวจสอบจะสามารถทำได้โดยใช้แบบฟอร์มการตรวจสอบแบบเร่งด่วน (Urgent Inspection Sheet) ซึ่งแสดงในตารางที่ 8.1.1 หากต้องการอธิบายรายละเอียดของความเสียหายที่เกิดขึ้น ก็ควรจะมีการวาดรูปแสดงประกอบไว้ในกระดาษอีกแผ่น ซึ่งจะช่วยให้แผนการดำเนินการ (Action Plan) สามารถทำได้ถูกต้องชัดเจนขึ้น

ตารางที่ 8.1.1 แบบฟอร์มการตรวจสอบแบบเร่งด่วน

วันที่เกิดความเสียหาย: / /25 , วันที่ทำการตรวจสอบ: / /25 , ชื่อผู้ตรวจสอบ:

แขวงการทาง	หมวดการทาง	หมายเลขสายทาง	หมายเลขควบคุม	หลักกิโลเมตร :	ชื่อสถานที่

วันที่ฝนตกหนักอย่างต่อเนื่อง: ..... วัน
วันที่ฝนตกปรอย ๆ: ..... วัน

ช่องจราจรที่ถูกปิด
( )2 ( )1 ( )ไม่มี
ความน่ากลัวของการปิดการจราจร
( )สูงมาก ( )มาก ( )ปานกลาง ( )ต่ำ

ชนิดของความเสียหาย	สถานะของความเสียหาย
การกัดเซาะของถาดดินตัด	การไหลของน้ำ: ( ) ความสามารถระบายน้ำของท่อลอดต่ำ ( ) จากถาดคันทางไปทางระบายน้ำ ( ) จากถาดคันทางไปยังผิวจราจร ดินไหลลง: ( ) ในทางระบายน้ำ ( ) บนไหล่ทาง ( ) บนผิวจราจร ( ) ..... มีผลกระทบต่อฉนวนเป็นความยาว..... เมตร การขนย้ายดินไหลลงออก: ( ) คน ( ) เครื่องจักร ( ) ..... อื่น ๆ:
หินร่วง	หินร่วง: ( ) ในทางระบายน้ำ ( ) บนไหล่ทาง ( ) บนผิวจราจร ( ) ..... จำนวนหินที่ร่วง: ..... (ประมาณ) ขนาดของหิน: เส้นผ่าศูนย์กลาง ..... เมตร (สูงสุด) มีผลกระทบต่อฉนวนเป็นความยาว: ..... เมตร อื่น ๆ:
พื้นดินเลื่อนไหล	ชนิดของดินไหลลง: ( ) ดิน ( ) ดินปนกรวด ( ) หิน ( ) ..... มีผลกระทบต่อฉนวนเป็นความยาว: ..... เมตร การขนย้ายดินไหลลง ( ) คน ( ) เครื่องจักร ( ) ..... ปริมาตรดินไหลลงที่ต้องขนย้าย ..... ลูกบาศก์เมตร อื่น ๆ:
สะพาน (ตอม่อคอสะพาน, ตอม่อกลางน้ำ และฉนวนตรงคอสะพาน)	ช่วงห่างระหว่างสะพานเก็บเงินน้ำ ..... เมตร ความเสียหาย (เกิดขึ้นแล้วหรือกำลังเกิด): ( ) ดินถมคอสะพานถูกกัดเซาะ ( ) ฉนวนตรงคอสะพานถูกกัดเซาะ ( ) มีรูกลอยมาติดอยู่ ( ) ..... ความยาวสะพานส่วนที่เสียหาย: ..... เมตร อื่น ๆ:
ดินถมคันทาง	การถูกพัดพาไปของไหล่ทาง: ความยาว = ... เมตร การกัดเซาะลาดคันทาง: พื้นที่ = ... ตารางเมตร การกัดเซาะฐานดินคันทาง: ความยาว = ... เมตร การกัดเซาะช่องทางน้ำเข้า/ออก: พื้นที่ = ... ตารางเมตร งานป้องกันเช่น: ( ) ดินถม ..... ลูกบาศก์เมตร ( ) ถุงทราย ..... ( ) ถุงดิน ..... อื่น ๆ:
น้ำท่วมฉนวน	มีผลกระทบเป็นความยาว ..... เมตร ระดับน้ำสูงจากผิวทาง: ..... ซม. (สูงสุด) ..... ซม. (เฉลี่ย) ถุงทราย: ( ) ใช้ได้ ( ) ใช้ไม่ได้ การสูบน้ำออก: ( ) ใช้ได้ ( ) ใช้ไม่ได้ อื่น ๆ:

- ใช้สำหรับ 1 แห่ง/จุด
- ใส่เครื่องหมายลงในวงเล็บและกรอกข้อมูลเพิ่มเติมในช่องสั้นประ
- สามารถวาดภาพความเสียหายที่เกิดขึ้นลงบนกระดาษแผ่นอื่น

8.1.2 การตรวจสอบแบบพิเศษ

1. วัตถุประสงค์

จุดประสงค์หลักของการตรวจสอบแบบพิเศษคือ รวบรวมข้อมูลทั้ง 2 ประเภทของจุดที่ได้รับความเสียหายเพื่อจัดทำแผนดำเนินการสำหรับงานซ่อมแซมแบบชั่วคราว/ถาวร จุดที่ได้รับความเสียหายประเภทหนึ่งจะได้รับการซ่อมแซมแบบเร่งด่วน ในขณะที่จุดที่ได้รับความเสียหายอีกประเภทจะไม่ได้รับการซ่อมแซมแบบเร่งด่วน และการจราจรจะถูกปิดลงทั้งที่ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีเพียงเล็กน้อย

2. เมื่อใดจึงทำการตรวจสอบ

การตรวจสอบแบบพิเศษควรจะทำอย่างน้อยปีละครั้ง เมื่อเริ่มย่างเข้าฤดูแล้ง

3. เจ้าหน้าที่ซึ่งรับผิดชอบในการตรวจสอบ

สำหรับความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำ ควรให้เจ้าหน้าที่ของหมวดการทางในพื้นที่เป็นผู้ทำการตรวจสอบ แต่หากเป็นความเสียหายขนาดใหญ่หรือผิดปกติธรรมดา เจ้าหน้าที่จากหมวดการทางควรจะทำการตรวจสอบร่วมกับวิศวกรจากแขวงการทาง หรือจากสำนักงานใหญ่

4. วิธีการตรวจสอบ

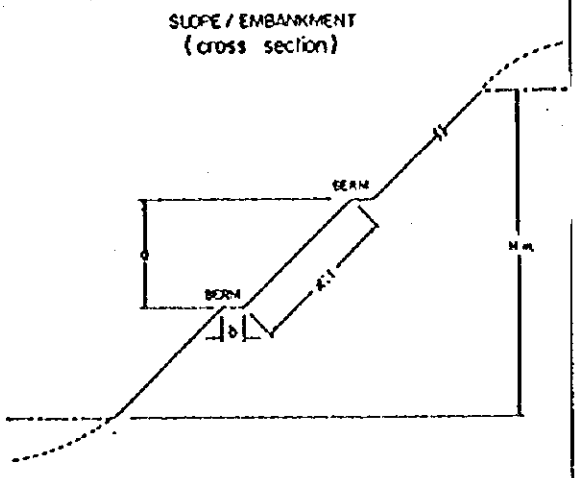
การตรวจสอบจะสามารถทำได้โดยใช้แบบฟอร์มตรวจสอบแบบพิเศษ (Special Inspection Sheets) ดังแสดงในตารางที่ 8.1.2 - ตารางที่ 8.1.6 รวม 5 แบบฟอร์มด้วยกันสำหรับ

- การกัดเซาะลาดคันทาง ..... ตารางที่ 8.1.2
- หินร่วง ..... ตารางที่ 8.1.3
- พื้นดินร่วงไหล ..... ตารางที่ 8.1.4
- การพังทลายของสะพาน ..... ตารางที่ 8.1.5
- การพังทลายของถนนและน้ำท่วม ..... ตารางที่ 8.1.6

ตารางที่ 8.1.2 แบบฟอร์มการตรวจสอบแบบพิเศษ (การกัดเซาะลาดคันทาง)

วันที่เกิดความเสียหาย: / /25

ชื่อสายทาง:		หลักกิโลเมตร:	วันที่ทำการตรวจสอบ:	ชื่อผู้ตรวจสอบ:
ชนิดของทาง	(1) ขั้นทาง:	(2) ความกว้างคันทาง: ..... ม.	(3) ชนิดของผิวจราจร	(4) ความกว้างผิวจราจร ..... ม.
ชนิดของลาดคันทาง	(1) ลาดคันทางทางธรรมชาติ	(2) ลาดดินตัด	(3) ลาดดินถม	(4) งานดินถม
ความสูงของลาดคันทาง: ..... ม. ความลาดชันของลาดคันทาง: X : 1 ตามรูป			..... : 1	
คันกั้นดิน	(1) ไม่มี	(2) มี สูง ..... ม. กว้าง ..... ม. จำนวนชั้น		
การป้องกันผิวหน้า	(1) ไม่มี	(2) ชนิด:		
ฐานรองรับลาดคันทาง	(1) ไม่มี	(2) ชนิด:		
การระบายน้ำที่ผิวหน้า	(1) ไม่มี	(2) ชนิด:		
การพบล่อนแปเป็นความยาว: ..... ม.				
พื้นที่ที่ถูกกระทบ: ..... ม. x ..... ม.				
ดินไคลนที่ถูกกัดเซาะ มาอยู่ที่ผิวทาง	(1) ไม่มี (1) ไม่มี	(2) มี ..... (2) มี		
ชนิดของการกัดเซาะ	(1) เซาะเต็มหน้า (2) เซาะเป็นร่องเล็ก ๆ (3) เซาะเป็นร่องน้ำ ( ) ระยะห่าง ..... ม. ( ) ความกว้าง ..... ม. ( ) ความลึก ..... ม. (4) อื่น ๆ			
ลักษณะภูมิประเทศ	พื้นที่ทั่วไป	(1) ที่ราบ (2) เป็นเนินเตี้ย (3) เป็นเนินสูง (4) เป็นภูเขา		
	พื้นที่ข้างทาง	(1) เนิน (2) ข้างของลาดชัน (3) ฐานของลาดชัน (4) พื้นหุบเขา		
การเปลี่ยนแปลงของลักษณะ	(1) มาก (2) น้อย (3) ไม่มี			
คุณสมบัติของดิน	ขนาดของพื้นส่วน	(1) กรวดกลม (2) กรวด (3) ทราย (4) ดินไคลน (5) ดินเหนียว		
	ความชื้น	(1) เปียก (2) ชื้น (3) แห้ง		
	ความหนาแน่นสัมพัทธ์	(1) แน่น (2) หลวม		
	การแบ่งเป็นชั้น ๆ	(1) มี (2) ไม่มี	ความหนา เมตร	
สภาพของน้ำ	น้ำผิวดิน	(1) ไหลเต็มหน้า (2) ร่องน้ำไหล		
	น้ำใต้ดิน	(1) ไม่มี (2) มี: เมตรเหนือฐานของคันทาง		
อุทกนิยม	ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยในพื้นที่		มม/ปี	



ตารางที่ 8.1.2 แบบฟอร์มการตรวจสอบแบบพิเศษ (การกัดเซาะถาดคันทาง)

วันที่เกิดความเสียหาย: / /25

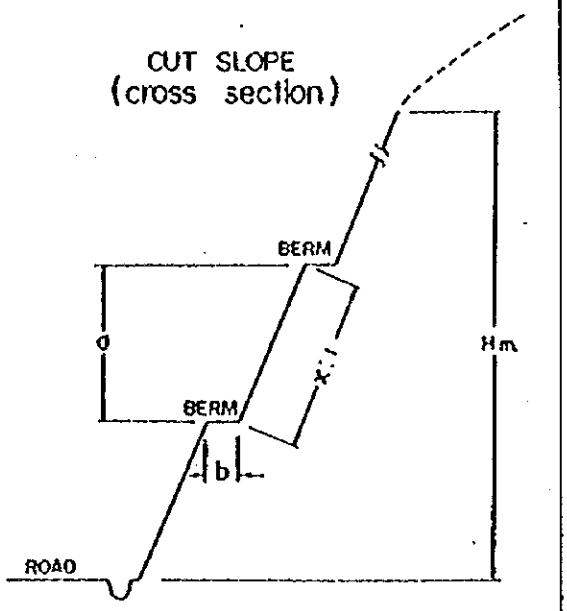
การประเมินทางด้านวิศวกรรม	ขนาดของการกัดเซาะ	(1) เล็ก (2) ปานกลาง (3) ใหญ่ (4) ใหญ่มาก
	สาเหตุของการกัดเซาะ	
	ช่วงเวลาที่ต้องปิดการจราจร	(1) < 1 วัน (2) 1–3 วัน (3) > 3 วัน ( ) วัน
	ทางอ้อม	(1) มี(หมายเลขสายทาง .....) (2) ไม่มี
	ผลของการพังทลาย : (1) เล็กน้อย (2) ปานกลาง (3) รุนแรง	
	โอกาสที่จะพังทลายในอนาคต : (1) ต่ำ (2) ปานกลาง (3) สูง	
	แผนการระยะสั้น:	
	แผนการระยะยาว	
รูปภาพ		ภาพวาด

ตารางที่ 8.1.3 แบบฟอร์มการตรวจสอบแบบพิเศษ (หินร่วง)

วันที่เกิดหินร่วง: / /25

ชื่อสายทาง:	หลักกิโลเมตร:	วันที่ทำการตรวจสอบ:	ชื่อผู้ตรวจสอบ:

ชนิดของทาง	(1) มาตรฐานชั้นทาง:	(2) ความกว้างผันทาง: ..... ม. (3) ชนิดของผิวจราจร (4) ความกว้างผิวจราจร ..... ม.
ลักษณะของลาดผันทาง	(1) ลาดผันทางทางธรรมชาติ (2) ลาดผันทางที่ตัด (3)	
ความสูงของลาดผันทาง: ..... ม. ความลาดชันของลาดผันทาง: X:1		ตามรูป – – ..... : 1
คันกั้นดิน	(1) ไม่มี	(2) มี สูง ..... ม. กว้าง ..... ม. จำนวนชั้น .....
ตาข่ายป้องกัน	(1) ไม่มี	(2) พื้นที่:
ร็วป้องกัน	(1) ไม่มี	(2) ความยาว:
แผงป้องกัน	(1) ไม่มี	(2) ความยาว: ความสูง:
การระบายน้ำที่ผิวหน้า	(1) ไม่มี	(2) ชนิด:
กระทบต่อถนนเป็นความยาว: ..... ม.		
ความสูงของหินร่วง ..... เมตร		
หินร่วง	(1) ในทางระบายน้ำ (2) บนไหล่ทาง (3) บนผิวจราจร (4)	
	ปริมาตรของหินที่ร่วง ลบ.ม. ขนาดของหิน (ใหญ่ที่สุด) ม.	



สภาพภูมิประเทศ	พื้นที่ทั่วไป	(1) ที่ราบ (2) เป็นเนินเตี้ย (3) เป็นหินสูง (4) เป็นภูเขา	
	พื้นที่ข้างทาง	(1) เนิน (2) ข้างของลาดชัน (3) ฐานของลาดชัน (4) พื้นหุบเขา	
สภาพพื้นดินของลาดผันทาง	ชนิดของหิน	(1) หินแข็ง (2) หินไม่แข็ง	
	การเปลี่ยนแปลงของภาค	(1) มาก (2) น้อย (3) ไม่มี	
	(1) ดินเป็นกรวด (2) ดินโคลนหรือเศษหิน (3) การแตกของหิน	( ) เป็นหย่อมๆ ( ) ตลอดทั้งก้อน ( ) เพิ่มขึ้น	
คุณสมบัติของหิน	ขนาดของชิ้นส่วน	(1) กรวดดิน (2) กรวด (3) หราย (4) ดินโคลน (5) ดินเหนียว	
	ความชื้น	(1) เปียก (2) ชื้น (3) แห้ง	
	ความหนาแน่นสัมพัทธ์	(1) แน่น (2) หลวม	
	การแบ่งเป็นชั้นๆ	(1) มี (2) ไม่มี	ความหนา เมตร
สภาพของน้ำ	น้ำผิวดิน	(1) ไหลเต็มหน้า (2) ร่องน้ำไหล	
	น้ำใต้ดิน	(1) ไม่มี (2) มี: เมตรเหนือฐานของหินผันทาง	
อุตุนิยม	ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยในพื้นที่	มม./ปี	

ตารางที่ 8.1.3 แบบฟอร์มการตรวจสอบแบบพิเศษ (หินร่วง)

วันที่เกิดความเสียหาย : / /25 หน้า 2/2

การประเมินทางด้านวิศวกรรม	ขนาดของหินร่วง	(1) เล็ก (2) ปานกลาง (3) ใหญ่ (4) ใหญ่มาก
	สาเหตุของหินร่วง	
	ช่วงเวลาที่ต้องปิดการจราจร	(1) < 1 วัน (2) 1 – 3 วัน (3) > 3 วัน ( ) วัน
	ทางอ้อม	(1) มี (หมายเลขสายทาง .....) (2) ไม่มี
	ผลลัพธ์จากการที่หินร่วง : (1) เล็กน้อย (2) ปานกลาง (3) รุนแรง	
	โอกาสที่จะเกิดหินร่วงอีก : (1) ต่ำ (2) ปานกลาง (3) สูง	
	แผนการระยะสั้น :	
	แผนการระยะยาว	

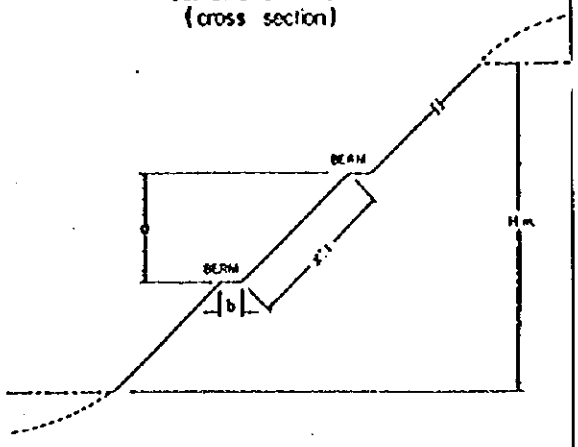
รูปภาพ	ภาพวาด

ตารางที่ 8.1.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบแบบพิเศษ (พื้นดินเคลื่อนไหล)

เวลา/วันที่พื้นดินเคลื่อนไหล : / /25

ชื่อสายทาง:		หลักกิโลเมตร :	วันที่ทำการตรวจสอบ :	ชื่อผู้ตรวจสอบ :
ชนิดของทาง	(1) มาตรฐานชั้นทาง:	(2) ความกว้างผิวทาง: ..... ม.	(3) ชนิดผิวทาง	(4) ความกว้างไหล่ทาง ..... ม.
ลักษณะของลาดคันทาง	(1) ลาดคันทางหรือธรรมชาติ	(2) ลาดคันทางเสริมผิว	(3) ลาดดินถม	(4) งานดินถม
ความสูงของลาดคันทาง: ..... ม. ความลาดชันของลาดคันทาง: X : 1 ตามรูป – –			..... : 1	
คันกั้นดิน	(1) ไม่มี	(2) มี สูง ..... ม. กว้าง ..... ม. จำนวนชั้น		
คันป้องกันผิวหน้า	(1) ไม่มี	(2) ชนิด :		
ฐานรองรับลาดคันทาง	(1) ไม่มี	(2) ชนิด :		
การระบายน้ำที่ผิวหน้า	(1) ไม่มี	(2) ชนิด :		
การระบายน้ำใต้ผิวหน้า	(1) ไม่มี	(2) ชนิด :		
กระทบต่อถนนเป็นความยาว: ..... ม.				
พื้นที่ที่ถูกกระทบ ..... x ..... เมตร				
การเคลื่อนไหล / วัสดุของส่วนที่เคลื่อนไหล		(1) ดิน (2) ดินปนกรวด (3) หิน		
การเคลื่อนไหลต่อเนื่อง		(1) ไม่พบ (2) ยังมีอยู่		
ลักษณะภูมิประเทศ	พื้นที่ทั่วไป	(1) ที่ราบ (2) เป็นเนินเตี้ย (3) เป็นเนินสูง (4) เป็นภูเขา		
	พื้นที่ข้างทาง	(1) เนิน (2) ข้างของลาดชัน (3) ฐานของลาดชัน (4) พื้นหุบเขา		
ลักษณะพื้นดินที่สำรวจ	ชนิดของหิน	(1) หินแข็ง (2) หินไม่แข็ง		
	การเปลี่ยนแปลงอากาศ	(1) มาก (2) น้อย (3) ไม่มี		
	(1) ดินปนกรวด (2) ดินโคลนหรือเศษหิน (3) การแตกของหิน		( ) เป็นหย่อม ๆ ( ) ตลอดทั้งก้อน ( ) เพิ่มขึ้น	
คุณสมบัติของดินที่สำรวจ	ขนาดของชิ้นส่วน	(1) กรวดกลม (2) กรวด (3) ทราย (4) ดินโคลน (5) ดินเหนียว		
	ความชื้น	(1) เปียก (2) ชื้น (3) แห้ง		
	ความหนาแน่นสัมพัทธ์	(1) แน่น (2) หลวม		
	การแบ่งเป็นชั้น ๆ	(1) มี (2) ไม่มี	ความหนา เมตร	
ลักษณะของน้ำ	น้ำผิวดิน	(1) ไหลเต็มหน้า (2) ร่องน้ำไหล		
	น้ำใต้ดิน	(1) ไม่มี (2) มี: เมตรเหนือฐานของดินคันทาง		
อุทกนิยม	ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยในพื้นที่		มม/ปี	

SLOPE / EMBANKMENT
(cross section)



ตารางที่ 8.1.4 แบบฟอร์มการตรวจสอบแบบพิเศษ (พื้นดินเคลื่อนไหล)

วันที่เกิดความเสียหาย : / /25

การประเมินทางด้านวิศวกรรม	ขนาดของการเคลื่อนไหล	(1) เล็กน้อย (2) ปานกลาง (3) ใหญ่ (4) ใหญ่มาก
	สาเหตุของการเคลื่อนไหล	
	ช่วงเวลาที่ต้องปิดการจราจร	(1) < 1 วัน (2) 1–3 วัน (3) > 3 วัน ( ) วัน
	ทางอ้อม	(1) มี (หมายเลขสายทาง.....) (2) ไม่มี
	ผลอาคารเคลื่อนไหลของดิน :	(1) เล็กน้อย (2) ปานกลาง (3) รุนแรง
	โอกาสที่จะเกิดการเคลื่อนไหลซ้ำ :	(1) ต่ำ (2) ปานกลาง (3) สูง
	แผนการระยะสั้น :	
	แผนการระยะยาว	

รูปภาพ	ภาพวาด

ตารางที่ 8.1.5 แบบฟอร์มการตรวจสอบแบบพิเศษ (การพังทลายของสะพาน)

วันที่เกิดการเสียหาย: / /25

ชื่อสายทาง:		หลักกิโลเมตร:	วันที่ทำการตรวจสอบ:	ชื่อผู้ตรวจสอบ:
ชื่อของสะพาน		ชนิดของสะพาน	(1) ถาวร (2) ชั่วคราว	
โครงสร้างทั่วไปของสะพาน		(1) มาตรฐาน:	(2) ความกว้างทั้งหมด ..... เมตร (3) จำนวนช่องจราจร ..... ช่อง	
รายละเอียดโครงสร้างสะพาน	ชนิดผิว		(1) คอนกรีต (2) แอสฟัลท์ (3) หินลาดยาง (4) กรวด (5) ดิน	
	ความยาวสะพาน (ช่วงสะพาน)		เมตร (เมตร)	ความสูงของสะพาน .....
	ชนิดของโครงสร้างส่วนบน			
	ชนิดของตอม่อคอสะพาน			
	ชนิดของตอม่อกลางน้ำ			
	ชนิดของฐานราก			
หลักของฐานความเสียหาย	โครงสร้างส่วนบน			
	โครงสร้างส่วนล่าง	ตอม่อคอสะพาน	(1) กระทะเร (2) เอียง (3) ทรุด (4) เคลื่อน (5)	
		ตอม่อกลางน้ำ	(1) กระทะเร (2) เอียง (3) ทรุด (4) เคลื่อน (5)	
		อื่น ๆ		
	ความเสียหายของถนน		(1) ไม่มี (2) มี	
	ปริมาณน้ำฝน (ลุ่มน้ำ)			
	ช่วงเวลาปิดการจราจร		(1) < 1 วัน (2) 1–3 วัน (3) > 3 วัน ( ) วัน	
สภาพปัจจุบัน	พื้นที่โดยทั่วไป		(1) ที่ราบ (2) เป็นเนินเตี้ย (3) เป็นเนินสูง (5) เป็นภูเขา	
	ห้องน้ำ	(1) กรวดกลม (2) กรวด (3) ทราย (4) โคลน		ความชันของลำน้ำ .....
	ทางอ้อม		(1) มี (หมายเลขสายทาง .....) (2) ไม่มี	
การประเมินทางด้านวิศวกรรม	การกระทบต่อการจราจร		(1) ต่ำ (2) ปานกลาง (3) สูง	
	สาเหตุของความเสียหาย:			
	มาตรการป้องกัน:			
รูปภาพ			ภาพวาด	

ตารางที่ 8.1.6 แบบฟอร์มการตรวจสอบแบบพิเศษ (การพังทลายของถนนและน้ำท่วม)

วันที่เกิดการเสียหาย: / /25

ชื่อสายทาง:		หลักกิโลเมตร:	วันที่ทำการตรวจสอบ:	ชื่อผู้ตรวจสอบ:
ชนิดของทาง		(1) มาตรฐาน:	(2) ความกว้างผิวทาง ..... เมตร	(3) ความกว้างช่วงทาง ..... เมตร
โครงสร้างทาง	ชนิดผิวทาง	(1) คอนกรีต (2) แอสฟัลท์ (3) หินลาดยาง (4) กรวด (5) ดิน		
	สภาพภูมิประเทศ	(1) ที่ราบ (2) ภูเขิน (3) ภูเขา		
	รูปตัดทาง	(1) งานดินถม (2) ดินถม (3) ดินตัด (4) ดินตัด/ดินถม (5) พื้นราบ		
หลักฐานของความเสียหาย	ชนิดของความเสียหาย	(1) ท่อระบายน้ำ/ชนิด ..... ความสามารถระบายน้ำ		
		(2) การพัดพา/การกัดเซาะของดินคันทาง		
		(3) การกัดเซาะของไหล่ทาง		
		(4) น้ำท่วม ระดับน้ำสูงจากผิวทาง: ..... ซม. (สูงสุด) : ..... ซม. (เฉลี่ย)		
		(5)		
	ความยาวของช่วงที่เสียหาย			
	ช่วงเวลาปิดการจราจร	(1) < 1 วัน (2) 1–3 วัน (3) > 3 วัน ( ) วัน		
	ปริมาณน้ำฝน (มม./วัน)	(1) < 100 (2) 100–200 (3) 200–300 (4) > 300		
สภาพปัจจุบัน	สภาพผิวทาง	(1) ดี (2) เสา (3) รถผ่านไม่ได้		
	อุปกรณ์ระบายน้ำ	(1) ดี ( )	(2) ไม่มี	
	การป้องกันลาดคันทาง	(1) ไม่มี	(2) มี	
	ทางข้อม	(1) มี (หมายเลขทางหลวง .....)	(2) ไม่มี	
การประเมินทางด้านวิศวกรรม	การกระทบต่อการจราจร	(1) ต่ำ (2) ปานกลาง (3) สูง		
	สาเหตุของความเสียหาย:	(1) ขาดอุปกรณ์ระบายน้ำ (3) ปริมาณน้ำฝนมาก (5)	(2) น้ำท่วม (4) กระแสน้ำ	
	มาตรการป้องกัน:			
รูปภาพ		ภาพวาด		

8.2 การสำรวจ

การสำรวจจะดำเนินการบริเวณจุดเสียหายที่มีความต้องการการซ่อมแซมชั่วคราว/เร่งด่วน ผลการสำรวจจะนำมาใช้ในการคัดเลือกมาตรการซ่อมแซม และการออกแบบงานซ่อมแซมชั่วคราว/เร่งด่วน

ในการสำรวจนั้นจะประกอบไปด้วย 4 ประเภทคือ : การสำรวจดินและสภาพทางธรณีวิทยา การสำรวจภูมิประเทศ การสำรวจทางด้านอุทกวิทยา และการสำรวจสภาพแวดล้อม

โดยหลักการแล้วการสำรวจจะต้องดำเนินการโดยภาคเอกชน โดยใช้สัญญาซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของแขวงการทาง

8.2.1 การสำรวจดินและสภาพทางธรณีวิทยา

หัวข้อการสำรวจจะขึ้นอยู่กับชนิดของความเสียหายที่เกิดขึ้น หัวข้อการสำรวจที่เหมาะสมได้แนะนำไว้ตามชนิดของความเสียหาย ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 8.2.1 เพื่อเป็นข้อแนะนำในการคัดเลือกวิธีการสำรวจ ความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อการสำรวจและวิธีการสำรวจได้แสดงไว้ในตารางที่ 8.2.2

ตารางที่ 8.2.1 หัวข้อการสำรวจดิน

ประเภทความเสียหาย	วิธีการสำรวจ	สิ่งที่ต้องการทราบ
การกัดเซาะ Slope งานดิน	การเจาะ	- คุณสมบัติของผิวดิน - การชะล้างหิน
	การทดสอบดิน	- ความแข็งแรงของดิน - ความแข็งแรงของหินผุ - ความแข็งของผิวดิน - ความอุดมสมบูรณ์ของผิวดิน
หินร่วง	ขุดเจาะ	- คุณสมบัติของหิน - โครงสร้างชั้นหิน - รอยแตก รอยต่อของหิน
	ทดสอบหิน	- คุณสมบัติของหิน - รอยแตก รอยต่อของหิน
		- ความแข็งแรงของหิน
การพังทลายของดิน/หิน	ขุดเจาะ	- คุณสมบัติของดิน - โครงสร้างชั้นดิน - ระดับน้ำใต้ดิน - บริเวณที่เกิดการพังทลาย - ความแข็งแรงของดิน
	ทดสอบดิน	- ความแข็งแรงของดิน
	สำรวจการเคลื่อนตัว	- บริเวณที่เกิดการพังทลาย - ทิศทางการเคลื่อนตัว - บริเวณที่เคลื่อนตัว
การพังทลายของสะพาน	ขุดเจาะ	- คุณสมบัติของดิน - ความลึกของชั้นรับน้ำหนัก - ความสามารถในการรับน้ำหนัก
	ทดสอบดิน	- ความแข็งแรงของดิน
การพังทลายของคันทาง	ขุดเจาะ	- คุณสมบัติของวัสดุคันทาง
	ทดสอบดิน	- ความแข็งแรงของวัสดุคันทาง

ตารางที่ 8.2.2 การสำรวจทางด้านธรณีวิทยา

ข้อมูลที่ต้องการ / วิธีการสำรวจ		ขุดเจาะ	เจาะโดย	อุปกรณ์	การยึดตัว	ทดสอบดิน	ทดสอบหิน	สังเกตการเคลื่อนตัว
คุณสมบัติของดิน		o	#	#	+	o	o	
โครงสร้างทางธรณีวิทยา	โครงสร้างชั้นดิน,หิน, รอยแตกของเปลือกโลก, บริเวณที่มีรอยเลื่อน, ชั้นหิน	#						
	รอยเลื่อน, รอยต่อ	o		#			#	
	ลักษณะชั้นหิน	o	+	#			+	
	ความหนาของดินชั้นบน	o	o	o	#			
		o		#	#			
ความแข็งแรงของดิน		#		#	#	o	o	
ความแข็งแรงของวัสดุต้นทาง						o		
คุณสมบัติของวัสดุต้นทาง		#	#	#		o		
ลักษณะของระดับน้ำใต้ดิน		#		#				
ลักษณะการเคลื่อนตัวของดิน	บริเวณที่เกิดการเคลื่อนตัว	#		#	#			o
	ทิศทางและปริมาณการเคลื่อนตัว							o
	อัตราการเคลื่อนตัว							o
การปลูกสร้างสิ่งก่อสร้าง	ความแข็งของดิน					#		
	วัสดุดิน					o		
	ความสมบูรณ์ของดิน					#		
	องค์ประกอบของมวลดิน					o		

หมายเหตุ : o เหมาะสมที่สุด
ได้
+ วิธีเสริม

ชนิดของการสำรวจดินและสภาพทางธรณีวิทยามีดังต่อไปนี้

1) การขุดเจาะ (Boring) : วัตถุประสงค์ของการเจาะเพื่อที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านดิน/หินที่อยู่ใต้ดินโดยการเจาะรู หลังจากนั้นจะได้หาคุณสมบัติทางกายภาพ การเรียงตัวของชั้นดิน/หิน โดยการสังเกตการณ์และการทดสอบในห้องทดลอง โดยใช้ตัวอย่างที่ขุดเจาะมาได้ ข้อมูลที่เกี่ยวกับระดับน้ำใต้ดินและบริเวณที่เกิดการเลื่อนตัวสามารถหาได้โดยการขุดเจาะเช่นกัน

2) การเจาะโดย Auger (Auger Boring) : วัตถุประสงค์ของการเจาะโดย Auger นั้น เพื่อที่จะหาคุณสมบัติและสภาพของดินชั้นบน โดยการใช้วิธีการเจาะแบบง่าย

3) บ่อทดลอง (Test Pit) : วัตถุประสงค์ของบ่อหรือหลุมทดลองเพื่อที่จะสังเกตการณ์ดินโดยตรง โดยการขุดบ่อซึ่งค่อนข้างสะดวกสำหรับผู้ตรวจสอบ

4) การยึดตัว (Sounding) : โดยส่วนใหญ่จะดำเนินการโดยใช้การทดสอบมาตรฐาน (Standard Penetration Test : SPT)

5) การทดสอบดิน (Soil Test) : วัตถุประสงค์ของการทดสอบดินเพื่อที่จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินโดยการทดสอบในห้องทดลอง โดยส่วนใหญ่ตัวอย่างจะเก็บจากการเจาะ ข้อมูลในการใช้งานปลูกหญ้าคลุมดินสามารถหาได้โดยการทดสอบดินเช่นกัน

6) การทดสอบหิน (Rock Test) : คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของหินจะหาได้โดยการทดสอบในห้องทดลอง โดยใช้ตัวอย่างที่เก็บมาจากการขุดเจาะ

7) การสำรวจการเคลื่อนตัว (Movement Survey) : การสำรวจนี้มีจุดประสงค์ที่จะค้นหาการเคลื่อนตัวของ Slope และข้อมูลของบริเวณที่จะเกิดการเลื่อนตัวของดิน/หิน รวมทั้งทิศทางในการเคลื่อนตัว โดยการใช้ Tiltmeter และ Extensometer

8.2.2 การสำรวจภูมิประเทศ

หัวข้อในการสำรวจตามประเภทของความเสียหายได้แสดงไว้ในตารางที่ 8.2.3

ตารางที่ 8.2.3 หัวข้อการสำรวจภูมิประเทศ

ชนิดของความเสียหาย	วิธีการสำรวจ	หัวข้อสำรวจ
การกัดเซาะ Slope งานตัด	สำรวจทางแนวราบ สำรวจตามแนวตัด การวัดขนาด	- พื้นที่ที่มีผลกระทบทั้งหมด - พื้นที่ที่มีผลกระทบทั้งหมด - ส่วนที่เกิดการพังทลาย (Cavity)
หินร่วง	สำรวจตามแนวราบ สำรวจตามแนวตัด การวัดขนาด	- พื้นที่ที่มีผลกระทบทั้งหมด - พื้นที่ที่มีผลกระทบทั้งหมด - หินที่ยังค้างอยู่
การพังทลายของดิน/หิน	สำรวจตามแนวราบ สำรวจตามแนวตัด	- พื้นที่ที่มีผลกระทบทั้งหมด - พื้นที่ที่มีผลกระทบทั้งหมด และ ช่องว่างที่เกิดการพังทลาย
การพังทลายของสะพาน	สำรวจตามแนวราบ สำรวจตามแนวตัด สำรวจระดับ การวัดขนาด	- สะพานและแม่น้ำที่เกี่ยวข้อง - สะพานและแม่น้ำที่เกี่ยวข้อง - ตามความยาวของแม่น้ำ - บริเวณที่เสียหาย
การพังทลายของคันทาง	สำรวจตามแนวราบ สำรวจตามแนวตัด การวัดขนาด	- พื้นที่ที่มีผลกระทบทั้งหมด - พื้นที่ที่มีผลกระทบทั้งหมด - บริเวณที่เสียหาย
น้ำท่วมทาง	สำรวจตามแนวตัด สำรวจระดับ	- พื้นที่ที่มีผลกระทบทั้งหมด - ตามแนวถนน

8.2.3 การสำรวจทางด้านอุทกวิทยา

วิธีการสำรวจที่ใช้ในการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลบริเวณจุดที่เกิดความเสียหาย ตามประเภทของความเสียหายได้แสดงไว้ในตารางที่ 8.2.4

ตารางที่ 8.2.4 หัวข้อการสำรวจทางด้านอุทกวิทยา

ประเภทของความเสียหาย	วิธีการสำรวจ	หัวข้อการสำรวจ
การกัดเซาะ Slope งานดิน	สำรวจปริมาณน้ำฝน	- ลุ่มน้ำที่เกี่ยวข้อง
	สำรวจน้ำผิวดิน	- น้ำท่า น้ำซับ
หินร่วง	สำรวจปริมาณน้ำฝน	- ลุ่มน้ำที่เกี่ยวข้อง
	สำรวจน้ำผิวดิน	- น้ำท่า น้ำซับ
การพังทลายของดิน/หิน	สำรวจปริมาณน้ำฝน	- ลุ่มน้ำที่เกี่ยวข้อง
	การเจาะ	- แรงดันน้ำ - ระดับน้ำใต้ดิน - การกระจายของน้ำใต้ดิน
	สำรวจน้ำผิวดิน	- น้ำท่า น้ำผุด/น้ำซับ
การพังทลายของสะพาน	การสำรวจปริมาณน้ำฝน	- ลุ่มน้ำที่เกี่ยวข้อง
	การสำรวจการไหลของแม่น้ำ	- แม่น้ำที่เกี่ยวข้อง
	การสำรวจที่เกี่ยวกับระยะห่าง (Clearance) ของสะพาน	- รอบตัวสะพาน
การพังทลายของคันทาง	การสำรวจปริมาณน้ำฝน	- ลุ่มน้ำที่เกี่ยวข้อง
	การสำรวจที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการระบายน้ำ	- บริเวณพื้นที่ที่มีผลกระทบ
	การสำรวจการไหลของแม่น้ำ	- แม่น้ำที่เกี่ยวข้อง

วิธีการสำรวจทางด้านอุทกวิทยาอธิบายได้ดังนี้

1) การสำรวจปริมาณน้ำฝน : ประกอบไปด้วยการสำรวจสนามและการเก็บข้อมูล ในการสำรวจสนามนั้นจะเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่วมในอดีต จากผู้คนที่อาศัยบริเวณจุดที่เกิดการเสียหาย การจัดเก็บข้อมูลและสถิติน้ำฝนจะจัดเก็บได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา หรือกองอุทกวิทยา กรมชลประทาน

2) การสำรวจน้ำผิวดิน : จัดเก็บข้อมูลการไหลของน้ำผิวดิน และร่องรอยของกระแสน้ำในภาคสนาม

3) การสำรวจกระแสน้ำ : จัดเก็บข้อมูลทางด้านกระแสน้ำได้จากกองอุทกวิทยา กรมชลประทาน และวิเคราะห์ข้อมูลทางด้าน

- ระดับน้ำสูงสุดเมื่อเกิดน้ำท่วม
- ความเร็วกระแสน้ำ
- ปริมาณน้ำ
- สภาพห้องน้ำ

8.2.4 การสำรวจทางด้านสิ่งแวดล้อม

ในการคัดเลือกมาตรการป้องกันจะต้องมีการพิจารณาทางด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อลดผลกระทบทางตรง หรือทางอ้อมที่เกิดจากงานซ่อมแซม ซึ่งมีดังต่อไปนี้คือ

- บรรเทาผลกระทบที่มีต่อผู้อยู่อาศัยที่ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ
- ลดผลกระทบทางด้านสุขภาพให้น้อยที่สุด
- ลดกระทบที่มีต่อสัตว์และพืชพรรณให้น้อยที่สุด
- บรรเทาผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงกับจุดที่มีงานป้องกัน

ขั้นตอนทั่วไปในการสำรวจทางด้านสิ่งแวดล้อมได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 8.2. ทั้งนี้ จะเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม และจะจบลงที่การตัดสินใจในการดำเนินการตามแผนการซ่อมแซมขั้นสุดท้าย

(1) การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม

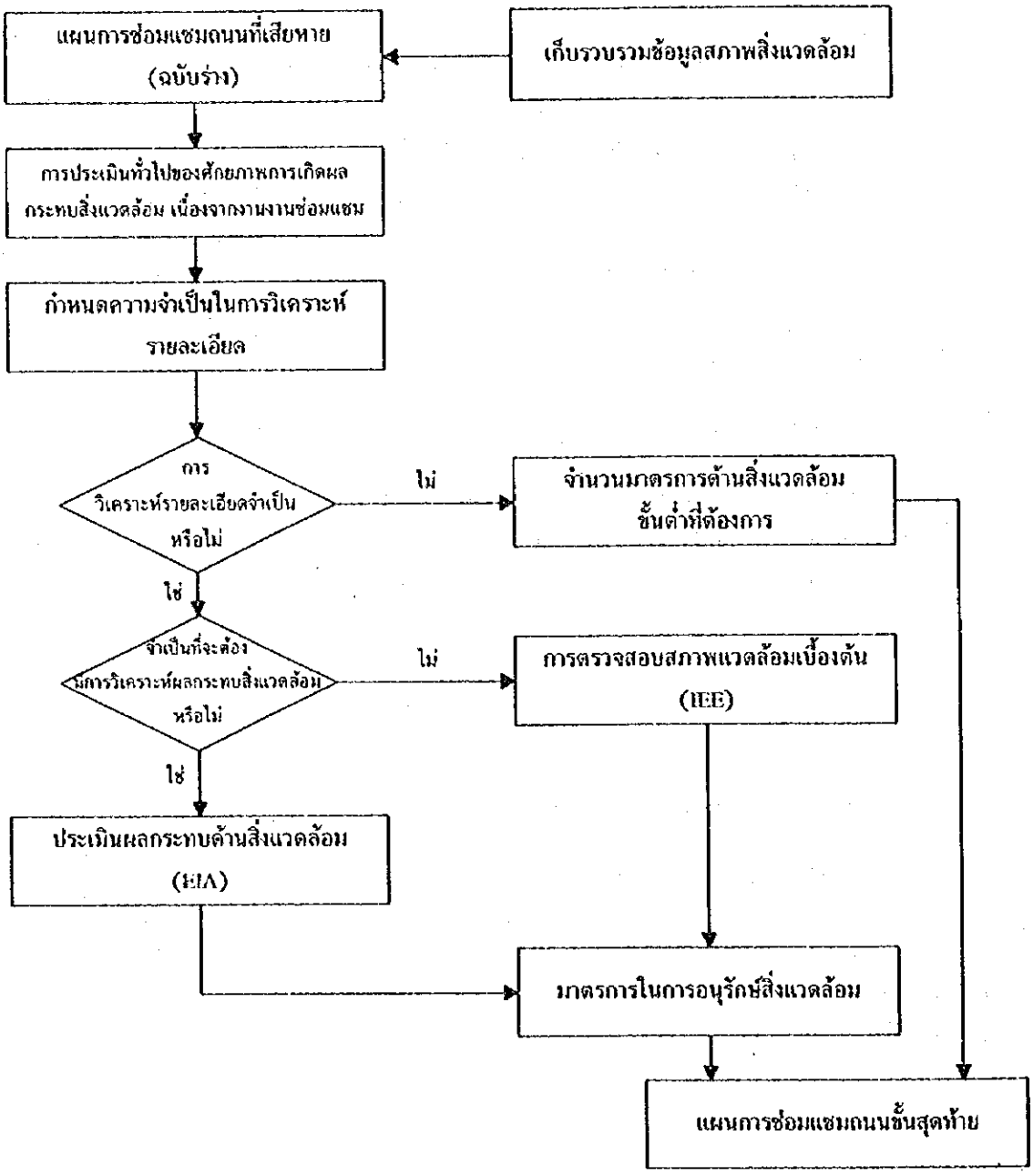
ในขั้นแรกจะต้องมีการตรวจสอบแผนการดำเนินการซ่อมแซมฉบับร่าง เพื่อดูว่าสอดคล้องกับข้อจำกัดทางด้านสิ่งแวดล้อมหรือไม่ โดยเฉพาะในบริเวณจุดที่จะดำเนินการซ่อมแซม เพื่อทำความเข้าใจกับข้อจำกัดดังกล่าว ข้อมูลในด้านสิ่งแวดล้อมจะต้องมีการจัดเก็บโดยพิจารณาแนวทางดังต่อไปนี้

- สภาพแวดล้อมทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม
- สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ
- มลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อม

หัวข้อในการสำรวจแต่ละแนวทางได้แสดงไว้ในแบบสำรวจ (ตารางที่ 8.2.5)

(2) การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีสาเหตุจากงานป้องกัน

ในบางกรณีของโครงการก่อสร้างทางแนวใหม่นั้นควรจะดำเนินการประเมินศักยภาพของผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นเสียก่อน ตัวอย่างเช่น มีหัวข้อประเมินจำนวน 23 รายการ ในกรณีการประเมินเบื้องต้นในกรณีของการศึกษาการพัฒนาทางหลวงโดย JICA ดังได้แสดงในตารางที่ 8.2.6



ภาพประกอบที่ 8.2.1 ขั้นตอนทั่วไปในการสำรวจทางด้านสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 8.2.5 แบบสำรวจสภาพแวดล้อม

หัวข้อ		สภาพในปัจจุบัน
สิ่งแวดล้อมทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม	พื้นที่อยู่อาศัย (ผู้อาศัย/คนพื้นเมือง/ความเข้าใจโครงการฯ, อื่น ๆ)	
	การใช้ที่ดิน (เมือง, หมู่บ้าน เกษตรกรรม, เขตทางด้านประวัติศาสตร์, พื้นที่ที่มีความสวยงาม, โรงพยาบาล, อื่น ๆ)	
	เศรษฐกิจ/การคมนาคม (พื้นที่พาณิชยกรรม, พื้นที่เกษตรกรรมหรือการประมง, สถานีโดยสาร, อื่น ๆ)	
สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ	สภาพภูมิประเทศ, สภาพทางธรณีวิทยา (ความชัน, ดินอ่อน, แอ่งน้ำ/รอยแตกของเปลือกโลก อื่น ๆ)	
	สัตว์และพืชพรรณที่มีค่า, เขตอนุรักษ์ (พื้นที่อนุรักษ์, พื้นที่อนุรักษ์สายพันธ์, อื่น ๆ)	
มลภาวะทางสิ่งแวดล้อม	ความถี่ในการร้องทุกข์ (มลพิษหนาแน่น-สูง, อื่น ๆ)	
	การแก้ไขที่กำลังดำเนินการ (มาตรการโดยสถาบัน, การชดเชย, อื่น ๆ)	
อื่น ๆ		

ตารางที่ 8.2.6 แบบการประเมินเบื้องต้นสำหรับโครงการก่อสร้างทางแนวใหม่

หัวข้อการประเมิน	การประเมินระหว่างการก่อสร้าง		การประเมินหลังจากเปิดการจราจร			การประเมินรวม
	การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศ, การใช้ที่ดิน	การใช้เครื่องจักรและยานพาหนะในการก่อสร้าง	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	ทิศทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ	ภาพลักษณ์ของประชากรและสินค้า	
<สภาพแวดล้อมทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม>						
1. การตั้งถิ่นฐานใหม่						
2. กิจกรรมทางเศรษฐกิจ						
3. สิ่งอำนวยความสะดวกสาธารณะและการจราจร						
4. การตั้งชุมชนใหม่						
5. มรดกทางวัฒนธรรม						
6. สิทธิในการใช้น้ำ, ทรัพย์สินสาธารณะ						
7. สุขภาพ, การควบคุมโรค						
8. ของเสีย						
9. การเสี่ยงในการเกิดอันตราย						
<สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ>						
10. สภาพภูมิประเทศ, ธรณีวิทยา						
11. การกัดเซาะดิน						
12. น้ำใต้ดิน						
13. ธรณีพหุลวิทยา						
14. บริเวณชายฝั่ง						
15. ดัดร์และพืชพรรณ						
16. อากาศ						
17. ภูมิทัศน์						
<มลภาวะด้านสิ่งแวดล้อม>						
18. อากาศ						
19. น้ำ						
20. สารพิษในดิน						
21. เสียงและการสั่นสะเทือน						
22. อุทกธรณีของดิน						
23. ดิน						

ในกรณีงานซ่อมแซมถนนเดิม หัวข้อในการประเมินจะมีข้อจำกัดมากกว่าในกรณีของการก่อสร้างใหม่ ทั้งนี้ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเพียงเล็กน้อยในการดำเนินการ ดังนั้น หัวข้อทั้ง 23 รายการข้างต้นจะใช้เพียง 8 รายการเท่านั้น ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 8.2.7

ตารางที่ 8.2.7 หัวข้อประเมินในกรณีของงานซ่อมแซม

	ระหว่างดำเนินการป้องกัน	หลังงานป้องกันแล้วเสร็จ
สภาพแวดล้อมทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม	ของเสีย	สิทธิในการใช้น้ำ
สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ	- การกัดเซาะดิน - น้ำใต้ดิน - สภาพทางอุทกวิทยา	- สภาพทางอุทกวิทยา - ภูมิทัศน์
มลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อม	- มลภาวะน้ำ - เสียงและการสั่นสะเทือน	

(3) การกำหนดแผนการซ่อมแซมถนน

เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องตัดสินใจว่า จะดำเนินการวิเคราะห์ในรายละเอียดของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมหรือไม่ ในขณะที่ดำเนินการศึกษาทางด้านวิศวกรรม

ความจำเป็นในการดำเนินการวิเคราะห์ในรายละเอียด ขึ้นอยู่กับขนาดของงานป้องกันหรือวิธีการในการก่อสร้าง อย่างไรก็ตาม งานป้องกันส่วนใหญ่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์รายละเอียด หากการวิเคราะห์มีความจำเป็นก็จะต้องดำเนินการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น (IEE) หรือการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) หลังจากนั้นแล้วมาตรการทางด้านอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมซึ่งขึ้นอยู่กับผลการวิเคราะห์ในรายละเอียดจะต้องกำหนดขึ้น

โดยทั่วไปแผนการซ่อมแซมขั้นสุดท้ายสำหรับถนนที่คาดว่าจะมีการเสียหายเกิดขึ้นจะกำหนดโดยการพิจารณาหัวข้อการประเมินดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 8.2.7

บทที่ 9

การซ่อมแซมถนนที่เสียหาย

บทที่ 9
การซ่อมแซมทางหลวงที่เสียหาย

ในคู่มือนี้งานซ่อมแซมทางหลวงที่เสียหายจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ งานซ่อมแซมเร่งด่วน งานซ่อมแซมชั่วคราว และงานซ่อมแซมถาวร โดยพิจารณาจากเวลาและคุณภาพในการดำเนินงาน ประเภทของงานซ่อมแซมสามารถจำกัดความได้ดังนี้

งานซ่อมแซมเร่งด่วน

งานซ่อมแซมเร่งด่วนจะเกี่ยวเนื่องกับสถานการณ์ดังต่อไปนี้ :

- เพื่อเปิดการจราจรให้รวดเร็วที่สุดภายหลังเกิดความเสียหายที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้
- เพื่อซ่อมแซมความเสียหายเล็กน้อย ซึ่งจะขยายตัวเป็นผลทำให้ต้องปิดถนน
- เพื่อเป็นมาตรการป้องกันถนนที่มีโอกาสในการเกิดความเสียหายได้สูง

ทั้งนี้ จะเป็นในด้านการเกิดการจราจรเท่านั้น ไม่รวมถึงคุณภาพของงานซ่อมแซมและมาตรการป้องกันความเสียหายของถนนที่ต้องใช้เวลานาน

งานซ่อมแซมชั่วคราว

หากงานซ่อมแซมถาวรจะต้องใช้เงินลงทุนสูงในปัจจุบันแล้ว งานซ่อมแซมชั่วคราวที่มีอายุการใช้งานเกินกว่า 5 ปีขึ้นไปจะดำเนินการเพื่อเป็นมาตรการเฉพาะหน้า

งานซ่อมแซมชั่วคราวจะใช้ในกรณีดังต่อไปนี้

- เมื่อมีทางเลี่ยง/ทางเบี่ยงที่ไม่เพิ่มระยะเวลาในการเดินทางมาก
- บริเวณเส้นทางที่มีปริมาณการจราจรต่ำ ซึ่งต้นทุนในการซ่อมแซมไม่สูงเกินกว่างานซ่อมแซมถาวร
- เมื่อคาดการณ์ได้ว่าจะไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้

งานซ่อมแซมถาวร

งานซ่อมแซมถาวรจะใช้ใน 2 กรณี ดังต่อไปนี้

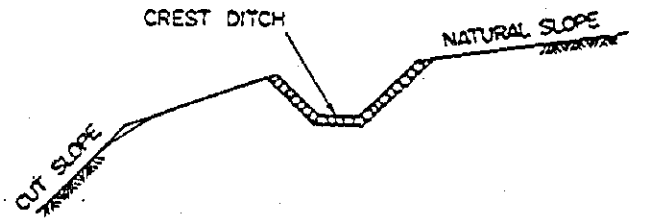
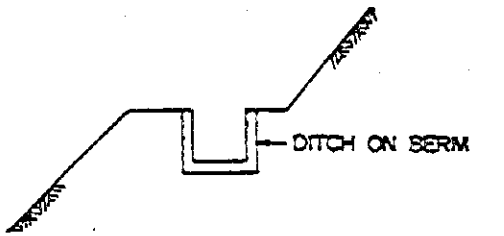
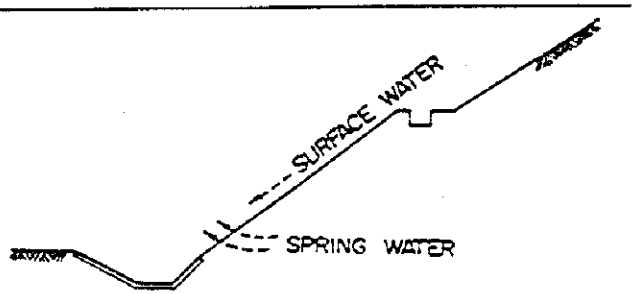
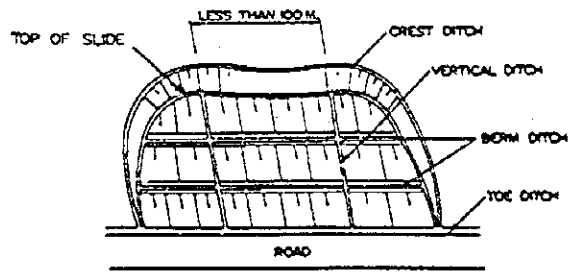
- เมื่อหมดอายุของการซ่อมแซมชั่วคราว
- เมื่อจุดที่เกิดความเสียหายนั้นอยู่บริเวณโครงข่ายทางหลวงที่สำคัญ และจะเกิดผลกระทบต่อสภาพสังคม-เศรษฐกิจ ภายหลังหากไม่มีการซ่อมแซมถาวร

9.1 มาตรการซ่อมแซม

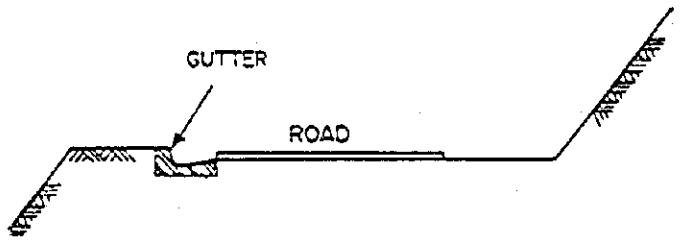
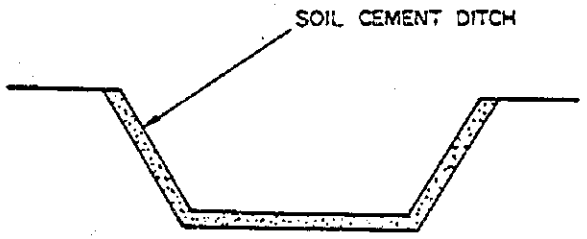
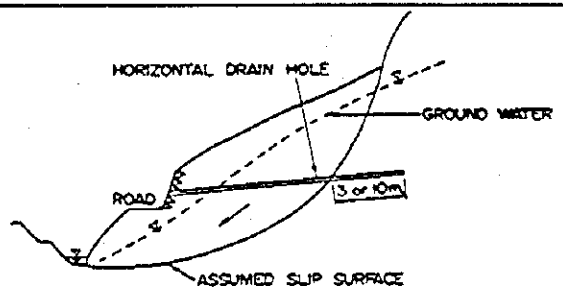
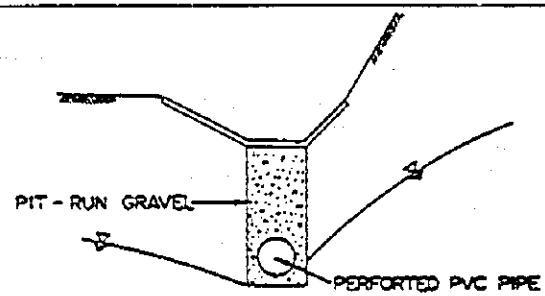
มาตรการซ่อมแซมถนนที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามประเภทความเสียหาย ได้สรุปไว้ในตารางที่ 9.1.1 - 9.1.4 พร้อมทั้งภาพประกอบ

ความเสียหายของ Slope	ตารางที่ 9.1.1
การพังทลายของสะพาน	ตารางที่ 9.1.2
การพังทลายของคันทาง	ตารางที่ 9.1.3
น้ำท่วมทาง	ตารางที่ 9.1.4

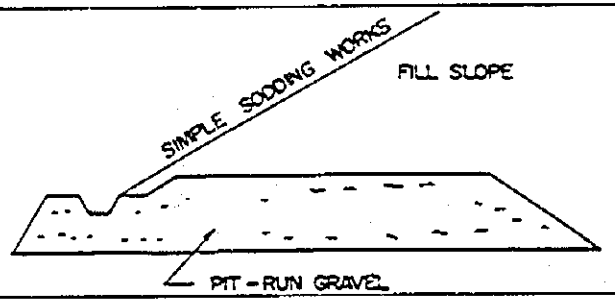
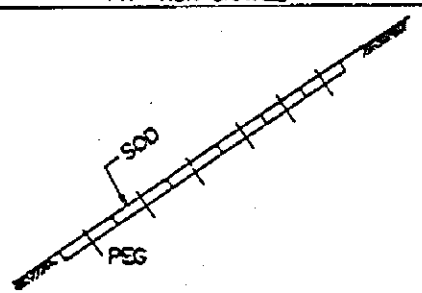
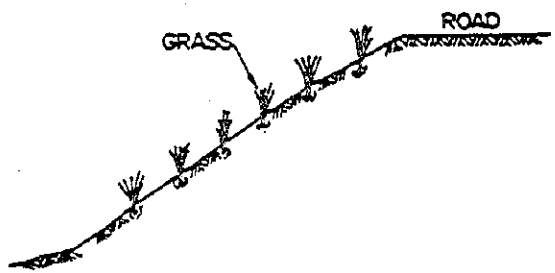
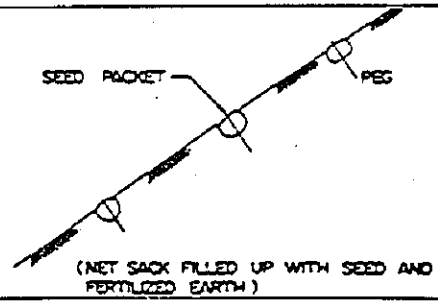
ตารางที่ 9.1.1 (1) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(1) การระบายน้ำผิวดิน	รางระบายน้ำส่วนบน	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ และการพัดพาผิวหน้า Slope โดยการกักน้ำที่อยู่บริเวณส่วนบนของ Slope งานตัด	- Slope งานตัด - หินผุ, ดิน	
	รางระบายน้ำ Berm	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ และการพัดพาผิวหน้า Slope โดยการกักน้ำบริเวณ Berm	- งานตัด, งานถม - หินผุ, ดิน	
	รางระบายน้ำส่วนฐาน	- เพื่อป้องกันน้ำไหลสู่ผิวทาง	- บริเวณ Slope งานตัด	
	รางระบายน้ำตามแนวดิ่ง	- เพื่อกักและระบายน้ำผิวดินบน Slope โดยการใช้รางระบายน้ำตามแนวตั้งเพื่อป้องกันการกัดเซาะและการพัดพาผิวหน้า Slope	- โดยทั่วไปจะใช้บริเวณผิวหน้า Slope - บริเวณ Slope งานตัดและงานถม	

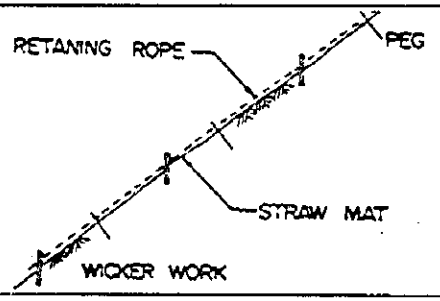
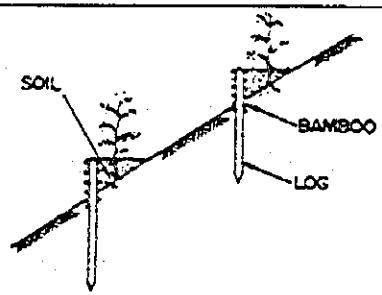
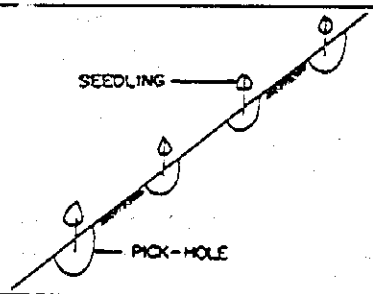
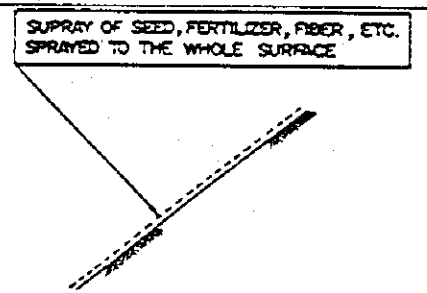
ตารางที่ 9.1.1 (2) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(1) การระบายน้ำผิวดิน	ร่องน้ำ	- เพื่อป้องกัน Slope งานถม หรือบริเวณลาดคันทางจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ - เพื่อกักน้ำผิวดินบริเวณไหล่ทางโดยใช้ร่องน้ำ	- ไหล่ทางด้าน Slope งานถม - งานถมที่มีความสูงเกินกว่า 6 ม.	
	รางระบายน้ำดินซีเมนต์ (Soil Cement)	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ และการพัดพาผิว Slope โดยการกักน้ำ - ผิวของรางระบายน้ำจะถูกเสริมความแข็งแรงโดยใช้ดินซีเมนต์	- ส่วนบนของ Slope, Berm, รางระบายน้ำแนวตั้งและส่วนฐาน	
(2) การระบายน้ำใต้ดิน	รูระบายน้ำแนวราบ	- เพื่อคงเสถียรภาพของ Slope ที่มีแนวโน้มที่จะเกิดการพังทลายโดยการระบายน้ำใต้ดิน	- โดยทั่วไปจะใช้บริเวณ Slope งานตัดหรืองานถมที่มีแรงดันน้ำใต้ดินสูง	
	ระบบระบายน้ำใต้ดินโดยใช้บ่อดักและท่อ	- เพื่อระบายน้ำใต้ดินระดับต้น และคงเสถียรภาพของ Slope	- ส่วนมากจะใช้ร่วมกับการระบายน้ำผิวดิน - ทั่วไปจะใช้บริเวณ Slope ที่มีน้ำซับค่อนข้างมาก	

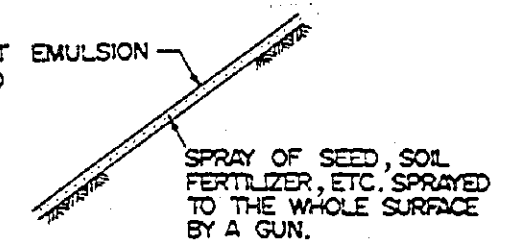
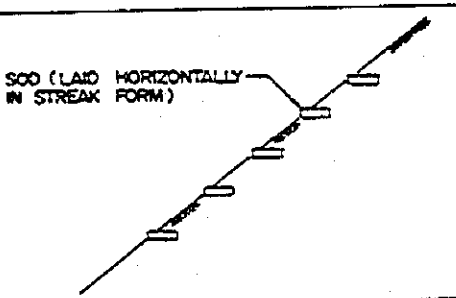
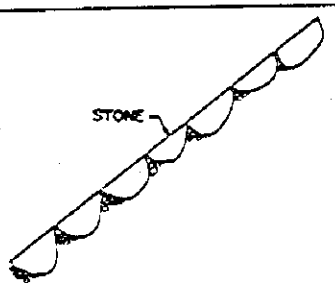
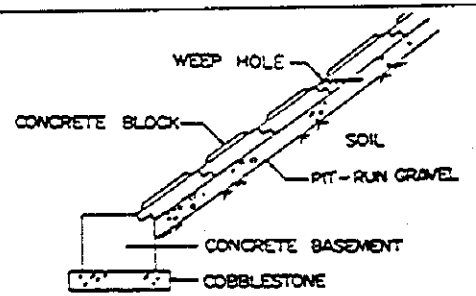
ตารางที่ 9.1.1 (3) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(2) การระบายน้ำใต้ดิน	การระบายน้ำด้วยบ่อกรวด	- การระบายน้ำซับและคงเสถียรภาพในการถม	- ถมดินให้มากพอที่น้ำซับ	
(3) การปลูกหญ้า	การปลูกเป็นแผ่น	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ การพัดพา และการลึกกร่อนของ Slope โดยการปลูกหญ้าคลุม - วางแผ่นหญ้าโดยตรงบน Slope	- Slope งานตัด, งานถม - ดิน	
	การปลูกเป็นกลุ่ม	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ การพัดพา และการชะล้าง Slope โดยการปลูกหญ้าคลุม - ปลูกหญ้าโดยตรงบริเวณ Slope	- Slope งานตัด, งานถม - หินผุ, ดิน	
	โดยใช้ถุงใส่เมล็ด	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ การพัดพา และการลึกกร่อนของ Slope โดยการปลูกหญ้าคลุม - วางถุงบรรจุเมล็ด และดินผสมปุ๋ยบน Slope	- ใช้บริเวณ Slope ที่ไม่เหมาะสมในการปลูกหญ้า - บริเวณ Slope งานตัด - หินผุ, ดิน	

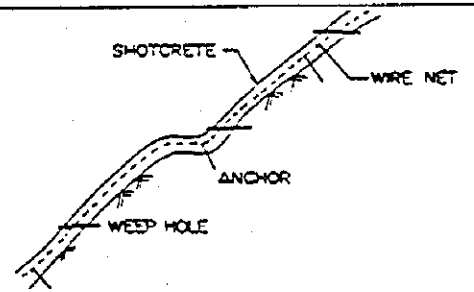
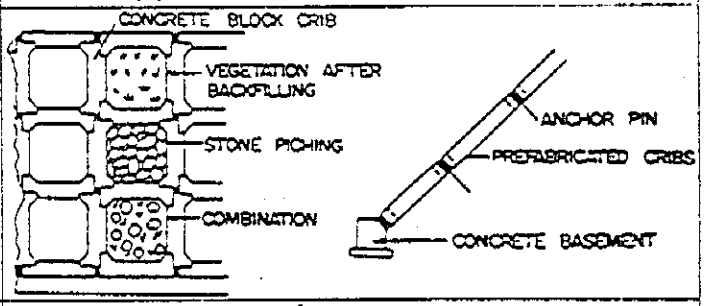
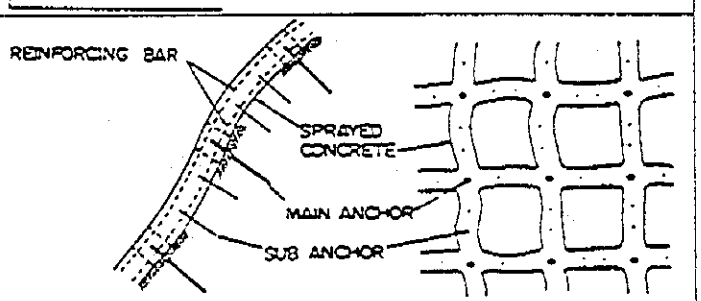
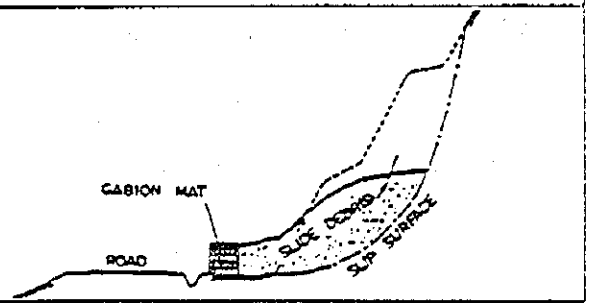
ตารางที่ 9.1.1 (4) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(3) การปลูกหญ้า	ควบคุมการกัดเซาะโดยใช้วัสดุท้องถิ่น	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ การพัดพา และการชะล้าง Slope โดยการปลูกหญ้าคลุม - คลุมเมล็ดด้วยแผ่นฟาง	- Slope งานตัด, งานถม - ผิวหน้าดิน	
	งานกะบะไม้ไผ่	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ การพัดพา และการลึกกร่อนของ Slope โดยการปลูกหญ้าคลุม - วางถุงบรรจุเมล็ด และดินผสมปุ๋ยบน Slope	- ใช้บริเวณ Slope งานตัด, งานถม - หินผุ, ดิน	
	งานชุดหลุมหยอดเมล็ด	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ การพัดพา และการชะล้าง Slope โดยการปลูกหญ้าคลุม - หยอดหลุมด้วยเมล็ดและดินผสมปุ๋ย	- ใช้บริเวณ Slope ที่ไม่เหมาะสมในการปลูกหญ้า - โดยทั่วไปจะใช้บริเวณ Slope งานตัด - หินผุ, หินอ่อน	
	การพ่นเมล็ดด้วยเครื่องพ่น (Seed Spraying)	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ การพัดพา และการลึกกร่อนของ Slope โดยการปลูกหญ้าคลุม - พ่นเมล็ดด้วยเครื่องพ่น	- โดยทั่วไปจะใช้บริเวณ Slope งานถม หรืองานตัดที่มีผิวหน้าเป็นดิน	

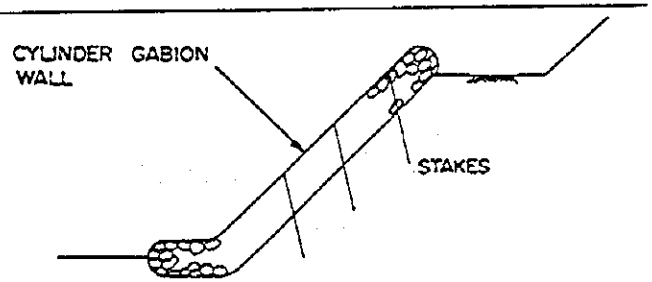
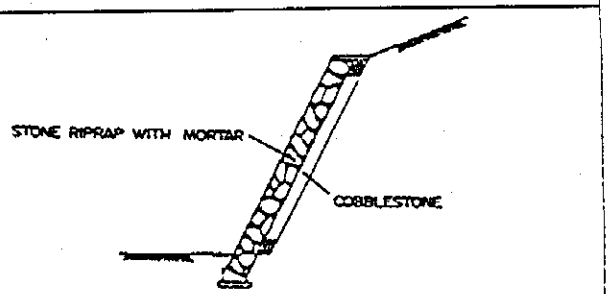
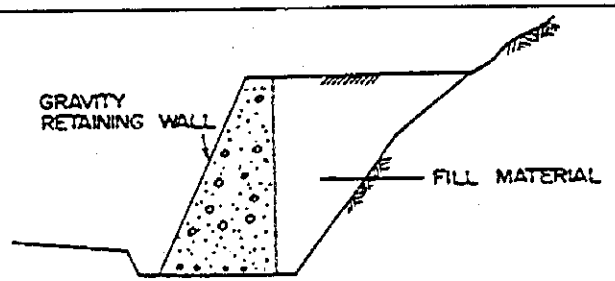
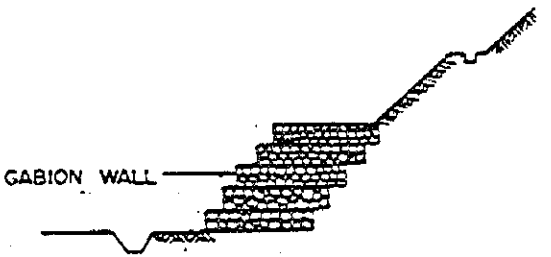
ตารางที่ 9.1.1 (5) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(3) การปลูกหญ้า	การพ่นเมล็ดและส่วนผสมโดยใช้เครื่องพ่น (Hydroseeding)	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ การพัดพา และการชะล้าง Slope โดยการปลูกหญ้าคลุม - พ่นส่วงผสมของโคลนที่ประกอบไปด้วยเมล็ด น้ำ ปุ๋ยผสมดิน และอื่น ๆ ด้วย เครื่องพ่น	- ส่วนใหญ่จะใช้กับหินผุ หินอ่อน และผิวดินบริเวณงานตัด หรืองานถม	
	การปลูกเป็นแนว	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ การพัดพา และการสึกกร่อนของ Slope โดยการปลูกพืชคลุม	- Slope งานถม - ดิน	
(4) โครงสร้าง	การทิ้งหิน	- เพื่อป้องกัน Slope โดยการคลุมด้วยหินทิ้ง	- ส่วนใหญ่จะใช้บริเวณ Slope ที่มีความลาดน้อยกว่า 1.5 : 1	
	การวางบล็อคคอนกรีต	- เพื่อป้องกัน Slope โดยการคลุมด้วยคอนกรีตขึ้นรูปบริเวณ Slope	- ส่วนมากจะใช้กับ Slope ที่มีความลาดน้อยกว่า 1.5 : 1	

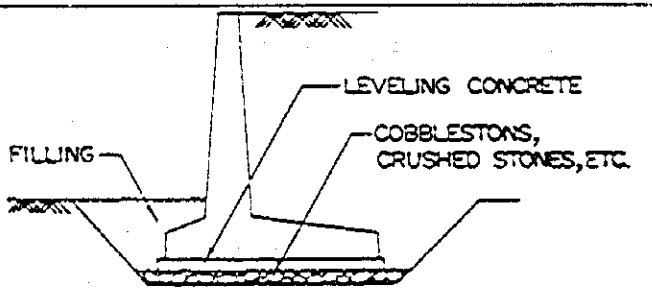
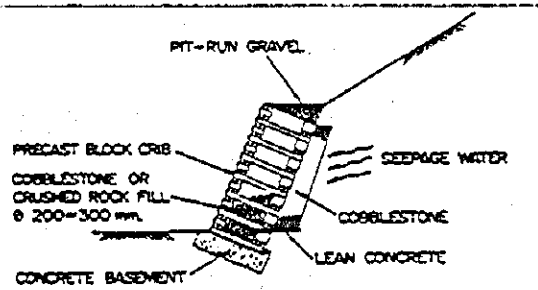
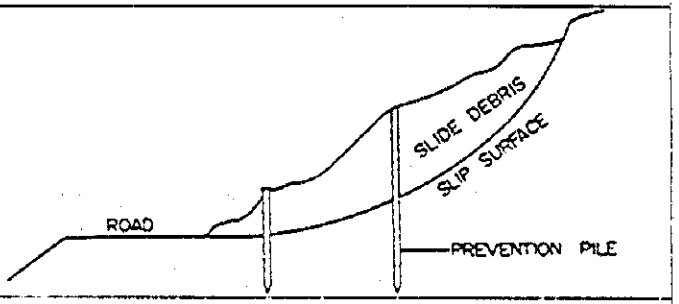
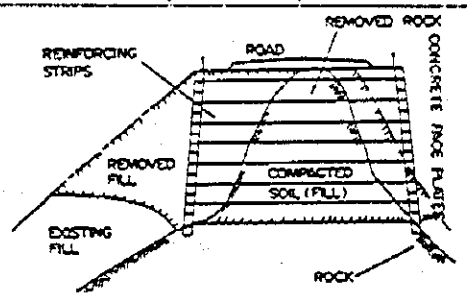
ตารางที่ 9.1.1 (6) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(4) โครงสร้าง	Shotcrete	- เพื่อป้องกัน Slope โดยการคลุมด้วยการฉีดคอนกรีต	- ไม่ใช้กับ Slope ที่มีน้ำซับมาก	
	Crib คอนกรีตบล็อค	- เพื่อป้องกัน Slope โดยการคลุมด้วย Crib คอนกรีตบล็อคหล่อสำเร็จ	- ทั่วไปใช้กับ Slope ที่มีความลาดน้อยกว่า 1.0 : 1	
	โดยการฉีดคอนกรีต	- เพื่อป้องกัน Slope โดยการคลุมด้วย Crib ซึ่งใช้การฉีดคอนกรีตด้วยหัวฉีด	- ใช้ได้กับ Slope ที่มีความลาดมากกว่า 1.0 : 1 - ใช้ได้กับพื้นผิวดินที่เป็นคลื่น	
	รั้วกันดินทลาย, หินร่วงด้วยตาข่ายคลุมหิน	- เพื่อป้องกันดินทลายและหินร่วงสู่ถนนโดยการทำรั้วกั้นตามแนวฐาน Slope	- ใช้ได้ในบริเวณที่มีที่เขตทางพอเพียงสำหรับดินทลายและหิน - โดยทั่วไปจะใช้กับงานเร่งด่วน	

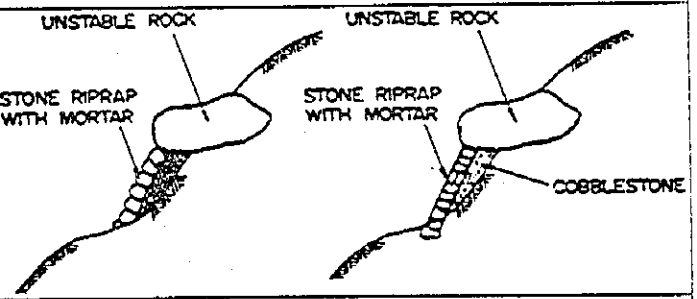
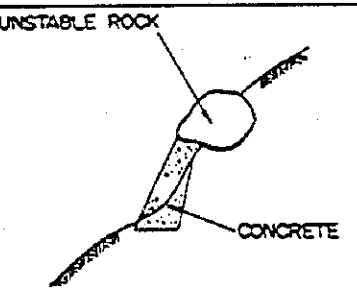
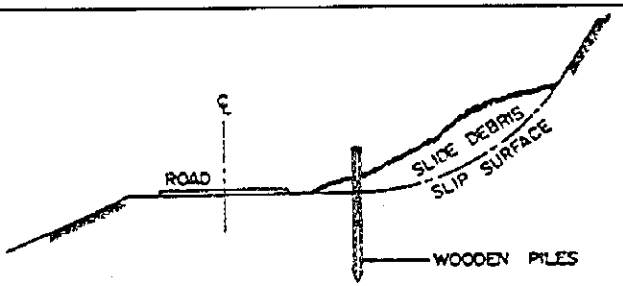
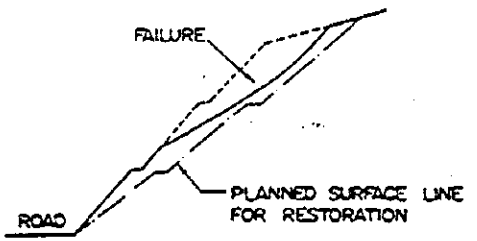
ตารางที่ 9.1.1 (7) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(5) รองรับด้วยโครงสร้าง	กำแพงหินคลุมตาข่ายคลุมหิน	- เพื่อป้องกัน Slope โดยการคลุมด้วยตาข่ายคลุมหิน	- ทั่วไปจะใช้บริเวณที่ Slope ที่มีความลาดน้อยกว่า 0.5 : 1 และมีน้ำซับ	
	การเรียงหินยาแนว	- เพื่อป้องกัน Slope พังทลาย โดยใช้แรงต้านความกดของดิน	- ใช้ได้กับกำแพงหินที่มีความสูงน้อยกว่า 5 ม. - ทั่วไปใช้กับ Slope งานตัด, งานถม	
	กำแพงกันดินชนิด Gravity Type	- เพื่อป้องกัน Slope พังทลายของดิน/หิน โดยใช้แรงต้านความกดของดิน	- ใช้ได้กับกำแพงที่มีความสูงน้อยกว่า 3 ม. - ทั่วไปใช้กับ Slope งานตัด, งานถม	
	กำแพงหินคลุมตาข่าย	- เพื่อป้องกัน Slope พังทลาย โดยใช้แรงต้านความกดของดิน	- ส่วนใหญ่ใช้กับฐานของ Slope งานตัดที่มีน้ำซับ	

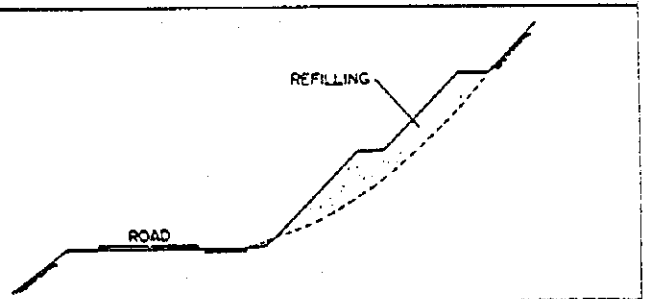
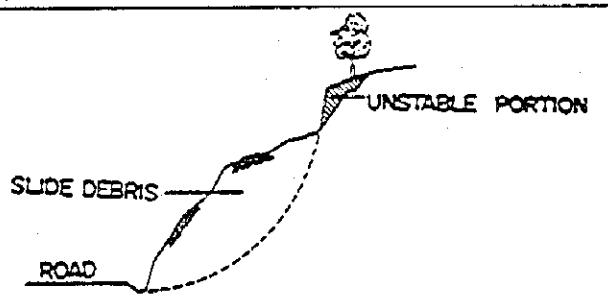
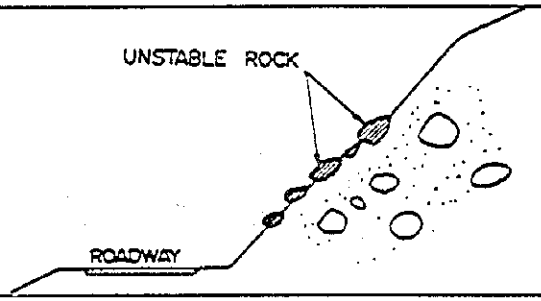
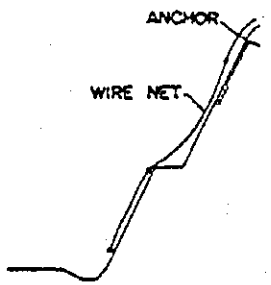
ตารางที่ 9.1.1 (8) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(5) รองรับด้วยโครงสร้าง	กำแพงกันดินแบบรูปตัว T	- เพื่อป้องกัน Slope พังทลาย โดยใช้แรงต้านความกดของดิน	- ส่วนใหญ่ใช้กับกำแพงที่มีความสูง 3 - 10 ม. - ทั่วไปใช้กับ Slope งานตัด, งานถม	
	Crib Retaining Wall	- เพื่อป้องกัน Slope พังทลาย โดยใช้การต้านแรงกดของดินด้วย Crib คอนกรีตบล็อคหล่อสำเร็จ	- ส่วนใหญ่ใช้บริเวณ Slope งานตัดที่มีน้ำผุด	
	เสาเข็ม	- เพื่อป้องกัน Slope เลื่อนตัว โดยการต้านแรงกดของดินด้วยเสาเข็ม	- โดยทั่วไปใช้กับ Slope งานตัด หรืองานถม	
	เสริมความแข็งแรงคันทาง	- เพื่อก่อสร้างโครงสร้างดินที่มีเสถียรภาพโดยการใช้วัสดุเสริมความแข็งแรง	- Slope งานถมที่ต้องการความลาดสูง เนื่องจากข้อจำกัดในการก่อสร้าง	

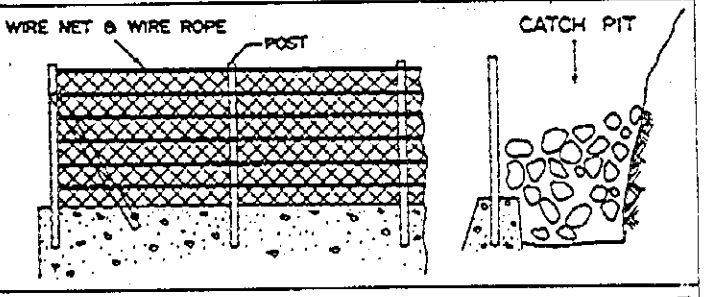
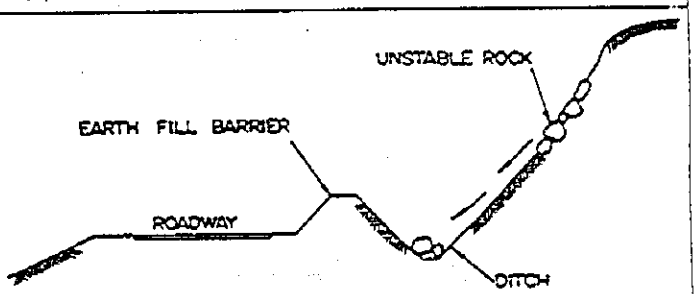
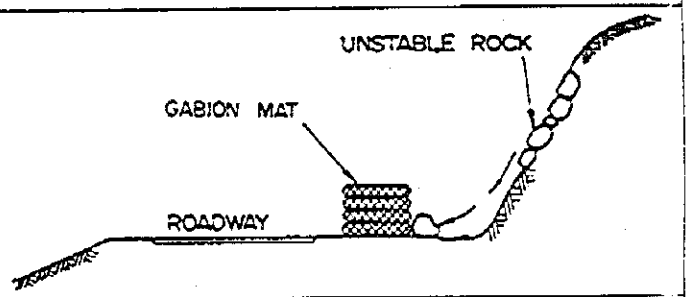
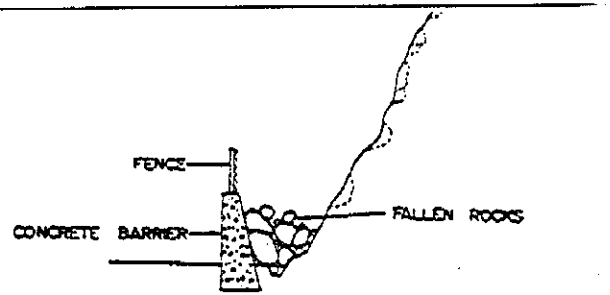
ตารางที่ 9.1.1 (9) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(5) รองรับด้วยโครงสร้าง	การป้องกันฐานหินด้วยการเรียงหิน	- เพื่อป้องกันหินที่อาจร่วงลงมาได้ โดยการรองรับด้วยการเรียงหิน	- ใช้กับหินขนาดใหญ่ที่มีแนวโน้มจะร่วง	
	การป้องกันฐานหินด้วยคอนกรีต	- เพื่อป้องกันหินที่อาจร่วงได้ โดยการรองรับด้วยโครงสร้างคอนกรีต	- ใช้กับหินขนาดใหญ่ที่เข้าถึงได้	
	เสาเข็มไม้	- เพื่อป้องกัน Slope เลื่อนตัว โดยการต้านแรงกดของดินด้วยเสาเข็มไม้	- ทั่วไปใช้กับ Slope งานตัด, งานถม - ทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	
(6) งานดิน	ตัดใหม่	- เพื่อคงเสถียรภาพของ Slope โดยการตัดให้ได้ความลาดที่เหมาะสมที่สุด	- งานระบายน้ำและงานป้องกัน Slope	

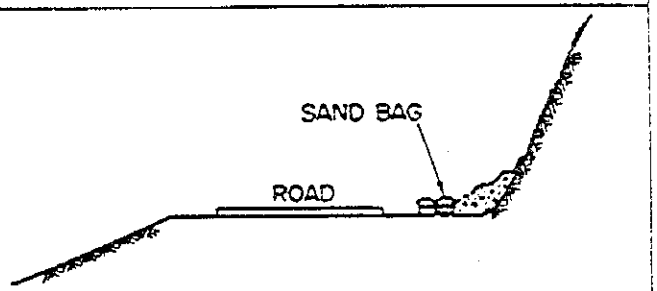
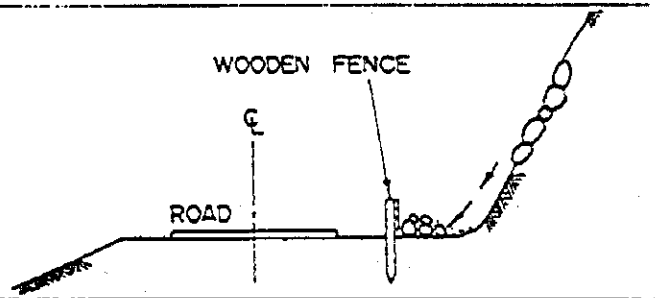
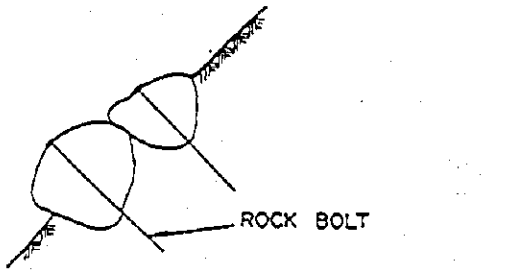
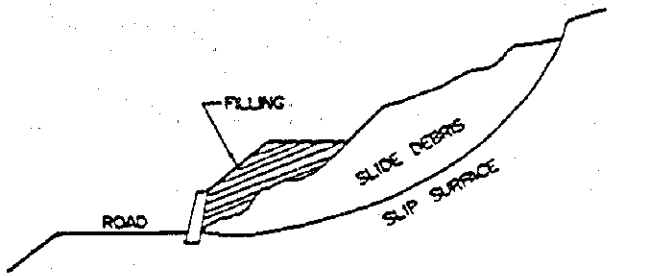
ตารางที่ 9.1.1 (10) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(6) งานดิน	งานถมใหม่	- เพื่อถมส่วนที่ทลายลงมาจากการกัดเซาะ การพัดพา และอื่น ๆ	- Slope งานตัด, งานถม	
	ขุดส่วนที่อาจพังทลาย	- เพื่อคงเสถียรภาพของ Slope โดยการขุดส่วนที่อาจพังทลายลงมาได้	- จะขุดส่วนที่อาจพังทลายได้พร้อมกับงานระบายน้ำ	
	การขุดย้ายหิน	- ขุดย้ายหินก่อนที่จะร่วงลงมา	- โดยทั่วไปใช้กับหินขนาดใหญ่ และขนาดกลาง	
(7) เครื่องมือป้องกันหินร่วง	ตาข่ายป้องกัน	- เพื่อป้องกันหินร่วงลงสู่ถนน โดยการใช้ตาข่ายลาดดัก	- ใช้ในบริเวณที่ไม่มีเขตทางพอเพียง - ไม่เหมาะสำหรับหินที่ถูกชะล้างได้ง่าย	

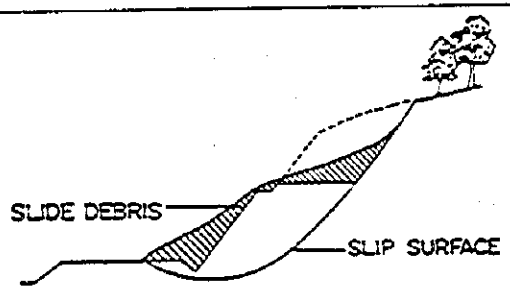
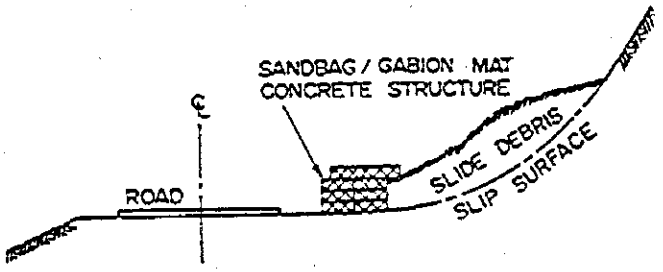
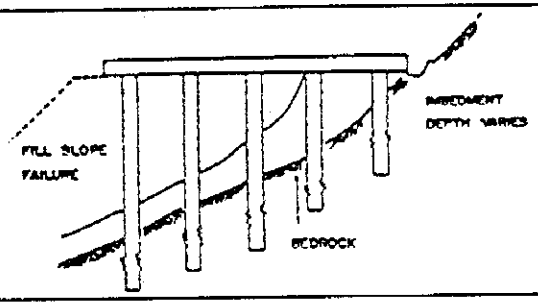
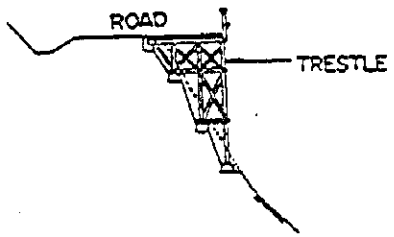
ตารางที่ 9.1.1 (11) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(7) เครื่องมือป้องกันหินร่วง	รั้วป้องกัน	- เพื่อป้องกันหินร่วงลงมาสู่ถนน โดยการใช้รั้วดัก	- ใช้ในบริเวณที่มีเขตทางพอที่จะรองรับหินที่ร่วงลงมา	
	ทำรั้วกันด้วยคันดิน	- เพื่อป้องกันหินร่วงลงสู่ถนน โดยการคันดินและรางระบายน้ำ	- ต้องการพื้นที่กว้างระหว่างขอบถนนและฐาน Slope เพื่อรองรับหินร่วง - Slope งานตัด	
	ทำรั้วกันด้วยตาข่ายคลุมหิน	- เพื่อป้องกันหินหรือดินทรายลงสู่ถนนโดยการทำรั้วกันด้วยตาข่าย	- ใช้ในบริเวณที่มีเขตทางพอที่จะรองรับหินที่ร่วงลงมา	
	ทำรั้วกันด้วยกำแพงคอนกรีต	- เพื่อป้องกันหินร่วงลงสู่ถนน โดยการทำกำแพงคอนกรีต	- ใช้ได้ในบริเวณที่มีเขตทางพอที่จะรองรับหินร่วง	

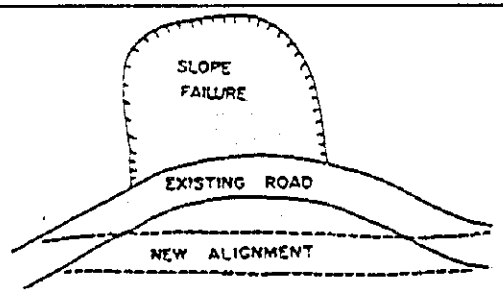
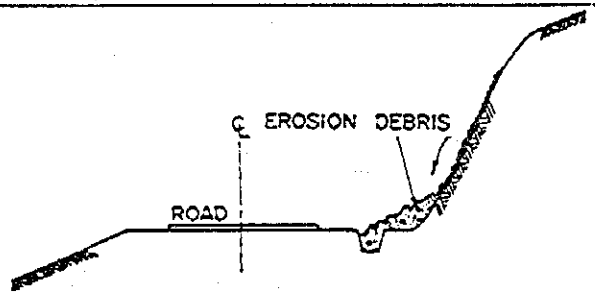
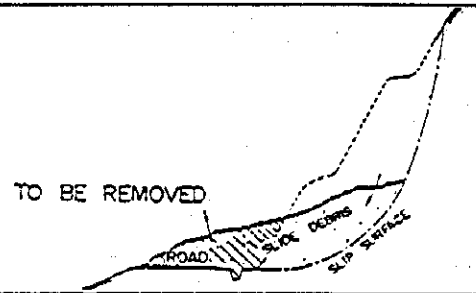
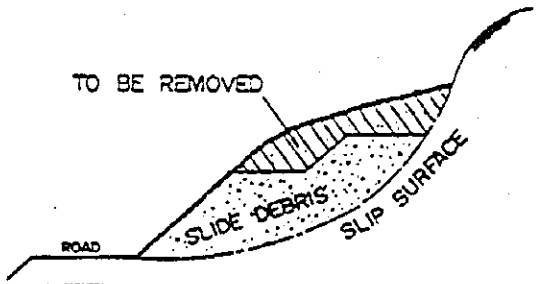
ตารางที่ 9.1.1 (12) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(7) เครื่องมือป้องกันหินร่วง	การกันดินทราย โดยการใช้ถุงทราย	- เพื่อป้องกันดินทรายจากการกัดเซาะและหินร่วงสู่ถนน โดยการวางถุงทรายตามแนวฐาน Slope หรือรางระบายน้ำ	- ใช้ได้ในบริเวณที่มีเขตทางเพียงพอที่จะรองรับดิน ทราย และหิน - บริเวณ Slope งานตัด	
	รั้วไม้	- เพื่อป้องกันหินร่วงลงสู่ถนน โดยการทำฉากไม้	- ใช้ได้ในบริเวณที่มีเขตทางเพียงพอ - ส่วนใหญ่สำหรับหินขนาดเล็ก - โดยทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	
(8) การยึดด้วยหมุด	น็อตยึดหิน	- เพื่อป้องกันหินที่อาจร่วงได้ โดยการยึดไว้กับฐานหินด้วยน็อตยึดหิน	- ใช้กับหินขนาดใหญ่	
(9) การถ่ายน้ำหนัก	การถมกดน้ำหนัก	- เพื่อต้านแรงจากการพังทลาย ด้วยการถมกดน้ำหนักบริเวณฐาน Slope	- Slope งานตัด, งานถม	

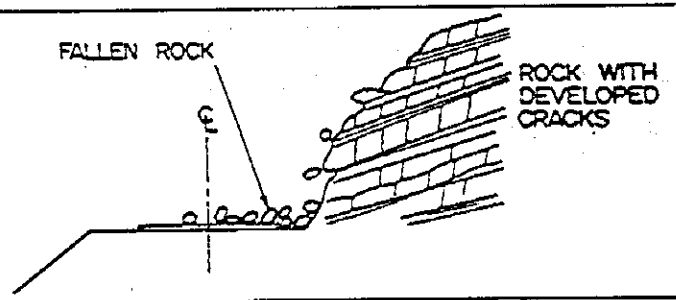
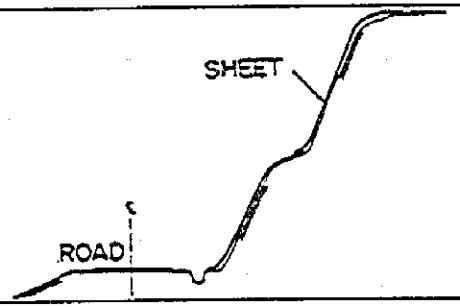
ตารางที่ 9.1.1 (13) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(9) การถ่ายน้ำหนัก	ขุดส่วนหัวของดินทลาย	- เพื่อลดแรงเลื่อนตัวของดินทลาย โดยการขุดส่วนหัวออก	- ทั่วไปใช้กับ Slope งานตัด	
	ใช้น้ำหนักกดด้วย ถุงทราย/ตาข่ายคลุมหิน/โครงสร้างคอนกรีต	- เพื่อต้านแรงเลื่อนตัวของ Slope โดยการติดตั้งน้ำหนักกดบริเวณฐาน Slope	- Slope งานตัด, งานถม - โดยทั่วไปใช้กับการป้องกันการพังทลายเร่งด่วน	
(10) สะพาน	สะพานยาว	- ก่อสร้างสะพานยาวทดแทนคันทางหรืองานถมที่ค่อนข้างสูง	- บริเวณงานถม	
	Trestle	- สร้างสะพาน Trestle ทดแทนโครงสร้างดิน	- บริเวณงานถม	

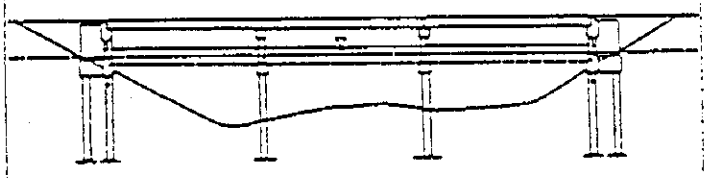
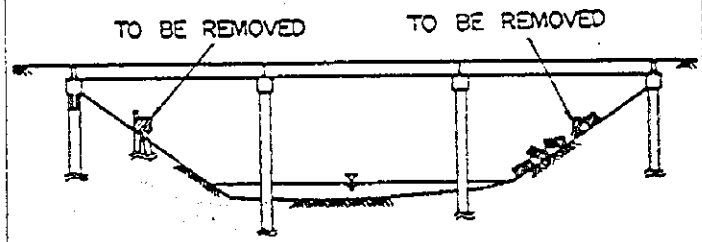
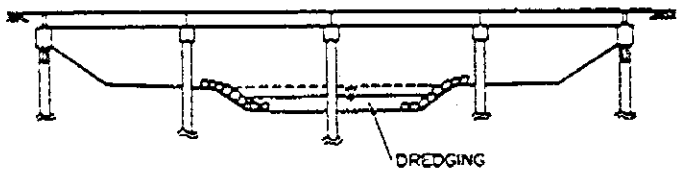
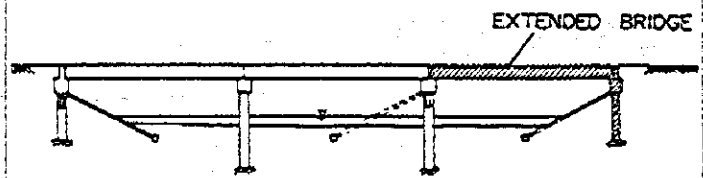
ตารางที่ 9.1.1 (14) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(11) เปลี่ยนแนว	เปลี่ยนแนวถนน	- เพื่อหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดความเสียหาย	- ใช้ได้บริเวณที่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับแนวถนนใหม่	
(12) งานขุด	ขุดดินที่ถูกกัดเซาะ	- เพื่อเคลื่อนย้ายดินที่ถูกกัดเซาะจากผิวทาง - เพื่อเคลื่อนย้ายดินที่ถูกกัดเซาะจากรางระบายน้ำ	- บริเวณงานถม - รางระบายน้ำส่วนฐาน - โดยทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	
	ขุดดินทรายที่เกิดจากการพังทลาย (1)	- เพื่อเคลื่อนย้ายดินจากการพังทลายออกจากผิวทาง	- Slope งานตัด - ทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	
	ขุดดินทรายที่เกิดจากการพังทลาย (2)	- เพื่อลดแรงเลื่อนของดินทรายที่พังทลายโดยการขุดส่วนหัวออก	- Slope งานตัด - โดยทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	

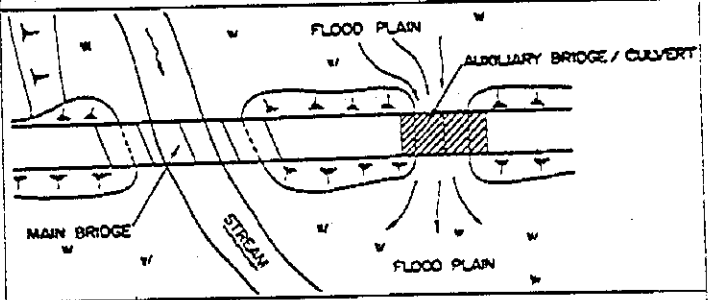
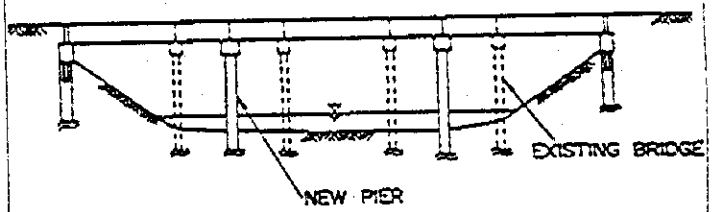
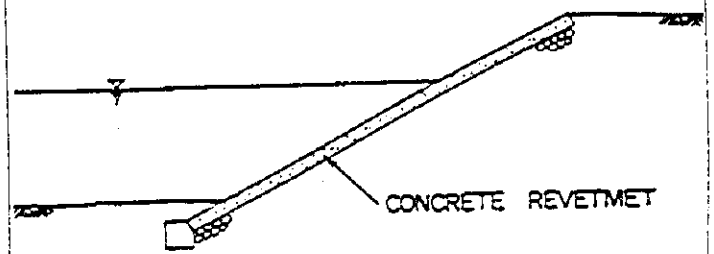
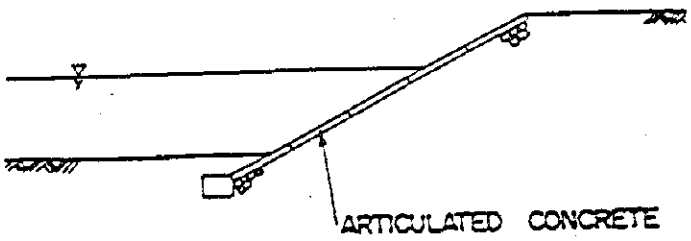
ตารางที่ 9.1.1 (15) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีความเสียหายของ Slope

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(12) งานชุด	เคลื่อนย้ายหินที่ร่วงลงมา	- เพื่อเคลื่อนย้ายหินที่ร่วงลงมาออกจากผิวทาง	- บริเวณงานตัด - โดยทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	
(13) เครื่องมือ	การคลุมด้วย Sheet	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะผิวหน้า Slope โดยการคลุมด้วย Sheet - เพื่อป้องกันผิวหน้าของดินทรายที่พังทลายจากการกัดเซาะ หรือการซึมของน้ำ	- Slope งานตัดหรืองานถม - ใช้ในบริเวณที่มีน้ำไหลผ่านผิวดินที่พังทลายลงมา - โดยทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	

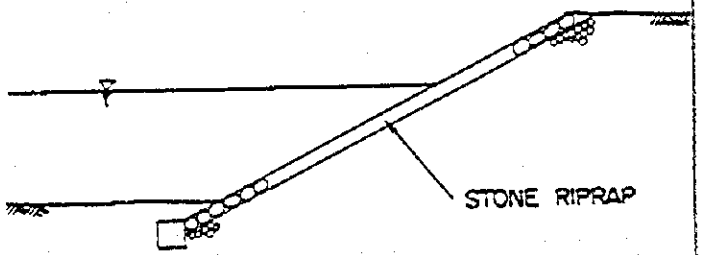
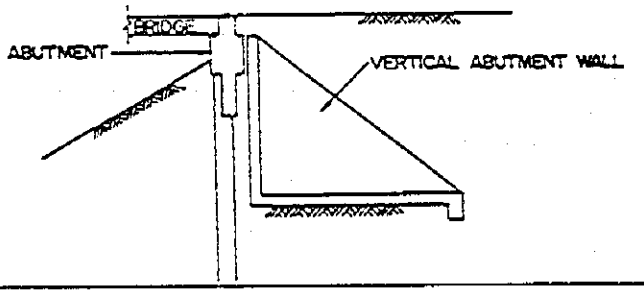
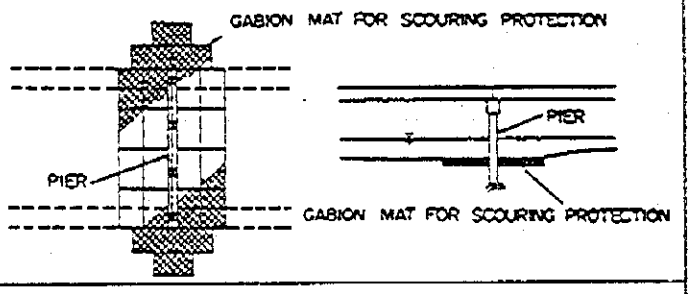
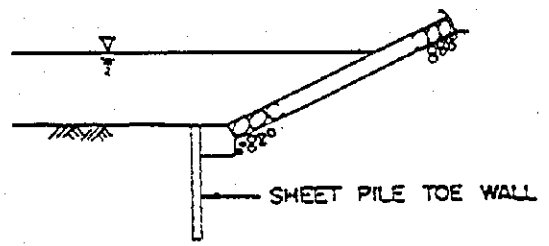
ตารางที่ 9.1.2 (1) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของสะพาน

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(1) การปรับปรุงประสิทธิภาพในการรองรับน้ำ	ยกระดับสะพาน	- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรองรับน้ำ	- ใช้ได้กับสะพานสั้น	
	เคลื่อนย้ายสิ่งกีดขวางทางน้ำ	- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรองรับน้ำ	- ใช้ได้กับสะพานสั้น	
	ขุดลอกร่องน้ำ	- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรองรับน้ำ - เพื่อคงเสถียรภาพของร่องน้ำ	- ใช้ได้ทั้งสะพานสั้นและสะพานยาว	
	ขยายความยาวสะพาน	- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรองรับน้ำ	- ทั่วไปใช้กับสะพานสั้น	

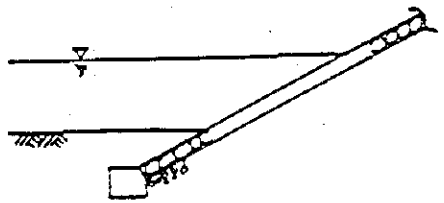
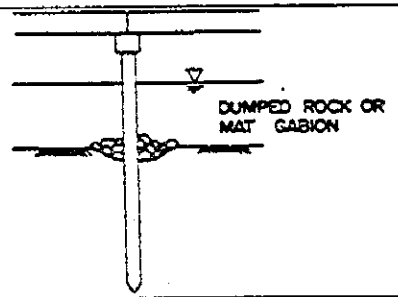
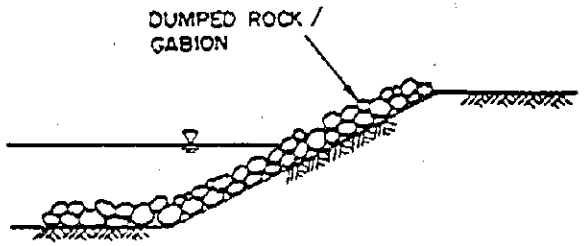
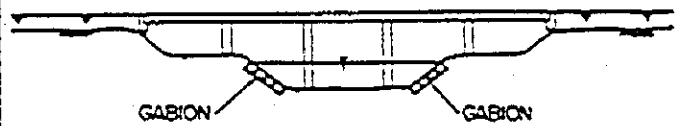
ตารางที่ 9.1.2 (2) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของสะพาน

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(1) การปรับปรุงประสิทธิภาพในการรองรับน้ำ	สะพาน/ท่อเสริม	- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรองรับน้ำ โดยการเพิ่มสะพาน/ท่อเสริม	- ทั่วไปใช้กับสะพานในบริเวณที่ราบน้ำท่วม	
	ขยายความยาวพื้นสะพาน	- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรองรับน้ำ	- ทั่วไปใช้กับสะพานสั้น	
(2) การป้องกันตอม่อคอตินและตอม่อ	คันคอนกรีต	- เพื่อป้องกันช่วงลาดของตอม่อคอตินจากการกัดเซาะ	- ใช้กับ Slope ที่มีความลาดน้อยกว่า 1.0 : 1	
	คันคอนกรีตประกบ	- เพื่อป้องกันช่วงลาดของตอม่อคอตินจากการกัดเซาะ	- ใช้กับ Slope ที่มีความลาดน้อยกว่า 1.0 : 1	

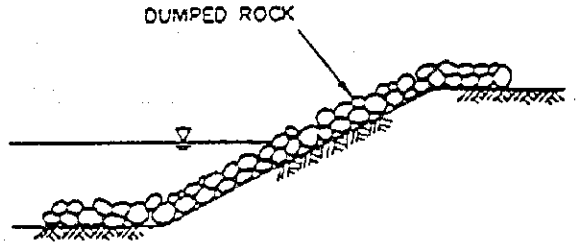
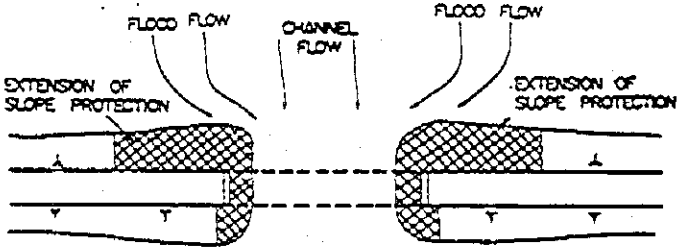
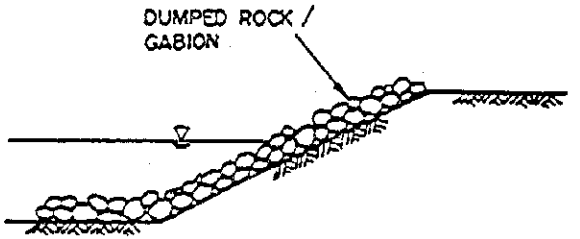
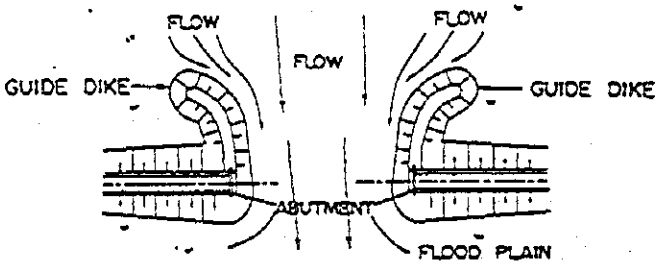
ตารางที่ 9.1.2 (3) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของสะพาน

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(2) การป้องกันตอม่อคอดินและตอม่อ	คันหินเรียงยาแนว	- เพื่อป้องกันช่วงลาดของตอม่อคอดินจากการกัดเซาะ	- ใช้กับ Slope ที่มีความลาดน้อยกว่า 1.0 : 1	
	กำแพงตอม่อคอดินแนวตั้ง	- เพื่อป้องกันช่วงลาดของตอม่อคอดินจากการกัดเซาะ	- มีประสิทธิภาพสำหรับตอม่อคอดินชนิด Pile Bent	
	การป้องกันโดยใช้ตาข่ายคลุมหิน	- เพื่อป้องกันฐานรากของตอม่อคอดิน และตอม่อจากการกัดเซาะของแม่น้ำ	- ฐานรากของตอม่อ/ตอม่อคอดินทุกชนิด	
	ใช้ Sheet Pile	- เพื่อป้องกันฐานรากของคันตอม่อคอดินจากการกัดเซาะในทางลึก	- ใช้ในบริเวณที่กระแสน้ำไหลเชี่ยว	

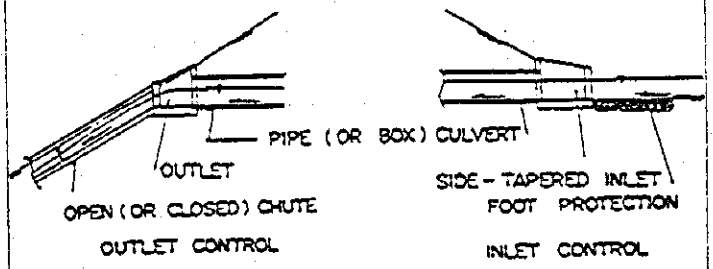
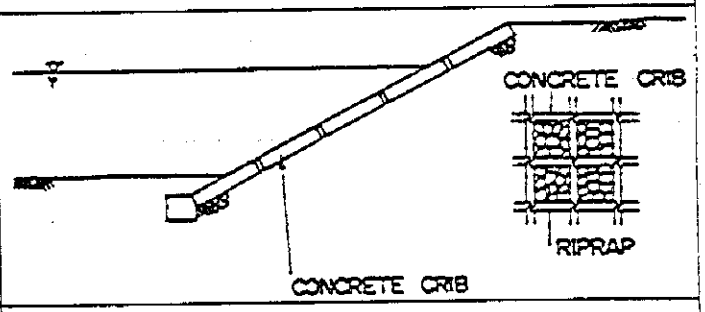
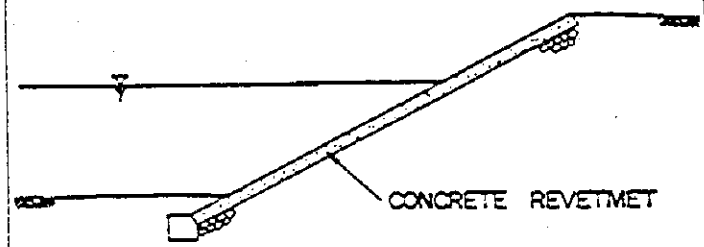
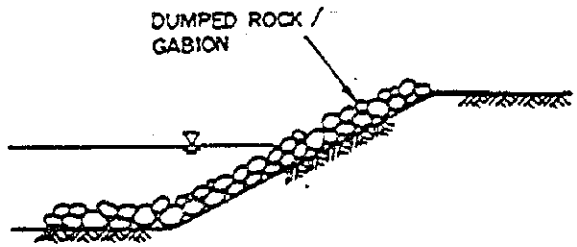
ตารางที่ 9.1.2 (4) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของสะพาน

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(2) การป้องกันตอม่อคอดินและตอม่อ	การยึดส่วนฐาน	- เพื่อป้องกันฐานรากของตอม่อคอดิน จากการกัดเซาะในทางลึก	- ใช้ในบริเวณที่กระแสน้ำไหลเชี่ยว	
	การป้องกันตอม่อ	- เพื่อป้องกันฐานรากของตอม่อคอดิน จากการกัดเซาะในทางลึก	- ใช้ได้ทั้งสะพานสั้นและสะพานยาว - ทั่วไปใช้ในงานเร่งด่วน	
	หินทิ้ง/ตาข่ายคลุมหิน	- เพื่อป้องกันตอม่อคอดินจากการกัดเซาะ โดยการทิ้งหินหรือใช้ตาข่ายคลุมหิน	- ตอม่อคอดินของสะพานยาว หรือสะพานสั้น - ทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	
(3) การรักษาเสถียรภาพของร่องน้ำ	โดยใช้ตาข่ายคลุมหิน	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะของท้องน้ำ	- ทั่วไปใช้กับแม่น้ำที่คดเคี้ยว	

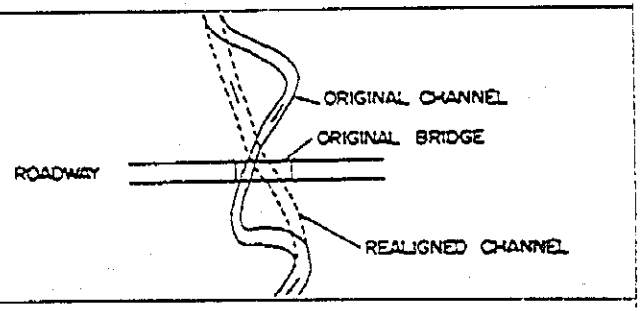
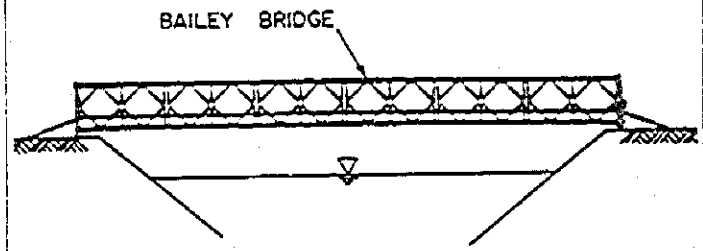
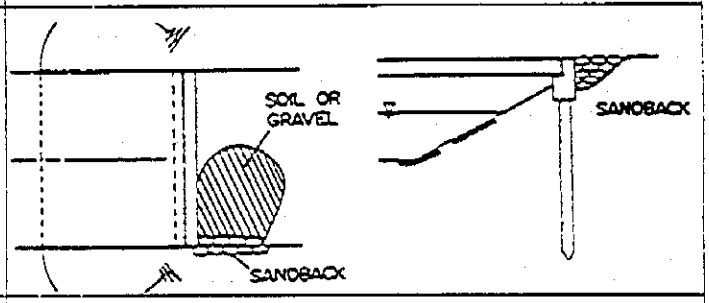
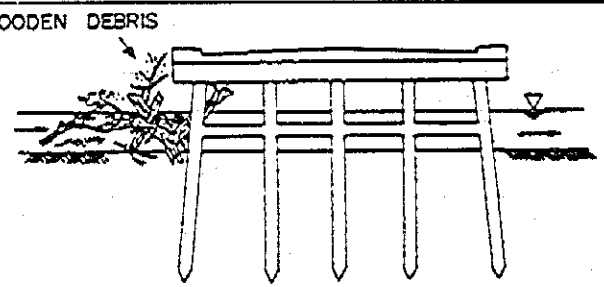
ตารางที่ 9.1.2 (5) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของสะพาน

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(3) การรักษาเสถียรภาพของร่องน้ำ	โดยใช้หินทิ้ง	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะของท้องถิ่น	- ทั่วไปใช้กับแม่น้ำที่มีการเคลื่อนตัว	
(4) การป้องกันถนนเชื่อม	การป้องกันคันทางของถนนเชื่อม	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะบริเวณเหนือน้ำของถนนเชื่อม	- ทั่วไปใช้กับสะพานบริเวณที่ราบน้ำท่วม	
	หินทิ้ง/ตาข่ายคลุมหิน	- เพื่อป้องกันคันทางถูกกัดเซาะ โดยการทิ้งหินหรือวางตาข่ายคลุม	- คันทางที่อยู่ในที่ราบน้ำท่วม - ทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	
(5) การบังคับร่องน้ำ	เขื่อนบังคับร่องน้ำ	- เพื่อป้องกันตอม่อคอดิน และถนนเชื่อมจากกระแสน้ำเชี่ยว	- ใช้กับสะพานที่อยู่ในที่ราบน้ำท่วม	

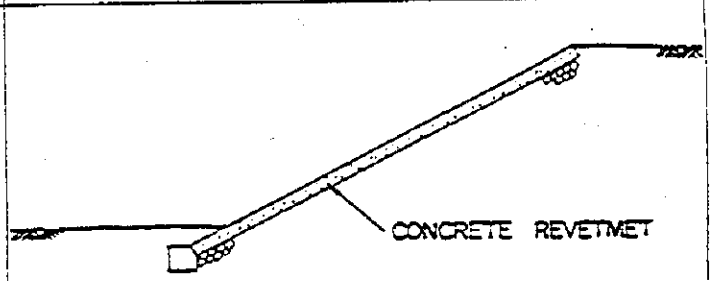
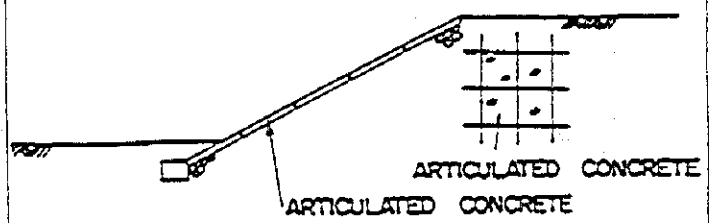
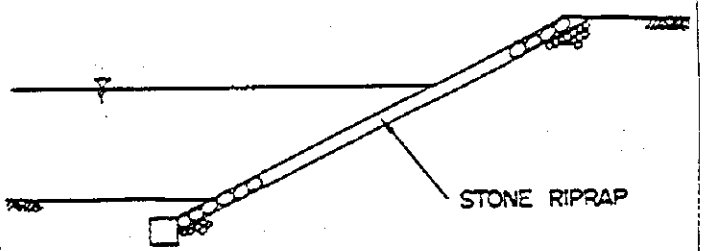
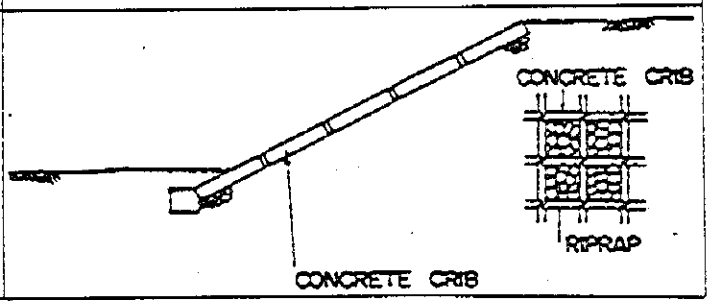
ตารางที่ 9.1.2 (6) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของสะพาน

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(5) การบังคับร่องน้ำ	การปรับปรุงช่องระบายน้ำเข้า/ออก	- เพื่อป้องกันถนนเชื่อมจากการกัดเซาะของน้ำส่วนเกินที่ช่องระบายน้ำไม่สามารถรองรับได้	- ใช้กับช่องระบายน้ำเข้า/ออก	
(6) การป้องกันริมฝั่ง	Cribwork โดยการเรียงหิน	- เพื่อป้องกันริมฝั่งจากการกัดเซาะ	- ใช้กับริมฝั่งที่มีความลาดน้อยกว่า 1.0 : 1 - ใช้บริเวณฝั่งด้านนอกของโค้งแม่น้ำ	
	คันคอนกรีต	- เพื่อป้องกันริมฝั่งจากการกัดเซาะ	- ใช้กับริมฝั่งที่มีความลาดน้อยกว่า 1.0 : 1 - ใช้บริเวณฝั่งด้านนอกของโค้งแม่น้ำ	
	หินทิ้ง/ตาข่ายคลุมหิน	- เพื่อป้องกันริมฝั่งจากการกัดเซาะโดยการทิ้งหิน หรือใช้ตาข่ายคลุมหิน	- โค้งน้ำด้านนอก - ใช้กับงานเร่งด่วน	

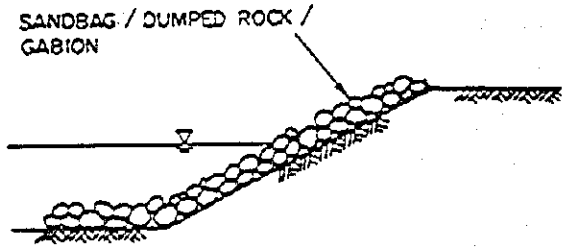
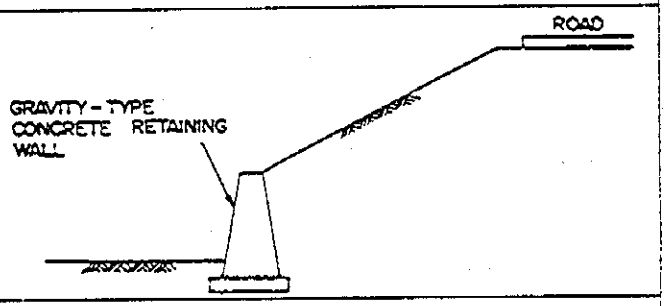
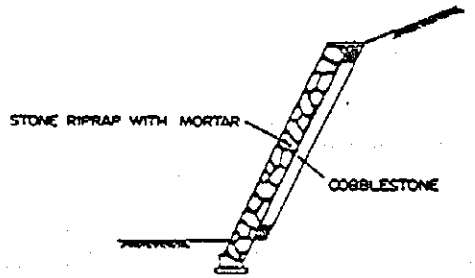
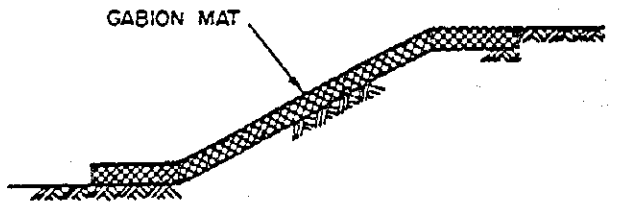
ตารางที่ 9.1.2 (7) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของสะพาน

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(7) เปลี่ยนแนวร่องน้ำ	เปลี่ยนแนวแม่น้ำ	- เพื่อป้องกันตอม่อคอดิน/ทางเชื่อมจากการพัดวนของกระแสน้ำ	- ใช้กับแม่น้ำที่คดเคี้ยว	
(8) โครงสร้าง	สะพานเบลีย์	- เพื่อเปิดการจราจรโดยการติดตั้งสะพานเบลีย์	- ใช้ได้เมื่อสะพานหรือทางเชื่อมพังทลาย - ใช้ได้กับสะพานสั้น - ทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	
(9) งานดิน	การถม	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะต่อเนื่องของถนนเชื่อมโดยการถมด้วยดิน ถุงทราย หรือหิน - เพื่อถมช่องว่างของหลังตอม่อคอดิน	- ใช้กับการกัดเซาะบริเวณหลังตอ-ม่อคอดิน	
(10) งานเคลื่อนย้าย	เคลื่อนย้ายเศษไม้	- เพื่อป้องกันการพังทลายของสะพานโดยการลดแรงกดด้านข้างจากเศษไม้ลอยน้ำ	- ใช้ได้กับสะพานสั้นหรือสะพานยาว - ทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	

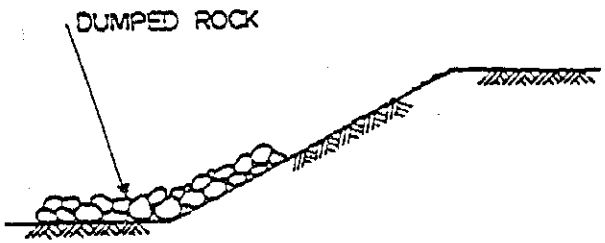
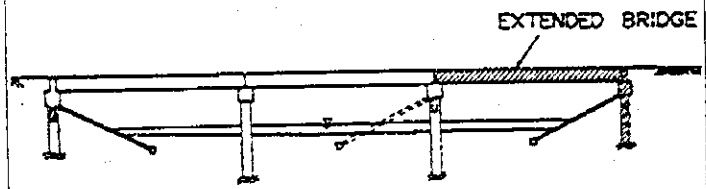
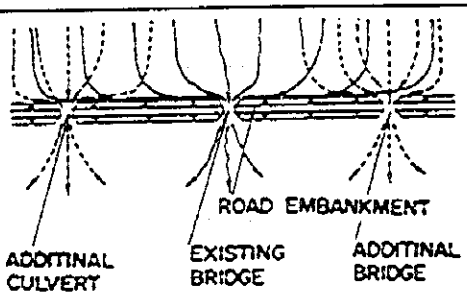
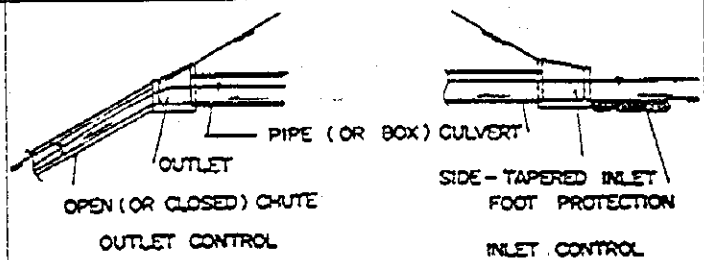
ตารางที่ 9.1.3 (1) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของคันทาง

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(1) การป้องกัน Slope คันทาง	คันคอนกรีต	- เพื่อป้องกันคันทางจากการกัดเซาะ โดยการคลุมด้วยคันคอนกรีตชั้นรูปบริเวณ Slope	- ใช้กับ Slope ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 1.0 : 1	
	คันคอนกรีตประกบ	- เพื่อป้องกันคันทางจากการกัดเซาะ โดยการคลุมด้วยคอนกรีตบล็อคหล่อสำเร็จ	- ใช้กับ Slope ที่มีความลาดน้อยกว่า 1.0 : 1	
	การเรียงหินยาแนว	- เพื่อป้องกันคันทางกัดเซาะ โดยการคลุมด้วยหิน	- ใช้กับ Slope ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 1.0 : 1	
	ทำ Cribwork ด้วยการเรียงหิน	- เพื่อป้องกันคันทางถูกกัดเซาะ โดยการคลุมด้วย Crib คอนกรีตและเรียงหิน	- ใช้กับ Slope ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 1.0 : 1	

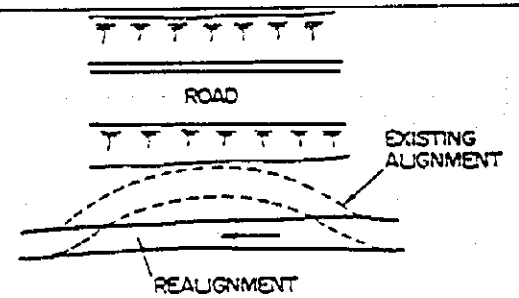
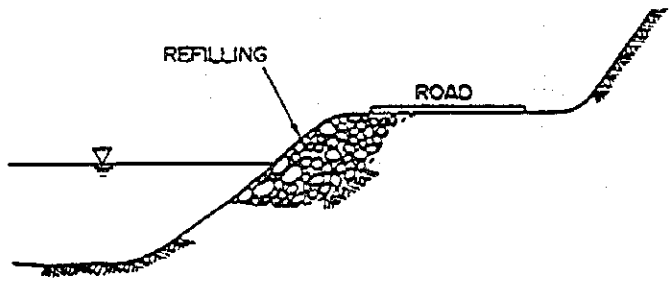
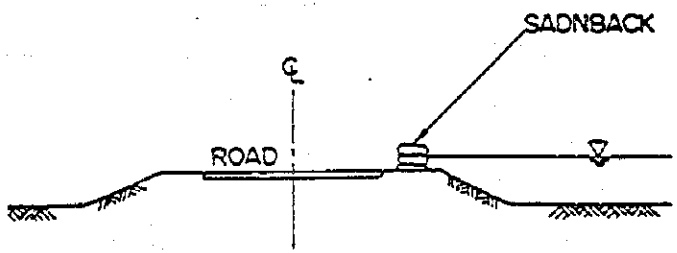
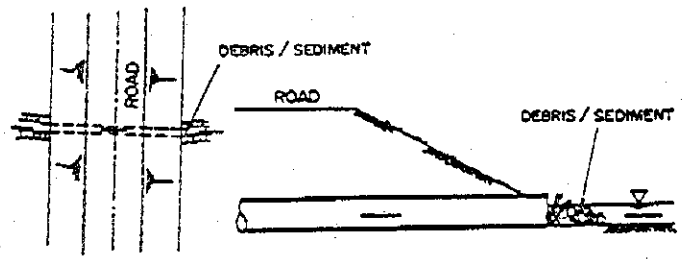
ตารางที่ 9.1.3 (2) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของคันทาง

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(1) การป้องกัน Slope คันทาง	ถุงทราย/ทิ้งหิน/ตาข่ายคลุมหิน	- เพื่อป้องกัน Slope คันทาง จากการกัดเซาะต่อเนื่อง โดยการคลุมด้วยถุงทราย/หิน/ตาข่าย	- บริเวณคันทาง - ทั่วไปใช้กับงานเร่งด่วน	
(2) การป้องกันฐานคันทาง	กำแพงกันดินชนิด Gravity Type	- เพื่อป้องกันคันทาง โดยการต้านแรงกดของดิน	- ใช้ได้กับกำแพงที่สูงไม่เกิน 3 ม.	
	กำแพงหินกันดิน	- เพื่อป้องกันคันทาง โดยการต้านแรงกดของดิน	- ใช้ได้กับกำแพงที่มีความสูงไม่เกิน 5 ม.	
	ตาข่ายคลุมหิน	- เพื่อป้องกันคันทาง โดยการต้านแรงกดของดิน	- ส่วนใหญ่จะใช้กับ Slope คันทางที่มีน้ำซึม	

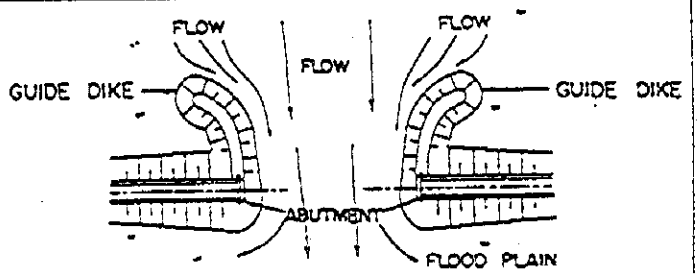
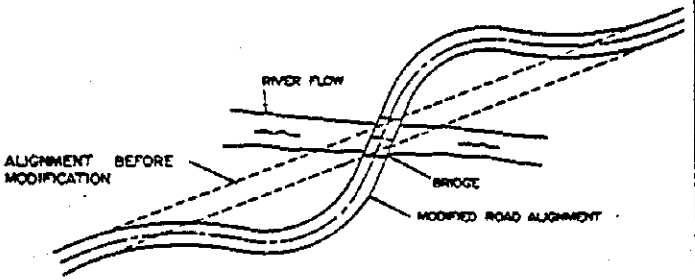
ตารางที่ 9.1.3 (3) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของคันทาง

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(2) การป้องกันฐานคันดิน	การทิ้งหิน	- เพื่อป้องกัน Slope จากการกัดเซาะจากกระแสน้ำเชี่ยว	- ใช้กับ Slope ที่มีความลาดน้อยกว่า 1.5 : 1 - ใช้บริเวณริมฝั่ง	
(3) การปรับปรุงประสิทธิภาพในการระบายน้ำ	ขยายความยาวสะพาน/เพิ่มความกว้างด้านแนวตัดของช่องระบายน้ำ	- เพื่อระบายน้ำไหลผ่านคันทาง	- ใช้ได้กับสะพานหรือช่องระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพในการระบายน้ำไม่เหมาะสม	
	ก่อสร้างสะพาน/ช่องระบายน้ำเสริม	- เพื่อระบายน้ำที่ไหลผ่านคันทาง	- ใช้กับคันทางที่มีระบบระบายน้ำน้อย	
	ปรับปรุงช่องน้ำเข้า/ออก	- เพื่อป้องกันถนนเซือมจากการกัดเซาะ โดยน้ำส่วนเกินที่ช่องระบายน้ำไม่สามารถรองรับได้	- ใช้กับช่องระบายน้ำเข้า/ออก	

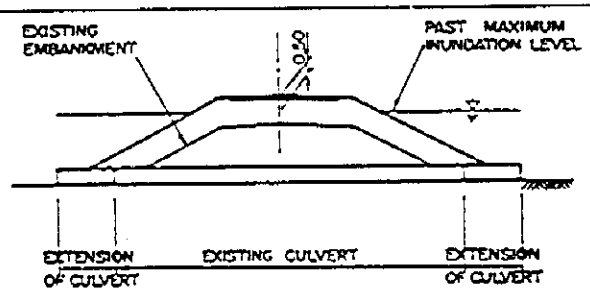
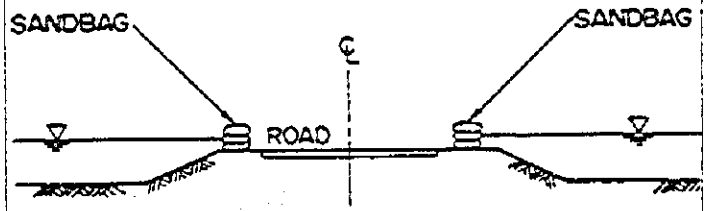
ตารางที่ 9.1.3 (4) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของคันทาง

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(4) เปลี่ยนแนวร่องน้ำ	เปลี่ยนแนวร่องน้ำ	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะและการพัดพา Slope คันทาง	- ใช้กับแม่น้ำที่คดเคี้ยว	
(5) งานดิน	งานถม	- เพื่อเปิดการจราจร โดยการถมส่วนที่ถูกกัดเซาะ โดยใช้ดิน/ถุงทราย/ทิ้งหิน/ตาข่ายคลุมหิน	- บริเวณคันทาง	
(6) การป้องกันถนนจมน้ำ	ตั้งแนวถุงทราย	- เพื่อป้องกันคันทางจมน้ำ โดยการวางถุงทรายบริเวณไหล่ทาง	- บริเวณคันทาง - บริเวณที่ราบ - โดยทั่วไปจะใช้กับงานเร่งด่วน	
(7) งานเคลื่อนย้าย	การเคลื่อนย้ายดินทราย/ตะกอน	- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำโดยการเคลื่อนย้ายดินทรายและตะกอนจากช่องระบายน้ำเข้า	- ใช้กับท่อกลมหรือท่อเหลี่ยม	

ตารางที่ 9.1.3 (5) ประเภทของมาตรการซ่อมแซมในกรณีการพังทลายของคันทาง

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(8) การบังคับร่องน้ำ	คันบังคับร่องน้ำ	- เพื่อป้องกันตอม่อคอดิน และ/หรือ ทางเชื่อมจากกระแสน้ำเชี่ยว	- ใช้กับสะพานบริเวณที่ราบน้ำท่วม	
(9) เปลี่ยนช่องทางของถนน	เปลี่ยนช่องทางถนน	- เพื่อป้องกันการกัดเซาะ และการพัดพาของ Slope คันทาง	- ใช้กับแม่น้ำที่ตรงข้ามกับมุมชายธง	

ตารางที่ 9.1.4 ประเภทของมาตรการป้องกันในกรณีน้ำท่วมทาง

ประเภท	ชนิด	ลักษณะการทำงาน	สถานที่ใช้งาน	ภาพประกอบ
(1) การป้องกันการจมน้ำ	ยกระดับคันทาง	- เพื่อป้องกันผิวทางจมน้ำ	- คันทางที่มีระดับต่ำในบริเวณที่ราบน้ำท่วม	
	ตั้งแนวถุงทราย	- เพื่อป้องกันถนนจมน้ำ โดยการวางถุงทรายตามแนวไหล่ทาง	- คันทางในบริเวณที่ราบน้ำท่วม - ทั่วไปจะใช้กับงานเร่งด่วน	

9.2 การคัดเลือกมาตรการซ่อมแซม

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการเลือกมาตรการซ่อมแซมที่เหมาะสม ตามที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อ 9.1 ขั้นตอนในการคัดเลือกได้แสดงในรูปแผนภูมิ (Flow Chart) เพื่อที่จะสรุปผลขั้นสุดท้ายอย่างง่าย สำหรับแต่ละประเภทของงานและความเสียหาย

ในกรณีการซ่อมแซมเร่งด่วน การเตรียมพร้อมในงานซ่อมแซมจะต้องเน้นในเรื่องของการคัดเลือกมาตรการซ่อมแซม ส่วนในกรณีงานซ่อมแซมชั่วคราว/เร่งด่วน การจัดลำดับจะต้องขึ้นอยู่กับประสิทธิผลของการลงทุน (Cost-Effectiveness) และผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

9.2.1 งานซ่อมแซมเร่งด่วน

วัตถุประสงค์หลักของงานซ่อมแซมเร่งด่วนเพื่อที่จะเปิดการจราจรให้เร็วที่สุด หลังจากที่ถนนได้ปิดการจราจรลงเนื่องจากความเสียหาย โดยมีวัตถุประสงค์รองเพื่อป้องกันความเสียหายต่อเนื่องโดยใช้มาตรการชั่วคราว

ในการคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนนั้น จะต้องพิจารณาปัจจัยดังกล่าวข้างต้น อนึ่งจะต้องคำนึงว่า วัสดุและเครื่องจักรส่วนใหญ่ในงานซ่อมแซมเร่งด่วนนั้นจะได้จากแหล่งเก็บวัสดุของหมวดการทาง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีข้อจำกัดทั้งในด้านชนิดและคุณภาพของทั้งวัสดุและเครื่องจักร

1) การกัดเซาะ Slope

เมื่อเปิดการจราจร งานส่วนใหญ่จะเป็นการขุดดินทราย เศษวัสดุ ออกจากผิวทาง และป้องกันดินทรายทลายลงมาสู่ผิวทางได้อีก เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว การวางถุงทราย/ตาข่ายคลุมหินตามแนวไหล่ทางบริเวณฐาน Slope ที่เกิดการกัดเซาะจะเป็นมาตรการที่ได้ผล

เพื่อป้องกันน้ำจากผิว Slope ไหลสู่ถนน และทำให้เกิดการกีดขวางต่อการไหลของการจราจร มาตรการป้องกันที่สามารถใช้ได้คือ

- ติดตั้งรางระบายน้ำตามแนวหลัง Slope
- ชุดตะกอนจากรางระบายน้ำส่วนฐาน
- วางถุงทราย/ตาข่ายคลุมหิน ตามแนวไหล่ทางบริเวณฐาน Slope

ขั้นตอนการคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในกรณีการกัดเซาะ Slope ได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 9.2.1

2) หินร่วง

เพื่อเปิดการจราจรที่ถูกปิดลงเนื่องจากหินร่วง มาตรการแรกคือการเคลื่อนย้ายหินเหล่านั้นออกไป หากคาดการณ์ได้ว่าจะเกิดหินร่วงอีก มาตรการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันหินร่วงสู่ถนนจะมีดังต่อไปนี้

- ทำคันตามแนวไหล่ทางเพื่ออัดหิน
- ขุดหินที่อาจร่วงได้จาก Slope
- ติดตั้งรางระบายน้ำตามแนวหลัง Slope

คันดักหินสามารถทำได้จากดิน ถุงทราย ตาข่ายคลุมหิน รั้วไม้ และอื่น ๆ

3) การพังทลายของดิน/หิน

เพื่อเปิดการจราจรให้รวดเร็วที่สุด ดินทรายที่เกิดจากการพังทลายบนผิวทางจะต้องเคลื่อนย้ายให้เร็วที่สุด อย่างไรก็ตาม หากดินทรายทั้งหมดยังสามารถที่จะถล่มมาได้อีก ส่วนที่เหลือจะเคลื่อนย้ายลงมายังผิวทางอีกครั้ง ดังนั้น งานคงเสถียรภาพชั่วคราวสำหรับดินทรายทั้งหมดจะต้องดำเนินการหลังจากที่เคลื่อนย้ายดินทรายออกจากผิวทางแล้ว

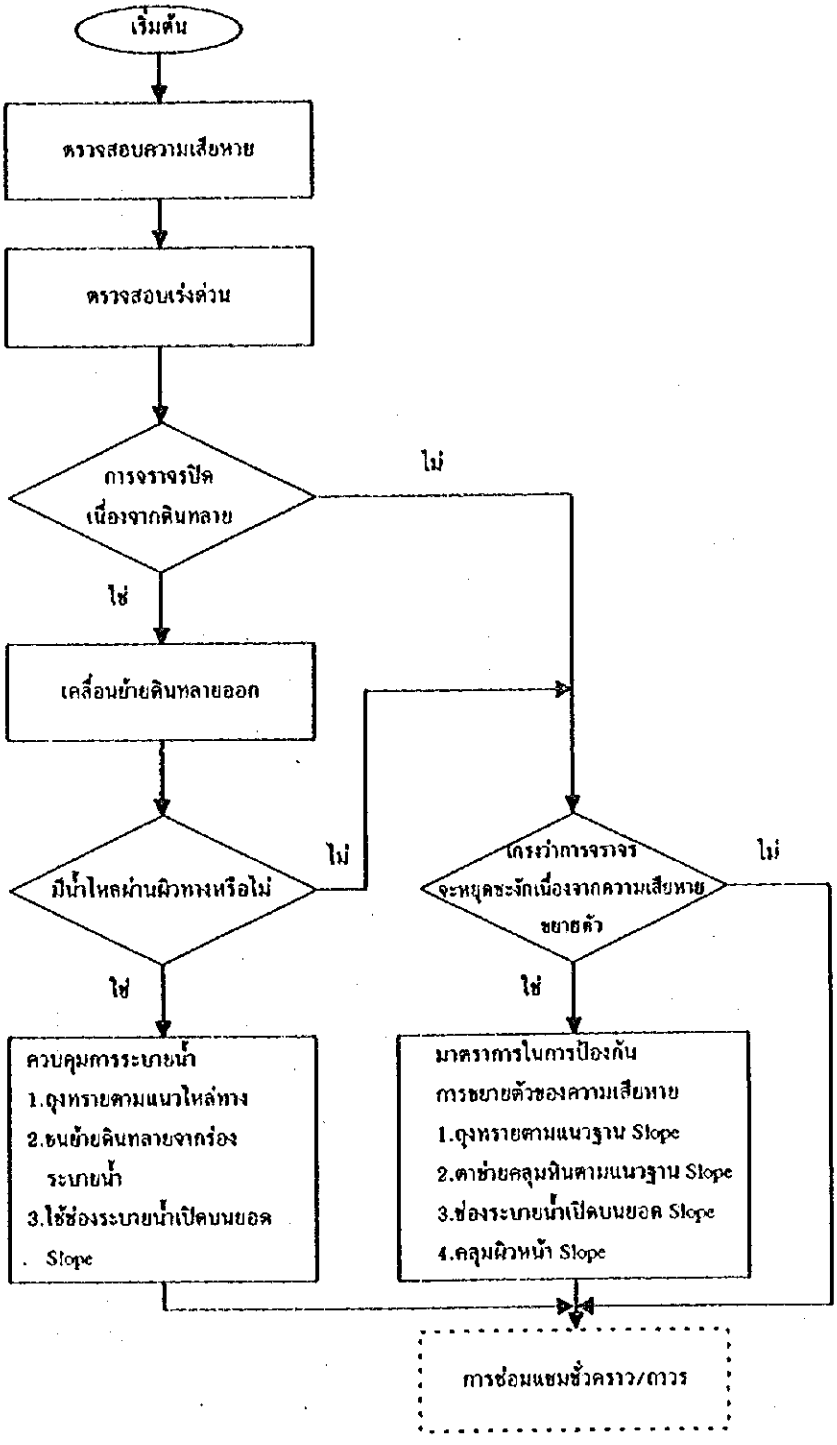
เพื่อที่จะคงเสถียรภาพของดิน มาตรการที่สามารถใช้ได้คือ

- เคลื่อนย้ายดินทรายบางส่วน
- ใช้น้ำหนักกด (Counterweight) โดยใช้ดิน ถุงทราย หรือตาข่ายคลุมหิน
- ตอกเสาเข็ม
- กำแพงกันดินที่ทำจากตาข่ายคลุมหิน

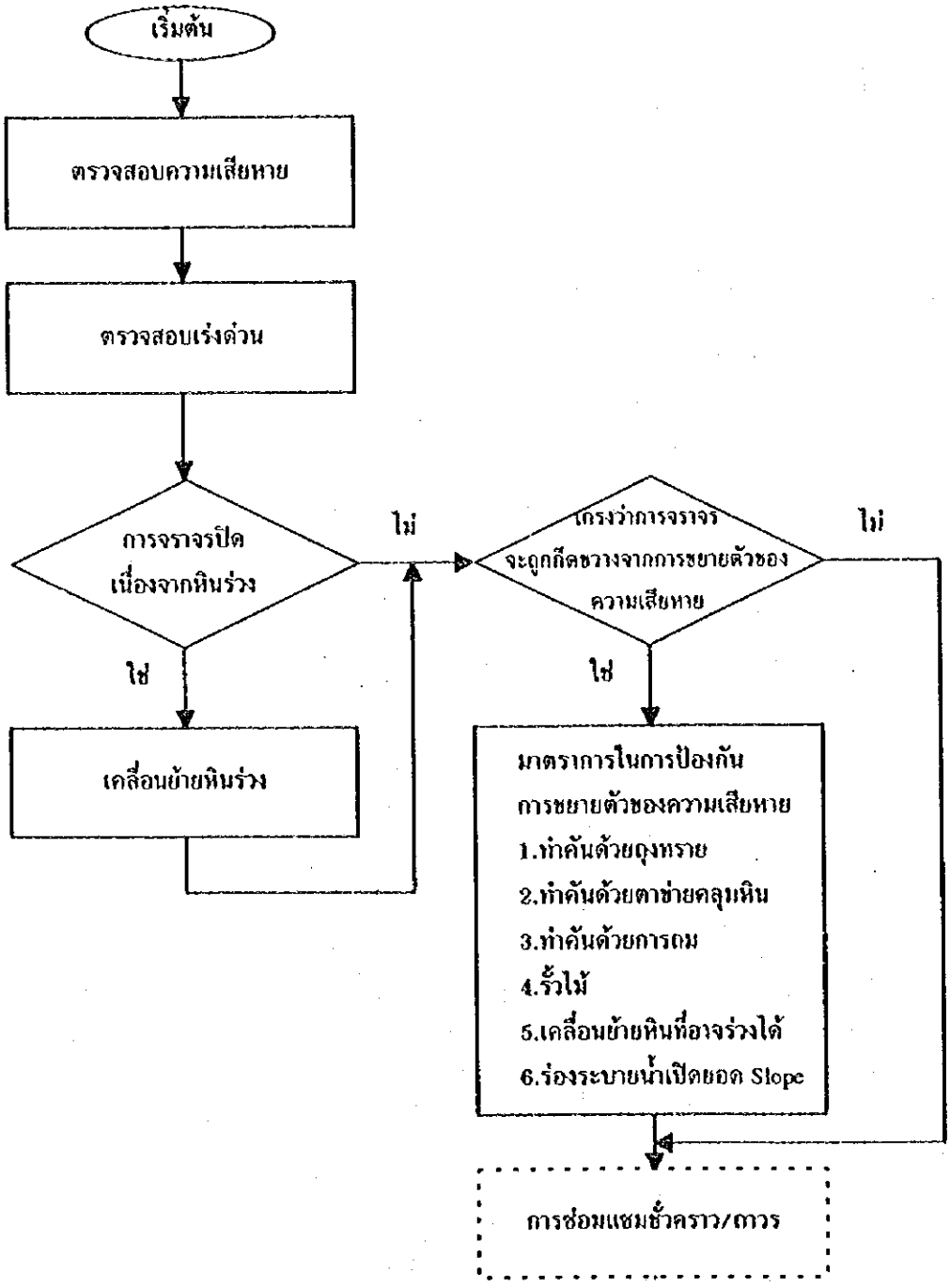
มาตรการแก้ไขทางอ้อมสามารถทำได้โดยลดระดับน้ำใต้ดินลง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของดิน ซึ่งสามารถใช้มาตรการดังต่อไปนี้

- ติดตั้งรางระบายน้ำผิวดินบนยอด Slope และผิวหน้า Slope เพื่อป้องกันน้ำซึมลงสู่ผิว Slope (การติดตั้งรางระบายน้ำบนยอด Slope จะมีประสิทธิภาพเป็นพิเศษ)

- คลุมผิวหน้า Slope ด้วย Sheet เพื่อวัตถุประสงค์เดียวกับข้างต้น



ภาพประกอบที่ 9.2.1 การคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในกรณีการพังทลายของ Slope



ภาพประกอบที่ 9.2.2 การคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในกรณีหินร่วง

ขั้นตอนการคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในกรณีการพังทลายของดิน/หิน ได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 9.2.3

4) การพังทลายของสะพาน

เมื่อสะพานหรือถนนเชื่อมถูกปิดลง มาตรการซ่อมแซมเพื่อเปิดการจราจรได้ใหม่มีดังต่อไปนี้

- เพื่อป้องกันตอม่อริมฝั่ง ถนนคอสะพาน และ/หรือริมฝั่งบริเวณใกล้ตอม่อริมฝั่ง โดยใช้วิธีการทิ้งหินหรือตาข่ายคลุมหิน
- เคลื่อนย้ายเศษไม้ ขยะที่ลอยตามน้ำ ที่ติดตามแนวสะพานออกเพื่อลดแรงด้านข้าง

ขั้นตอนการคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในกรณีการพังทลายของสะพาน ได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 9.2.4

5) การพังทลายของคันทาง

ความเสียหายของคันทางมักจะเกิดในบริเวณที่

- กระแสน้ำพุ่งเข้าหา
- ที่ราบน้ำท่วม และ
- บริเวณพื้นที่มีความลาดชัน

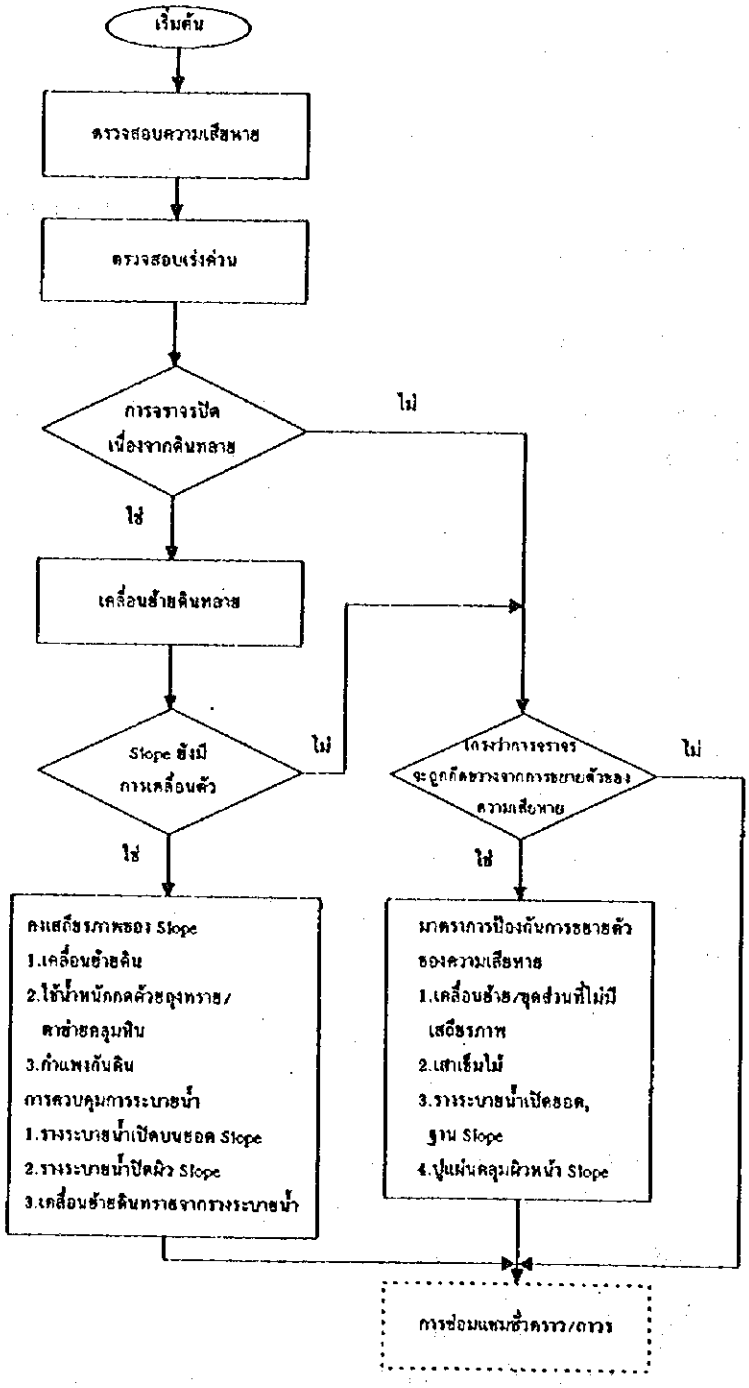
ประเภทและสาเหตุของความเสียหายของคันทางจะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ ดังนั้น ขั้นตอนการคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนจึงได้แยกออกเป็น 3 ส่วนย่อยดังได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 9.2.5(1) - (3)

1) ในกรณีที่คันทางขนานไปกับแนวแม่น้ำจะต้องเน้นฐานคันทางถูกแม่น้ำกัดเซาะ เมื่อมีการคัดเลือกมาตรการซ่อมแซม

หากคันทางทั้งหมดถูกพัดขาดควรจะติดตั้งสะพานเบลี่ย์เพื่อทดแทนคันทางเดิม หากมีการเสียหายเล็กน้อย บริเวณที่ได้รับความเสียหายควรถมและการป้องกันคันทางถูกกัดเซาะควรดำเนินการโดยใช้ถุงทราย หินทิ้ง หรือ Cylinder Cabion

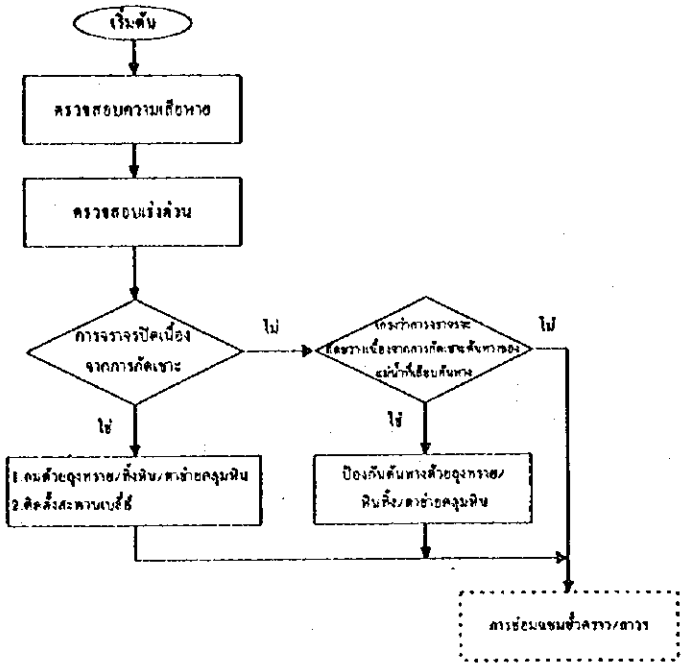
2) ในกรณีที่คันทางอยู่ในบริเวณที่ราบน้ำท่วม ควรจะเน้นในด้านความเสียหายบริเวณช่องระบายน้ำของคันทางเมื่อมีการคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วน

เมื่อคันทางถูกน้ำพัดขาด มาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนคือจะต้องติดตั้งสะพานเบลี่ย์ หากคันทางเสียหายบางส่วนวิธีแก้ไขประการเดียวก็คือการถมใหม่

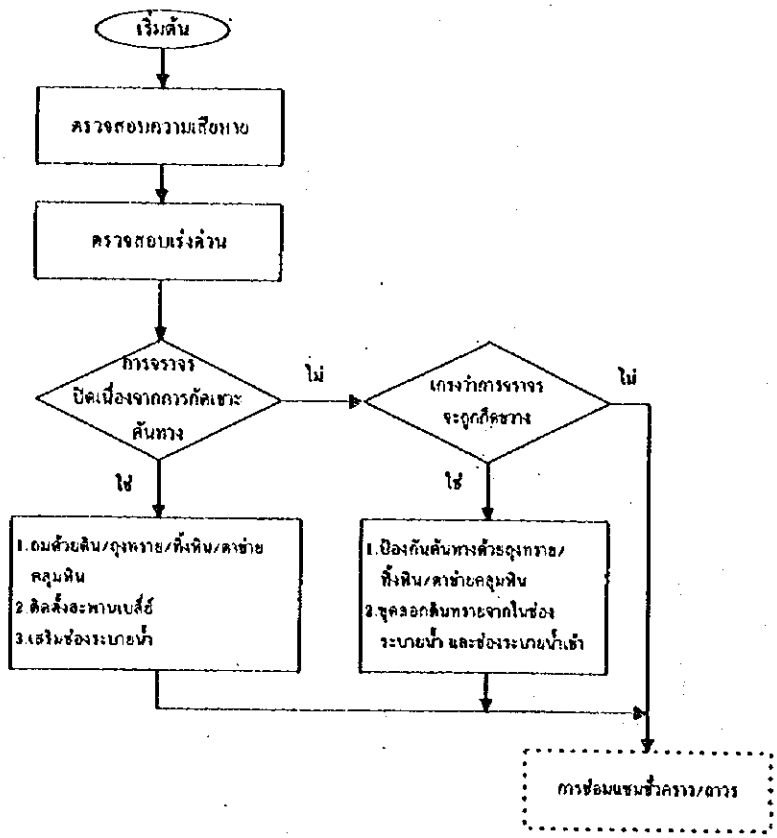


ภาพประกอบที่ 9.2.3 การคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในกรณีการพังทลายของดิน/หิน

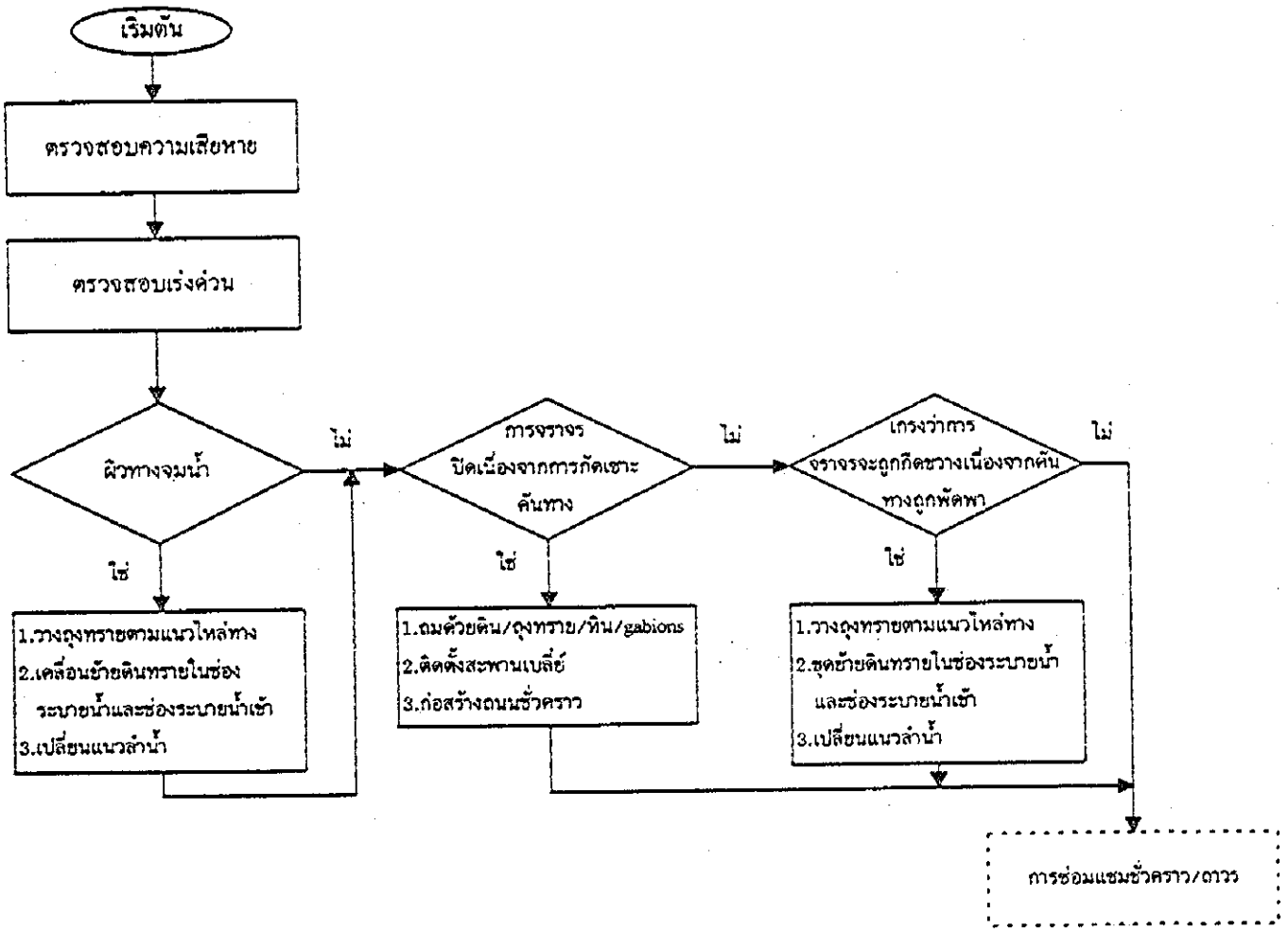
ภาพประกอบที่ 9.2.4 การคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในกรณีการพังทลายของสะพาน



ภาพประกอบที่ 9.2.5(1) การคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในกรณีการพังทลายของคันทางที่ยื่นเข้าไปในแม่น้ำ



ภาพประกอบที่ 9.2.5(2) การคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในกรณีการพังทลายของดินลงสู่ที่รวบน้ำท่วม



ภาพประกอบที่ 9.2.5 (3) การคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนในกรณีการพังทลายของคันทางที่ตั้งในบริเวณพื้นลาด

3) ในการคัดเลือกมาตรการซ่อมแซมเร่งด่วนของคันทางที่อยู่บริเวณที่ลาด หากคันทางทั้งหมดพังทลายลงก็จะต้องติดตั้งสะพานเบลี่ย์ หรือก่อสร้างถนนชั่วคราวขึ้น หากเสียหายบางส่วนก็ใช้วิธีการถม

ในกรณีที่น้ำหรือน้ำป่าล้นทะลักเข้าสู่คันทาง แต่ไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นก็สามารถวางถุงทรายตามแนวไหล่ทางได้ อนึ่ง ในการป้องกันน้ำไหลบ่าซึ่งอาจทำความเสียหายต่อถนนได้ การเปลี่ยนแนวกระแสน้ำเป็นวิธีแก้ไขที่มีประสิทธิภาพสูง

6) น้ำท่วมทาง

เมื่อการจราจรได้ถูกกีดขวางโดยการเกิดน้ำท่วม และไม่ลึกมากนักก็สามารถใช้ถุงทรายวางตามแนวไหล่ทางเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมได้

9.2.2 งานซ่อมแซมแบบชั่วคราว/ถาวร

วัตถุประสงค์ในการซ่อมแซมแบบชั่วคราวและถาวร คือการทำให้ถนนที่ได้รับความเสียหายสามารถกลับมาใช้การได้เหมือนเดิม ด้วยเหตุนี้งานซ่อมแซมแบบชั่วคราวและถาวรจึงได้ถูกกำหนดให้เป็นส่วนหนึ่งของมาตรการบูรณะซ่อมแซม (Restoration Measures) งานซ่อมแซมแบบชั่วคราว (Temporary Repair Work) จะเป็นงานแบบอายุการใช้งานสั้น (Short Service Life) ส่วนงานซ่อมแซมแบบถาวร (Permanent Repair Work) จะเป็นแบบอายุการใช้งานยาวนาน (Long Service Life)

ภายใต้งบประมาณที่ค่อนข้างจำกัดเช่นปัจจุบัน หากจะเลือกมาตรการบูรณะฟื้นฟูชนิดใดมาใช้ก็ควรจะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ

ก) ปริมาณการจราจร (Traffic Volume)

ในกรณีที่ปริมาณการจราจรค่อนข้างต่ำ การปิดการจราจรไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสังคม (Social Impact) มากนัก การลงทุนสำหรับงานซ่อมแซมก็ควรจะกระทำอย่างค่อยเป็นค่อยไป (Step by Step) โดยทั่วไปแล้วจะใช้งานซ่อมแซมแบบชั่วคราว หากปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Traffic Volume) ต่ำกว่า 2,000 คัน หากสูงกว่านี้งานซ่อมแซมแบบถาวรจะเหมาะสมกว่า

ข) การมีทางอ้อม (Availability of Detour)

กรณีที่มีทางอ้อมให้ใช้ งานซ่อมแซมก็ควรจะทำในลักษณะต่อเนื่องไปทีละขั้น (Stepwise) แต่หากไม่มีทางอ้อมและปริมาณการจราจรสูงก็ควรจะดำเนินงานซ่อมแซมแบบถาวร

ค) คุณภาพหรือปริมาณ (Quality or Quantity)

การเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซมถนนจะขึ้นอยู่กับนโยบายของแขวงการทางว่า ต้องการงานซ่อมแซมที่มีราคาค่อนข้างสูง แต่มีอายุการใช้งานยาวนาน หรือต้องการงานซ่อมแซมที่มีราคาค่อนข้างต่ำซึ่งสามารถดำเนินการได้มากแห่ง แต่อ ค-+@ 4+ ั้น

ง) การนำเทคโนโลยีมาใช้ (Introduction of New Technology)

หากไม่สามารถนำมาตรการซ่อมแซมที่มีประสิทธิผลมาใช้สำหรับความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ ก็ควรจะนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้สำหรับงานซ่อมแซมนั้น ๆ

จ) การนำวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ (Effective Usage of Local Materials)

การนำวัสดุในท้องถิ่นมาใช้จะสามารถลดต้นทุนในงานซ่อมแซมลงได้

ฉ) การเปลี่ยนแนวของทางหลวง (Rerouting of a Road)

หากถนนในช่วงใดช่วงหนึ่งเกิดความเสียหายทั้งหมด และต้องใช้เงินจำนวนมากสำหรับการซ่อมแซม การเปลี่ยนแนวของทางหลวงก็เป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่ง ซึ่งควรจะนำมาพิจารณา

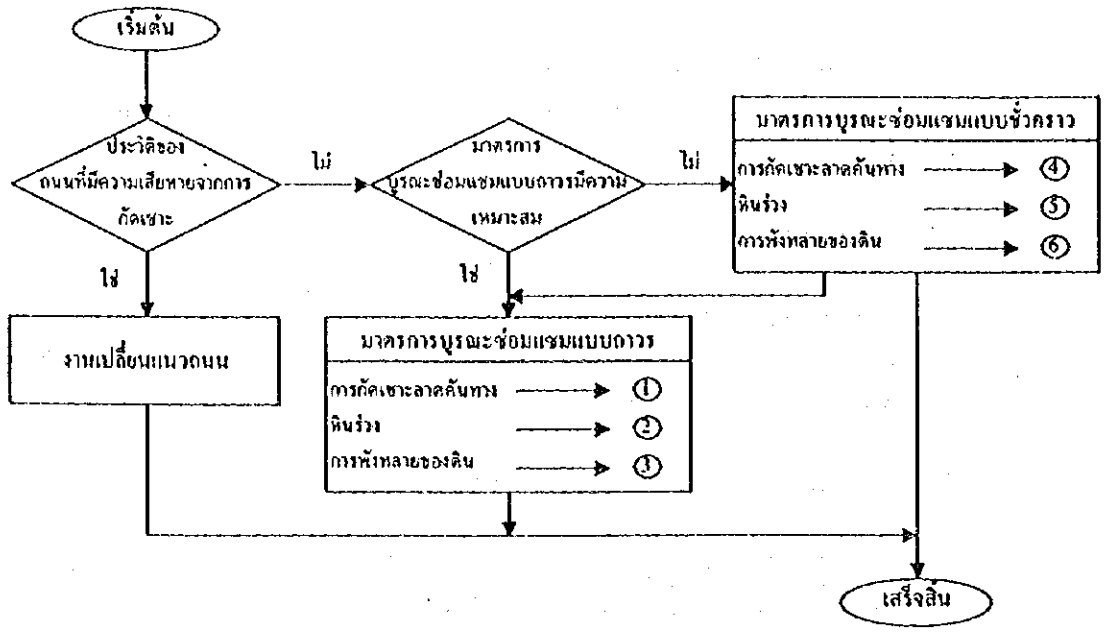
ช) การทำให้ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมลดลง (Alleviation of Environmental Impacts)

หากการบูรณะฟื้นฟูทางหลวงก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อม ก็ควรจะพิจารณาหลีกเลี่ยง

1. ความเสียหายของลาดคันทาง (Slope Damage)

ความเสียหายของลาดคันทาง สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ (1) การกัดเซาะลาดคันทาง, (2) หินร่วง และ (3) การพังทลายของดิน

มาตรการบูรณะซ่อมแซมลาดคันทางที่ได้รับความเสียหาย สามารถอธิบายขั้นตอนการเลือกได้ดังแสดงในภาพประกอบที่ 9.2.6



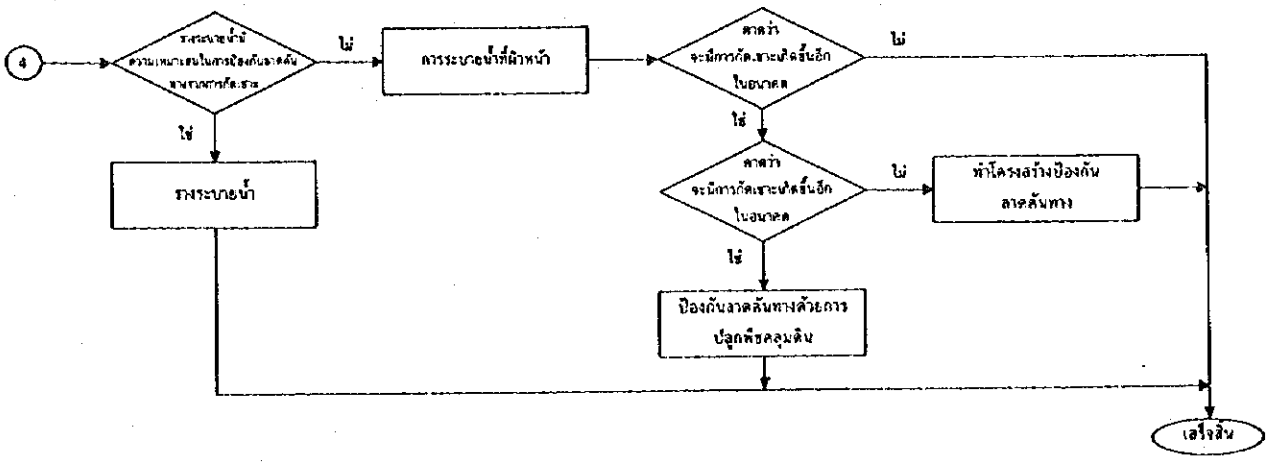
ภาพประกอบที่ 9.2.6 การเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซมลาดคันทางที่เสียหาย

แผนภาพนี้เพียงแต่แสดงถึงส่วนหนึ่งของขั้นตอนการคัดเลือกเท่านั้น ซึ่งจะมีแผนภาพอีก 6 แผนภาพ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป อธิบายถึงมาตรการบูรณะซ่อมแซมลาดคันทางในแต่ละประเภทของความเสียหาย

1) การกัดเซาะลาดคันทาง

วัตถุประสงค์หลักของมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบชั่วคราวคือ การป้องกันไม่ให้ลาดคันทางถูกกัดเซาะจนเสียหายเพิ่มขึ้น ในขณะที่มาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบถาวรจะเป็นการซ่อมลาดคันทางที่เสียหายให้กลับคืนสู่สภาพเดิม

ขั้นตอนการเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบชั่วคราวและแบบถาวรได้อธิบายไว้ในแผนภาพ ภาพประกอบที่ 9.2.7 และภาพประกอบที่ 9.2.8 ตามลำดับ



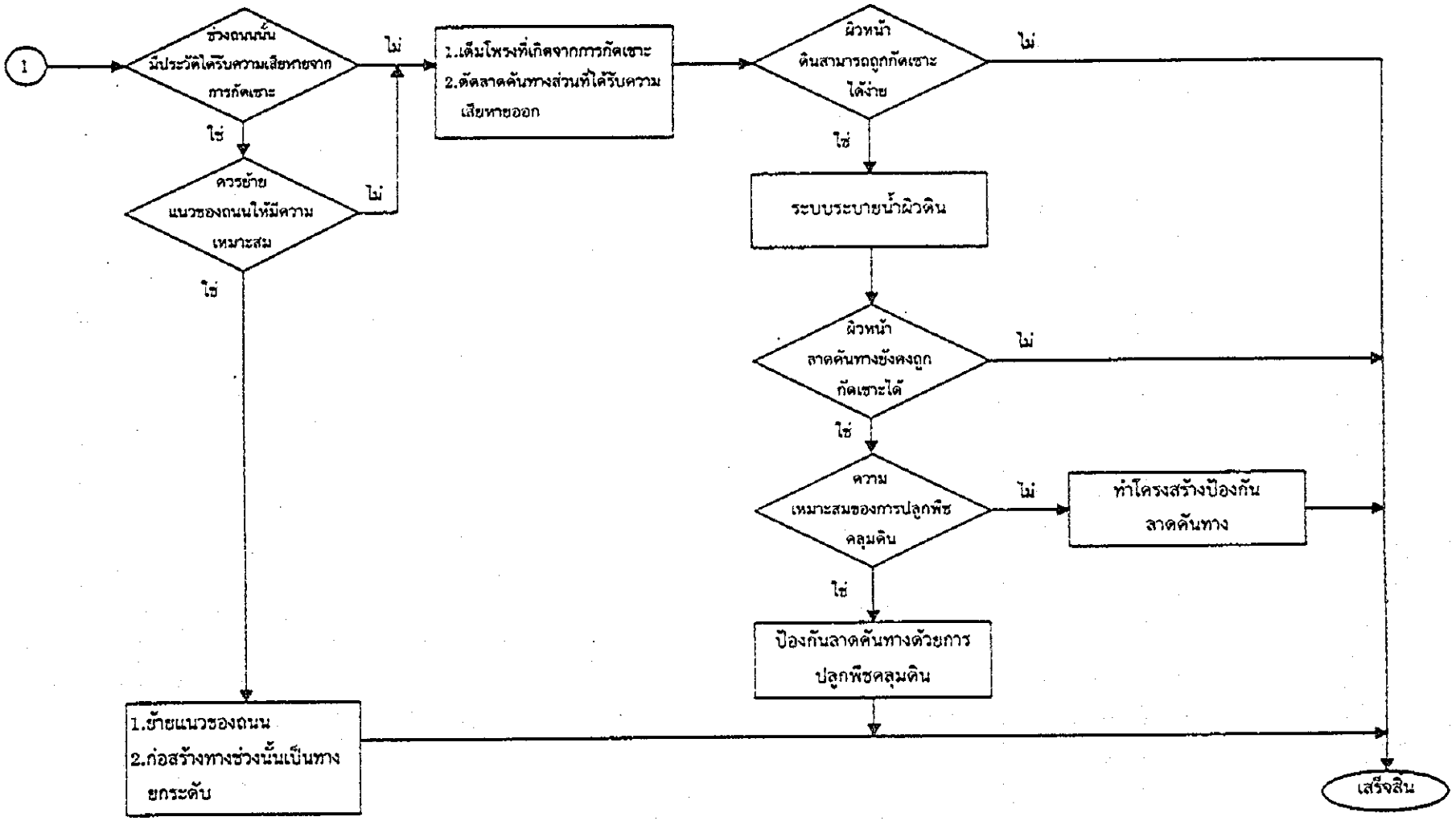
ภาพประกอบที่ 9.2.7 การเลือกมาตรการซ่อมแซมแบบชั่วคราวในกรณีลาดคันทางถูกกัดเซาะ

โดยทั่วไปแล้ว มาตรการบูรณะซ่อมแซมลาดคันทางถูกกัดเซาะสามารถแบ่งออกเป็น 6 ประการ:

ก) การเปลี่ยนแนวทางหลวง (Rerouting)

หากทางหลวงเคยได้รับความเสียหายจากการกัดเซาะเป็นจำนวนมากแห่ง และงานซ่อมแซมมีราคาแพงมาก ก็ควรจะทำการเปรียบเทียบแล้วเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งใน 2 วิธี ดังต่อไปนี้คือ

- เปลี่ยนแนวของทางหลวงในช่วงนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงพื้นที่ซึ่งมีแนวโน้มของการเกิดการกัดเซาะ
- บูรณะซ่อมแซมจุดที่ได้รับความเสียหายนั้น ๆ ให้กลับสู่สภาพเดิม



ภาพประกอบที่ 9.2.8 การเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบถาวรในกรณีลาดคันทางถูกกัดเซาะ

ข) การย้ายแนวของทางหลวง (Shifting of Road Alignment)

การย้ายแนวของทางหลวงไปด้านข้างก็เป็นอีกหนึ่งในหลายทางเลือก หากศึกษาแล้วพบว่ามีที่ว่างเพียงพอ และจะไม่ได้รับผลกระทบจากดินโคลนที่เกิดจากการกัดเซาะ

ค) การบูรณะซ่อมแซมให้กลับสู่สภาพเดิมด้วยงานดิน

งานนี้สามารถทำได้ 2 วิธี โดยวิธีแรกเป็นการเติมโพรงที่เกิดจากการกัดเซาะให้เต็มจนถึงระดับเดิม ส่วนอีกวิธีเป็นการตัดลาดคันทางที่ได้รับความเสียหายออกให้ลึกกว่าระดับลาดคันทางเดิม

ง) การกำจัดที่สาเหตุของการเกิดการกัดเซาะ

สาเหตุหลักของการกัดเซาะเกิดจากการไหลของน้ำบนผิวหน้าของลาดคันทาง ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยการทำรางระบายน้ำ (Crest Ditch)

การเลือกประเภทของรางระบายน้ำจะขึ้นอยู่กับสภาพของลาดคันทางดังแสดงในตารางที่ 9.2.1

ตารางที่ 9.2.1 การเลือกใช้ระบบระบายน้ำผิวดิน

วิธีการ	สภาพทางธรณีวิทยา		
	หินแข็ง	หินไม่แข็ง	ดิน
รางระบายน้ำส่วนบนสุด	B	A	A
รางระบายน้ำในคันกั้นดิน	C	B	A
รางระบายน้ำส่วนล่างสุด	A	A	A

A : เหมาะสมที่สุด B : เหมาะสม C : ไม่เหมาะสม

จ) การป้องกันผิวหน้าลาดคันทางด้วยการปลูกพืชคลุมดิน

การปลูกพืชบนผิวหน้าของลาดคันทางจะช่วยทำให้ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านลดลง จึงเป็นการป้องกันการกัดเซาะ ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพทางธรณีวิทยาของลาดคันทางและการเลือกประเภทของการปลูกพืชคลุมดินได้แสดงไว้ในตารางที่ 9.2.2

ตารางที่ 9.2.2 การเลือกประเภทของการปลูกพืชคลุมดินตามลักษณะของลาดคันทาง

วิธีการ	สภาพทางธรณีวิทยา			
	งานดินตัด			งานดินถม
	หินแข็ง	หินไม่แข็ง	ดิน	ดิน
การปูแผ่นหญ้าเต็มหน้า	D	D	A	A
การปลูกหญ้าเป็นจุด ๆ	D	C	B	A
การหว่านถุงบรรจุเมล็ดพืช	D	A	A	D
การเจาะหลุมหว่านเมล็ดพืช	D	C	A	A
การใช้เครื่องพ่นเมล็ดพืช	D	B	A	A

A : แนะนำให้ใช้อย่างมาก
B : แนะนำให้ใช้
C : อาจนำมาใช้ได้
D : ไม่แนะนำให้ใช้

ฉ) การป้องกันผิวหน้าลาดคันทางด้วยโครงสร้าง

การทำโครงสร้างป้องกันผิวหน้าของลาดคันทางเป็นวิธีที่ได้ผลที่สุด แต่มีราคาแพง และไม่สวยงาม ดังนั้น จึงต้องใช้ควบคู่ไปกับการปลูกพืชคลุม เพื่อให้เกิดทัศนียภาพที่สวยงาม เช่น การปูตารางแท่งคอนกรีต (Cribwork) แล้วปลูกพืชลงในช่องของตาราง เป็นต้น

ชนิดของโครงสร้างป้องกันผิวหน้า สามารถเลือกใช้ได้จากตารางที่ 9.2.3

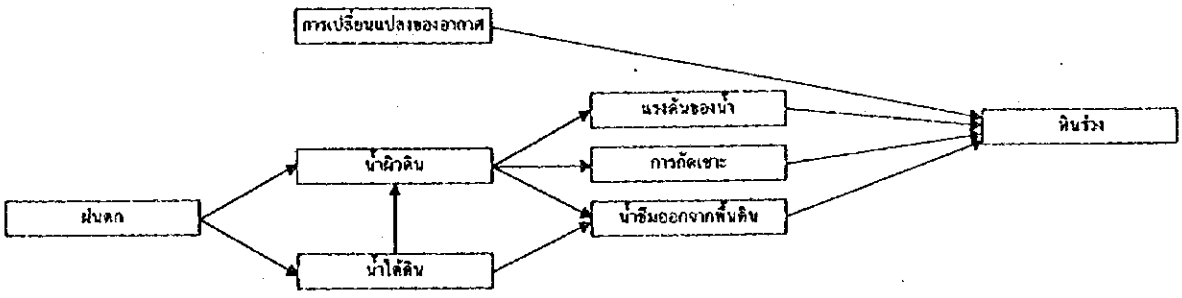
ตารางที่ 9.2.3 การใช้โครงสร้างป้องกันตามประเภทของลาดคันทาง

วิธีการ	สภาพทางธรณีวิทยา			
	งานดินตัด			งานดินถม
	หินแข็ง	หินไม่แข็ง	ดิน	ดิน
การปูด้วยก้อนหิน	D	C	A	A
การปูด้วยคอนกรีตบล็อค	D	C	A	A
การใช้ตาข่ายคลุม	D	D	C	B
การพ่นด้วยซีเมนต์	A	A	C	C
การปูแท่งคอนกรีตเป็นตาราง	A	A	A	A

A : แนะนำให้ใช้อย่างมาก
B : แนะนำให้ใช้
C : อาจนำมาใช้ได้
D : ไม่แนะนำให้ใช้

2) *หินร่วง (Rockfalls)*

หินร่วงส่วนมากเกิดจากการที่ฝนตก หรือการเปลี่ยนแปลงของอากาศต่อลาดคันทาง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 9.2.9



ภาพประกอบที่ 9.2.9 สาเหตุของหินร่วง

ขั้นตอนการเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบชั่วคราวและแบบถาวร ได้อธิบายไว้ในภาพประกอบที่ 9.2.10 และ 9.2.11 ตามลำดับ

มาตรการที่นำมาใช้ในการบูรณะซ่อมแซมอันเนื่องมาจากหินร่วง มีดังต่อไปนี้

ก) การเปลี่ยนแนวของถนน (Rerouting)

หากถนนช่วงนั้นมีประวัติการเกิดความเสียหายเนื่องจากหินร่วงบ่อย และงานซ่อมแซมมีค่าใช้จ่ายสูงมาก ทางเลือกหนึ่งในสองวิธีต่อไปนี้จะต้องทำการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุด

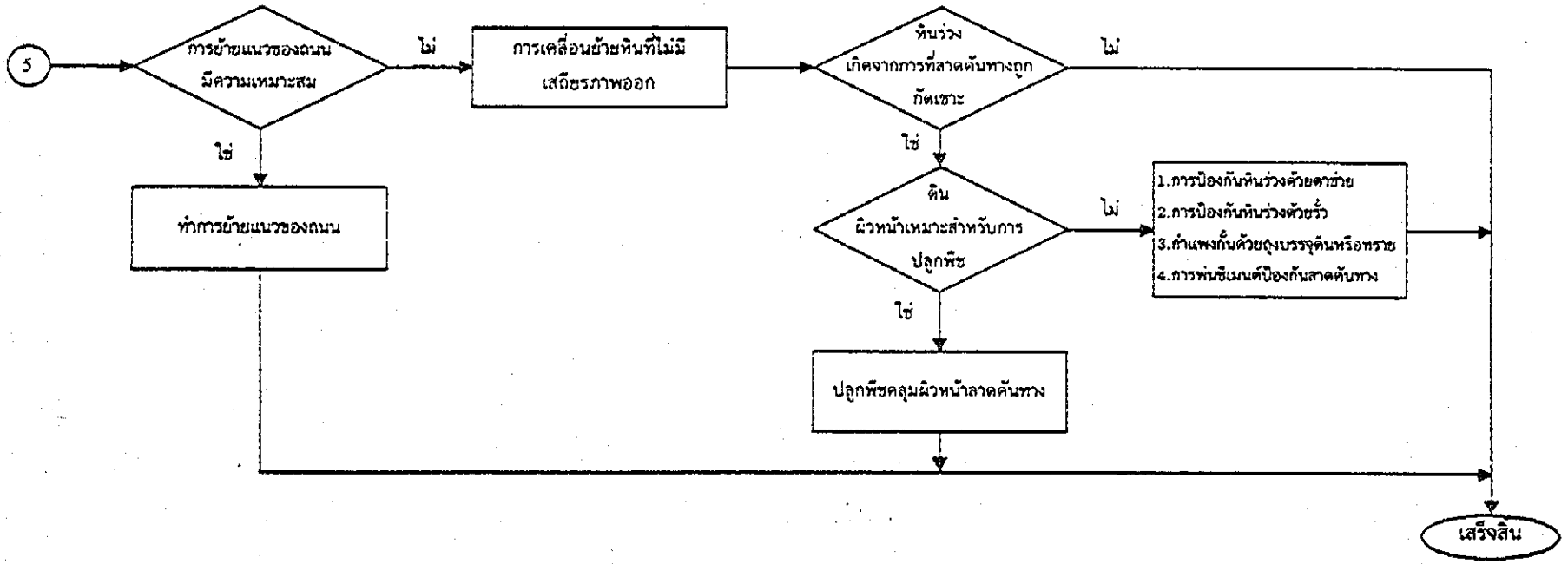
- การเปลี่ยนแนวของถนนช่วงนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงพื้นที่ซึ่งมีแนวโน้มของการเกิดหินร่วง
- บูรณะซ่อมแซมจุดที่ได้รับความเสียหายนั้น ๆ ให้กลับคืนสู่สภาพเดิม

ข) การย้ายแนวของถนน (Shifting of Road Alignment)

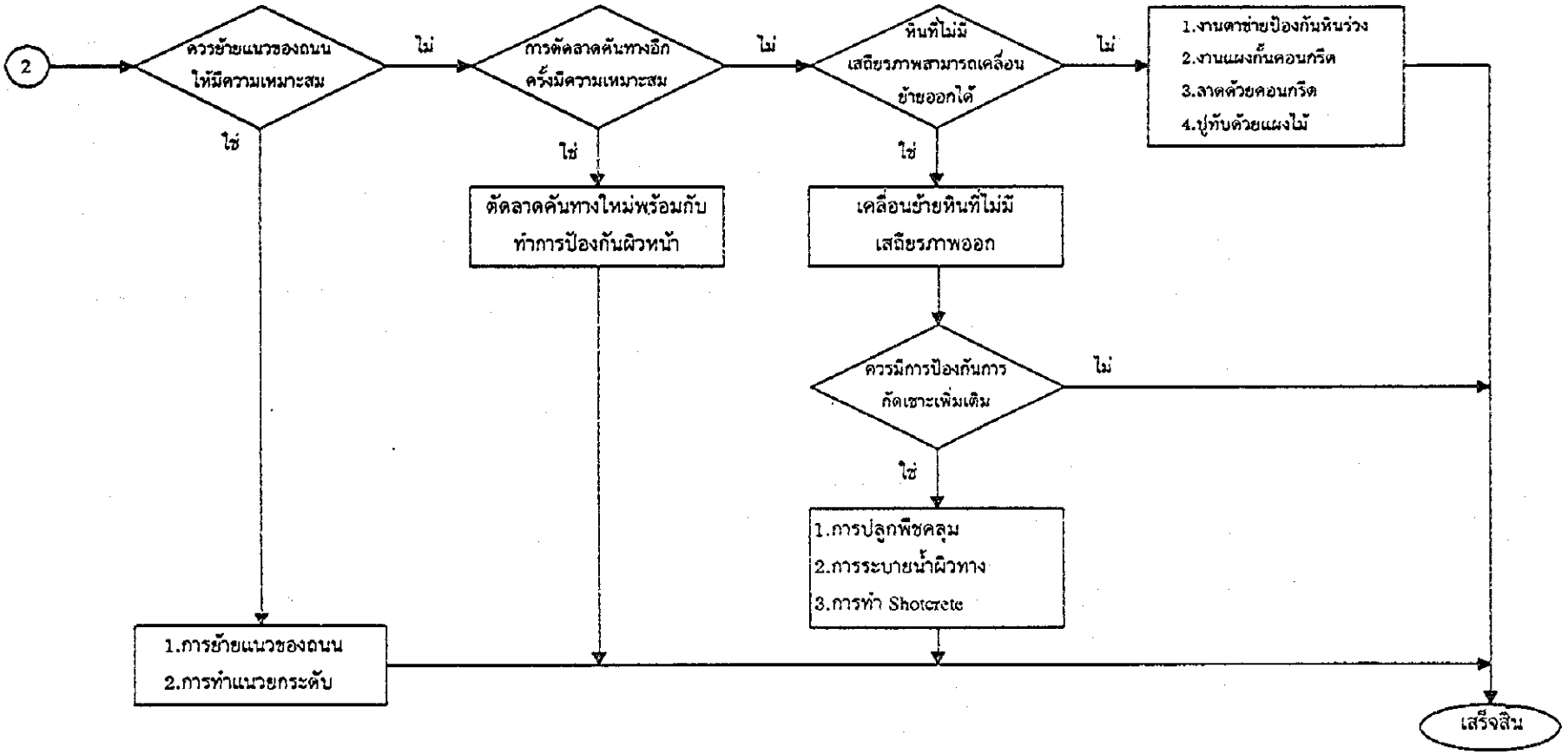
การย้ายแนวของถนนไปด้านข้างควรจะได้รับการพิจารณาร่วมกับแนวทางเลือกอื่น ๆ และควรทำการศึกษาว่ามีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับการย้ายแนว โดยที่แนวที่ย้ายไปใหม่นี้จะต้องไม่มีผลกระทบจากการเกิดหินร่วง

ค) การเคลื่อนย้ายหินที่ไม่มีเสถียรภาพออก (Removal of Remaining Unstahble Rocks)

ก้อนหินที่ไม่มีเสถียรภาพซึ่งยังคงอยู่บนลาดคันทางควรจะได้รับการขนย้ายออกไป ซึ่งวิธีการเคลื่อนย้ายจะขึ้นอยู่กับสภาพของการจราจร สภาพของลาดคันทาง เป็นต้น โดยวิธีการมีดังนี้ คือ



ภาพประกอบที่ 9.2.10 การเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบชั่วคราวในกรณีของหินร่วง



ภาพประกอบที่ 9.2.11 การเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบถาวร ในกรณีหินร่วง

- การขุดออกโดยใช้คน/เครื่องจักร
- การขุดลอกออกด้วยเครื่องไฮดรอลิก
- การวางระเบิด

ซึ่งวิธีการเหล่านี้มีความเหมาะสมและเชื่อถือได้

จ) การป้องกันลาดดันทางจากการกัดเซาะ (Protection of Slope from Erosion)

เพื่อป้องกันไม่ให้ก้อนหินที่มีเสถียรภาพกลายเป็นก้อนหินที่ไม่มีเสถียรภาพ เนื่องจากถูกกัดเซาะ มาตรการดังต่อไปนี้ควรจะถูกนำมาใช้ :

- ระบบระบายน้ำผิวดิน
- การพ่นคลุมด้วยซีเมนต์ (Shotcrete)
- การปลูกพืชคลุมหน้าดิน

ฉ) อุปกรณ์ป้องกันหินร่วง (Rockfall Prevention Devices)

อุปกรณ์ป้องกันหินร่วงซึ่งสามารถนำมาใช้ได้ มีดังนี้ :

- ใช้ตาข่ายลวด ปูคลุมลาดดันทาง
- ทำรั้วป้องกันหินร่วงตรงฐานของลาดดันทาง
- ทำแผงกั้นป้องกันหินร่วง โดยใช้ถุงบรรจุดินหรือทรายหรือทำเป็นกำแพงคอนกรีต
- ทำโครงสร้างคลุมลาดดันทาง (เช่น ลาดคอนกรีต ตีแผงไม้ปูทับ เป็นต้น)

ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรการที่จะนำมาใช้ และขนาดของหินที่คาดว่าจะร่วงลงมาได้แสดงไว้ในตารางที่ 9.2.4

ตารางที่ 9.2.4 การเลือกใช้มาตรการป้องกันหินร่วงจากขนาดของก้อนหิน

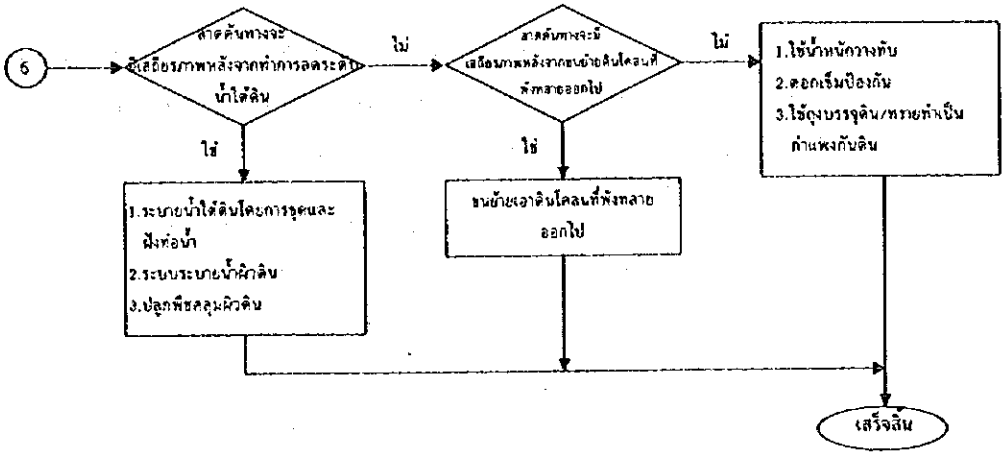
ขนาดของก้อนหินที่ประมาณไว้		Huge (dia. 1.0 m.)		Medium (dia. 0.4 m.)		Small	
มาตรการ / ประเภทของหินร่วง		Toppling	Undercutting	Toppling	Undercutting	Toppling	Undercutting
การเคลื่อนย้ายหินที่ไม่มีเสถียรภาพ		B	B	B	B	B	B
การป้องกันลาดดันทาง จากการกัดเซาะ	ระบบระบายน้ำผิวหน้า	B	A	B	A	B	A
	การพ่นซีเมนต์	C	D	B	D	A	D
	การปลูกพืชคลุมดิน	D	B	D	B	D	B
การเสริมโครงสร้าง	การป้องกันที่ฐานล่าง	B	B	D	D	D	D
	การลาดคอนกรีต	C	C	B	B	B	B
	การกั้นด้วยถุงบรรจุดิน หรือทราย	C	C	B	B	B	B
	การปักหมุดยึดก้อนหิน	B	C	D	D	D	D
การใช้อุปกรณ์ป้องกันหินร่วง	การใช้ตาข่ายป้องกัน	D	D	D	D	A	A
	การใช้รั้วป้องกัน	D	D	D	D	A	A
	การใช้แผงกั้น	D	D	A	A	A	A

A : แนะนำให้ใช้อย่างยิ่ง
B : แนะนำให้ใช้
C : อาจนำมาใช้ได้
D : ไม่แนะนำให้ใช้

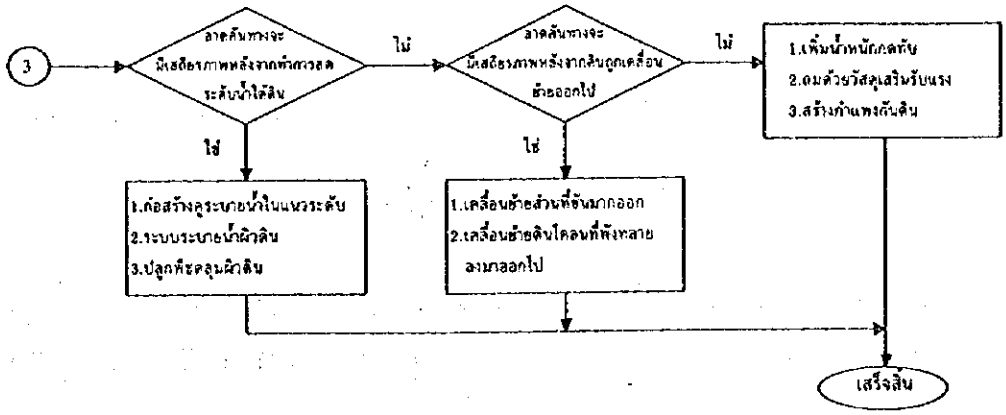
3. การพังทลายของดิน

การพังทลายของดินส่วนใหญ่เกิดบนถนนบริเวณช่วงงานดินตัด และงานดินถมซึ่งมีความลาดชันมาก เสถียรภาพของลาดคันทางส่วนมากจะลดต่ำลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งมีสาเหตุจากฝนตกหนัก และเนื่องจากการสูญเสียสมดุลของลาดคันทาง ซึ่งมีสาเหตุจากความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error)

โดยทั่วไปแล้วการเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบชั่วคราวและแบบถาวร มาใช้ในกรณีของการเกิดดินพังทลาย ได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 9.2.12 และ 9.2.13 ตามลำดับ



ภาพประกอบที่ 9.2.12 การเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบชั่วคราว กรณีเกิดการพังทลายของดิน



ภาพประกอบที่ 9.2.13 การเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบถาวร กรณีเกิดการพังทลายของดิน

ก) การเปลี่ยนแนวของถนน

หากถนนทั้งช่วงมีประวัติของความเสียหายอันเนื่องมาจากการพังทลายของดิน และงานซ่อมแซมมีราคาแพงมาก ก็ควรจะเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งใน 2 วิธี ดังต่อไปนี้

- เปลี่ยนแนวของถนนในช่วงนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงพื้นที่ซึ่งมีปัญหาของดินพังทลาย
- บูรณะซ่อมแซมจุดที่ได้รับความเสียหายให้กลับคืนสภาพเดิม

ข) ควบคุมน้ำที่ไหลออกมา (Discharge Water)

การควบคุมน้ำที่ไหลออกมา สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

- ลดระดับน้ำใต้ดินลง โดยมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบชั่วคราว ควรจะเป็นการเจาะรูฝังท่อระบายน้ำ ส่วนมาตรการบูรณะซ่อมแซมแบบถาวรจะเป็นการก่อสร้างรูระบายน้ำในแนวระดับ (Horizontal Drain Holes)
- ป้องกันน้ำผิวดินซึมลงในดิน โดยการทำระบบระบายน้ำผิวดิน หรือปกคลุมหน้าดินด้วยการปลูกพืชคลุมดิน

ค) การย้ายน้ำหนักที่กดลง (Weight Shifting)

การย้ายน้ำหนักที่กดลง เป็นการช่วยให้ลาดคันทางเกิดความสมดุลทางกลศาสตร์ (Mechanical Balance) โดยการขนย้ายออก (Removing) หรือการถมเพิ่ม (Filling) ในบางส่วนของลาดคันทาง โดยการใช้มาตรการดังต่อไปนี้

- ขนย้ายดินโคลนที่เกิดการพังทลายออก ซึ่งอาจจะเป็นการขนย้ายออกไปทั้งหมด หรือขนย้ายออกไปบางส่วนแล้วแต่กรณี
- ขนย้ายเอาส่วนที่ชันมากออกไป
- ใช้น้ำหนักกดลง เช่น ถมดิน ถุงบรรจุดิน/ทราย และกำแพงคอนกรีต ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักกดทับลงบนดินเดิม

ง) การเสริมโครงสร้าง (Structural Support)

รูปแบบของการเสริมโครงสร้าง อาจเป็นการสร้างกำแพงกันดิน (Retaining Wall) ที่ฐานของลาดคันทางที่เกิดการพังทลาย หรือการตอกเสาเข็มกันการพังทลายของดิน ซึ่งจะตอกลงไปลึกกว่าแนวที่เกิดการพังทลาย (Slip Surface) ตรงบริเวณกึ่งกลางของลาดคันทาง

มาตรการบูรณะซ่อมแซมตรงจุดที่เกิดความเสียหายใด ๆ สามารถเลือกได้โดยดูจากตารางที่ 9.2.5 อย่างไรก็ตามในการตัดสินใจเลือกครั้งสุดท้ายก็ควรจะศึกษาเปรียบเทียบกับมาตรการอื่น ๆ ที่เป็นไปได้ก่อน

ตารางที่ 9.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีวิทยาของลาดคันทาง กับมาตรการบูรณะซ่อมแซมในกรณีเกิดการพังทลายของดิน

ชนิดของลาดคันทาง	สภาพธรณีวิทยา	ระบบระบายน้ำผิวดิน	ระบายน้ำในแนวระดับ	ขนย้ายดินออก	น้ำหนักกดทับ	กำแพงกันดิน	ตอกเข็มป้องกัน
ลาดคันทางดินตัด	หินแข็ง	C	B	A	A	A	A
	หินผุ	C	B	A	A	A	A
	ดินตะกอน	B	B	A	A	A	A
	ดินเหนียว	A	B	C	A	A	B
ลาดคันทางดินถม	ดินตะกอน	C	A	C	A	A	A
	ดินเหนียว	C	C	C	A	A	B

A : เหมาะสมที่สุด B : เหมาะสม C : ไม่เหมาะสม

4) การพังทลายของสะพาน

การพังทลายของสะพานโดยทั่วไปมีสาเหตุอยู่ 4 ประการ ซึ่งแต่ละสาเหตุก็มีมาตรการป้องกันอยู่หลายวิธี สาเหตุทั้ง 4 ประการมีดังนี้ :

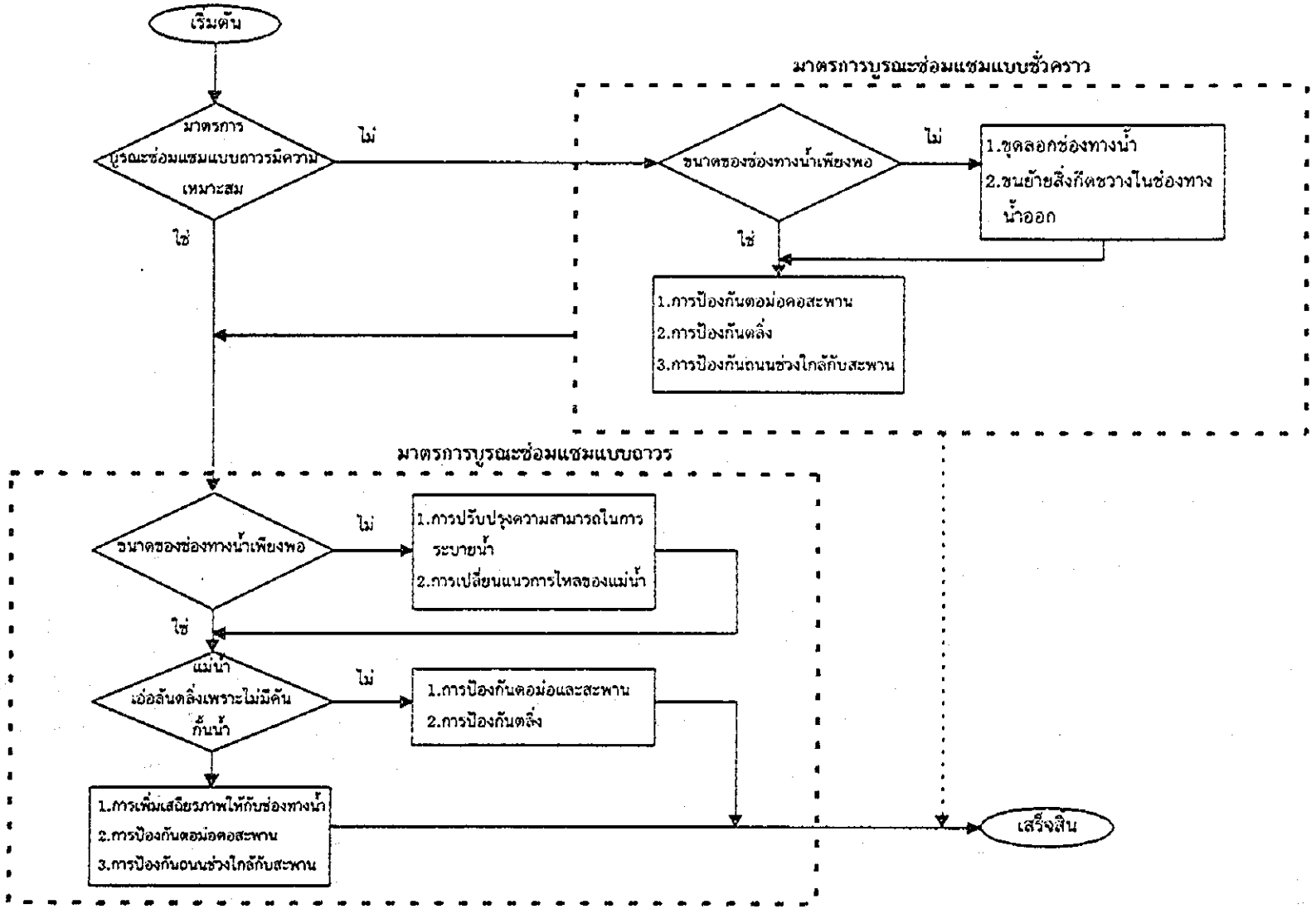
- ความสามารถในการระบายน้ำไม่เพียงพอ
- ถูกกัดเซาะโดยกระแสน้ำ
- ตำแหน่งของสะพานไม่เหมาะสม
- ตลิ่งถูกกัดเซาะ เนื่องจากกระแสน้ำไหลคดเคี้ยว

มาตรการบูรณะซ่อมแซมที่เหมาะสมกับสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเสียหาย สามารถเลือกได้โดยดูจากแผนภาพในรูปที่ 9.2.14

ก) ความสามารถในการระบายน้ำไม่เพียงพอ

โดยทั่วไปแล้วหากสะพานเกิดการพังทลาย งานซ่อมแซมก็เป็นการทำให้มีการใช้งานได้เหมือนเดิม แต่หากการพังทลายของสะพานเกิดจากสาเหตุของการระบายน้ำได้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอ วิธีการดังกล่าวข้างต้นก็จะใช้ไม่ได้ผล ดังนั้น การปรับปรุงความสามารถในการระบายน้ำจะมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นอีกในอนาคต โดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้ :

- ขุดลอกแม่น้ำ
- ขยายความยาวของสะพาน
- ก่อสร้างสะพานช่วย (Auxiliary Bridge)



ภาพประกอบที่ 9.2.14 การเลือกมาตรการบูรณะซ่อมแซม กรณีสะพานเกิดการพังทลาย

ข) การกัดเซาะโดยกระแสน้ำ

หากแม่น้ำอยู่ในบริเวณที่ลุ่มน้ำท่วมถึง (Flood Plain) ช่องทางน้ำไหลก็อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปได้ และยังก่อให้เกิดการกัดเซาะตอม่อริมฝั่ง และจานดินถมคอสะพาน (Access Road Embankment) เพราะฉะนั้นเมื่อเกิดความเสียหายขึ้นส่วนที่ได้รับความเสียหายก็ควรจะได้รับการบูรณะโดยใช้มาตรการดังนี้

- บูรณะซ่อมแซมตอม่อคอริมฝั่งและตอม่อกลางน้ำที่ถูกกัดเซาะโดยที่ตอม่อริมฝั่งให้ใช้การเรียงถุงทรงกระบอกที่บรรจุดิน/ทราย การเรียงหินยาแนวหรือการดาดคอนกรีต สำหรับตรงตอม่อกลางน้ำให้ใช้การวางถุงบรรจุดิน/ทรายล้อมรอบ

- บูรณะซ่อมแซมถนนช่วงคอสะพานที่ถูกกัดเซาะอาจทำได้โดยการถมดินหรือกรวดเพื่อซ่อมส่วนที่เสียหาย แล้วอาจใช้ถุงบรรจุดิน/ทรายวางกั้น เรียงหินยาแนวหรือดาดด้วยคอนกรีต เพื่อให้ส่วนที่ได้รับการซ่อมแซมอยู่ในสภาพที่ดี

สำหรับมาตรการที่จะใช้ในการกำจัดสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเสียหาย มีดังนี้ :

- เพิ่มเสถียรภาพของช่องทางน้ำ : การป้องกันกระแสน้ำในช่องทางน้ำไม่ให้เกิดการกัดเซาะ โดยการใช้ก้อนหินหรือถุงบรรจุดิน/ทรายกันกระแสน้ำ

- ควบคุมกระแสน้ำ : ในบริเวณใกล้กับสะพานควรจะมีการใช้แผงกั้นน้ำ (Guide Dike) จำนวน 1 คู่ เพื่อป้องกันการเกิดกระแสน้ำเชี่ยว (Water Turbulance)

ค) ตำแหน่งของสะพานไม่เหมาะสม

จากมุมของแนวถนนหรือสะพานซึ่งทำกับแนวของทางน้ำเป็นมุมแหลม การปรับเปลี่ยนแนวของถนนก็เป็นสิ่งที่ควรจะทำ เพื่อไม่ให้เกิดมุมแหลมขึ้นตรงบริเวณสะพาน

ง) ความเสียหายของตลิ่ง

หากตลิ่งถูกกัดเซาะเนื่องจากความคดเคี้ยวของกระแสน้ำไหล ก็ควรจะทำการซ่อมแซมตลิ่งด้วยการเรียงหินยาแนว หรือดาดคอนกรีต

5) การพังทลายของดินคันทาง

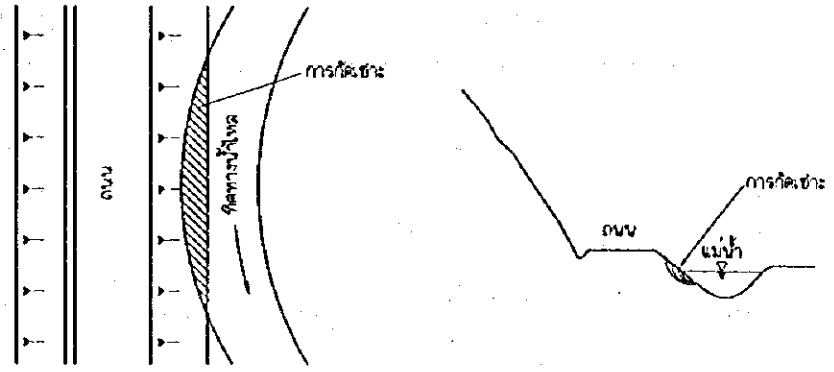
ความเสียหายของดินคันทางส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นตรงบริเวณดังต่อไปนี้ :

- ดินคันทางช่วงติดกับแม่น้ำ
- ดินคันทางบนพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมถึง
- ดินคันทางบนพื้นที่ลาดเอียง

ชนิดของความเสียหายและสาเหตุที่เกิด จะแตกต่างกันไปตามสถานที่ซึ่งมีสภาพแตกต่างกัน ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป

ก) ดินคันทางช่วงติดกับแม่น้ำ

ดินคันทางช่วงติดกับแม่น้ำได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 9.2.15 ซึ่งความเสียหายจะเกิดจากการกัดเซาะที่ฐานของคันทาง โดยความแรงของกระแสน้ำ (High-Velocity River Flow)



ภาพประกอบที่ 9.2.15 ดินคันทางถูกกัดเซาะโดยการไหลของแม่น้ำซึ่งอยู่ติดกับคันทาง

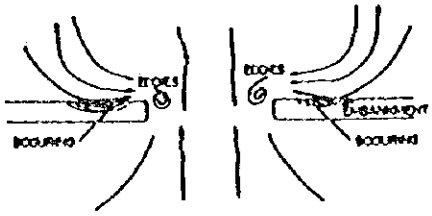
จุดที่ถูกกัดเซาะควรจะได้รับการถมกลับด้วยดิน หรือกรวด อย่างใดอย่างหนึ่ง และตรงผิวหน้าของวัสดุที่ถมแล้วควรจะทำการคลุมทับด้วยก้อนหิน ถุงบรรจุดิน/ทราย เรียงหินยาแนว ดาดคอนกรีต หรือทำกำแพงกันดิน เพื่อป้องกันการกัดเซาะอีกในอนาคต

เพื่อที่จะป้องกันดินคันทางจากความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การวางแนวคันทางให้ห่างจากแม่น้ำจะเป็นการดีที่สุด

ข) ดินคันทางอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมถึง

ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและความเสียหายสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 9.2.6

ตารางที่ 9.2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและความเสียหายของดินคันทางในพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมถึง

	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
สาเหตุ	น้ำท่วมทาง เนื่องจากระบบระบายน้ำไม่เพียงพอ	น้ำท่วมมีการไหลเชี่ยวอยู่ข้างคันทาง
ความเสียหาย	ไหล่ทางและดินลาดคันทางถูกพัดพาไปบริเวณด้านใต้น้ำ	ดินคันทางถูกกัดเซาะบริเวณด้านเหนือน้ำ
ภาพอธิบาย		

ทั้ง 2 กรณีข้างต้นสามารถทำการซ่อมแซมส่วนที่เสียหายให้กลับคืนสภาพเดิม โดยการถมโพรงที่เกิดจากการกัดเซาะด้วยดิน หรือกรวด

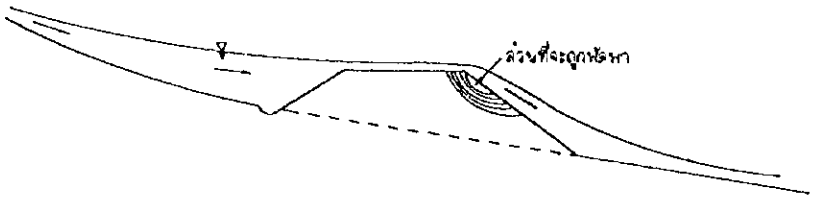
การป้องกันไม่ให้เกิดการกัดเซาะขึ้นอีกสามารถทำได้ในขณะที่ดำเนินการซ่อมแซม ตัวอย่างเช่น จากระบบระบายน้ำลอดผ่านคันทางไม่เพียงพอ ก็ควรจะนำมาตรการดังต่อไปนี้มาใช้ :

- ขยายความยาวของสะพาน
- ขยายพื้นที่หน้าตัดของท่อลอด
- ก่อสร้างสะพาน/ท่อลอดเพิ่ม

ในกรณีที่น้ำซึ่งไหลอยู่ข้างคันทางมีความเร็วสูงซึ่งจะกัดเซาะคันทางได้ ก็ควรจะทำการติดตั้งแผงกันน้ำ (Guide Dike)

ค) ดินคันทางบนพื้นลาดเอียง

ในกรณีนี้ดินคันทางตรงบริเวณใต้น้ำจะถูกพัดพาไป เนื่องจากน้ำที่ไหลมาถูกกั้นไว้ด้วยคันทางโดยที่ไม่มีระบบระบายน้ำที่พอเพียง เช่น ท่อลอด (Culvert) หรือสะพาน (Bridge) โพรงที่เกิดขึ้นจะถูกถมกลับด้วยวัสดุคันทางแบบเดิม ดูภาพประกอบที่ 9.2.16



ภาพประกอบที่ 9.2.16 ดินคันทางที่ถูกพัดพาไปเนื่องจากน้ำไหลข้ามคันทาง

เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นอีก ระบบระบายน้ำลอดผ่านคันทางก็ควรจะได้รับการติดตั้งเพิ่มขึ้นอีก

บทที่ 10

การจัดซื้อ และการจัดการวัสดุ และเครื่องจักรในงานซ่อมแซมเร่งด่วน

บทที่ 10
การจัดซื้อ และการจัดการวัสดุและเครื่องจักรในงานซ่อมแซมเร่งด่วน

เมื่อความเสียหายของถนนเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาด้านการจราจร จึงจำเป็นต้องมีมาตรการในการซ่อมแซมเร่งด่วนขึ้น เพื่อที่จะตอบสนองความต้องการในการซ่อมแซมเร่งด่วนจำเป็นที่จะต้องจัดหาวัสดุและเครื่องจักรทันทีเมื่อต้องการ

ด้วยเหตุผลนี้วัสดุ และ/หรือเครื่องจักรบางชนิดที่ใช้ในการซ่อมแซมเร่งด่วนนั้นจะต้องจัดเตรียมไว้ในโรงเก็บภายในการควบคุมของเขตการทาง สำหรับวัสดุและเครื่องจักรอื่นการตัดสินใจในการจัดซื้อจะขึ้นอยู่กับฤดูฝนเป็นหลัก

10.1 วัสดุในงานซ่อมแซมเร่งด่วน

10.1.1 วัสดุที่จำเป็นจะต้องจัดเก็บสำรอง

โดยหลักการแล้ววัสดุดิบและวัสดุเบื้องต้นที่ใช้ในการซ่อมแซมเร่งด่วนจะต้องจัดเก็บสำรองไว้ในโรงเก็บวัสดุ ส่วนวัสดุที่มีราคาแพงที่สามารถจัดซื้อได้ง่ายนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องจัดเก็บสำรองไว้

1. รายชื่อวัสดุ

รายชื่อวัสดุที่จำเป็นที่จะต้องจัดเก็บสำรองได้แสดงไว้ในตารางที่ 10.1.1 ส่วนวัสดุเสริมอื่น ๆ นั้นสามารถที่จะกำหนดได้ ทั้งนี้ จะขึ้นอยู่กับชนิดและความถี่ของความเสียหายที่เคยเกิดขึ้นในทันที

2. ปริมาณวัสดุ

การประมาณปริมาณวัสดุที่จะต้องสำรองนั้น จะขึ้นอยู่กับงานซ่อมแซมเร่งด่วนที่เคยทำมาในอดีต ในกรณีที่วัสดุบางชนิดไม่สามารถจัดเก็บได้อย่างเพียงพอด้วยเหตุผลบางประการ แนวทางในการจัดซื้อวัสดุนั้นจำเป็นที่จะต้องมีไว้

3. แหล่งเก็บวัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมเร่งด่วนจะต้องสำรองไว้บริเวณแหล่งเก็บวัสดุของแขวง หรือหมวดการทาง ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 10.1.1

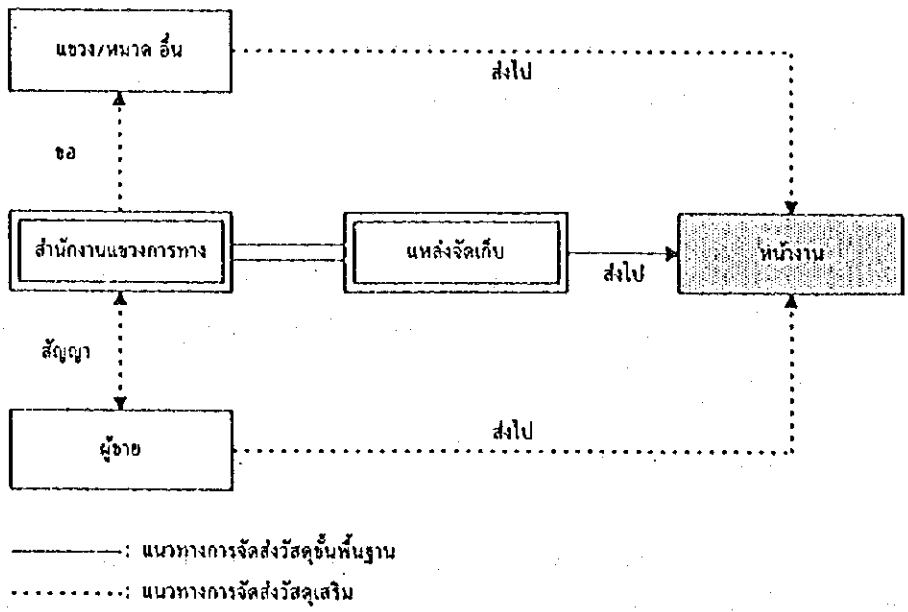
ตารางที่ 10.1.1 วัสดุที่จะต้องสำรองไว้ในงานซ่อมแซมเร่งด่วน

วัสดุ	ชนิด/ขนาด	แหล่งเก็บ	
		แขวง	หมวด
ทราย		O	Δ
หินคลุก		O	
กรวด		O	
ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์		O	Δ
ยางมะตอย		O	
แผ่นไวนิล			O
ลวด	# 8 - 10		O
เชือก			O
ถุงสำหรับใส่ทราย			O
ตาข่ายลวดสำหรับใส่ดิน		O	Δ
ร่องน้ำหล่อสำเร็จชนิดตัว U	0.30 x 0.30	O	
ท่อ	ϕ 0.40 - 1.00 ม.	O	

O : แหล่งเก็บหลัก Δ : แหล่งเก็บเสริม

10.1.2 การจัดซื้อวัสดุ

วัสดุสำหรับงานซ่อมแซมเร่งด่วน สามารถจัดซื้อตามระบบการจัดซื้อที่ได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 10.1.1



ภาพประกอบที่ 10.1.1 ระบบการจัดซื้อวัสดุ

* วัสดุในงานซ่อมเร่งด่วนจะต้องมาจากแหล่งเก็บวัสดุของแขวงที่เกี่ยวข้อง

* ในกรณีที่แขวงไม่สามารถส่งวัสดุได้เนื่องจากการขาดแคลน แขวงฯ สามารถที่จะขอความช่วยเหลือจากแขวงฯ หรือหมวดการทางอื่นได้

* เมื่อไม่ได้มีการเก็บสำรองวัสดุไว้ในแหล่งวัสดุของแขวงฯ แขวงฯ จะต้องจัดซื้อวัสดุจากผู้ขายได้โดยการทำสัญญา

ก่อนที่ฤดูฝนจะเริ่มขึ้น มาตรการในการจัดซื้อจะต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) ปริมาณวัสดุจะต้องมีการตรวจสอบ และเพิ่มเติมหากมีความจำเป็น
(2) ปริมาณวัสดุจะต้องมีการทดสอบ และนำไปทดแทนหากมีความจำเป็น

10.2 เครื่องจักรในงานซ่อมแซมเร่งด่วน

10.2.1 เครื่องจักรที่จะต้องมีการจัดเตรียม

โดยหลักการแล้วเครื่องจักรในงานซ่อมแซมเร่งด่วนจะต้องจัดพร้อมไว้ในโรงเก็บของแขวงฯ และ/หรือเขตฯ และ/หรือหมวดฯ ที่เกี่ยวข้อง

1. รายชื่อเครื่องจักรที่จะต้องจัดพร้อมไว้เสมอ

รายชื่อเครื่องจักรจำเป็นที่จะต้องจัดพร้อมไว้ ได้แสดงในตารางที่ 10.2.1 รวมทั้งรายชื่อเครื่องจักรอื่นที่มีความจำเป็นในการซ่อมแซมความเสียหายในพื้นที่เฉพาะ

ตารางที่ 10.2.1 รายชื่อเครื่องจักรจำเป็นที่จะต้องเตรียมพร้อมและสถานที่จัดเก็บ

2. จำนวนเครื่องจักรที่จะต้องเตรียมไว้

จำนวนเครื่องจักรแต่ละชิ้นจะต้องประมาณไว้ตามงานซ่อมแซมเร่งด่วนที่เคยทำมาแล้วในอดีต ในกรณีที่เครื่องจักรไม่สามารถจัดเตรียมไว้อย่างเพียงพอ แนวทางและระบบการจัดหาเครื่องจักรจะต้องจัดทำขึ้นโดยใช้ฤดูฝนเป็นหลัก

3. สถานที่จัดเก็บ

เครื่องจักรในงานซ่อมแซมเร่งด่วนจะต้องจัดเตรียมไว้ในโรงเก็บของเขตฯ และ/หรือแขวงฯ และ/หรือหมวดฯ ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 10.2.1

ตารางที่ 10.2.1 เครื่องจักรในงานซ่อมแซมเร่งด่วน

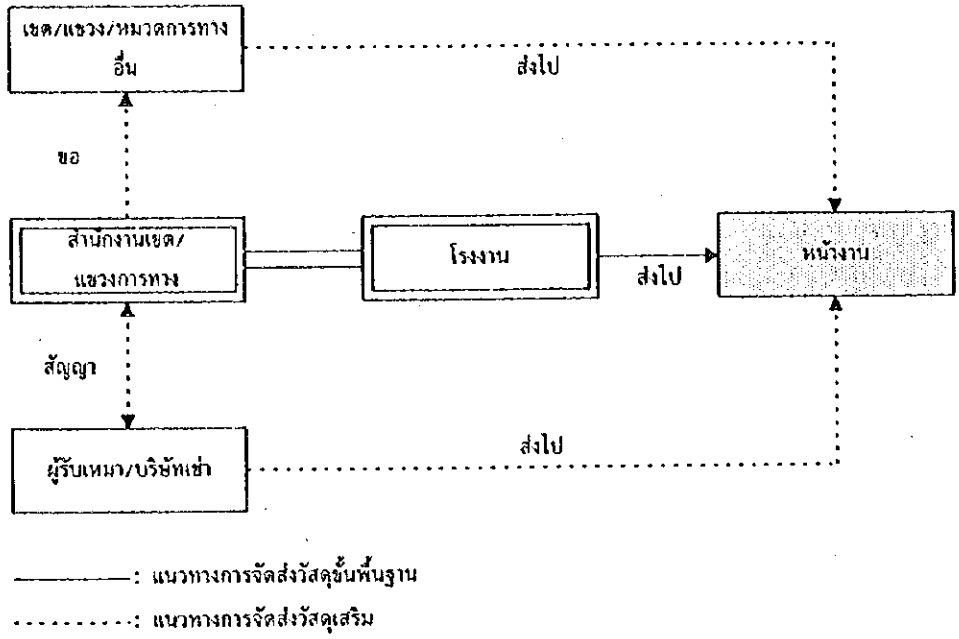
รายชื่อเครื่องจักร	ชนิด/ขนาด	โรงเก็บ		
		เขตฯ	แขวงฯ	หมวดฯ
รถตรวจการ			O	
รถปิคอัพ	4 ล้อ		O	
รถบรรทุกขนาดกลาง	6 ล้อ		O	
รถบรรทุกพร้อมเครน	10 ล้อ		O	
รถแทรคเตอร์	1-11 ตัน		O	
รถแบคโฮ	0.1 - 0.6 ลบ.ม.		O	
รถเกรด			O	
เครื่องเจาะคอนกรีต			O	
เครื่องกระทุ้ง			O	
รถบด			O	
เครื่องอัด			O	
เครื่องปั่นไฟ			Δ	O
ปั๊ม/หัวฉีด			Δ	O
แผงกั้น			Δ	O
กรวยยาง			Δ	O
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง			Δ	O
พลั่ว			Δ	O
เครื่องมือสำรวจ			Δ	O
วิทยุมือถือ		O	O	O
สะพานเบลี่ย์	1 หรือ 2 เลน	O		

O : โรงเก็บหลัก

Δ : โรงเก็บเสริม

10.2.2 การจัดซื้อเครื่องจักร

เครื่องจักรในงานซ่อมแซมเร่งด่วนจะต้องจัดหาโดยใช้ระบบการจัดซื้อ/จัดหา ดังได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 10.2.1



ภาพประกอบที่ 10.2.1 ระบบการจัดหาเครื่องจักร

* โดยทั่วไปเครื่องจักรที่ใช้ในงานซ่อมแซมเร่งด่วนจะหาได้จากโรงงานเขตฯ และ/หรือแขวงฯ และ/หรือหมวดฯ ที่เกี่ยวข้อง

* ในกรณีเครื่องจักรบางชนิดไม่สามารถหาได้ เขตฯ และ/หรือแขวงฯ และ/หรือหมวดฯ สามารถที่จะขอเครื่องจักรจากเขตฯ และ/หรือแขวงฯ และ/หรือหมวดฯ อื่น ๆ

* ในบางกรณีเขตฯ และ/หรือแขวงฯ สามารถจัดซื้อเครื่องจักรจากผู้รับเหมา และ/หรือบริษัทเช่าเครื่องจักร โดยใช้สัญญา

เครื่องจักรที่จัดเตรียมไว้จะต้องมีการบำรุงรักษาอย่างดีพอที่จะดำเนินการเร่งด่วนได้

บทที่ 11

การจัดการและการปฏิบัติงานเพื่อฟื้นฟูทางหลวงที่เสียหาย

บทที่ 11
การจัดการและการปฏิบัติงานเพื่อฟื้นฟูทางหลวงที่เสียหาย

11.1 การค้นหาความเสียหายของทางหลวง

เมื่อมีภัยธรรมชาติเกิดขึ้น เจ้าหน้าที่จากหมวดการทาง (Depot) ควรจะหมั่นออกไปตรวจสอบบ่อย ๆ เพื่อค้นหาความเสียหายที่เกิดขึ้นแก่ทางหลวงในลักษณะงานตรวจสอบพิเศษ (Special Inspection) จุดที่ควรจะได้รับการตรวจสอบโดยละเอียดคือ

- จุดที่เคยเกิดความเสียหายมาก่อนในอดีต
- จุดที่อยู่ใกล้กับจุดที่กล่าวข้างต้น
- จุดที่มีความเสียหายอยู่ และยังไม่ได้ทำการซ่อมแซม

ยิ่งไปกว่านั้นควรจะมีการจัดตั้งระบบตรวจสอบ และจัดเก็บข้อมูลข่าวสารของถนน (Road Information Monitoring System) เพื่อให้สามารถรวบรวมข้อมูลความเสียหายได้ทันท่วงที ระบบตรวจสอบ (Monitoring System) นี้สามารถทำได้โดยการจ้างผู้ที่ขับรถโดยใช้เส้นทางหนึ่ง ๆ เป็นประจำ หรือผู้ที่พักอาศัยอยู่ใกล้เส้นทาง เป็นผู้ตรวจสอบและรับฟังข้อมูลความเสียหาย แล้วรายงานต่อหมวดการทาง (Depot) หรือแขวงการทาง (District Office) ที่รับผิดชอบสายทางในพื้นที่นั้น ๆ

11.2 การส่งกระจายข้อมูลข่าวสาร

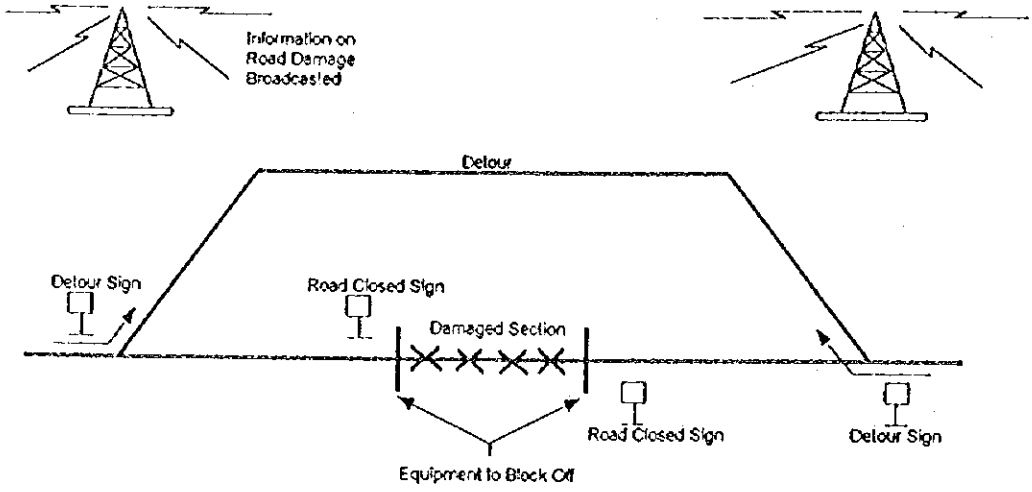
เมื่อถนนมีความเสียหายเกิดขึ้นจนต้องปิดการจราจร ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับเหตุการณ์นี้ควรจะถูกส่งไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ในการส่งข้อมูลข่าวสารความเสียหายของถนนมีปัจจัยอยู่ 2 ประการที่ควรจะพิจารณา คือ

- การแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้ใช้รถ (Road Users)
- การส่งกระจายข้อมูลข่าวสารแก่องค์กรอื่น ๆ

11.2.1 การแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้ใช้รถ

เมื่อถนนช่วงหนึ่งช่วงใดถูกปิดลง การปิดการจราจรที่เกิดขึ้นจะต้องถูกแจ้งไปยังผู้ใช้ทางโดยวิธีการดังนี้ (ดูภาพประกอบที่ 11.2.1)

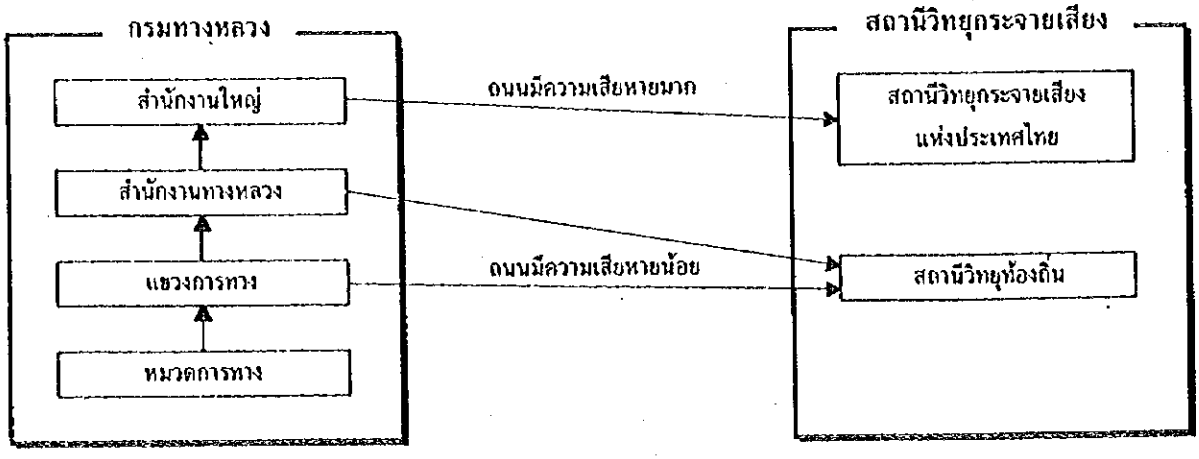
- ป้ายให้อ้อมไปใช้ทางอื่น
- ป้ายแสดงการปิดถนน
- ประกาศทางวิทยุ



ภาพประกอบที่ 11.2.1 การแจ้งข่าวสารความเสียหายของถนนแก่ผู้ใช้รถ

11.2.2 การส่งกระจายข้อมูลข่าวสารแก่องค์กรอื่น ๆ

ข้อมูลข่าวสารการปิดจราจรเนื่องจากความเสียหายของถนนจะถูกส่งไปยังกรมตำรวจ และสถานีวิทยุท้องถิ่น (ดูภาพประกอบที่ 11.2.2) หากระดับความเสียหายรุนแรงและกินพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ข้อมูลข่าวสารนั้นก็ควรจะถูกส่งไปยังทุกสถานีวิทยุเพื่อออกอากาศไปทั่วประเทศ



ภาพประกอบที่ 11.2.2 การส่งกระจายข่าวสารความเสียหายของถนนไปยังสถานีวิทยุ

ภาคผนวก 1

วิธีการออกแบบ

ภาคผนวก 1

วิธีการออกแบบ

สารบัญ

1.	ความเสียหายของ Slope		A1 - 1
	1.1	การกัดเซาะ	A1 - 1
	1.1.1	การถม	A1 - 1
	1.1.2	การจัดใหม่	A1 - 6
	1.1.3	Cribwork	A1 - 9
	1.1.4	งานปลูกพืชคลุม	A1 - 14
	1.1.5	Shotcrete	A1 - 23
	1.1.6	การระบายน้ำ	A1 - 26
	1.2	หินร่วง	A1 - 30
	1.2.1	การเคลื่อนย้ายหินที่อาจร่วงได้	A1 - 30
	1.2.2	ตาข่ายป้องกันหินร่วง	A1 - 32
	1.2.3	แผงกั้นเพื่อป้องกันหินร่วง	A1 - 46
	1.3	การพังทลายของดิน	A1 - 59
	1.3.1	การคำนวณค่าเสถียรภาพของ Slope	A1 - 59
	1.3.2	การใช้น้ำหนักกด	A1 - 64
	1.3.3	การเคลื่อนย้ายดินทลาย	A1 - 65
	1.3.4	กำแพงกันดิน	A1 - 67
	1.3.5	ช่องระบายน้ำแนวราบ	A1 - 88
2.	การพังทลายของสะพาน		A1 - 107
	2.1	ความสามารถในการระบายน้ำ	A1 - 107
	2.2	สะพาน Bailey/Trestle	A1 - 116
	2.3	การป้องกันตอม่อคอดิน	A1 - 118
	2.3.1	คันคอนกรีต	A1 - 119
	2.3.2	คันหินเรียงยาแนว	A1 - 120
	2.4	การป้องกันตอม่อ	A1 - 122
	2.5	การป้องกันถนนเชื่อม	A1 - 125
	2.6	การป้องกันตลิ่งของแม่น้ำ	A1 - 129
	2.7	เขื่อนบังคับร่องน้ำ	A1 - 133

3. การพังทลายของคันทาง A1 - 135

3.1 การเปลี่ยนช่องระบายน้ำ A1 - 135

3.2 การซ่อมแซมการเสียหายของ Slope A1 - 137

4. น้ำท่วมทาง A1 - 139

4.1 ยกระดับคันทาง A1 - 139

4.2 ช่องระบายน้ำ A1 - 141

ภาคผนวก 1
วิธีการออกแบบ

1. ความเสียหายของ Slope

1.1 การกัดเซาะ

1.1.1 การถม

(1) การถม Slope งานตัด

- การใช้งาน

การถม Slope งานตัดจะดำเนินการเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของการกัดเซาะเนื่องจากร่องน้ำ ซึ่งมีสาเหตุมาจากน้ำที่ไหลผ่านผิวหน้า Slope หรือน้ำผุดที่แทรกตัวเข้าไปในผิวของ Slope

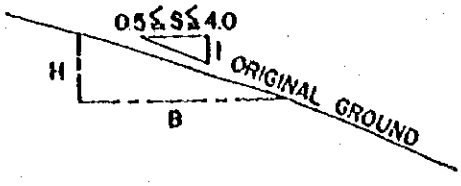
- วัสดุ

ดิน ดินซีเมนต์ (Soil Cement) ถุงทราย

- สรุปการออกแบบและการก่อสร้าง

1. ขุดดินและหินบริเวณร่องน้ำออก แล้วดำเนินการตัด (Bench Cutting) ในกรณีที่ร่องน้ำมีความลาดชันสูง งานก่อสร้างจะต้องดำเนินการดังแสดงในตารางที่ 1.1.1 อย่างไรก็ตาม หากดำเนินการตัดแล้วร่องน้ำไม่มีเสถียรภาพก็ไม่ควรดำเนินการใดต่อไป

ตารางที่ 1.1.1 งานตัด Bench Cutting



(In meter)

S	B	H
4.0~2.0	2.0	0.5~1.0
2.0~0.5	1.0	0.5~2.0

2. ความหนาของระดับงานถมควรจะประมาณ 20 ซม.

3. เมื่อมีการถม ความลาดชันของ Slope ความลาดของ Berm ความกว้างของ Berm ควรจะมีการออกแบบและก่อสร้างให้เหมือนกับ Slope เดิม

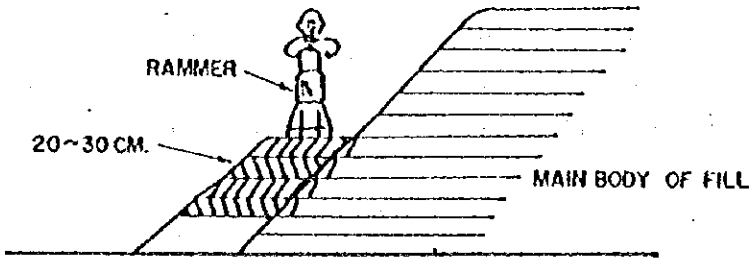
4. ความลาดชันมาตรฐาน ความกว้างของ Berm และความสูงของ Slope ระหว่าง Berm ของงานถมบริเวณ Cut Slope จะกำหนดโดยสภาพทางธรณีวิทยาของ Slope ดังได้แสดงในตารางที่ 1.1.2

ตารางที่ 1.1.2 โครงสร้างงานถม Cut Slope ตามสภาพทางธรณีวิทยา

ประเภท	สภาพทางธรณีวิทยา		
	ดิน	หินอ่อน	หินแข็ง
ความลาดชัน Slope	1.0 : 1 ถึง 1.5 : 1	0.5 : 1 ถึง 1.0 : 1	0.25 : 1 ถึง 0.5 : 1
ความกว้างของ Berm	2.0 เมตร	2.0 เมตร	1.5 เมตร
ความสูงของ Slope ระหว่าง Berm	น้อยกว่า 7.0 เมตร	น้อยกว่า 7.0 เมตร	น้อยกว่า 7.0 เมตร

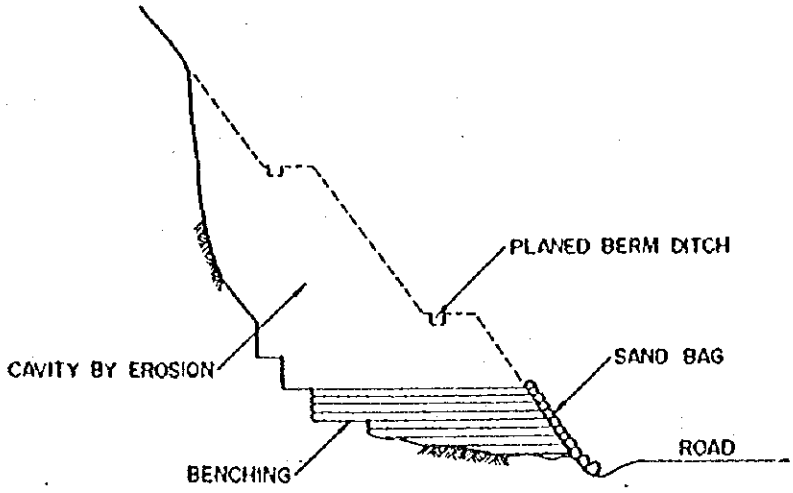
5. จากประสบการณ์ในอดีต ความสูงของ Slope งานตัดที่มี Berm ควรจะน้อยกว่า 1.5 ชม. เมื่อไม่สามารถทำได้ในระดับดังกล่าว วัสดุที่ใช้ในการถม ความกว้างของ Berm ความลาดชันของ Slope ระหว่าง Berm งานโครงสร้าง และอื่น ๆ ควรจะมีการพิจารณาใหม่ในการขั้นการออกแบบ

6. เมื่อมีการถมร่องน้ำจะเป็นงานที่ค่อนข้างยากสำหรับคนงาน ดังนั้น เครื่องมือในการบดอัดควรประกอบไปด้วยเครื่องกระทุ้ง (Tamper) และเครื่องจักร (Rammers) ดังได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 1.1.1



ภาพประกอบที่ 1.1.1 การบดอัด Slope ด้วยเครื่องกระทุ้ง (Tamper) หรือเครื่องเจาะ (Rammer)

7. เมื่อมีการถมใหม่นั้นจะเป็นงานที่ค่อนข้างยาก เนื่องจากความลาดชันของ Slope ซึ่งถูกกำหนดโดยองค์ประกอบข้างต้น จึงต้องมีการวางถุงทรายไว้บริเวณผิว Slope หลังจากงานถมแล้ว เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงวัสดุงานถมเคลื่อนตัว



ภาพประกอบที่ 1.1.2 การป้องกันวัสดุถมโดยใช้ถุงทราย

8. เพื่อป้องกัน Cut Slope ที่ได้รับการถมแล้วจากการกัดเซาะและการชะล้าง สภาพของ Slope ควรเหมือนกับตอนออกแบบ ทั้งนี้ รวมถึงมาตรการป้องกันต่าง ๆ เช่น ระบบระบายน้ำผิว Slope ระบบระบายน้ำใต้ผิว การปลูกพืชคลุม หรืองานโครงสร้างที่ได้คัดเลือกได้

(2) การถมใหม่บน Slope งานถมเดิม

- การใช้งาน

การถมใหม่บริเวณ Slope งานถมเดิมจะดำเนินการเพื่อที่จะซ่อมแซมส่วนของ Slope ที่มีการพังทลายเนื่องจากการกัดเซาะ

- วัสดุ

ดิน ดินซีเมนต์ (Soil Cement) และถุงทราย

- สรุปการออกแบบและการก่อสร้าง

1. ในการดำเนินงานถมอย่างง่ายนั้นจะใช้วิธีการ Bench Cutting หากบริเวณที่ Slope พังทลายนั้นมีความลาดชันสูง Bench Cutting จะดำเนินการตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1.1.1

2. ชั้นถมใหม่จะต้องมีความหนา 20 ซม.

3. เมื่อมีการถมใหม่ ความลาดชันของ Berm ความกว้างของ Berm และความลาดของ Slope ระหว่าง Berm ควรจะมีการออกแบบและก่อสร้างให้เหมือนกับ Slope เดิม

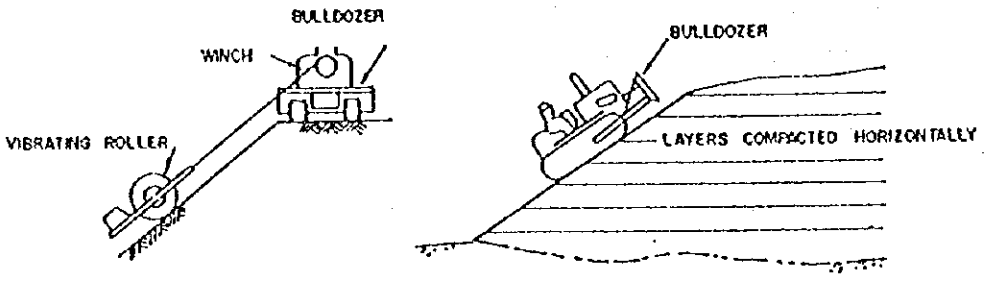
4. ความลาดชันมาตรฐาน ความกว้างของ Berm และความสูงของ Slope ระหว่าง Berm ในบริเวณที่มีการถมจะกำหนดโดยสภาพทางธรณีวิทยาดังแสดงในตารางที่ 1.1.3

ตารางที่ 1.1.3 โครงสร้างของงานถม Fill Slope ตามสภาพทางธรณีวิทยา

ประเภท	สภาพทางธรณีวิทยา		
	ดิน	หินอ่อน	หินแข็ง
ความลาดชัน Slope	2.0 : 1	-	-
ความกว้างของ Berm	2.0 เมตร	-	-
ความสูงของ Slope ระหว่าง Berm	น้อยกว่า 5.0 เมตร	-	-

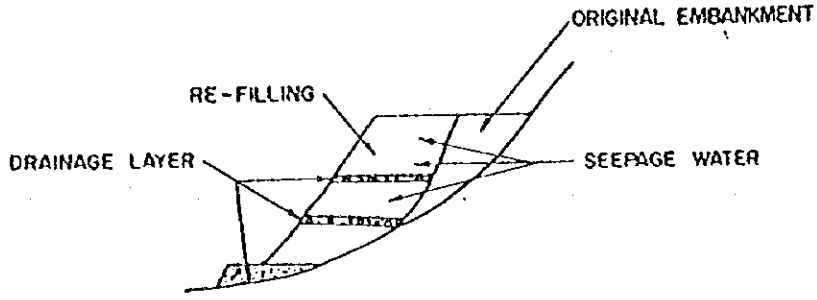
5. จากประสบการณ์ในอดีต Slope งานถมที่มี Berm ด้วยควรจะมีความสูงน้อยกว่า 20 ม. เมื่อไม่สามารถทำได้ในระดับดังกล่าว วัสดุที่ใช้ถม ความกว้างของ Berm ความลาดชันของ Slope ระหว่าง Berm งานโครงสร้าง และอื่น ๆ ควรจะมีการพิจารณาใหม่ในขั้นตอนการออกแบบ

6. ในกรณีการถมใหม่บน Slope งานถมเดิม เครื่องจักรบดอัดขนาดใหญ่ดังได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 1.1.3 สามารถที่จะนำมาใช้ได้ อย่างไรก็ตามบริเวณที่แคบก็ควรจะใช้เครื่องจักรที่มีขนาดเล็ก



ภาพประกอบที่ 1.1.3 การบดอัด Slope ด้วยรถบดสั่นสะเทือน (Vibrating Roller) และ Bulldozer

7. ขณะดำเนินการถมบนพื้นลาดเอียงซึ่งอาจมีน้ำใต้ดินได้ ชั้นระบายน้ำของทุก Berm จะต้องรวมอยู่ในการก่อสร้าง ดังได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 1.1.4



ภาพประกอบที่ 1.1.4 ชั้นระบายน้ำ Berm ในงานถมใหม่บน Slope งานถมเดิม

8. เพื่อป้องกันงานถมจากการกัดเซาะและการชะล้าง สภาพของ Slope ควรจะเหมือนกับตอนออกแบบ ทั้งนี้ รวมถึงมาตรการป้องกันต่าง ๆ เช่น ระบบระบายน้ำผิว Slope ระบบระบายน้ำใต้ผิว การปลูกพืชคลุมหรืองานโครงสร้างที่ได้คัดเลือกไว้

1.1.2 การจัดใหม่ (Recutting)

- การใช้งาน

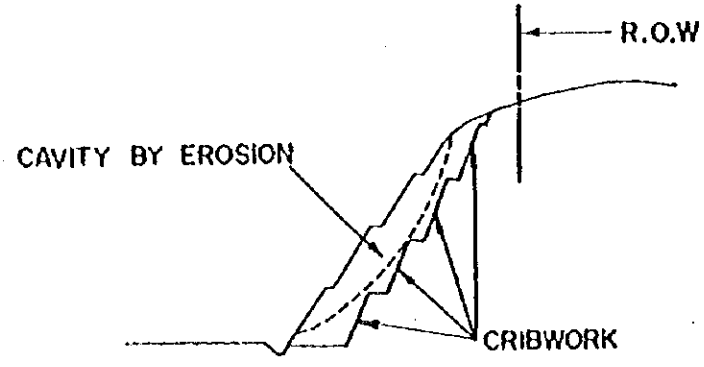
การตัดใหม่จะดำเนินการเพื่อคงเสถียรภาพของ Slope งานตัด ซึ่งความไม่มีเสถียรภาพของ Slope จะมาจากปัจจัยดังต่อไปนี้

1. Slope เกิดการกัดเซาะมาเป็นเวลานาน
2. การพังทลายของดิน/หิน (Landslides) และ
3. มีหินตั้งอยู่บริเวณที่ลาดชันสูง

- สรุปการออกแบบและการก่อสร้าง

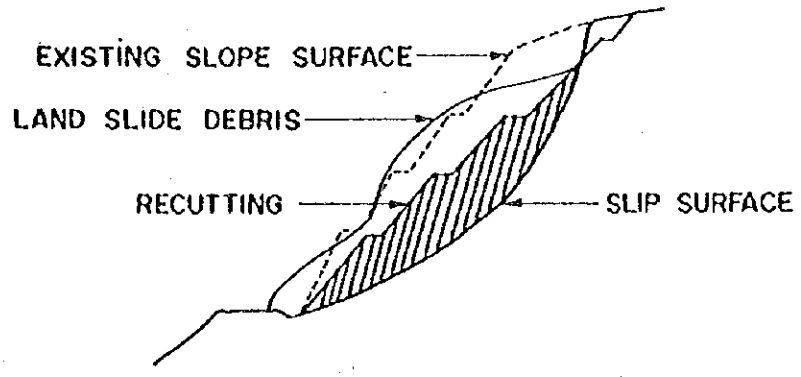
1. เมื่องานตัดใหม่ได้ดำเนินการในบริเวณ Slope งานตัดที่มีเสถียรภาพ การกำหนดความลาดของ Berm ความกว้างของ Berm และความลาดของ Slope ระหว่าง Berm ได้อ้างไว้แล้วในตารางที่ 1.1.2 ของบทที่ 1.1.1

2. ในกรณีของการกัดเซาะ งานตัดใหม่ควรจะดำเนินการในกรณีที่การกัดเซาะนั้นเกิดมาเป็นเวลานาน นั่นคือการใช้ระบบระบายน้ำ การปลูกหญ้า และงานโครงสร้างจะทำไม่ได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อมีข้อจำกัดทางด้านเขตทาง Cribwork สามารถที่จะดำเนินการเพื่อให้ Slope เกิดเสถียรภาพ ในกรณีนี้ควรจะพิจารณาทางด้านประสิทธิภาพของต้นทุน (Cost-effectiveness) ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ นอกเหนือไปจากนั้นงานระบายน้ำและงานปลูกหญ้าควรดำเนินการเพื่อป้องกันการกัดเซาะด้วย



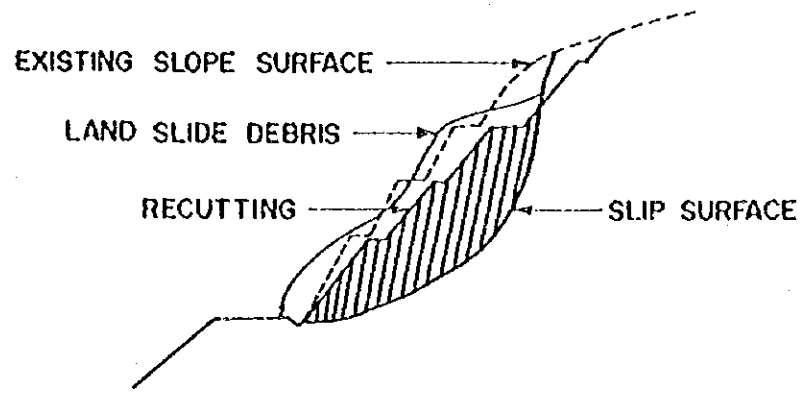
ภาพประกอบที่ 1.1.5 Cribwork

3. ในกรณีของการพังทลายของดิน/หิน เป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องใช้ดินทรายจากการพังทลายเพื่อตัด Slope ใหม่ โดยให้มีความลาดชันน้อยกว่า Slope เดิม อย่างไรก็ตาม หาก Slope ที่ตัดใหม่นั้นมีความลาดชันน้อยกว่า Slope เดิม ก็ยังเป็นไปได้ที่จะเกิดการพังทลายอีก ทั้งนี้ เนื่องจากมีการขนย้ายวัสดุจากฐานบริเวณที่เกิดการพังทลายเดิมมากเกินไป (ดูภาพประกอบที่ 1.1.6)



ภาพประกอบที่ 1.1.6 การตัด Slope ใหม่โดยใช้ดินที่พังทลายลงมา (1)

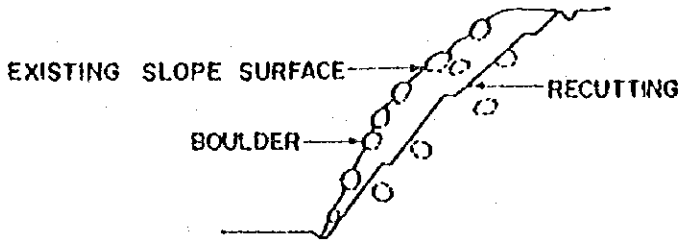
ด้วยเหตุนี้จึงมีความสำคัญที่จะต้องขุดดินส่วนบนของบริเวณที่พังทลายออก เมื่อมีการตัด Slope ใหม่ โดยให้มีความลาดชันน้อยลงกว่าเดิม



ภาพประกอบที่ 1.1.7 การตัด Slope ใหม่โดยใช้ดินที่พังทลายลงมา (2)

เป็นเรื่องสำคัญมากที่จะต้องมีการคำนวณเสถียรภาพของดิน และต้องมีการรับรองเสียก่อน วิธีการคำนวณและค่าความปลอดภัย (Safety Factor) ได้อธิบายไว้ในบทที่ 1.3.1

4. ในกรณีที่มีการตัดใหม่บริเวณที่มีหินตั้งอยู่บนพื้นที่ความลาดชันสูง เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าความลาดชันของ Slope ที่ปลอดภัย โดยการพิจารณาความแข็งของพื้น Slope (ดูภาพประกอบที่ 1.1.8) รวมทั้งควรมีการสำรวจเหตุของหินร่วง และการศึกษาเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพของต้นทุน รวมทั้งศึกษาความเหมาะสมทางด้านเทคนิคระหว่างการตัดใหม่กับวิธีการก่อสร้างแบบอื่น เพื่อให้ได้วิธีการที่เหมาะสมที่สุด



ภาพประกอบที่ 1.1.8 การตัดผิว Slope ที่ไม่มีเสถียรภาพใหม่

1.1.3 Cribwork

โดยทั่วไปงาน Cribwork จะมี 3 ประเภทคือ 1. โดยใช้คอนกรีตหล่อสำเร็จ 2. โดยใช้คอนกรีตที่ขึ้นรูปในพื้นที่ และ 3. โดยการฉีดคอนกรีต การใช้งาน วัสดุ และงานออกแบบของทั้ง 3 ประเภทมีดังนี้

(1) คอนกรีตหล่อสำเร็จ

- การใช้งาน

คอนกรีตหล่อสำเร็จจะใช้ในบริเวณที่ Slope มีความลาดชันเกิน 1.0:1 และจะมีประสิทธิภาพในสถานการณ์ดังต่อไปนี้

1. บริเวณ Slope งานตัดที่มีน้ำผุด
2. ในบริเวณที่มีการกัดเซาะเป็นเวลานาน และการชะล้างพังทลายเนื่องจากน้ำฝน
3. ในบริเวณที่ดินไม่เหมาะในการปลูกหญ้า แต่โดยสภาพแล้วจะต้องมีการปลูก
4. ในบริเวณที่มีการปลูกหญ้าแล้ว แต่เกรงว่า Slope จะพังทลายลงมาอีก

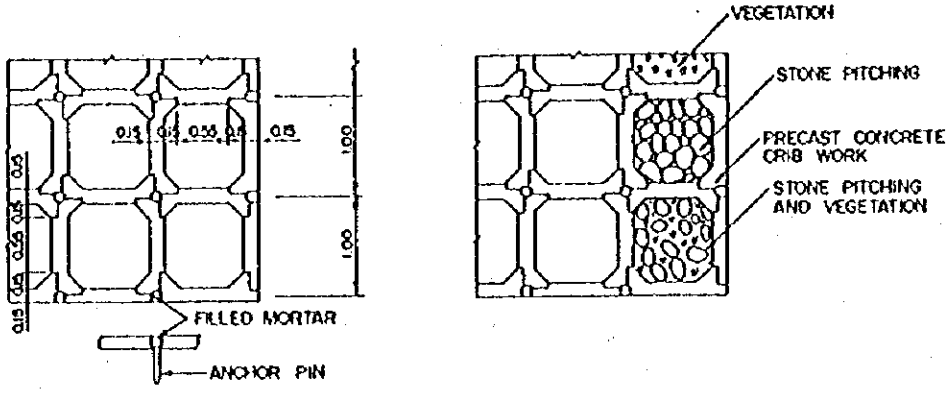
- วัสดุ

บล็อคคอนกรีตหล่อสำเร็จ บล็อคคอนกรีตสำหรับโครงสร้าง และโฟม

- การออกแบบ

1. ระยะของ Crib คือ 1 ม. ขนาดของ Crib ภายในคือ 15x15 ซม. หรือ 15x20 ซม.

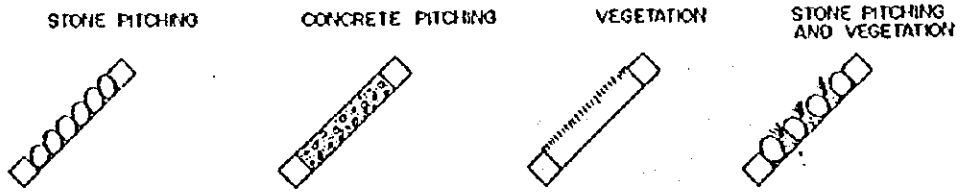
2. เพื่อป้องกัน Crib เลื่อนตัว ช่องว่างระหว่าง Crib จะยาด้วยยางมะตอย หลังจากที่เสียบหมุดขนาด 50-100 ซม. ลงไปในดิน และมัดลวดจากปลายแต่ละก้อนเข้าด้วยกันแน่นแล้ว (ดูภาพประกอบที่ 1.1.9)



ภาพประกอบที่ 1.1.9 ตัวอย่างงาน Cribwork คอนกรีตหล่อสำเร็จ

3. ภายในคอก (Crib) จะใช้ดินที่มีสารอาหารเพียงพอ เพื่อให้แน่ใจว่าหญ้าที่ปลูกนั้นแข็งแรง การใช้หินและบล็อคคอนกรีตดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.1.10 จะใช้ในกรณีดังต่อไปนี้

   1. ความลาดชันของ Slope มากกว่า 1.2 : 1 และ
   2. มีน้ำซับค่อนข้างมาก



ภาพประกอบที่ 1.1.10 ตัวอย่างการทำงานภายใน Crib

4. ในกรณีที่มีน้ำผุดจาก Slope จะใส่ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบ Branch-Line หรือแผ่นซับน้ำ (Water-Absorption Mats) เพื่อป้องกัน Slope จากการถูกชะล้างก่อนที่จะดำเนินการ

5. นอกเหนือจากนี้จำเป็นที่จะต้องมีการพิจารณาการยืดตัวของกรวด และปัญหาการชะล้างของหินขนาดเล็กในขั้นตอนการออกแบบ

(2) งานคอนกรีตขึ้นรูปในพื้นที่

- การใช้งาน

จะใช้งานคอนกรีตหล่อสำเร็จในกรณีที่ Slope มีความลาดชันเกินกว่า 1.0:1 และจะมีประสิทธิภาพ ในสถานการณ์ดังต่อไปนี้

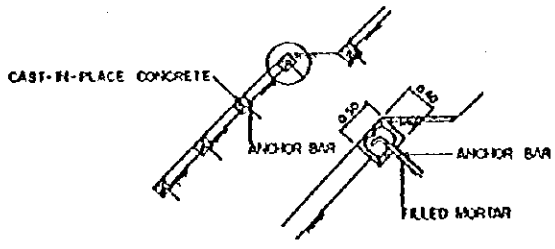
1. เมื่อเสถียรภาพของ Slope ในอนาคตยังเป็นปัญหา (ตัวอย่างเช่น Slope ที่เป็นหินผุและมีน้ำผุด หรือ Slope ขนาดใหญ่)
2. เมื่อเกรงว่าการใช้ Cribwork แบบหล่อสำเร็จอาจพังทลาย
3. เมื่อหินไม่สามารถยึดกับฐานได้โดยวิธี Shotcrete ทั้งนี้ เนื่องจากรอยต่อและรอยแตกบริเวณฐาน

- วัสดุ

คอนกรีตสำหรับงานโครงสร้าง โฟม เหล็กเสริม

- การออกแบบ

1. Crib จะขึ้นรูปในพื้นที่โดยใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก
2. ขนาดของ Crib อยู่ระหว่าง 0.3 x 0.3 ม. ถึง 0.6 x 0.6 ม. โดยมีช่วงระยะกว้าง 5-10 เท่าของขนาด Crib
3. ความชันของ Slope จะขึ้นอยู่กับความแข็งของดิน และเหล็กยึดจะใช้บริเวณจุดตัดของ Crib เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัว (ดูภาพประกอบที่ 1.1.11)



ภาพประกอบที่ 1.1.11 งาน Cribwork คอนกรีตขึ้นรูปในพื้นที่

4. การลงหิน คอนกรีต การเรียงหินยาแนว งานปลูกหญ้า และอื่น ๆ จะใช้ในการป้องกัน Slope ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพของ Slope

(3) โดยการฉีดคอนกรีต

- การใช้งาน

1. ใช้ในกรณีเดียวกับการขึ้นรูปในพื้นที่ แต่ง่ายกว่า และสามารถใช้บริเวณ Slope ที่ไม่ราบเรียบ การฉีดคอนกรีตสามารถที่จะขึ้นรูป Slope ได้

2. ใช้กับ Slope ที่มีส่วนยื่นออกมาได้

3. การฉีดคอนกรีตมีผลมากในการเสริมความแข็งแรงของโครง Crib ขนาดเบา

- วัสดุ

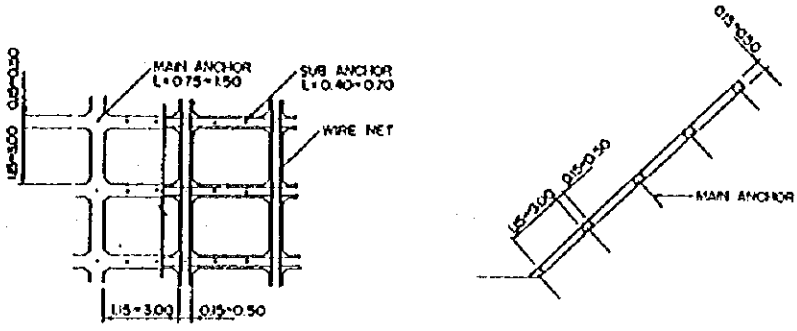
คอนกรีตที่จะใช้ในการฉีด Crib ตาข่ายเหล็กขนาดเบา หัวฉีดคอนกรีต

- การออกแบบ

1. Crib คอนกรีตเสริมเหล็กจะทำบริเวณหน้างาน โดยใช้ Shotcrete

2. ขนาดของ Crib จะอยู่ระหว่าง 0.15 x 0.15 ม. ถึง 0.5 x 0.5 ม. โดยใช้ช่วงระยะกว้าง 5-10 เท่าของขนาด Crib

3. ระหว่างจุดตัดของ Crib จะยึดด้วยเหล็กเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัว (ดูภาพประกอบที่ 1.1.12)



ภาพประกอบที่ 1.1.12 Cribworks โดยการฉีดคอนกรีต

4. การลงหิน คอนกรีต การทำ Shotcrete การเรียงหินยาแนว และการปลูกหญ้า จะใช้ในการป้องกัน Slope ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพของ Slope

5. การผสมคอนกรีตจะเหมือนกับการทำ Shotcrete นั่นคืออัตราส่วนน้ำหนักของซีเมนต์ ทราย และกรวด คือ 1:3:2 และอัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์เป็น 45%

1.1.4 งานปลูกพืชคลุม

- วัสดุอุปกรณ์

วัตถุประสงค์ในการปลูกพืชคลุม เพื่อที่จะป้องกันการกัดเซาะจากน้ำที่ไหลผ่านผิวหน้าดินและเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหน้าดิน รวมทั้งเพื่อความสวยงามของพื้นที่

- การใช้งาน

1. การเลือกชนิดของงานปลูกหญ้าจะขึ้นอยู่กับสภาพของความลาด อย่างไรก็ตาม งานปลูกหญ้าไม่สามารถดำเนินการได้ใน 3 สถานการณ์ดังนี้คือ

   1) บริเวณที่แรงแตดส่องไม่ถึงเนื่องจากถูกโครงสร้าง เช่น สะพาน สะพานยาว (Viaduct) และอื่น ๆ บดบังอยู่

   2) ความเป็นกรดของดินค่อนข้างสูง

   3) เมื่อ Slope มีความลาดชันสูง (0:6:1 หรือน้อยกว่า)

2. ในการคัดเลือกชนิดของงานปลูกหญ้าที่เหมาะสมนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการสำรวจ Slope โดยพิจารณาหัวข้อดังต่อไปนี้

   1) ความลาดชันของ Slope

   เมื่อความลาดชันของ Slope น้อยกว่า 1:2:1 ในกรณีของหินอ่อน (Soft Rock) หรือดินเหนียว หรือน้อยกว่า 1:5:1 ในกรณีของทรายหรือดินร่วน งานปลูกหญ้าเพียงอย่างเดียวก็อาจป้องกันการกัดเซาะเนื่องจากน้ำหรือการพังทลายของหน้าดินได้ อย่างไรก็ตาม หากความลาดชันสูงกว่านี้จะเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากในการคงเสถียรภาพของ Slope โดยการปลูกหญ้าเพียงอย่างเดียว ดังนั้นงานอื่น ๆ เช่น Cribwork และ Wicker Work ควรจะดำเนินการร่วมไปด้วย

   2) บริเวณ Slope ที่เป็นหิน, ดิน และความแข็งของดิน

   โดยการใช้ผลจากการสำรวจ Slope ชนิดของงานปลูกหญ้าที่ใช้งานบริเวณ Slope สามารถกำหนดได้โดยใช้ ตารางที่ 1.1.4

ตารางที่ 1.14 งานปลูกหญ้าตามประเภทดิน

Type of Work	CUT SLOPE						FILL SLOPE		
	Sand	Sandy Soil, Sandy Soil with Gravel or Rock		Clayey Soil, Clayey Soil with Gravel or Rock, Clay		Hard Clay, Weathered Soft Rock Mudstone	Sandy Soil, Sandy Soil Soft Rock, Mudstone	Clayey Soil, Clayey Soil with Gravel or Rock	Sand
		Hardness of Soil		Hardness of Soil					
		≤ 27 mm.	27 mm. ≤	≤ 27 mm.	27 mm. ≤				
Block Sodding	A	A		A			A	A	A
Strip Sodding							A	A	
Seed Packet Work			A		A	A			
Pick-hole Seeding Work			A		A	A			
Seed Spraying with a Pump	B	B		B			A	A	C
Seed-mix Spraying with a Gun	A	A	A	A	A	A			A

A : Applicable Geology

B : Applicable for Fertile Soil with Soil Hardness Test Result < to 23 mm

C : Applicable when Laying Top Soil

ความแข็งของดินจะถูกวัดขึ้นเพื่อกำหนดว่า รากของพืชสามารถหยั่งลึกลงไปในดินชนิดใดได้บ้าง โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว เส้นผ่าศูนย์กลางและรากพืชจะต้องน้อยกว่ารูพรุนในดินเสมอ (โดยทั่วไปรากพืชจะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 มม.) หรือแรงที่รากพืชสามารถจะทะลุทะลวงเข้าไปได้นั้น จะต้องมากกว่าแรงเสียดสีของเม็ดดิน

ในการวัดความแข็งของดินซึ่งสามารถยืนยันประเภทของงานปลูกพืชที่เหมาะสมนั้น จะใช้เครื่องทดสอบความแข็งของดินดังได้แสดงในภาพประกอบที่ 1.1.13

ภาพประกอบที่ 1.1.13 เครื่องทดสอบความแข็งของดินชนิด Yamanaka-Type

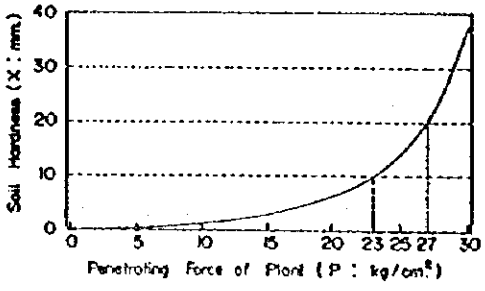
โดยทั่วไปแรงทะลุทะลวงของการเจริญเติบโตของรากพืชจะเป็น 10 กก./ซม.^{2} ซึ่งเท่ากับ 23 มม. หากใช้เครื่องทดสอบข้างต้น และโดยที่ดินมีรูพรุนที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้กำหนดให้ ค่าที่พืชเจริญเติบโตได้เป็น 27 มม. หากใช้เครื่องทดสอบหรือเท่ากับแรงทะลุทะลวง 20 กก./ซม.^{2} ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของดินและแรงทะลุทะลวงของพืช ได้แสดงไว้ในรูปสมการตามภาพประกอบข้างล่าง

$$P = \frac{100 \times}{0.7952\ (40-X)^2}$$

โดยที่

P = แรงทะลุทะลวงของพืช (กก./ซม.^{2})

X = ความแข็งของดิน (มม.)



Soil hardness test result (mm)	Applicable vegetation work
0 ~ 9	Block sodding, spot sodding, stripe sodding Erosion control with local material.
9 ~ 21	Erosion control with local material, Spot sodding.
21 ~ 27	Erosion control with local material, seed packet work.
27 ~ 30	Seed packet work, pick-hole seedling work.
30 ~ Soft rock	Seed spraying with pump, Seed-mixed spraying with a gun.
Soft rock ~ Hard rock	Seed spraying with pump, Seed-mixed spraying with a gun.

ภาพประกอบที่ 1.1.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของดิน และแรงทะลุทะลวงของพืช

3. ความเป็นกรดของดิน

เมื่อดินมีความเป็นกรดสูง (PH ประมาณ 4 หรือน้อยกว่า) จะเป็นผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินควรจะทำการวัดและดำเนินการหากพบว่าดินมีความเป็นกรดสูงเกิน

เมื่อวัสดุที่ใช้ในการถม slope มีค่าความเป็นกรดสูง ควรทำให้เป็นกลางโดยรวม alkaline carbonic acidic calcium

ในกรณี slope งานถมโดยทั่วไปจะค่อนข้างยากในการลดความเป็นกรดของดิน อย่างไรก็ตามจะมีวิธีการหนึ่งก็คือ การใส่ดินใหม่ซึ่งผสมด้วย carbonic acidic calcium แล้วจึงดำเนินการปลูกหญ้าโดยใช้ถุงบรรจุเมล็ดและชุดหลุมหยอดเมล็ด

เมื่อมีน้ำผุดเกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็น slope บริเวณงานถมหรืองานตัด การพ่นเมล็ดพร้อมส่วนผสมโดยให้มีความหนามากกว่าปรกตินั้นค่อนข้างจะเป็นวิธีการที่ได้ผล ในที่นี้เมล็ดจะถูกผสมกับ binder เพื่อป้องกันการถูกชะล้าง มาตรการที่มีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่งคือ cribwork โดยใช้หินและดิน

- การออกแบบ

1. การคัดเลือกพันธุ์พืชและการคัดเลือกเมล็ด

สำหรับงานปลูกหญ้านั้น จะเลือกวิธีการปลูก 3 ประเภทขึ้นไปหลังจากพิจารณาทางด้านภูมิภาค (อุณหภูมิ, ปริมาณน้ำฝน) สภาพดิน (ประเภทดิน, ความชัน, ความชื้น) การเจริญเติบโต และอายุของพืชพันธ์ รวมทั้งวัตถุประสงค์ของงานปลูกพืช

ในกรณีการปลูกหญ้านั้นค่อนข้างง่ายที่จะเจริญเติบโต แต่ต้องการปุ๋ยจำนวนมาก และโดยที่รากหญ้าค่อนข้างตื้นจึงไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกัน slope จากการพังทลาย หากเป็นต้นไม้จะมีการเจริญเติบโตช้า แต่มีรากลึก และสามารถคงเสถียรภาพของ slope ได้ดี ส่วนใหญ่ต้นไม้จะไม่ต้องการปุ๋ยอีกด้วย

จากพื้นฐานที่ได้กล่าวมาแล้ว ในกรณีทางการป้องกันการกัดเซาะ slope สามารถกล่าวได้ว่าการปลูกหญ้าเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพในระยะสั้น ในขณะที่การผสมผสานระหว่างการปลูกต้นไม้และการปลูกหญ้าจะมีประสิทธิภาพในระยะยาว ทั้งนี้ เนื่องจากต้องการการบำรุงรักษาเพียงเล็กน้อย

สำหรับปริมาณเมล็ดหญ้าที่จะใช้นั้น สามารถหาได้โดยสมการ

$$W = \frac{G}{S \times \frac{P}{100} \times \frac{B}{100}}$$

โดยที่ W = ปริมาณเมล็ด (กรัม /ม^2)

G = จำนวนเมล็ดที่คาดว่าจะงอก (เมล็ด/ม^2)

S = จำนวนเมล็ดต่อกรัมเฉลี่ย (เมล็ด/กรัม)

P = จำนวนเมล็ดดีต่อ 100 เมล็ด (จำนวน)

B = จำนวนเมล็ดงอกจริงต่อ 100 เมล็ด (จำนวน)

K = ค่าสัมประสิทธิ์ (coefficient) สำหรับสภาพงานต่าง ๆ

สำหรับค่า K นั้น เนื่องจากประเทศไทยมีประสบการณ์เพียงเล็กน้อยในงานปลูกพืช จึงได้มีค่าต่ำสุดนี้ใช้อยู่ในประเทศญี่ปุ่นมาประยุกต์และปรับปรุงภายหลัง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับผลการทำงาน

สำหรับชนิดของหญ้าที่จะปลูก จะขึ้นอยู่กับสถานที่ดำเนินงาน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการทดลองบริเวณหน้างาน ประเภทของหญ้าที่เหมาะสมสำหรับการปลูก เพื่อช่วยในกระบวนการคัดเลือกสายพันธุ์ สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

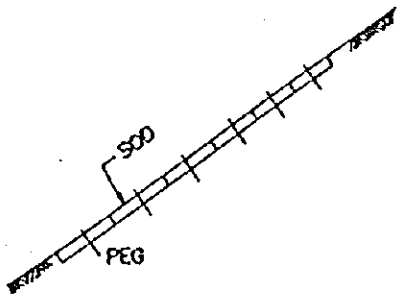
ชื่อสามัญ (ชื่อทางวิทยาศาสตร์)	จำนวนเมล็ดดี/ 100 เมล็ด	เปอร์เซ็นต์ การงอก
Ruzi Grass (Brachiaria Ruziziensis)	70	50
Common Bermuda Grass (Cynodon Dactylon)	50	30
Creeping Signal Grass (Brachiaria Humidicola)	-	-
Star Grass (Cynodon Plectostachyus SPP.)	-	-
Weeping Love Grass (Eragrostis Parviflora)	50	30
Goose Grass (Eleucine Indica)	40	25
Regume (Stylosanthes Hamata)	70	30

2. ลักษณะและวัสดุตามประเภทของงานปลูกพืช

โดยสังเขป : ลักษณะและวัสดุตามประเภทของงานปลูกพืชสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การปลูกโดยใช้หญ้าแผ่น (Block Sodding) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.1.15 จะวางแผ่นหญ้าผังหน้า solpe ทั้งหมดและยึดด้วยหมุด โดยเริ่มจากด้านบนลงมาสู่ด้านฐาน slope หลังจากนั้นจะโรยปุ๋ยและดินบาง ๆ แผ่นหญ้าควรจะวางให้ยอบเหลื่อมกับหญ้าแผ่นที่วางก่อน

ลักษณะ : ใช้กับดินที่มีแนวโน้มที่จะเกิดการกัดเซาะ
วัสดุ : แผ่นหญ้า, หมุดยึดแผ่นหญ้า, ปุ๋ย

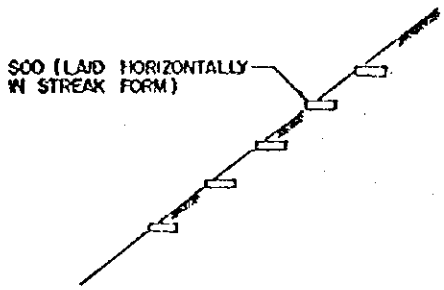


ภาพประกอบที่ 1.1.15 การปลูกโดยใช้หญ้าแผ่น (Block Sodding)

2) การปลูกเป็นแนวยาว (Stripe Sodding)

โดยสังเขป : ดังได้แสดงในภาพประกอบที่ 1.1.16 จะวางแผ่นหญ้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตัดเป็นแถวยาวโดยเริ่มจากฐาน slope หลังจากปูแผ่นหญ้าแล้วจะคลุมด้วยดินประมาณ 2/3 ของแผ่นหญ้า แล้วจึงทำแนวใหม่ การทำเช่นนี้เรียกว่า stripe sodding

ลักษณะ : ใช้สำหรับ slope งานถม
วัสดุ : แผ่นหญ้า ดินชั้นบน



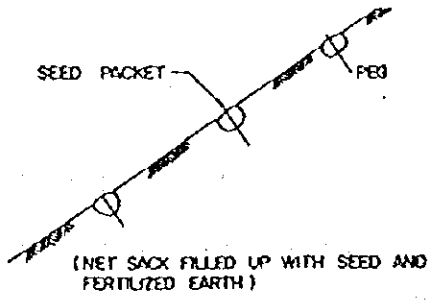
ภาพประกอบที่ 1.1.16 การปลูกโดยวางแผ่นหญ้า

3) ถุงใส่เมล็ด (Seed Packet Work)

ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.1.17 จะขุดหลุมเป็นระยะเท่า ๆ กันตามแนวยาว และใส่ถุง ซึ่งบรรจุปุ๋ย ดิน เมล็ด และสับฟ่างลงในแต่ละหลุมแล้วยึดด้วยหมุด ระยะห่างระหว่างหลุมประมาณ 50 ซม. หรือประมาณ 6 ถุงต่อตารางเมตร

ลักษณะ : งานใช้ถุงใส่เมล็ดจะใช้กับ slope งานตัด และโดยที่ใช้ถุงด้วย ดังนั้น เมล็ดปุ๋ยและดินจะไม่ถูกชะล้างได้ง่าย และเป็นไปได้ที่จะใช้วิธีการนี้กับ slope ที่มีความลาดชันสูง

วัสดุ : ถุง Polyethylene, เมล็ด, ปุ๋ย, ต้น หมุดยึด



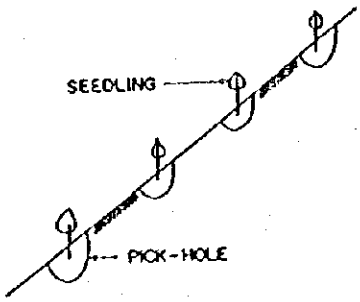
ภาพประกอบที่ 1.1.17 งานใช้ถุงใส่เมล็ด

4) งานขุดหลุมปลูกกล้าไม้

โดยสังเขป : ดังได้แสดงในภาพประกอบที่ 1.1.18 หลังจากขุดหลุมและใส่ปุ๋ยแล้วจะใส่กล้าไม้ลงไป พร้อมทั้งไม้พยุงต้นอ่อน

ลักษณะ : การขุดหลุมปลูกกล้าไม้จะดำเนินการบริเวณ slope งานตัดเพื่อป้องกันสภาพแวดล้อม และปรับปรุงสภาพภูมิทัศน์ ในส่วนที่ไม่ได้ดำเนินการปลูกกล้าไม้ ก็สามารถดำเนินงานนั้นได้

วัสดุ : กล้าไม้ ปุ๋ย ไม้พยุง



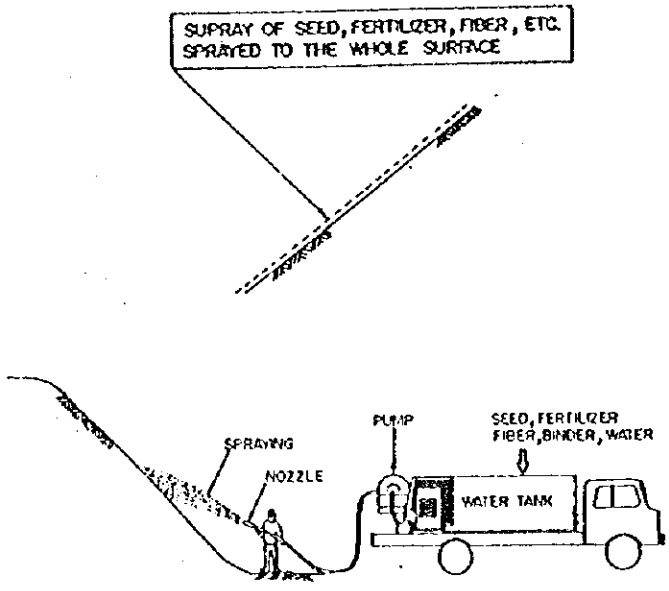
ภาพประกอบที่ 1.1.18 งานขุดหลุมปลูกกล้าไม้

5) การพ่นเมล็ด (Seed Spraying)

โดยสังเขป : ดังได้แสดงในภาพประกอบที่ 1.1.19 เมล็ด, เส้นใย และตัวประสาน (binder) จะถูกผสมด้วยน้ำ แล้วพ่นบน slope ด้วยเครื่องพ่น

ลักษณะ : การพ่นเมล็ดใช้กับ slope งานถมและงานตัดที่มีดินอ่อน วิธีการนี้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับที่ลุ่มและมีความลาดน้อย

วัสดุ : เมล็ด ปุ๋ยอย่างดี เส้นใย (pulp, เส้นใยไม้อื่น ๆ) ตัวประสาน (polyvinyle alcohol, polyvinyle acelate และอื่น ๆ)



ภาพประกอบที่ 1.1.19 การพ่นเมล็ด

6) Hydroseeding

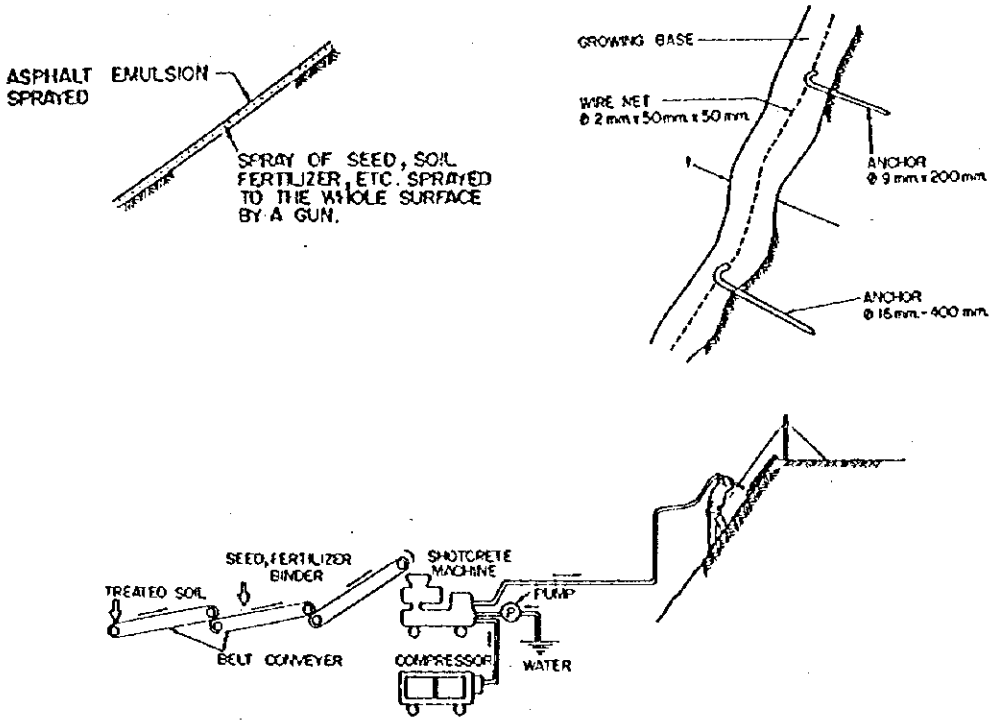
โดยสังเขป : ดังได้แสดงในภาพประกอบที่ 1.1.20 ส่วนผสมของเมล็ด ปุ๋ย ดิน และน้ำ จะฉีดบนดิน slope ด้วยหัวฉีด หลังจากนั้นจึงพ่นน้ำยาป้องกันการกัดเซาะลงบน slope

ในกรณีที่ผิว slope เป็นดิน ส่วนผสมดังกล่าวข้างต้นจะถูกพ่นจนกระทั่งมีความหนา 1-2 ซม. ในกรณีที่เป็นหินอ่อน ส่วนผสมจะพ่นบนตาข่ายลี่เพื่อป้องกันส่วนผสมร่วงลงมาจนกระทั่งมีความหนา 2-3 ซม.และในกรณีที่ผิว slope เป็นหินแข็งจะไม่ใช้วิธีการนี้ อย่างไรก็ตาม หากมีเหตุผลทางด้านสภาพแวดล้อมที่จำเป็นที่จะต้องมีการดำเนินการ ส่วนผสมจะต้องพ่นให้ได้ความหนาเกินกว่า 5

ชม. จะต้องคำนึงว่าหากเป็นดินแล้วส่วนผสมเดิมจะมีการแทนที่ด้วยตัวประสาน (binder) เพื่อให้แน่ใจว่าส่วนผสมจะไม่หล่นลงมา

ลักษณะ : วิธีการนี้จะใช้บริเวณ slope งานตัด และสามารถพ่นเมล็ด ปุ๋ย และส่วนผสมดินที่มีส่วนผสมของดินสูงได้ วิธีการนี้สามารถใช้ได้กับบริเวณที่สูงหรือบริเวณที่มีความลาดชันสูง และ slope ดินปนหิน

วัสดุ : เมล็ด ปุ๋ยอย่างดี ดิน ซึ่งมีหินขนาดน้อยกว่า 6 มม. ปนอยู่ไม่เกิน 5% ผสมกับส่วนผสมหรือสิ่งที่คล้าย ๆ กัน) น้ำยาป้องกันการกัดเซาะ (ยางมะตอยน้ำ) ตัวประสาน (ปอร์ดแสนซีเวนด์, High polymer plastics), น้ำ และตาข่าย



ภาพประกอบที่ 1.1.20 Hydroseeding

1.1.5 Shotcrete

- การใช้งาน

1. สำหรับ slope ที่ไม่มีน้ำผุดและหินที่ง่ายต่อการชะล้าง
2. สำหรับ slope ที่มีหินผุใกล้ร่วง
3. สำหรับ slope หินที่มีรอยแตกและรอยต่อ
4. สำหรับ slope ที่มีหินค้างอยู่
5. สำหรับ slope งานตัดที่แร่งก่อสร้างเสร็จและมีเสถียรภาพ แต่เกรงว่าน้ำซับบนผิวจะทำให้ slope ขาดเสถียรภาพได้
6. สำหรับ slope ที่มีดินโคลน (mudstone) และงานปลูกพืชไม่เหมาะสม

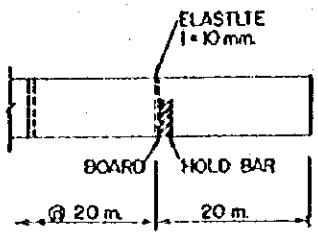
- วัสดุ

คอนกรีตชนิด spray - type, ตาข่ายลวดชนิด diamond-shaped (2 มม. x 50 มม.) หมุดยึด (16 มม. x 40 ซม.), ท่อ PVC (50 มม.) เครื่องพ่นคอนกรีต

- การออกแบบ

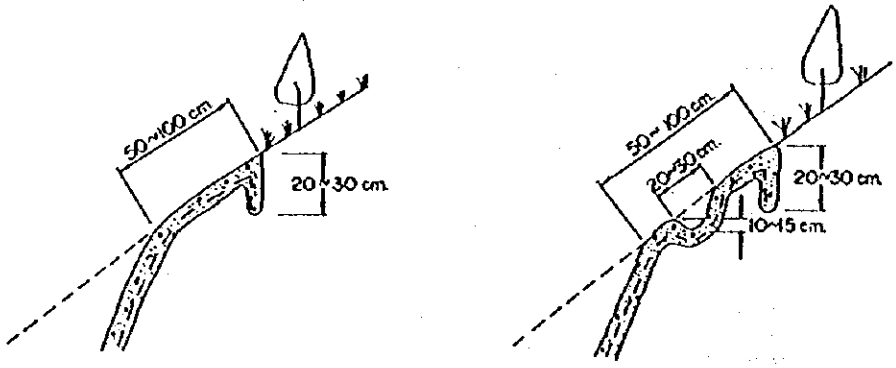
1. โดยทั่วไปจะพ่นคอนกรีตหนาประมาณ 10 ซม. ในกรณีที่ผิว slope เป็นหิน และเป็นดินเหนียวความหนาประมาณ 15 ซม. จะเหมาะสม
2. เพื่อป้องกันรอยแตกของคอนกรีตหลังจากแห้งแล้ว และเพื่อป้องกันคอนกรีตจากการหลุดร่อน คอนกรีตจะต้องใส่ไว้ด้วยตาข่ายลวดแบบ Diamond-Shaped (2 มม. x 50 มม.) เมื่อมีความจำเป็นก็สามารถใช้เหล็กเสริมทดแทนได้
3. หลังจากอัดคอนกรีต ตาข่ายลวดจะเกาะติดกับ slope ด้วยหมุด (16 มม x 40 มม.) โดยมีระยะห่างของหมุดอย่างน้อย 1 หมุด ต่อตารางเมตร
4. เมื่อก่อสร้างรูระบายน้ำ จะใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม. ทุก 2-4 ตารางเมตร
5. คอนกรีตที่จะใช้จะมีอัตราส่วนน้ำหนัก 1:3:2 สำหรับซีเมนต์ ทราย และกรวด ตามลำดับ โดยมีอัตราส่วนน้ำซีเมนต์ (Water Cement Ratio) 45%

6. ในกรณีที่พื้นที่ดำเนินการค่อนข้างกว้างและความลาดของ slope ต่ำนั้น จะมีโอกาสที่คอนกรีตเกิดการหดตัว และเกิดรอยแตกได้ ด้วยเหตุผลนี้รอยต่อเพื่อการขยายตัวตามแนวตั้ง จะต้องทำได้ทุก ๆ 20 ม. ในกรณีที่ผิวหน้าหันเป็นลูกคลื่น จำนวนรอยต่อสามารลดลงได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการดูดซับอุณหภูมิที่ทำให้เกิดแรงดัน (stress)

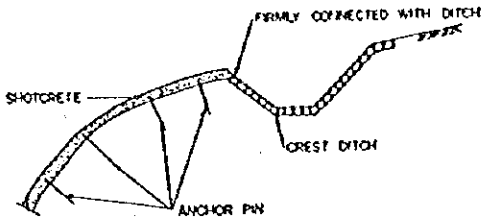


ภาพประกอบที่ 1.1.21 รอยต่อเพื่อการขยายตัวตามแนวตั้ง
(Vertical Expansion Joint)

เพื่อป้องกันน้ำซับหลังจากคลุมผิว slope ด้วย shotcrete วิธี shotcrete บางส่วน (partical shotcrete method) และวิธี shotcrete สมบูรณ์ (complete shotcrete method) ซึ่งรวมถึงการใช้รางระบายน้ำยอด slope สามารถปรับใช้ได้



ภาพประกอบที่ 1.1.22 (1) Partial Shotcreting Method



ภาพประกอบที่ 1.1.22 (2) Complete Shotcreting Method

- การก่อสร้าง

1. ตามอายุการใช้งานของ shotcrete นั้น โดยที่ shotcrete จะถูกอิทธิพลจากสภาพอากาศได้สูงในช่วงระยะการก่อสร้าง จึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาระยะเวลาในการทำ shotcrete ด้วยเพื่อเป็นการอ้างอิง การทำ shotcrete จะไม่ดำเนินการเมื่อเกิดสภาพใดสภาพหนึ่งดังต่อไปนี้

    1. ลมแรงที่จะพัดมา shotcrete
    2. ฝนตกหนักที่จะชะล้าง shotcrete และ
    3. ลมแรงในวันแจ่มใส ซึ่งเป็นสาเหตุของอากาศแห้ง

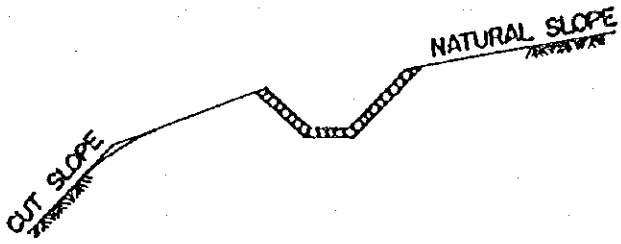
2. ตามการก่อสร้าง หลังจากที่มีการเคลื่อนย้ายหินที่อาจร่วงได้ หรือฝุ่นโดยการใช้แรงดันน้ำหรืออากาศแล้ว ตาข่ายลวดจะผูกติดกับผิว slope ที่เป็นหินและดำเนินการทำ shotcrete

3. เมื่อดำเนินการทำ shotcrete นั้นจะหยุดก็ต่อเมื่อได้ทำถึงรอยต่อแล้ว

1.1.6 การระบายน้ำผิว slope

- Crest Ditch

1. เพื่อป้องกันน้ำฝนหรือน้ำผุดจากยอด slope ซึมเข้าไปใน slope โดยการก่อสร้าง crest ditch บริเวณยอด slope เมื่อมีการก่อสร้างก็ควรจะก่อสร้างให้มีขนาดใหญ่เพียงพอ เพราะเข้าตัวและบำรุงรักษาได้ยาก (ดูภาพประกอบที่ 1.1.23) อนึ่ง จะต้องพิจารณาการระบายน้ำจากรางระบายน้ำด้วย



ภาพประกอบที่ 1.1.23 Crest Ditch

2. การเรียงหิน (stone riprap) ได้แนะนำให้ใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้าง

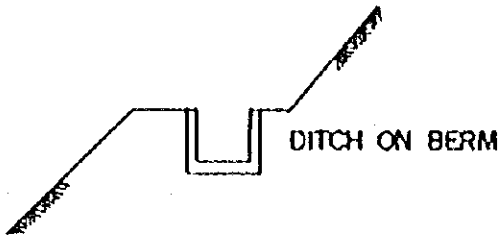
3. โดยที่ crest ditch จะอยู่บริเวณยอด slope จึงควรอยู่ห่างจากบริเวณ rounding 1-3 ม.

- Berm Ditch

1. เพื่อป้องกันการกัดเซาะซึ่งเกิดจากฝน หรือน้ำผุดที่ไหลไปตามผิวหน้า slope งานตัดหรืองานถม รางระบายน้ำจะสร้างบริเวณ Berm ทุกตัวของ slope งานตัดหรืองานถม

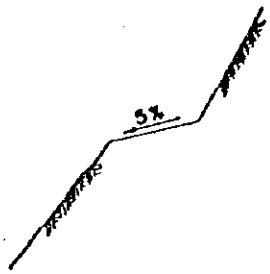
2. ความลาดตามความยาวของรางระบายน้ำโดยทั่วไป จะเท่ากับถนนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงแต่ควรจะมีค่าระหว่าง 3-5% สำหรับความลาดตามแนวขวางด้านตรงข้าม slope ควรเป็น

3. สำหรับ berm ditch จะใช้รางระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กรูปตัว U การทำงานของ berm ditch ที่สัมพันธ์กับ crest และ vertical ditch คือช่วยในการระบายน้ำฝนหรือน้ำผุด



ภาพประกอบที่ 1.1.24 Berm Ditch

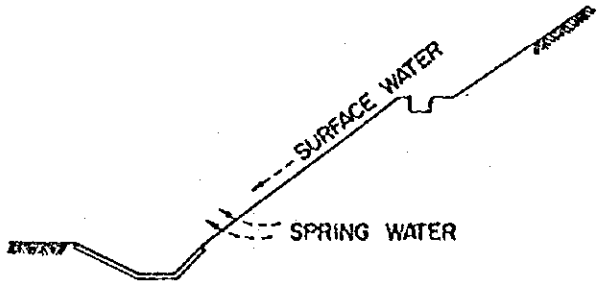
4. เพื่อช่วยในการไหลของน้ำฝนบน slope ที่เป็นหินแข็ง ความลาดจะกำหนดไว้ที่ 5% ตามทิศทางของ slope ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.1.25



ภาพประกอบที่ 1.1.25 โครงสร้างของ berm ในกรณีที่ slope เป็นหินแข็ง

- Toe Ditch

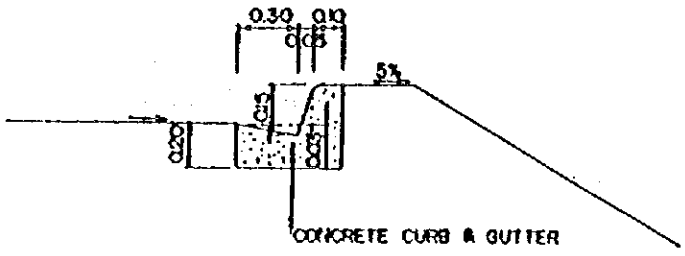
การก่อสร้าง Toe Ditch เพื่อที่จะป้องกันการกัดเซาะฐาน slope จากน้ำฝน และป้องกันน้ำฝนไหล่สู่ผิวทาง โครงสร้างของ Toe Ditch ได้แสดงในภาพประกอบที่ 1.1.26 สำหรับภาพตัดขวาง Toe Ditch ของ slope งานถมนั้นจะกำหนดโดยขนาดของ slope



ภาพประกอบที่ 1.1.26 Toe Ditch

- ร่องน้ำ (Gutter)

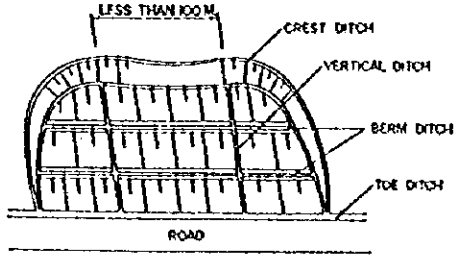
ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.1.27 ร่องน้ำจะก่อสร้างบริเวณไหล่ทางเพื่อระบายน้ำออกจากผิวทาง อนึ่ง ร่องน้ำได้ทำไว้เพื่อป้องกันน้ำที่ไหลมาจากผิวหน้า slope งานถมด้วยการก่อสร้างร่องน้ำนั้นจะดำเนินการเมื่อ slope ของงานถมสูงเกินกว่า 6 ม.



ภาพประกอบ 1.1.27 ร่องน้ำ (Gutter)

- Vertical Ditch

Vertical Ditch จะก่อสร้างเพื่อบังคับน้ำจากร่องน้ำของถนนให้ไหลเข้าสู่ Toe Ditch ของ slope งานถมและ/หรือ เพื่อบังคับน้ำจาก crest หรือ berm ditch ของ slope งานตัดให้ไหลเข้าสู่ร่องน้ำถนน โดยการพิจารณาความลาดชันของ slope เป็นหลัก vertical ditch จะก่อสร้างหากความจุของ berm ditch หรือสภาพทางภูมิประเทศไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าความจุของ crest dithc, berm ditch และร่องน้ำเหมาะสมแล้ว แต่หากความยาวของ berm ditch เกิน 100 ม. vertical ditch ก็จะก่อสร้างทุกระยะไม่เกิน 100 ม. ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.1.28 โดยใช้คอนกรีตเสริมเหล็กตัว U หรือ การเรียงหิน



ภาพประกอบที่ 1.1.28 Vertical Ditch

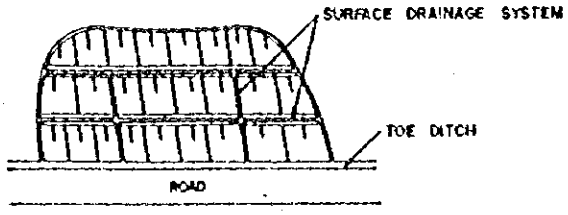
- การระบายน้ำผิว (Surface Drainage)

1. ระบบระบายน้ำผิว slope จะทำการก่อสร้างเพื่อป้องกันการเกิดการพังทลายของดิน (Land Slide) โดยการป้องกันไม่ให้น้ำซับหรือน้ำฝนซึมเข้าไปในดิน โดยการกักน้ำฝนในบริเวณพื้นที่ที่เกิดการพังทลายของดินออกไปทั้งนอกพื้นที่

2. ระบบระบายน้ำผิวจะประกอบไปด้วยร่องระบายน้ำผิวทางแนวตั้งและแนวนอนตัดพื้นที่ทั้งหมดของหน้าดิน

3. วัสดุ ที่ใช้คือการเรียงหิน (stone reirap) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.1.29 ในกรณีของรางระบายน้ำตามแนวนอน การเรียงหินจะถูกขยายไปเพื่อต้านการไหลของน้ำฝน ในขณะที่กรณีของรางระบายน้ำตามแนวตั้งนั้น การเรียงหินจะถูกขยายไปทั้ง 2 ด้าน ของรางระบายน้ำ ทั้งนี้เพื่อป้องกัน slope

4. ในเรื่องจำนวนของรางระบายน้ำแนวตั้งและแนวนอนที่จะก่อสร้างนั้น ในกรณีของรางระบายน้ำแนวนอนจะกำหนดโดยลักษณะภูมิประเทศคือทุกระยะ 10 ม. สำหรับรางระบายน้ำตามแนวตั้ง จะกำหนดโดยการคำนวณปริมาณน้ำฝน และเพิ่มอีก 20% เพื่อความปลอดภัย มีข้อแนะนำว่ารางระบายน้ำแนวตั้งควรอยู่ห่างกันภายในระยะ 100 ม.



ภาพประกอบที่ 1.1.29 ระบบระบายน้ำผิว slope

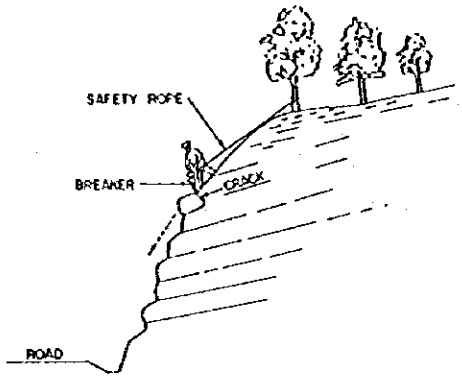
1.2 หินร่อง

1.2.1 การเคลื่อนย้ายหินที่อาจร่วงได้

จุดประสงค์ของวิธีนี้ เพื่อที่จะเคลื่อนย้ายหินที่อาจจะร่วงตกลงมาเป็นอันตรายได้ออกไป ซึ่งทำได้ 2 วิธีดังนี้

1. การใช้แรงงานคน

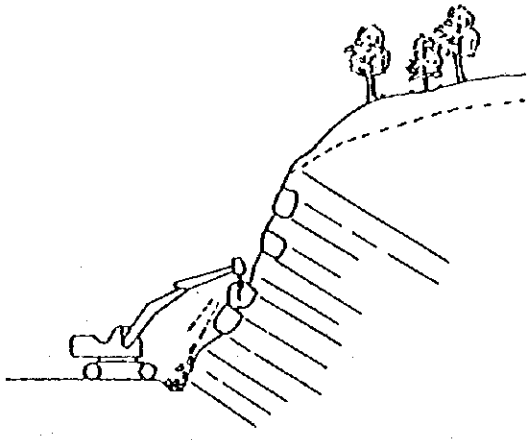
ในกรณีนี้ หินที่คงหลุดร่วงได้ ซึ่งเครื่องจักรก่อสร้างขนาดใหญ่เข้าไม่ถึง จะถูกย่อยโดยเครื่องเจาะแล้วหล่นร่วงลงมาบนถนน ภาพที่ 1.2.1 แสดงให้เห็นงานซึ่งทำบนที่สูงและต้องการข้อจำกัดในทางการจราจรเพื่อความปลอดภัยงานประเภทนี้มักจะต้องเวลานาน



ภาพประกอบที่ 1.2.1 การเคลื่อนย้ายหินที่อาจหลุดร่วงได้โดยใช้แรงงานคน

2. การใช้เครื่องจักรก่อสร้าง

ในกรณีนี้หินที่อาจหลุดร่วงได้ซึ่งเครื่องจักรก่อสร้างขนาดใหญ่เข้าถึงได้ จะถูกเคลื่อนย้ายออกจาก slope โดยใช้รถขุด (back hoe) (ดูภาพที่ 1.2.2) งานประเภทนี้มักจะใช้เวลาเพียงเล็กน้อยในการเคลื่อนย้ายหิน



ภาพประกอบที่ 1.2.2 การเคลื่อนย้ายหินที่อาจหลุดร่วงได้โดยใช้รถขุด

ในการเลือกวิธีที่จะเคลื่อนย้ายหินที่อาจหลุดร่วงได้ออกไปนั้น จะขึ้นอยู่กับการสำรวจสถานที่ซึ่งเคยมีหินหลุดร่วงลงมาแล้ว และเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมที่สุดกับแต่ละสถานที่

1.2.2 ตาข่ายป้องกันหินร่วง

- การใช้งาน

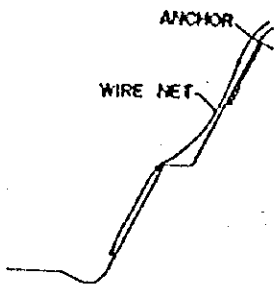
1. ตาข่ายป้องกันหินร่วงจะใช้สำหรับ slope หน้าตัดซึ่งถูกกัดเซาะชะล้าง หรือพังทลายโดยฝน ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดหินร่วงได้

2. นอกจากจะป้องกันการเกิดหินร่วงแล้ว ตาข่ายป้องกันหินร่วงยังจะช่วยป้องกันหินจากการร่วงหล่นลงบนถนน และช่วยนำทางหินร่วงให้หล่นลงไปยังฐาน slope

3. ในการป้องกันหินร่วงไม่ให้หล่นลงบนถนนนั้น จะใช้ตาข่ายป้องกันหินร่วงอยู่ 2 ชนิด (ดูภาพประกอบที่ 1.2.3) :

    1. ตาข่ายป้องกันหินร่วงชนิดปิดทับ (cover type) (ทำจากตาข่ายลวด ลวด หมุด ยึดแผ่นคอนกรีต และน๊อตยึด) ซึ่งช่วยป้องกันหินร่วงโดยดักหินร่วงระหว่าง slope หน้าตัดและตาข่ายลวด และ

    2. ตาข่ายป้องกันหินร่วงชนิดกระเป๋า (pocket -type) (ทำจากลวดแขวน, netting, เหล็กรอง, และหมุดยึดแผ่นคอนกรีต) ซึ่งช่วยป้องกันหินร่วงโดยดักหินร่วงให้หล่นลงไปในพื้นที่คล้ายกระเป๋า โดยการดูดกลืนกำลังของหินที่ร่วงหล่นโดยใช้ตาข่ายลวด



ภาพประกอบที่ 1.2.3 ชนิดของตาข่ายป้องกันหินร่วง

- วัสดุ

1. ตาข่ายลวด (เส้นผ่าศูนย์กลาง : 2.6 มิลลิเมตร - 4.0 มิลลิเมตร. ช่องตาข่าย : 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร)

2. ลวดเคลือบสังกะสีและอาบน้ำมันขนาด 3x7 : สายลวดหลักมีแรงดึง 12,000 กิโลกรัม (เส้นผ่าศูนย์กลาง : 16 มิลลิเมตร), เส้นลวดรองมีแรงดึงสูงสุด 7,000 กิโลกรัม (เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร)

3. น็อตยึดความยาว 1.5 เมตร (เส้นผ่าศูนย์กลาง : 25 มิลลิเมตร)

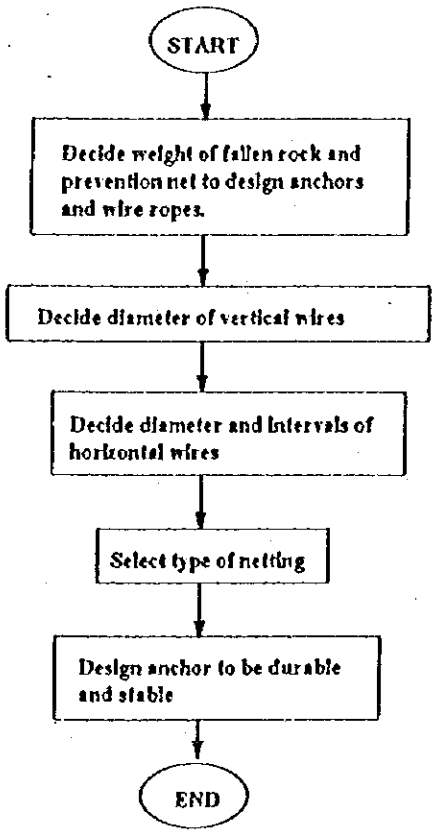
4. หมุดยึดแผ่นคอนกรีต (กว้าง 1 เมตร, ลึก 1.2 เมตร, ยาว 2 เมตร) ตามทิศทางเส้นเชือก

5. เหล็กรองรูปตัว H (ใช้เฉพาะตาข่ายป้องกันหินร่วงชนิดกระเป๋าเท่านั้น)

- การออกแบบ

(1) ตาข่ายป้องกันหินร่วงชนิดปิดทับ (cover - type)

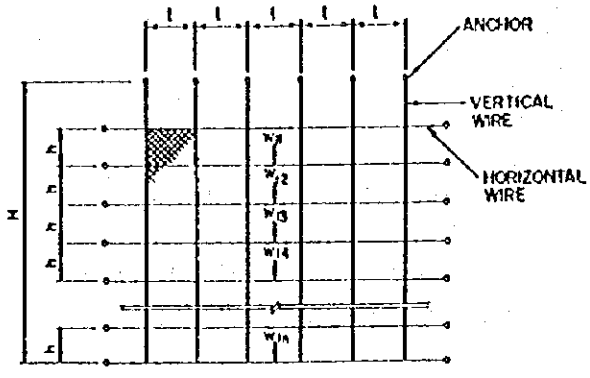
แนวทางทั่วไปในการออกแบบตาข่ายป้องกันหินร่วงชนิดปิดทับ แสดงให้เห็นดังแผนภูมิตามภาพประกอบที่ 1.2.4



ภาพประกอบที่ 1.2.4 แนวทางการออกแบบตาข่ายป้องกันหินร่วงชนิดปิดทับ (cover - type)

ในการออกแบบตาข่ายนั้น จะต้องดำเนินการตามขั้นตอน 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ลวดในแนวดิ่ง ดังแสดงตามภาพประกอบที่ 1.2.5 ต้องรองรับน้ำหนักของหินร่วงสำหรับผิวหน้า slope หน้าตัว L. และน้ำหนักของลวดเอง ค่าความปลอดภัย (the safety factor)ดังแสดงตามตารางประกอบที่ 1.2.1 จะตั้งเป็นสองเท่าของน้ำหนักประลัย (breaking load)ของลวดในแนวดิ่ง



ภาพประกอบที่ 1.2.5 การคำนวณลวดในแนวดิ่ง

ตารางที่ 1.2.1 น้ำหนักประลัยของลวดในแนวดิ่ง

เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวด	น้ำหนักประลัย
16 มิลลิเมตร	12 ตัน
12 มิลลิเมตร	7 ตัน
8 มิลลิเมตร	3 ตัน

2. น้ำหนัก (WI) ที่กระทำบนลวดในแนวดิ่งมีดังต่อไปนี้

W1 = W11 + W12 + ... W1n

W2 = WN - (∈(1.h))

WI = W1 + W2

W1 คือ น้ำหนักทั้งหมดของหินร่วงจากส่วน W11 ไปยัง W1n ด้วยความกว้าง slope 1 และความยาว h.

W2 คือ น้ำหนักทั้งหมดของตาข่ายป้องกันสำหรับแต่ละ 1xh

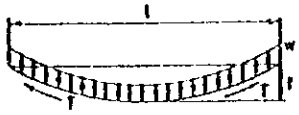
WN คือ น้ำหนักต่อหน่วยของตาข่ายป้องกัน

WI คือ น้ำหนักกระทำต่อลวดในแนวดิ่ง

l คือ ความยาวของระยะห่างของลวดในแนวนอน

h คือ ความยาวของระยะห่างของลวดในแนวดิ่ง

3. เมื่อน้ำหนักกระทำลงบนลวดในแนวนอน ตามที่แสดงในภาพประกอบที่ 1.2.6 น้ำหนักนั้นจะกระจายเท่า ๆ กัน ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำหนักของตาข่ายป้องกันและหินร่วงสำหรับพื้นที่ 3h x l ยิ่งไปกว่านั้นได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่าการหย่อนของลวดในแนวนอนเป็น 1 ใน 10 ของช่วงห่างของลวด



ภาพประกอบที่ 1.2.6 น้ำหนักกระทำลงบนลวดในแนวนอน

$$W = \frac{WII}{L}$$

$$WII = W'1 + W'2$$

$$T = \frac{w.l^2}{8f}$$

โดย W'1 คือ น้ำหนักของหินร่วงในพื้นที่ 3 hxl (ดูภาพประกอบที่ 1.2.5)

W'2 คือ น้ำหนักของตาข่ายในพื้นที่ 3 h x L (ดูภาพประกอบที่ 1.2.5)

WII คือ น้ำหนักที่กระทำลงบนลวดในแนวนอน

4. เมื่อน้ำหนักกระทำลงบนตาข่ายลวด แนวทางก็จะเป็นเช่นเดียวกับที่น้ำหนักกระทำลงบนลวดในแนวนอน เมื่อมีแรงดึงจริงสำหรับตาข่ายลวด 1 เมตร ตามความกว้าง จะมีแรงรับของตาข่ายลวด 0.5 ดังแสดงตามตารางที่ 1.2.2

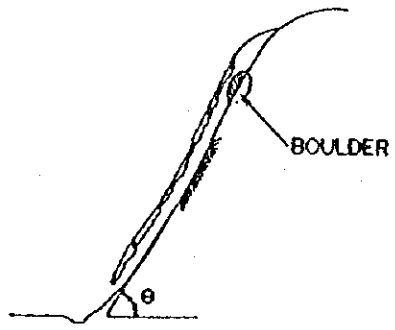
ตารางที่ 1.2.2 แรงดึงจริงของตาข่ายลวด

Strand Diameter (มิลลิเมตร)	Effective Tensioning Force (t/m)
4.0	2.09
3.2	1.33
2.6	0.89

Stand tensile strength = 30 ~ 55 kg / mm^2

Allowa stress = 15 kg / mm^2

5. สำหรับน้ำหนักจริงที่กระทำต่อลวดตามแนวตั้งหรือแนวนอน จะขึ้นอยู่กับความลาดของ slope (ดูภาพประกอบที่ 1.2.7) ตามสมการข้างล่างจะนำค่าความลาดของ slope รวมอยู่ด้วย เพื่อแก้ไขค่าน้ำหนักที่กระทำต่อลวดตามแนวตั้งและแนวนอน และจะได้ค่าน้ำหนักจริง



ภาพประกอบที่ 1.2.7 ความลาดชันของ slope

$$W' = (\text{SIN}\ \Theta - \mu\ \text{COS}\ \Theta)\ w$$

โดยที่ W' = น้ำหนักจริงที่กระทำต่อลวดทั้งแนวตั้งและแนวนอน

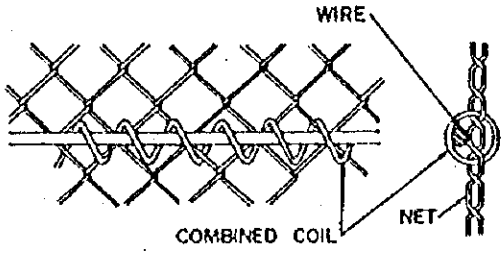
W = WI หรือ WII (น้ำหนักที่กระทำต่อลวดตามแนวตั้งหรือแนวนอน)

Θ = คือความชันของ slope

μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน สำหรับเสียดทานระหว่างหินกับ slope (ประมาณ 0.5)

6. ในกรณีหมุดยึดซึ่งมีน้ำหนักลวดทั้งแนวดิ้งและแนวนอนกระทำอยู่ สำหรับการคำนวณ intensity และ stability ควรจะดำเนินการด้วย

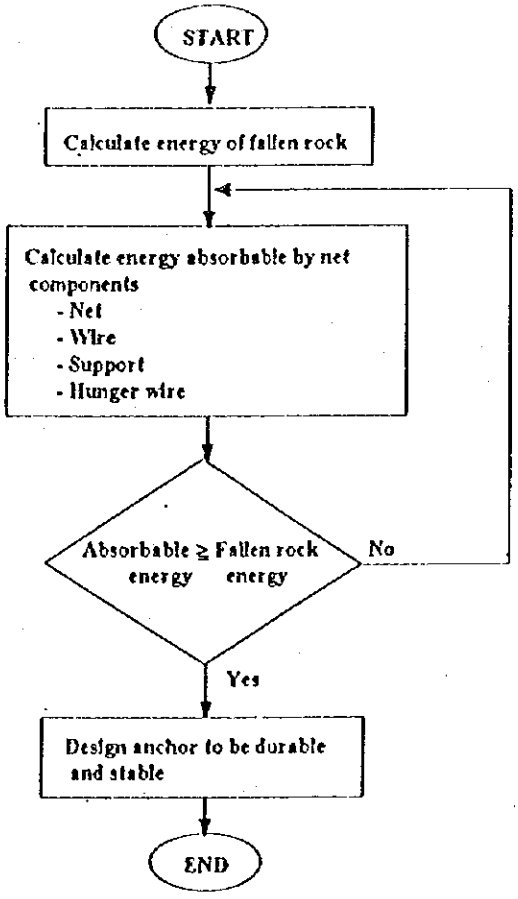
7. สำหรับ combined coil ซึ่งเชื่อมตาข่ายลวดกับลวดตามแนวตั้งและแนวนอนนั้น เป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องมีความยืดหยุ่นแล้วที่จะได้ทำงานได้อย่างเหมาะสม ตามภาพประกอบที่ 1.2.8 ชี้ให้เห็นว่ามีความจำเป็นที่จะ combined coil ที่จะใช้งานนี้จะต้องเชื่อมแน่นหนาระหว่างลวดตามแนวตั้งและแนวนอนกับตาข่ายลวด



ภาพประกอบที่ 1.2.8 combined coil

(2) ตาข่ายป้องกันหินร่วงชนิดกระเป๋า (Pocket - Type)

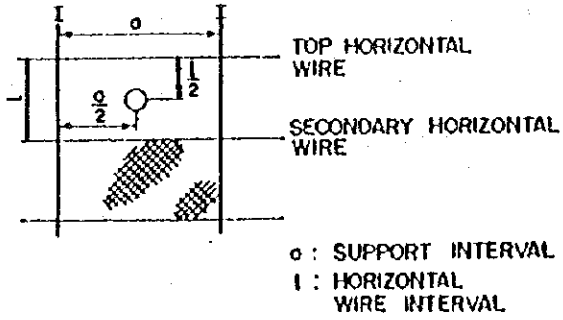
แนวทางทั่วไปที่จะออกแบบตาข่ายป้องกันหินร่วงชนิด Pocket-Type ได้แสดงตามแผนภูมิในภาพประกอบที่ 1.2.9



ภาพประกอบที่ 1.2.9 Design Approach for Pocket-Type Rockfall Prevention Net

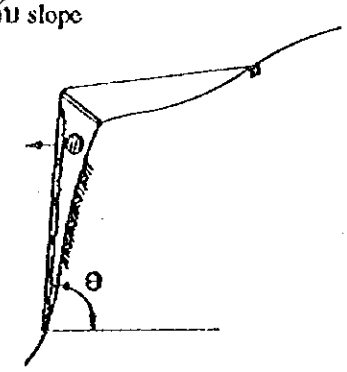
สำหรับการออกแบบเหล็กรอง (steel support) ตาข่ายลวด หมุด และอื่น ๆ ของตาข่ายป้องกันหินร่วงชนิด Pocket-Type สามารถอธิบายได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เส้นที่หินร่วงกระทบบ่อยจะอยู่ระหว่างด้านบนของกึ่งกลางลวดตามแนวนอน อย่างไรก็ตาม จากผลของการเบี่ยงเบนค่าพลังทั้งหมดที่ลวดตามแนวตั้งและแนวนอนดูดซับ จึงไม่เคยกำหนดไว้ว่าพื้นที่ที่หินจะมากระทบมากที่สุดนั้นจะอยู่ระหว่างลวดตามแนวนอนด้านบนสุดกับเส้นที่สอง ในบริเวณกึ่งกลางของช่วงระยะเหล็กรอง ดังได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 1.2.10



ภาพประกอบที่ 1.2.10 บริเวณที่หินตกกระทบ

2. สำหรับทิศทางของหินร่วงดังได้แสดงในภาพประกอบที่ 1.2.11 นั้นค่อนข้างจะขนานไปกับ slope หากมีการคำนึงถึงอิทธิพลของการกระโดด (sudden jumps) ก็สามารถกล่าวได้ว่าขนานกับ slope



ภาพประกอบที่ 1.2.11 ทิศทางของหินร่วง

3. พลังงานที่หินร่วงลงสู่ตาข่ายป้องกันหินร่วงแบบ pocket-type นั้นสามารถคำนวณได้ตามสมการที่แสดงไว้ข้างล่าง โดยพิจารณามุมที่หันกระทบตาข่ายที่ 90^0

$$EW = \frac{1W\ (V\sin\theta)^2}{2g}$$

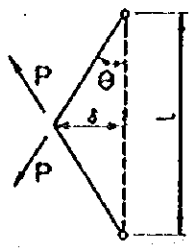
โดย EW = พลังงานที่ถ่ายจากหินร่วงสู่ตาข่ายป้องกันหินร่วง
W = น้ำหนักของหินร่วง
V = ความเร็วของหินร่วง
θ = มุมตาข่าย
g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

4. การคำนวณศักยภาพในการดูดซับพลังงานของตาข่ายป้องกันหินร่วง ทำได้โดยสมการ

$$E_T = E_N + E_R + E_p + E_{HR} + E_L$$

โดย E_T = ศักยภาพในการดูดซับพลังงาน
E_N = การดูดซับพลังงานของตาข่าย
E_R = การดูดซับพลังงานของลาดแนวตั้งและแนวนอน
E_p = การดูดซับพลังงานของเหล็กรอง
E_{HR} = การดูดซับพลังงานของลวดแขวน
E_L = ความแตกต่างค่าพลังงานก่อนและหลังหินกระทบ

5. เมื่อคำนวณการดูดซับพลังงานของตาข่ายนั้น การเปลี่ยนรูปของตาข่ายในขณะที่รับแรงสูงสุดจะประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวระยะตาข่าย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการกลิ้งของหินร่วงในตาข่ายควรจะตั้งค่าไว้ที่ 1/4 ของความยาวระยะตาข่าย แรงดึงของตาข่ายได้แสดงในภาพประกอบที่ 1.2.12



ภาพประกอบที่ 1.2.12 แรงดึงของตาข่าย

โดย P = แรงดึงของตาข่าย

δ = การเคลื่อนที่ของตาข่าย

l = ระยะห่างระหว่างลวด

โดยให้ $\delta = 1/4$ และ $\tan\theta = \delta/(1/2) = 1/2$ ค่าพลังงานดูดซับของตาข่าย E_N จะเท่ากับ

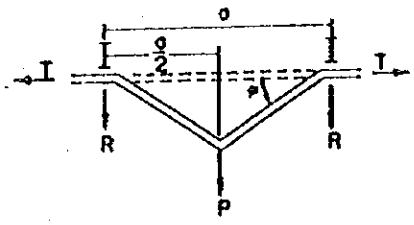
$$E_N = 2PSin\theta = 0.22\ P.1$$

ในที่นี้เส้นผ่าศูนย์กลางของหินร่วงเท่ากับ D ในขณะที่ความกว้างของตาข่ายที่ถูกกระทบโดยหินสมมุติให้มีค่า 1.5D ดังนั้น P จะเท่ากับ 1.5 p.p โดยที่ p คือ net intensity ต่อเมตร ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 1.2.3

ตารางที่ 1.2.3 น้ำหนักของหินร่วงและแรงดึงของตาข่าย

น้ำหนักหินร่วง (ตัน)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (เมตร)	p (ตัน/เมตร)	P (ตัน)
0.3	0.596	2.79	2.49
0.5	0.707	2.79	2.96
1.0	0.891	2.79	3.73
1.5	1.020	2.79	4.27
2.0	1.123	2.79	4.70
2.5	1.209	2.79	5.06

6. สำหรับการคำนวณพลังงานดูดซับโดยลาดตามแนวนอนนั้น แรงดึงในตาข่ายลวดจะถูกถ่ายไปยังลวดตามแนวนอนเส้นบนสุด และอีก 2 เส้นถัดมา ดังนั้นพลังงานถูกดูดซับของลวดตามแนวนอนจะเท่ากับผลรวมของพลังงานดูดซับของลาดข้างต้น



ภาพประกอบที่ 1.2.13 แรงดึงของลวดตามแนวนอน

โดยที่ a : ระยะห่างของเหล็กรอง
T : แรงดึงของตาข่าย (p) ที่ถ่ายสู่ลวด
R : แรงกระทำต่อเหล็กรอง

ดังนั้น $R = P/2, \quad T\sin\varnothing = R$

$\cos\varnothing = a/(a + (T \cdot L) / (E \cdot A)$

โดยที่ E : สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของลาดตามแนวนอน
A : พื้นที่
L : ความยาวลาด

สำหรับลวดตามแนวนอนจะใช้ 3 x 7 G/O ด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม ในกรณีที่ L = 30 ม., a = 3 ม. และ E = 1×10^{6k} กก/ซม.^{2} ความสัมพันธ์ระหว่าง P, R และ T ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.2.4

ตารางที่ 1.2.4 น้ำหนักของหินร่วง และแรงดึงของลวดตามแนวนอน

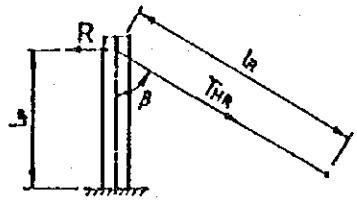
น้ำหนักของหินร่วง	P (t)	R (t)	T (t)
0.3	2.49	1.25	4.41
0.5	2.96	1.48	4.94
1.0	3.73	1.87	5.78
1.5	4.27	2.14	6.34
2.0	4.70	2.35	6.76
2.5	5.06	2.53	7.11

จากข้างบนนี้การดูดซับของลวดตามแนวนอนสามารถคำนวณได้จากสมการ

$E_R = L (T^2 - To^2) / (E \cdot A)$

โดยที่ E^R : พลังงานดูดซับของลวด
E : สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของลวด
A : พื้นที่
L : ความยาวทั้งหมดของลวด
T : แรงดึงในลวด
To : แรงดึงเริ่มต้น (Initial Tensioning Force) ของลวด (ทั่วไป 500 กก.)

7) เมื่อคำนวณแล้วพลังงานดูดซับของเหล็กรองและลาดแขวน แรงกระทำต่อเหล็กรองได้แสดงในภาพประกอบที่ 1.2.14



ภาพประกอบที่ 1.2.14 แรงกระทำต่อเหล็กรอง

โดยที่ R : แรงที่ถูกถ่ายจากลวด
T_{HR} : แรงดึงในลวดแขวน

จากพื้นฐานนี้ E_R และ E_{HR} สามารถคำนวณได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ในกรณีที่เหล็กรองคงที่ แนวแรงตามแนวนอน (W_p) และแรงดึงของลวดแขวนแสดงได้ดังนี้

$$W_p = \frac{3E' \cdot I \cdot l_R \cdot R}{l_p^3 \cdot E \cdot A + 3E' \cdot I \cdot l_R}$$

$$T_{HR} = \frac{E \cdot A \cdot l_p^3 \cdot R}{l_p^3 \cdot E \cdot A + 3E' \cdot I \cdot l_R} \operatorname{cosec}\beta$$

โดยที่

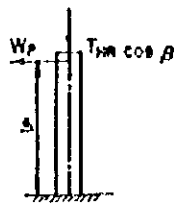
E' : สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของเหล็กรอง
I : Geometrical Moment of Inertia ของเหล็กรอง
l_p : ความสูงของเหล็กรอง
E : สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของลวดแขวน
A : พื้นที่ของลวดแขวน
l_R : ความยาวของลวดแขวน

แรงเค้นจากฐานของเหล็กรอง (δ) จะคำนวณโดยใช้ Wp (แนวแรงตามแนวนอน) และ $T_{HR}\cos\beta$ (Perpendicular Compression) ค่าการคำนวณที่ตั้งขึ้นโดยทำให้มีค่ามากกว่าค่าแรงเค้นของเหล็กรอง (δ_y) ที่ได้รับ E_p และ E_{HR} คำนวณได้โดยสมการ

$$E_p = \frac{W_p^2 \cdot l_p^2}{3E' \cdot I}$$

$$E_{HR} = \frac{l_R}{E \cdot A}(T_{HR}^2 - T_O^2)$$

2. ในกรณีนี้ฐานรากของเหล็กรองมีลักษณะเป็นบานพับ THR จะกำหนดให้มีค่าระหว่าง $R\cos\beta$ และ T_y ในกรณีนี้ E_p และ E_{HR} จะคำนวณโดยใช้สมการข้างล่าง



ภาพประกอบที่ 1.2.15 แรงกระทำต่อเหล็กรอง

$$E_p = O$$

$$E_{HR} = \frac{l_R}{E \cdot A}(T_{HR}^2 - T_O^2)$$

3. เพื่อคำนวณความแตกต่างด้านพลังงาน ก่อนและหลังหินซนใส่ตาข่ายป้องกันหินร่วง จะใช้สมการ

$$E_L = \frac{W_2}{W_1 + W_2} E_W$$

โดยที่

E_L : ความแตกต่างด้านพลังงานก่อนและหลังการขนของหิน
E_W : พลังงานจลน์ (Kinetic) ของหินร่วง
W_1 : น้ำหนักของหินร่วง
W_2 : น้ำหนักของตาข่ายป้องกัน

4. Intensity ของหมุดยึด

น็อตยึดจะเจาะเข้าไปในหินฐาน และควรออกแบบให้แรงเฉือนสามารถต้านแรงดึงของลวดอีกประการหนึ่ง น็อตยึดควรจะออกแบบให้ปลอดภัยจากการหลุดจากพื้น เนื่องจากแรงดึงตามสมการข้างล่าง Intensity ของหมุดยึด (R) ที่สามารถต้านแรงเฉือนต่อน็อตยึดได้คำนวณไว้แล้วสำหรับน็อตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22-25 มม. ในที่มีค่าแรงเฉือนที่ยอมรับได้ ($\delta\Lambda$) ของน็อตยึดเป็น 800 กก./ซม.^{2} คูณด้วยค่าความปลอดภัย 1.5 นั่นคือ 1,000 กก./ซม.^{2}

น็อตขนาด $\varnothing$ 22 มม.

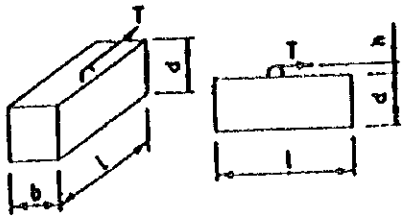
$$R = \underset{\text{(พื้นที่)}}{3.03 \text{ ตร.ซม.}} \cdot \underset{(\phi\Lambda)}{1,000 \text{ กก./ตร.ซม.}} = 3,636 \text{ กก.}$$

น็อตขนาด $\varnothing$ 22 มม.

$$R = \underset{\text{(พื้นที่)}}{3.87 \text{ ตร.ซม.}} \cdot \underset{(\phi\Lambda)}{1,200 \text{ กก./ตร.ซม.}}$$

สำหรับบล็อคหมุดยึด (Anchor Block) ที่ฝังอยู่ในดินจะต้องมีการพิจารณาการเลื่อนตัว การล้ม และประสิทธิภาพในการรับน้ำหนัก รายละเอียด (Specifications) ของบล็อคหมุดยึดตามแรงดึงในเส้นลวดตามแนวนอนได้แสดงในตารางที่ 1.2.5

ตารางที่ 1.2.5 รูปร่างของบล็อคหมุดยึด



ชนิด	T(t)	b(m)	l(m)	d(m)	h(m)	ข้อคิดเห็น
A	6.0	1.0	2.0	1.2	9.03	มุมแรงเสียดทาน ϕ = 3.0°
B	4.0	0.9	1.6	1.2	9.03	สัมประสิทธิ์แรงดันดินทางตรง Ka = 0.3 สัมประสิทธิ์แรงดันดินทางอ้อม Kp = 3
C	3.0	0.8	1.4	1.2	9.03	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่าง ดินกับคอนกรีต μ = 0.55
D	2.5	0.7	1.3	1.2	9.03	ประสิทธิภาพการรับน้ำหนัก ที่ให้ได้ q = 15 t/m^2 น้ำหนักต่อหน่วยของดิน rs = 1.8 t/m^3
E	2.0	0.8	1.2	1.2	9.03	น้ำหนักต่อหน่วยของ คอนกรีต rc = 2.3 t/m^3

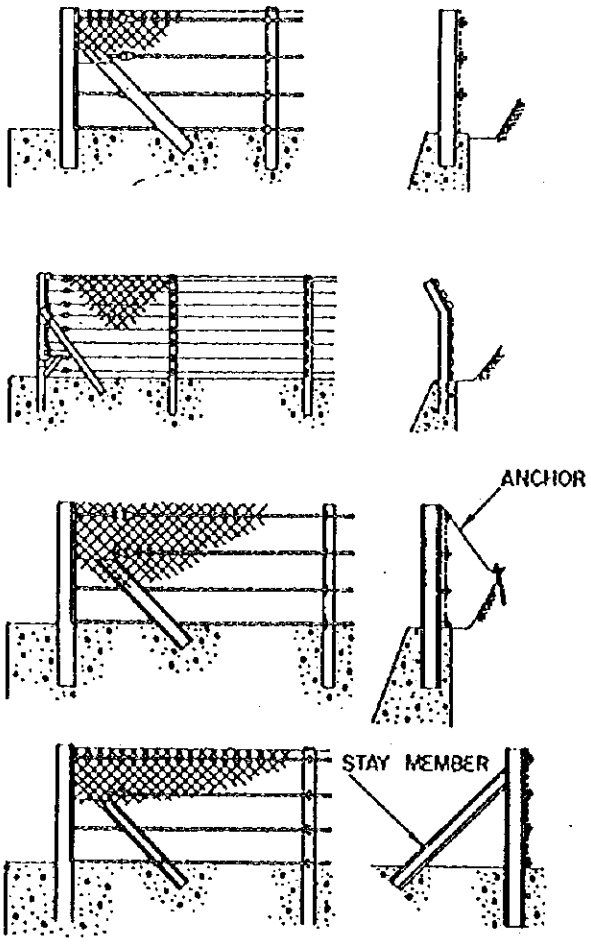
1.2.3 แผงกั้นเพื่อป้องกันหินร่วง (Rockfall Prevention Barrier)

แผงกั้นเพื่อป้องกันหินร่วง แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ รั้ว (Fence) กำแพง (Wall) และกำแพงรั้ว (Combination of Fence and Wall) ซึ่งแผงกั้นแบบรั้วส่วนใหญ่จะทำจากคอนกรีต ส่วนแผงกั้นแบบกำแพงนั้นส่วนใหญ่จะทำขึ้นด้วยวิธีถมดินเป็นคัน (Earth-fill) เรียงด้วยห่อตาข่ายบรรจุดิน/ทราย (Mat-Gabion) และชนิดที่ทำด้วยคอนกรีต

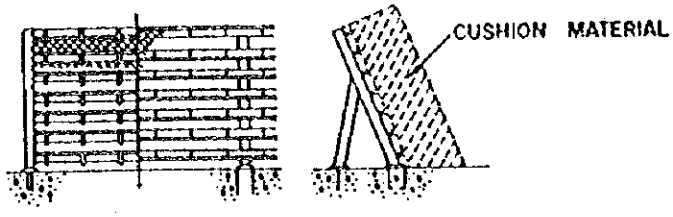
(1) รั้ว (Fence)

- การใช้งาน

รั้ว เหมาะสำหรับใช้กันหินร่วงซึ่งมีขนาดเล็กหล่นลงไปบนผิวจราจร รั้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ รั้วตาข่าย (Wire Mesh Fence) และรั้วเหล็กรูปตัว H (H-Shaped Steel Fence) ซึ่งได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 1.2.16 และภาพประกอบที่ 1.2.17 ตามลำดับ



ภาพประกอบที่ 1.2.16 รั้วตาข่าย (Wire Mesh Fence)



ภาพประกอบที่ 1.2.17 รั้วเหล็กรูปตัว H (H-Shaped Steel Fence)

จากภาพประกอบที่ 1.2.16 จะพบว่ารั้วตาข่ายประกอบด้วยลวดสลิง (Wire) และลวดตาข่าย (Wire Mesh) ยึดอยู่กับเสาเหล็กรูปตัว H ซึ่งรูปแบบของรั้วแบบลวดตาข่ายนี้ยังแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ แบบที่มีเสาตั้งตรงในแนวดิ่ง (Straight) และแบบที่เสาเป็นรูปโค้ง (Curve)

สำหรับรั้วเหล็กรูปตัว H จากภาพประกอบที่ 1.2.17 จะพบว่าประกอบจากการวางเหล็กรูปตัว H ในแนวนอน ยึดติดกับเสาเหล็กรูปตัว H แล้วจึงมีลวดตาข่ายทับอยู่ข้างบน แล้วจึงวางทับด้วยวัสดุดูดซับแรงอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งโดยปกติจะใช้ยางรถยนต์เก่าที่ใช้แล้ว หรือทราย

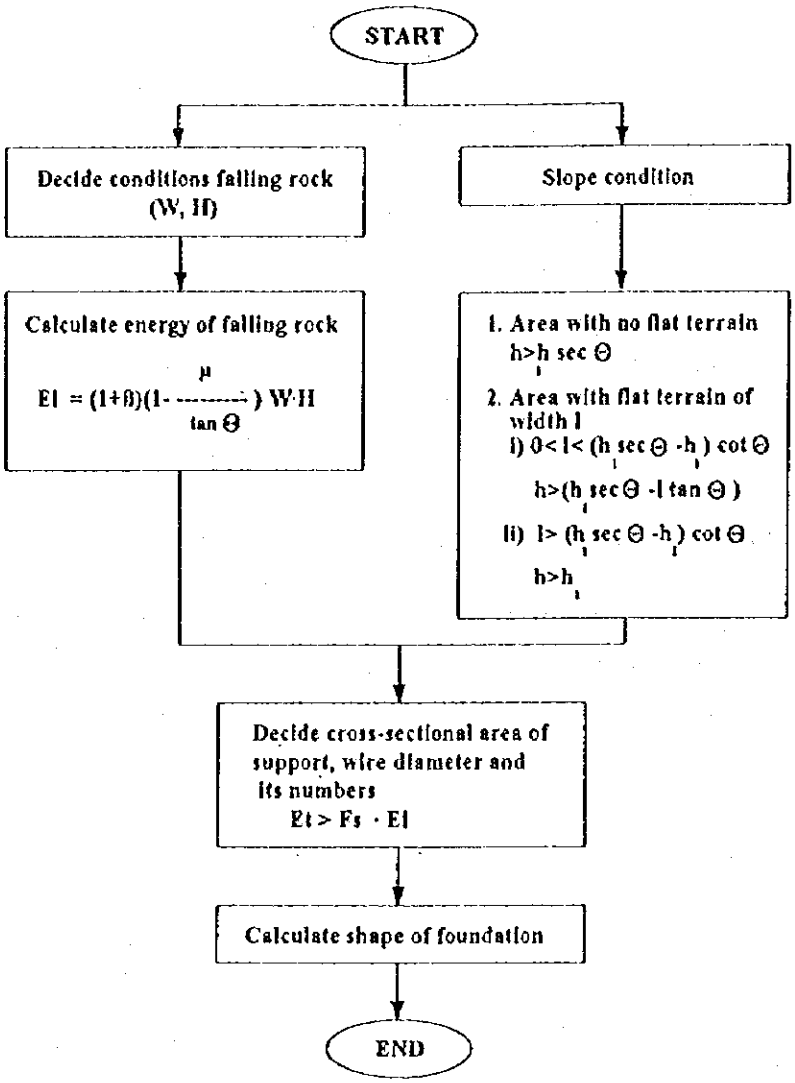
- การออกแบบ

1. รั้วตาข่าย

ขั้นตอนการออกแบบรั้วตาข่ายได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 1.2.18

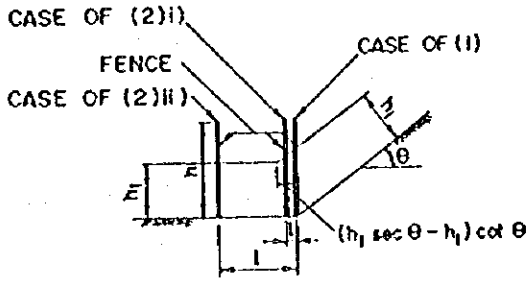
ในการออกแบบรั้วตาข่ายนี้จะต้องมีการทดลองเพื่อตรวจสอบค่าความแอ่นตัวที่ยอมให้ได้ (Allowable Displacement) ในการรับพลังงานที่เกิดจากหินที่ร่วงลงมา ขนาดพื้นที่หน้าตัดและตำแหน่งของชิ้นส่วนต่าง ๆ ตลอดจนเสถียรภาพของฐานรากของรั้วด้วย

ความสูงของรั้วจะขึ้นอยู่กับระยะทางของหินที่กระดอนไป ซึ่งหาก h_1 เป็น 90^{o} กระดอนตั้งฉากกับลาดคันทาง (Slope) จะทำให้ความสูงของรั้วซึ่งทำมุมลาดชัน Θ สามารถคำนวณได้จาก:



E_l : energy of falling rock
W : weight of falling rock
H : height of falling rock
Θ : slope gradient
μ : coefficient of friction by falling rock
ß : coefficient of rotational energy
h_l : bouncing height by falling rock
l : width of area with flat terrain
Fs : safety factor
Et : potential absorption energy

ภาพประกอบที่ 1.2.18 ขั้นตอนการออกแบบรั้วตาข่าย



ภาพประกอบที่ 1.2.19 เงื่อนไขในการคำนวณระยะทางซึ่งหินกระดอนไป

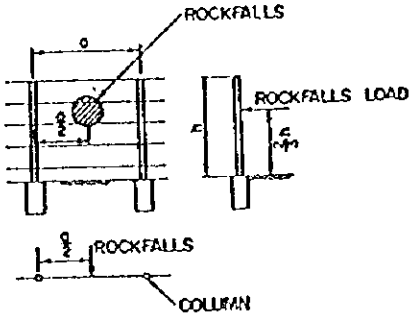
1. พื้นที่ซึ่งไม่มีพื้นราบ : h > h1

2. พื้นที่ซึ่งมีพื้นราบกว้าง l :

เมื่อ $O < l < (h_1 \sec\theta - h_1) \cot\Theta$: $h > h_1 \sec\theta - l \tan\Theta$

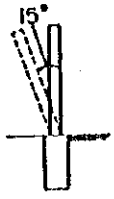
เมื่อ $l > (h_1, \sec\theta - h_1) \cot\Theta$: $h > h_1$

น้ำหนัก (Load) ที่ใช้ในการออกแบบรั้วก็คือ พลังงานของหินที่ร่วง และทิศทางที่หินกระแทกกับรั้ว จะกำหนดให้เป็น 90° (ดูภาพประกอบที่ 1.2.20)



ภาพประกอบที่ 1.2.20 ทิศทางของหินที่ร่วงลงมา

ค่าของพลังงานของหินร่วงที่ใช้ในการออกแบบ สามารถหาได้จากสมการ :



ภาพประกอบที่ 1.2.21 ระยะแอ่นตัวสูงสุดที่ยอมให้ได้

$$E_i = (1 + \beta) . (1 - \mu/\tan\Theta) . WH$$

ซึ่ง : E_i : พลังงานของหินที่ร่วงลงมา

μ : สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานคงที่ของหินที่ร่วงลงมา

Θ : องศาของความลาดชัน

β : สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนค่าพลังงานของหิน

W : น้ำหนักของหินที่ร่วงลงมา

H : ระยะทางที่หินร่วงลงมา

ระยะแอ่นตัวสูงสุดที่ยอมให้ได้ (Allowable Maximum Displacement) ของเสารั้ว คือ 15° (ดูภาพประกอบที่ 1.2.21) และพลังงานที่ถูกดูดซับไปโดยรั้วตาข่ายสามารถคำนวณได้จากสมการ :

$$E_T = E_R + E_P + E_N$$

ซึ่ง : E_T : พลังงานสูงสุดที่ถูกดูดซับโดยรั้วตาข่าย

E_R : พลังงานที่ถูกดูดซับโดยลวดสลิง

E_P : พลังงานที่ถูกดูดซับโดยเสาเหล็ก

E_N : พลังงานที่ถูกดูดซับโดยลวดตาข่าย

การคำนวณหาพลังงานที่ถูกดูดซับโดยเสารั้ว และลวดสลิง สามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

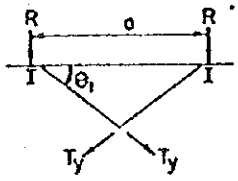
1. หาค่ากำลังประลัย (Yielding Stress, Ty) ของลวดสลิง จากตารางที่ 1.2.6

ตารางที่ 1.2.6 ค่า Yielding Stress ของลวดสลิง

เส้นผ่าศูนย์กลางของลวดสลิง (มม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ค่าแรงดึงประลัย (ตัน)
18	1.29	12
16	1.01	9
14	0.78	7.5
12	0.59	5.3

2. หาค่าแรงปฏิกริยา (Reaction, R) ของเสารั้ว เมื่อถูกแรงกระทำเท่ากับกำลังประลัย Ty ของลวดสลิง โดยใช้สมการที่แสดงไว้โดยสมมติว่ามีลวดสลิงเพียง 2 เส้น ต้านแรงของหินที่ร่วงลงมาได้

$$R = 2\,T_y \sin\Theta_1$$

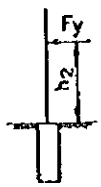


ภาพประกอบที่ 1.2.22 การเปลี่ยนรูปร่างของลวดสลิง

$$(a/2 + (T_y \cdot L) / 2E_wA)\cos\Theta 1 = a/2$$

ซึ่ง : a = ระยะห่างระหว่างเสารั้ว
L = ความยาวทั้งหมดของลวดสลิง
E_w = สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น
A = พื้นที่หน้าตัดของลวดสลิง

3. หาค่าแรงกระทำ Fy ที่ต้องการ สำหรับการติดตั้งหมดพลาสติกที่ฐานของเสารั้ว ซึ่งดูได้จากภาพประกอบที่ 1.2.23 และใช้สมการดังนี้



ภาพประกอบที่ 1.2.23 ความสูงของจุดที่หินมากระทบ

$$F_y = M_o/h_2 = \sigma_y \cdot Z/h_2$$

ซึ่ง : M_o : ค่าโมเมนต์รอบจุดหมุนที่ฐาน
h_2 : ความสูงของจุดที่หินมากระทบ
σ_y : กำลังประลัยของเสาเหล็กรูปตัว H
Z : พื้นที่หน้าตัดของเสาเหล็กรูปตัว H

4. ทำการเปรียบเทียบค่า R และ F_y แล้วทำการคำนวณหาค่า E_p และ E_R ดังนี้

1) เมื่อ $R > F_y$

$$E_p = 2 F_y \cdot \delta = 2 F_y \cdot h_2 \cdot \tan 15^o = 0.54\ h_2 \cdot F_y$$

$$E_R = L (T^2 - T_o^2) / E_w \cdot A$$

ซึ่งสามารถหาค่า T ได้จากสมการ

$$T = F_y/2 \sin \Theta_2 \cdot (a/2 + T \cdot L/2 E_w \cdot A) \cos\Theta_2 = a/2$$

เมื่อ T_o = ค่าแรงดึงขั้นต้น (ปกติ = 500 กก.)

2) เมื่อ $R < F_y$

$$E_p = R^2 \cdot h_2^3 / 3E_H \cdot I$$

ซึ่ง : E_H = สัมประสิทธิ์ยืดหยุ่นของเสาเหล็กรูปตัว H

I = ค่าโมเมนต์อินเนอเชียของเสาเหล็กรูปตัว H

$$E_R = 2T_y \cdot L \cdot S$$

ซึ่ง : S = ค่าสัดส่วนการยืดตัวของลวด เมื่อ $R = F_y$

$= T_y/E_w \cdot A$ ($\leq$ 5%)

E_N : 2.5 tm.

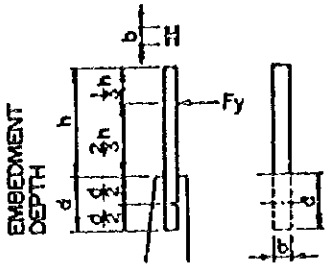
2. รั้วเหล็กรูปตัว H (H-Shaped Steel Fence)

วิธีการคำนวณจะเหมือนกับการคำนวณรั้วลวดตาข่าย

3. ฐานราก (Foundation)

1. โมเมนต์ดัด (Bending Moment)

ค่าโมเมนต์ดัดหาได้จากการสมมุติ จุด A ซึ่งอยู่ที่กึ่งกลางของระยะฝังของเสารั้วเป็นจุดหมุน ดูภาพประกอบที่ 1.2.4 ดังนั้น สมการที่ใช้คือ



ภาพประกอบที่ที่ 1.2.24 การติดตั้งเสารั้ว

$$M = F_y (2/3\ h + d/2)$$

ซึ่ง : $$\sigma = F_y/A + M/Z \leq \sigma_a$$

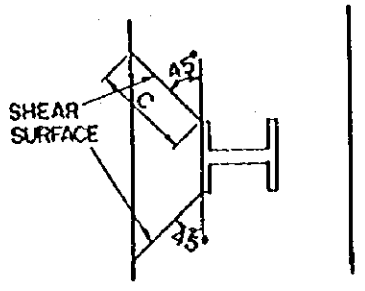
$$A = b.d$$

$$Z = b.d^2/6$$

σ_a = ค่าการรับแรงกดของคอนกรีตที่ยอมรับได้

2. ค่าแรงเฉือน

ค่าของแรงเฉือนหาได้จากภาพประกอบที่ 1.2.25



ภาพประกอบที่ 1.2.25 แรงเฉือนที่เกิดขึ้น

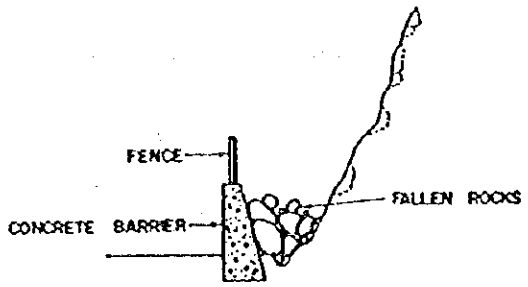
$$t = F_y / 2\ cd \leq t_a$$

ซึ่ง : t_a = ค่ากำลังแรงเฉือนที่ยอมรับได้ของคอนกรีต

(2) กำแพง (Wall)

- การใช้งาน

แผงกั้นแบบกำแพง (Wall Barrier) สามารถใช้งานได้ดีสำหรับการป้องกันหินที่มีขนาดปานกลางไม่ให้ร่วงลงสู่ผิวการจราจร แต่แผงกั้นแบบกำแพงนี้ต้องการพื้นที่ซึ่งกว้างพอสมควรในการติดตั้ง

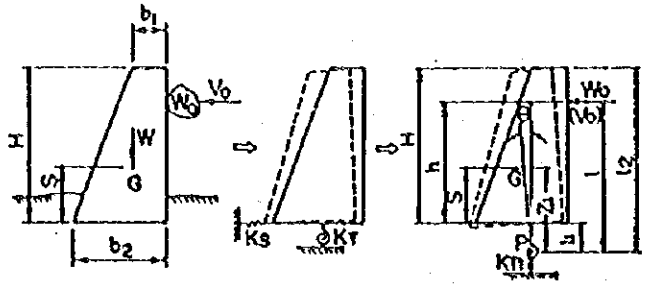


ภาพประกอบที่ 1.2.26 แผงกั้นแบบกำแพง

- การออกแบบ

เนื่องจากการหาค่าแรงกระทำจากภายนอกของหินที่ร่วงมาชนกำแพงทำได้ยาก ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างแบบจำลองทางไดนามิกส์ (Drynamics Model) ขึ้น เพื่อหาค่าแรงกระทำดังกล่าว โดยกำหนดเงื่อนไขดังนี้

1. แผงกั้นแบบกำแพงต้องเป็นโครงสร้างแข็ง (Rigid Body) ตั้งอยู่บนฐานรากแบบยืดหยุ่น (Elastic Foundation) และมีการแอ่นตัวในแนวนอน และการหมุนเกิดขึ้นบนกำแพงเมื่อมีหินมากระทบ จนกระทั่งพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) ของหินเท่ากับพลังงานในการเปลี่ยนรูปร่างของฐานราก



ภาพประกอบที่ 1.2.27 แบบจำลองทางไดนามิกส์

2. พิจารณาว่ามีหินเพียงก้อนเดียวที่มาชนกับกำแพง

3. ความยาวต้านทานประสิทธิผล (Effective Resistance Length) ของกำแพงจะเท่ากับ 4 เท่าของความสูงของกำแพง หากไม่สามารถทำได้ก็ให้ใช้ความยาวจริงของกำแพงเป็นความยาวต้านทานประสิทธิผลแทน

4. มุมที่หินกระทบกับกำแพงกำหนดให้เท่ากับ 90 องศา

- การคำนวณแรงกระทำภายนอก (External Force)

ก) การหาค่า Z ระหว่างจุดหมุน (Rotational Center, R) กับจุดศูนย์ถ่วง (Gravity Center, G) ของกำแพง

$$m = w/g$$

$$I = \frac{m}{3}\left(\frac{b_1^2 + b_2^2}{2} + H2 - \frac{b_2 - b_1}{2(b_1 + b_2)} H_2 - \frac{-(2b_1 + b_2)^2 H^2 + b_1^2 + b_2^2 + b_1 . b_2)^2}{3(b_1 + b_2)^2}\right)$$

$$Io = \frac{b_2^3 . L}{12}$$

$$A = b_2 . L$$

$$S = \frac{H}{3} . \frac{2b_1 + b_2}{b_1 + b_2}$$

$$Kv = 0.4\alpha . Eo . Bv^{-3/4}$$

$$Ks = \frac{A . Kv}{4}$$

$$Kr = Io \cdot Kv$$

$$io^2 = I/M$$

$$eo^2 = Kr/Ks$$

$$Z1 = \frac{1}{2S}(S^2+eo^2-io^2) + \sqrt{\left(\frac{1}{4S^2}(S^2+eo^2-io^2)^2+io^2\right)}$$

ซึ่ง: W = น้ำหนักของกำแพง
g = ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
I = โมเมนต์อินเนอเชียรอบจุดศูนย์ถ่วงของกำแพง
Io = โมเมนต์อินเนอเชียรอบจุดฐานของกำแพง
L = ความยาวของกำแพง
b_1 = ความกว้างส่วนบนของกำแพง
b_2 = ความกว้างส่วนฐานของกำแพง
H = ความสูงของกำแพง
A = พื้นที่ฐานของกำแพง
S = ระยะความสูงระหว่างฐานของกำแพงกับจุดศูนย์ถ่วงของกำแพง
Kv = โมดูลัสยืดหยุ่นของพื้นดิน
α, Eo, Bv = เหมือนข้างบน
Ks = เหมือนข้างบน
Kr = เหมือนข้างบน

ข) คำนวณหาความเร็ว (Velocity, V) ของกำแพง ณ จุดที่หินกระทบ A

$$l_1 = Z_1 - S$$

$$l_2 = l_1 + H$$

$$\alpha' = \frac{4(b_2.l_2-b_1.l_1)(l_2^2+l_1.l_2+l_1^2)-3(b_2-b_1)(l_2+l_1)(l_2+l_1^2)}{6l^2\,(b^1+b^2)\,H}$$

$$V = \frac{Wo}{Wo + \alpha \cdot W} Vo$$

ซึ่ง : l_1 = ระยะระหว่างฐานของกำแพงกับจุดหมุน (C)

l_2 = ระยะระหว่างผิวบนของกำแพงกับจุดหมุน (P) ของกำแพง

l = ระยะระหว่างจุดกระบ (A) กับจุดหมุน (P)

W_o = น้ำหนักของหินที่ร่วงลงมา

V_o = ความเร็วของหินที่ร่วงลงมา

ค) คำนวณหามุมของการหมุน Θ และระยะแอ่นตัวของฐานของกำแพง เมื่อถูกกระทบโดยหิน

$$K_{r1} = K_s (co^2 + l_1^2)$$

$$\delta_s = \frac{W_o \cdot l^2}{K_{r1}}$$

$$\delta_d = \sqrt{\left(\left(1 + \alpha \frac{W}{W_o}\right) \frac{\delta_s \cdot V^2}{g}\right)}$$

$$\Theta = \delta_d / l$$

$$\delta_b = \delta_d - h \cdot \Theta = \delta_d \ (1 - h/l)$$

ซึ่ง: K_{r1} = โมดูลัสยืดหยุ่นของพื้นดิน

δ_s = ระยะแอ่นตัวทางสถิตย์ (Static Displacement) ที่จุด A

δ_d = ระยะแอ่นตัวทางจลน์ (Dynamic Displacement) ที่จุด A

ง) คำนวณค่าโมนต์ดัด (Bending Moment, M) และแรงกระทำในแนวนอน (Horizontal Force, H) ที่เกิดจากการชนของหิน

$$M = K_{r1} \cdot \Theta$$

$$H = K_s \cdot \delta_b$$

- การคำนวณหาค่าความเสถียรภาพ (Stability)

การคำนวณหาเสถียรภาพของแผงกั้นแบบกำแพง ก็คือการพิจารณาถึงเสถียรภาพของฐานแผ่ (Spread Foundation) นั่นเอง ดังนั้น จึงได้มีการศึกษาเสถียรภาพของกำแพงใน 3 รูปแบบด้วยกัน พร้อมทั้งกำหนดค่าของตัวคูณปลอดภัย (Safety Factor) ไว้ดังแสดงในตารางที่ 1.2.27 ซึ่งรูปแบบที่ได้ทำการทดสอบคือ

1. ทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของดินฐานราก (Bearing Capacity)
2. ทดสอบการพลิกล้ม (Overturning)
3. ทดสอบการเลื่อนไถล (Slipping)

ตารางที่ 1.2.7 ค่าตัวคูณปลอดภัย และแรงที่กระทำ (Load)

		กำแพงปกติ	เมื่อมีหินมากระทบ	เมื่อดินโคลนถูกสะสมอยู่เต็ม
ตัวคูณปลอดภัย	การรับน้ำหนักของดิน	3	1.5	1.5
	การเลื่อนไถล	-	1.5	1.5
การพลิกล้ม		B/6	B/3	B/3
สภาพของแรงที่กระทำ		 - น้ำหนักของตัวกำแพง	 - น้ำหนักของตัวกำแพง - แรงกระทำจากก้อนหิน - แรงดันของดินโคลน	 - น้ำหนักของกำแพง - แรงดันของดินโคลน