บทที่ 4
แนวทางการป้องกันเพื่อแก้ปัญหาบนพื้นที่ลาดชัน

4.1 แนวคิดเกี่ยวกับการป้องกันบนพื้นที่ลาดชัน

จากการศึกษาถึงปัญหาต่างๆ บนพื้นที่ลาดชันในบทที่ผ่านมาทำให้สามารถทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ลาดชันรวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อเนื่องอีกหลายประการ ซึ่งทั้งหมดเป็นปัญหาที่มีความเกี่ยวโยงกัน ดังนั้นการแก้ไขปัญหาในจุดหนึ่งอาจมีผลทำให้เกิดผลกระทบในจุดอื่นด้วย ซึ่งการแก้ไขสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ งบประมาณ ความพร้อมและความเหมาะสมของเครื่องมือ ความต้องการของโครงการ ซึ่งในบทนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการป้องกันพื้นที่ลาดชันที่เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาบนพื้นที่ลาดชันที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม

วัตถุประสงค์ของการสร้างแนวป้องกันบนพื้นที่ลาดชัน

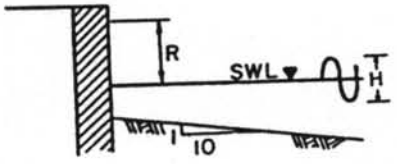
- เพื่อป้องกันการกัดกร่อน และการพังทลายทั้งจากธรรมชาติ ได้แก่ การไหลของน้ำผิวดิน และการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การขุด-ถมบนพื้นที่ลาดชัน การก่อสร้างอาคารบนพื้นที่ลาดชัน ถนน และแนวระบบสาธารณูปโภคต่างๆ บนพื้นที่ลาดชันทำให้พืชพันธุ์เดิมถูกทำลาย
- เพื่อใช้ประโยชน์หลังแนวป้องกัน เช่น สวนสาธารณะ ทางสัญจร ถนน ทางเท้า ทางจักรยาน ที่พักอาศัย เกษตรกรรม เป็นต้น
- เพื่อแสดงแนวเขตที่ดินของพื้นที่และป้องกันการรุกล้ำ
- เพื่อเสริมคุณภาพทางด้านความงามและคุณภาพของที่ว่าง

4.2 แบบแผนเพื่อการป้องกันรักษาพื้นที่ลาดชัน

4.2.1 รูปแบบของแนวป้องกัน

รูปแบบของแนวป้องกันมีผลต่อการชะลอความเร็วของน้ำผิวดินที่ไหลซึ่งมีผลต่อหน้าดิน รวมไปถึงการชะล้างพังทลายของดิน ปริมาณการดูดซึมน้ำลงสู่ชั้นดิน ความยาวของที่ลาดและความชันเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การกัดกร่อนเพิ่มขึ้น อัตราความเร็วของน้ำผิวดินเพิ่มขึ้น การทำขั้นบันไดและทำให้ความลาดน้อยลงสามารถช่วยลดผลกระทบจากความยาวและความชันของที่ลาดได้ แต่ทั้งนี้การเลือกใช้รูปแบบต่างๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะและความจำเป็นของพื้นที่ด้วยซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 รูปแบบใหญ่ๆ

4.2.1.1 แนวป้องกันแบบตั้งฉาก (Vertical Face) เป็นแนวป้องกันที่ตั้งฉากขึ้น ซึ่งแนวป้องกันชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นกำแพงกันดินด้วยในตัวทำให้ในการออกแบบต้องคำนึงถึงเรื่องแรงดันของดินด้วย



รูปที่ 4.1 แสดงรูปตัดลักษณะแนวป้องกันแบบตั้งฉาก

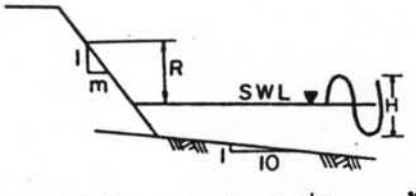
(Donald H. Gray, 1996: 175)

ข้อดี - พื้นที่ก่อสร้างตัวแนวป้องกันหรือแนวกำแพงกันดินใช้น้อย, ตัวแนวป้องกันไม่ยื่นล้ำออกจากแนวป้องกันที่กำหนดสามารถสร้างชิดแนวพื้นที่ที่กำหนดได้ถ้าเป็นเขื่อนตัวเขื่อนจะไม่ยื่นล้ำไปในลำน้ำเพราะแนวเขตพื้นที่ริมน้ำเป็นแนวดิ่งเดียวกับสันเขื่อน

ข้อเสีย - แนวป้องกันดูไม่ค่อยสวยงาม แข็งกระด้าง เป็นกำแพงทึบ ถ้าบริเวณที่มีความลาดชันสูง จะทำให้พื้นที่ถูกแบ่งระดับมากเกินไป ใช้กับพื้นที่ริมน้ำจะทำให้การเชื่อมต่อระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำถูกตัดขาดจากกันมากโดยเฉพาะเวลาน้ำลง อาจต้องมีการปรับพื้นที่ด้วยการตัดหรือถมให้ได้แนวตรงของพื้นที่ผิวหน้า

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับบริเวณที่มีสภาพพื้นที่ชัน 90° ที่มีสภาพพื้นที่จำกัดในการก่อสร้างต้องใช้พื้นที่น้อยที่สุด, มีความต้องการใช้พื้นที่ริมน้ำ เช่น เขตเมืองที่ต้องการพื้นที่ใช้สอยและที่ดินมีราคาแพง, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการแบ่งแยกพื้นที่ใช้สอย, พื้นที่ที่ต้องทำการปรับระดับด้วยการถม, พื้นที่ที่มีปรับพื้นที่โดยการตัดเพื่อเสริมกำลังให้แก่ดินหลังแนวป้องกัน

4.2.1.2 แนวป้องกันระนาบตั้งเอียงเรียบ (Smooth face) เป็นแนวป้องกันที่มีระนาบตั้งเอียงกับแนวระนาบ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงความลาดเอียงที่เหมาะสมโดยจะต้องพิจารณาจากลักษณะของดินเป็นหลักแนวป้องกันรูปแบบนี้อาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ เขื่อนโครงสร้างเอียงแนวเดียว เขื่อนโครงสร้างเอียงสองแนวหรือมากกว่าสองแนว



รูปที่ 4.2 แสดงรูปตัดลักษณะแนวป้องกันที่มีระนาบตั้งเอียงเรียบ

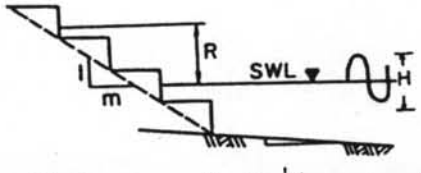
(Donald H. Gray, 1996: 175)

ข้อดี - ราคาถูกกว่าแนวป้องกันแบบโครงสร้างตรง เพราะไม่ต้องทำโครงสร้างเพื่อกันดิน แต่อาศัยการปรับพื้นที่ลาดชันให้พอเหมาะที่จะทำให้เกิดความมั่นคงแก่พื้นที่ลาดชันได้, โครงสร้างที่มีการปรับพื้นที่ ทำให้เกิดความรู้สึกต่อเนื่องได้มากกว่าโครงสร้างแบบตรง, มุมมองของแนวป้องกันเมื่อใช้กับพื้นที่ริมน้ำช่วงน้ำลดจะสวยงามกว่าเขื่อนโครงสร้างตรง, นอกจากจะใช้ในการป้องกันการกัดกร่อน พังทลายแล้ว แนวป้องกันโครงสร้างเอียงแบบสองแนวยังช่วยในการลดอัตราความเร็วน้ำที่ไหล ด้วยระยะพักในแนวราบ, ใช้กับดินได้ทุกชนิดแต่ความลาดชันจะเปลี่ยนไปตามชนิดดิน, การดูแลรักษาง่าย

ข้อเสีย - ต้องใช้พื้นที่ในการสร้างแนวป้องกันมากกว่าเขื่อนแบบโครงสร้างตรงโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดเอียงมากก็จะต้องใช้พื้นที่แนวราบที่เป็นระยะพักมากไปด้วย, ทำให้เกิดการยื่นล้ำลงในแม่น้ำเมื่อใช้กับพื้นริมน้ำ เพราะความลาดเอียงของแนวป้องกัน, ถ้านำไปใช้กับลำน้ำจะต้องทำการปิดลำน้ำในการก่อสร้างถึงจะสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับบริเวณที่มีพื้นที่ด้านหลังแนวป้องกันมาก, ต้องการป้องกันการกัดเซาะ ลดอัตราการไหลของน้ำให้ช้าลงและต้องการความกลมกลืนกับธรรมชาติ, เหมาะกับบริเวณที่ต่างระดับและต้องการสร้างความต่อเนื่องของพื้นที่

4.2.1.3 แนวป้องกันแบบขั้นบันได (Step face) แนวป้องกันที่มีการแบ่งระดับออกเป็นหลายๆ ระดับคล้ายขั้นบันไดโดยระนาบทางตั้งจะต้องมีลักษณะเป็นกำแพงกันดิน



รูปที่ 4.3 แสดงรูปตัดลักษณะแนวป้องกันที่มีการแบ่งระดับเป็นขั้นบันได

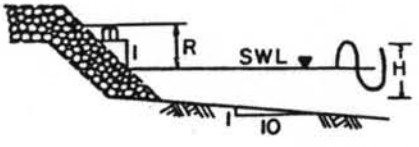
(Donald H. Gray, 1996: 175)

ข้อดี - สามารถช่วยลดความเร็วของน้ำที่ไหลผิวดินได้มากทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุ พื้นผิวที่ใช้ ความยาวของระนาบขั้นบันได จำนวนขั้นบันได เป็นต้น, ให้ความรู้สึกต่อเนื่องระหว่างพื้นที่ที่ต่างระดับกัน, สามารถใช้ประโยชน์บนขั้นบันไดได้ เช่น ที่นั่ง ปลูกพืช ทางเดินที่เป็นบันไดไปสู่ด้านบนหลังแนวป้องกัน, ใช้ได้กับดินทุกชนิดขึ้นอยู่กับการเลือกโครงสร้างตรงให้เหมาะกับดิน, การดูแลรักษาง่าย

ข้อเสีย - ถ้าใช้กับพื้นที่ริมน้ำต้องยินยอมเสียพื้นที่บางพื้นที่ให้น้ำท่วมในหน้าน้ำ, ต้องการพื้นที่ด้านหลังแนวป้องกันมากกว่าแนวป้องกันแบบโครงสร้างตรง, สภาพของขั้นบันไดอาจดูไม่เป็นธรรมชาติ, ค่าก่อสร้างสูงกว่าแนวป้องกันแบบโครงสร้างตรงเพราะต้องมีโครงสร้างที่เป็นกำแพงกันดินในแนวตั้งและต้องมีการปรับระดับให้เป็นขั้นบันได

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับบริเวณที่มีพื้นที่ด้านหลังแนวป้องกันมาก, สามารถยอมให้น้ำท่วมพื้นที่ด้านหน้าแนวป้องกันได้ในบางฤดู, พื้นที่ที่ต้องการใช้ประโยชน์ของแนวป้องกันในด้านนันทนาการ เช่น ที่นั่งในสวนสาธารณะริมน้ำ หรือประโยชน์ในการป้องกันเสียงและการกัดเซาะพังทลาย เช่น ริมทางหลวง ริมแม่น้ำ เป็นต้น, เหมาะกับลำน้ำที่มีระดับสูง-ต่ำ ต่างกันมาก เพราะไม่ทำให้การเชื่อมต่อขาดกันมาก และไม่ทำให้เกิดมุมมองที่ไม่สวยงาม

4.2.1.4 แนวป้องกันลาดเอียงผิวหยาบ (Rough face) เป็นแนวป้องกันที่พื้นผิวหน้าหยาบ ที่ใช้แก้ปัญหาการกัดกร่อนพังทลายที่เกิดขึ้นเป็นประจำด้วยการปรับระดับและถมด้วยวัสดุที่คัดเลือก โดยตัวแนวป้องกันจะไม่สามารถขนย้ายได้ง่าย ทำการรื้อถอนยาก มีความมั่นคง แข็งแรง เหมาะกับบริเวณที่ต้องการแนวป้องกันที่มีความมั่นคง แข็งแรง



รูปที่ 4.4 แสดงรูปตัดลักษณะแนวป้องกันลาดเอียงที่มีพื้นผิวหยาบ
(Donald H. Gray, 1996: 175)

ข้อดี - การก่อสร้างทำได้ง่ายไม่ต้องใช้ช่างฝีมือ โดยปรับระดับความลาดเอียงของพื้นดินให้พื้นที่ลาดเอียงเกิดความมั่นคงไม่พังทลาย, วัสดุที่นำมาถมสามารถหาได้ในท้องถิ่น โดยส่วนใหญ่เป็นหินภูเขาขนาดใหญ่ เป็นต้น อาจมีการเลือกใช้วัสดุแบบอื่นๆ ตามแต่สถานที่ที่ใช้ป้องกัน, สามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ทั้ง พื้นที่ริมทะเล ริมแม่น้ำ ใช้กับพื้นที่ริมทางหลวงที่เกิดการกัดกร่อน พื้นที่การเกษตรบนพื้นที่ลาดเอียง, การดูแลรักษาง่าย

ข้อเสีย - จะเสียพื้นที่ไปกับตัวแนวป้องกันมาก เนื่องจากต้องควบคุมความลาดเอียงให้พื้นที่เกิดความมั่นคง(โดยมากอยู่ระหว่าง 1: 2.5 หรือ 1: 3), ใช้กับพื้นที่ลาดเอียงมากไม่ได้ ถ้าจะใช้จะต้องปรับพื้นที่ให้มีความลาดเอียงน้อยลงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และคุณสมบัติของดิน ทั้งนี้ยกเว้นดินเหนียวอ่อน เพราะอาจทำให้เกิดการเลื่อนไหลของดิน

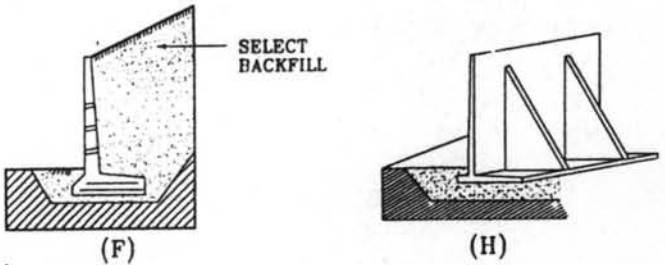
ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะสมกับพื้นที่ที่ต้องการป้องกันการกัดกร่อน ลดอัตราการไหลของน้ำให้ช้าลงและต้องการความกลมกลืนกับธรรมชาติ, เหมาะสมกับพื้นที่ริมทะเลที่ต้องการลดการกัดกร่อนจากคลื่น ช่วยให้ความรุนแรงของคลื่นที่กระทบกับฝั่งเบาลง

4.2.2 ลักษณะโครงสร้างแนวป้องกัน

4.2.2.1 โครงสร้างถาวร (Inert Structure) คือ แนวป้องกันที่มีความจำเป็นต้องนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมที่ซับซ้อนมาร่วมพิจารณา หรือบางครั้งอาจไม่จำเป็นต้องนำมาร่วมพิจารณาเลย ก็สามารถทำให้บริเวณที่มีความลาดชันเกิดความแข็งแรง เพื่อให้แนวป้องกันมีเสถียรภาพที่มั่นคง แข็งแรง และสามารถตอบสนองการใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ในการป้องกันแก้ปัญหาการกัดกร่อนพังทลายของดินที่เกิดขึ้นเป็นประจำมีผลิตภัณฑ์และเทคนิคมากมายรวมถึงวัสดุที่มีความแข็งแรง เช่น เหล็ก คอนกรีตและโพลิเอสเตอร์สังเคราะห์โดยแนวป้องกันจะใช้วัสดุที่มีความคงทนแข็งแรง การเสื่อมสลายตัวช้าตามระยะเวลา

4.2.2.1.1 Retaining structure เป็นโครงสร้างที่ตั้งอยู่บริเวณฐานของความลาดชันช่วยทำให้บริเวณที่มีความลาดเอียงเกิดความแข็งแรงต่อต้านการเคลื่อนตัวและป้องกันการชะล้างและการทำลาย ประกอบด้วย

- Cantilever and Counter fort wall เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถก่อสร้างได้สูงสามารถใช้ได้จนถึงความสูง 9 เมตรสำหรับ Cantilever และความสูงจนถึง 8 เมตรสำหรับโครงสร้าง Counter fort wall โครงสร้าง Cantilever wall เป็นการเสริมกำลังในแนวตั้งและแนวนอน แนวตั้งสำหรับต่อต้านโอกาสที่จะทำให้เกิดการโค้งงอ และในแนวนอนป้องกันการแตก ครีบด้านหลังของ Counter fort wall ต้องมีการเสริมกำลังอย่างมากเพื่อในการต้านทานแรงดึง ผนังทั้ง 2 แบบ มีราคาค่อนข้างแพงและต้องการการดูแล ออกแบบอย่างระมัดระวัง รวมถึงรูปแบบของการก่อสร้างด้วย



รูปที่ 4.5 แสดงแนวป้องกัน Cantilever wall (F), Counter fort wall (H)

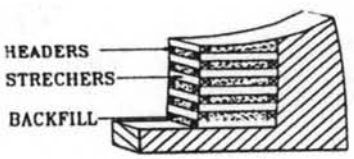
(Donald H. Gray, 1996: 133)

ข้อดี - เป็นโครงสร้างที่ประกอบ ด้วยกำแพงกันดิน และคอนกรีตเสริมเหล็ก, สามารถก่อสร้างได้สูง, มีการเสริมกำลังให้กับโครงสร้างทั้งในแนวตั้งต่อต้านการโค้งงอและแนวนอนป้องกันการแตกทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรง, ใช้ได้กับดินทุกชนิดแต่ถ้าหากดินอ่อนต้องมีการตอกเสาเข็มช่วย, ต้องการการดูแลรักษาน้อยไม่ยุ่งยาก

ข้อเสีย – โครงสร้างชนิดนี้ค่อนข้างมีราคาแพง, รูปแบบการออกแบบและการทำงานต้องการการดูแลอย่างระมัดระวัง, ต้องใช้พื้นที่ในการก่อสร้างสำหรับส่วนที่เป็นคานยื่น, การก่อสร้างมีความยุ่งยาก หากทำในพื้นที่ลำน้ำอาจต้องทำการปิดกั้นลำน้ำหรือทำนบกั้นน้ำ

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับพื้นที่ลาดชันที่มีพื้นที่การก่อสร้างมากพอ เช่น ไหล่ทางกว้าง ลำน้ำที่มีพื้นที่ก่อสร้างมากพอ, สามารถใช้กับพื้นที่ลาดชันที่มีสภาพดินที่อ่อนแต่ต้องมีการตอกเสาเข็มช่วย

- Crib wall คล้ายกล่อง การจัดเรียงไม้ซุงประสานกัน รั้วไม้ คานคอนกรีตเสริมเหล็กหรือคานเหล็กภายในบรรจุด้วยหินหรือดินหรือรู้จักกันอีกชื่อว่า "Bin wall" ประกอบขึ้นจากกล่องเหล็กหรือถัง ยึดด้วยน็อตให้ติดกันในลักษณะของหน่วยที่นำมาประกอบกัน (Modular) เรียงไปตามรูปทรงของกำแพงที่ต้องการ สามารถซ้อนกันขึ้นไปในแนวตั้งหรือเอียงขึ้นไปด้านหลังเพื่อความมั่นคงแข็งแรง ส่วนประกอบของหลุม โพรง สามารถออกแบบให้มีการเปิดด้านหน้าให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ Crib wall ราคาไม่แพง โดยทั่วไปปรับตัวให้เข้ากับที่ตั้งได้



(C)

รูปที่ 4.6 แสดงแนวป้องกันแบบ Crib wall

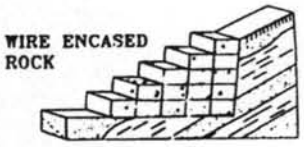
(Donald H. Gray, 1996: 133)

ข้อดี - เป็นโครงสร้างที่ใช้น้ำหนักของตัวเองต้านแรงดันดินและน้ำ, การประกอบของชิ้นส่วน ทำให้ก่อสร้างได้รวดเร็วและสามารถปรับใช้ให้เข้ากับที่ตั้งที่มีความแตกต่างกันได้, ภายในส่วนโพรงที่บรรจุดินและหินสามารถออกแบบให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้, โครงสร้างชนิดนี้ราคาค่อนข้างไม่แพง, ต้องการการดูแลรักษาน้อยไม่ยุ่งยาก

ข้อเสีย – ต้องใช้พื้นที่กว้างในการประกอบชิ้นส่วนให้เป็นคอก, ต้องมีการปรับพื้นที่เพื่อวางชิ้นส่วน, การใช้พืชพันธุ์ภายในโพรงต้องพิจารณาเลือกพืชที่ระบบรากไม่ทำความอันตรายต่อโครงสร้าง

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะสมกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็ว, เหมาะสมกับโครงการที่มีพื้นที่กว้างมากพอสำหรับสร้างแนวป้องกันพื้นที่ลาดเอียง

- Gabion wall เป็นกล่องตาข่ายหรือตะกร้าที่ถูกมัดไว้ทำจากตาข่าย, ร่างแหตะกร้า เหล่านี้ถูกเติมด้านในด้วยหิน กองเรียงขึ้นเป็นผนังรับน้ำหนักชนิดหนึ่ง ประการสำคัญของ Gabion ขึ้นอยู่กับกำลังของหินที่ถูกเติมเข้าไปเพื่อให้เกิดความแข็งแรงด้านใน และมวลหรือน้ำหนักเหล่านี้จะช่วยต้านทานการกระทำจากภายนอก, Gabion เป็นโครงสร้างที่มีรูน้ำสามารถซึมผ่านได้พืชจึงเจริญเติบโตได้ Gabion มีความยืดหยุ่นมาก, สร้างขึ้นได้ง่ายและราคาไม่แพง



(B)

รูปที่ 4.7 แสดงแนวป้องกันแบบกล่องกระชุหิน (Gabion wall)

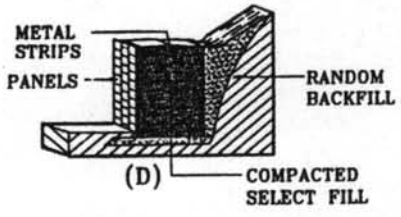
(Donald H. Gray, 1996: 133)

ข้อดี – โครงสร้างชนิดนี้มีความยืดหยุ่นต่อสถานที่, ลักษณะโครงสร้างมีรูน้ำสามารถซึมผ่านได้พืชจึงเติบโตได้, การก่อสร้างทำได้ง่ายและไม่ต้องอาศัยช่างฝีมือเพราะไม่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน, ราคาไม่แพง, สามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว

ข้อเสีย – ถ้าใช้ในพื้นที่ลำน้ำต้องทำการปิดกั้นลำน้ำ, อาจมีการทรุดตัวได้เล็กน้อย, ต้องการการดูแลรักษาพอสมควรโดยเฉพาะกล่องตาข่าย, ต้องมีการปรับพื้นที่ลาดเอียงด้านหน้าบ้าง

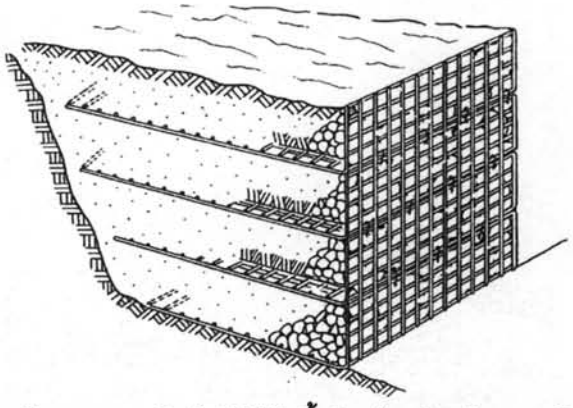
ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็ว, เหมาะกับพื้นที่ที่มีความกว้างมากพอ, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการใช้พื้นที่ด้านหลังแนวป้องกันได้อย่างเต็มที่เพราะการก่อสร้างจะทำด้านหน้าของพื้นที่ลาดเอียงเดิม

- Reinforced earth wall ประกอบด้วยการเสริมกำลังด้วยชั้นของแผ่นเหล็ก แรงบีบเค้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในวัสดุที่ถมเพื่อเสริมกำลัง โดยการเสียดสีกันของจุดเชื่อมต่อตามการขยายตัว ซึ่งถูกสกัดกั้นด้วยตำแหน่งของแผ่นเหล็ก ลักษณะของแผ่นเหล็กจะเกี่ยวข้องกับวัสดุที่เคลือบทับไว้ด้วย สุดท้ายแรงของพื้นดินที่กระทำกับผิวด้านหน้าของโครงสร้างเล็กน้อยมาก เพราะแรงที่พื้นดินส่วนใหญ่ถูกต้านทานการขยายออกตามแนวความยาวของแผ่นเสริมแรง ขนาดของการเสริมแรงสามารถพิจารณาให้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักได้ ความต้องการความแข็งแรงภายในต้องมีการเพิ่มการออกแบบแผ่นเหล็กหรือการผูกมัดเพื่อสกัดกั้น ต่อต้าน แรงดึงหรือความอ่อนแอที่เกิดจากแรงดึง



รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะแนวป้องกันแบบการเสริมกำลังให้พื้นดิน (Reinforced Earth wall)

(Donald H. Gray, 1996: 133)



รูปที่ 4.9 แสดงแนวป้องกันแบบการเสริมกำลังให้กับพื้นดิน ด้วยวัสดุสังเคราะห์ (Welded-wide wall)

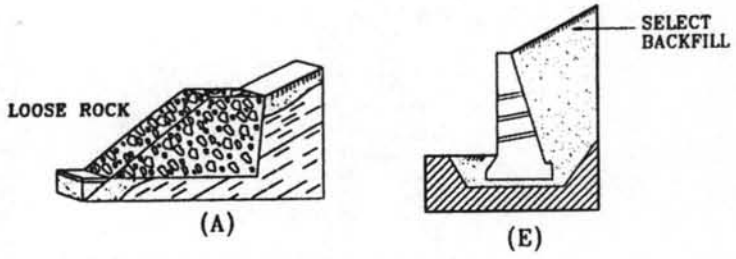
(Donald H. Gray, 1996: 163)

ข้อดี - เป็นการเสริมแข็งแรงให้กับพื้นดิน เพื่อสกัดกั้น, ต่อต้านแรงดึงหรือความอ่อนแอที่เกิดจากแรงดึง, วัสดุก่อสร้างมีลักษณะเป็นวัสดุสำเร็จรูปทำให้สะดวกในการขนวัสดุก่อสร้างและการก่อสร้างทำได้ง่าย, ขนาดของการเสริมแรงพิจารณาให้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักได้, วัสดุที่นำมาใช้ในการเสริมแรงมีให้เลือกมากมาย, ค่อนข้างจะมีราคาไม่แพง, ปรับใช้กับการดูแลพืชพันธุ์ได้

ข้อเสีย - ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างมาก เนื่องจากการเสริมกำลัง, ต้องทำการก่อสร้างที่ละชั้น, ต้องการการปลูกรักษาพอสมควร

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับบริเวณที่มีพื้นที่มากพอในการก่อสร้าง, โครงการที่ต้องการความรวดเร็ว, เหมาะกับดินแข็ง, เหมาะกับบริเวณที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ

- Rock Breast wall and Articulated Block wall ทั้งคู่ใช้น้ำหนักของโครงสร้างเป็นตัวต้านทานแรงที่พื้นดินเป็นหลัก กำแพงเหล่านี้จะช่วยให้ฐานของที่ลาดชันแข็งแรง มีการจำกัดความสูง ประโยชน์ใช้สอยหลักเพื่อปกป้องส่วนปลายด้านล่างของความลาดชัน ลักษณะที่มีรูซึมน้ำได้ ซึ่งเปิดโอกาสให้สามารถบรรจุพืชพันธุ์ลงในพื้นที่ว่างได้



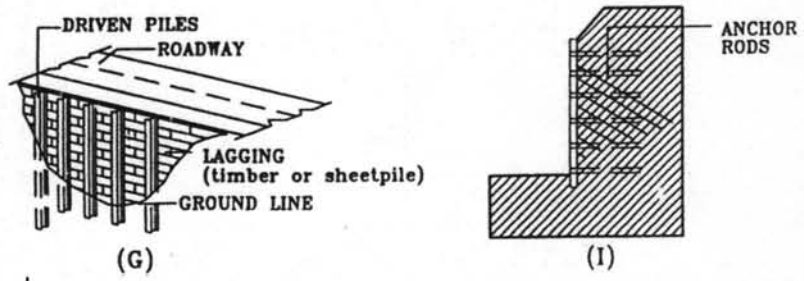
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะแนวป้องกันแบบ Rock Breast wall (A), Concrete gravity wall (E)
(Donald H. Gray, 1996: 133)

ข้อดี - แนวป้องกันนี้อาศัยแรงเสียดทานจากน้ำหนักของตัวแนวป้องกันเองเป็นตัวต้านทานแรงดันดินด้านข้าง, มีลักษณะเป็นรูซึมน้ำได้เปิดโอกาสให้พืชพันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้, ประโยชน์ใช้สอยหลักเพื่อป้องกันส่วนปลายด้านล่างของความลาดชันและยับยั้งการเกิดการกัดกร่อนพังทลาย

ข้อเสีย - ดินฐานรากต้องมีความแข็งแรง ในกรณีที่เป็นดินอ่อนอาจต้องใช้ฐานรากระบบเสาเข็ม ทำให้ราคาก่อสร้างสูง, พื้นที่ก่อสร้างต้องมีฐานรับน้ำหนักแนวป้องกันได้ ยกเว้นดินเหนียวอ่อนอันเนื่องจากจะเกิดการเลื่อนของดิน, จำกัดขอบเขตความสูงเพราะถ้าสูงมากน้ำหนักก็จะมาก ต้องทำฐานให้แข็งแรง ทำให้ราคาค่าก่อสร้างสูงด้วย, ต้องการการดูแลรักษาบ้าง, จะเสียพื้นที่ไปกับแนวป้องกันมากซึ่งถ้าลาดชันมากก็จะเสียพื้นที่ทางแนวนอนมากตามไปด้วย

ความเหมาะสมในการใช้งาน - พื้นที่ต้องมีดินฐานรับน้ำหนักแนวป้องกันได้, ใช้ในการป้องกันการกัดเซาะพังทลายในพื้นที่ลาดชันที่ไม่สูง, เหมาะสมกับพื้นที่ลาดชันที่ต้องการปกป้องส่วนปลายด้านล่างของพื้นที่ลาดชัน, เหมาะกับบริเวณที่มีพื้นที่ก่อสร้างมากพอ

- Steel H-Pile wall and Tie-Back wall เป็นผนังรับน้ำหนักในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด หรือพื้นที่ทำฐานรากถูกจำกัด Pile ประกอบด้วยแนวของช่องที่ขุดเจาะลงไปในดินแล้วตามด้วยเสาเข็มคอนกรีตทรงกระบอกหรืออย่างอื่น เช่น เสาเข็มเหล็ก H ผนังเสาเข็มที่ใช้เพื่อค้ำจุน หรือในจุดที่มีลักษณะพื้นดินมีความเปราะบาง



รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะแนวป้องกันแบบ Steel H-pile wall (G), Tie-back wall (I)

(Donald H. Gray, 1996: 133)

ข้อดี - ทำได้ง่าย สะดวก เพียงตอกเข็มแล้วใส่แผงกันดินเพื่อค้ำจุน หรืออาจมีการดึงสมอที่บริเวณด้านบนของแนวป้องกันเพื่อช่วยต้านแรงดันดิน, ใช้ได้กับดินทุกชนิดแต่ถ้าดินอ่อนจะต้องใช้พื้นที่สำหรับดึงสมอ, ต้องการการดูแลรักษาน้อยไม่ยุ่งยาก

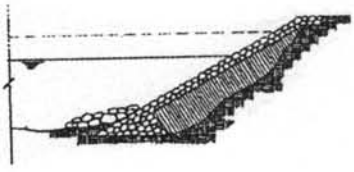
ข้อเสีย – ถ้าไม่มีสมอช่วยรับแรงดันดินจะสร้างได้สูงไม่มากนัก, ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายสูง

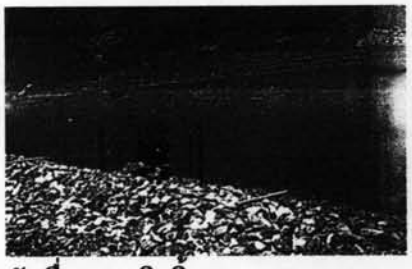
ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับพื้นที่ที่มีความสูงไม่มากนัก ถ้าพื้นที่สูงมากต้องมีการเสริมสมอเข้าไป จะก่อสร้างได้สูง, พื้นที่ด้านหลังแนวป้องกันมากพอที่จะรับแผงสมอ, เหมาะกับบริเวณที่มีลักษณะพื้นดินมีความเปราะบาง

4.2.2.1.2 โครงสร้างระบบเขื่อน (Revetment system) แนวกั้นเขื่อนเป็นผิวหน้าซึ่งเป็นเหมือนเกราะป้องกันตลิ่งและป้องกันการชะล้าง การสร้างเขื่อนโดยทั่วไปจะทำตามแนวของธารน้ำไหล ทางน้ำ ในทะเลสาบและชายทะเลสำหรับป้องกันหรือควบคุมการกัดกร่อนของตลิ่ง ต้านทานการเคลื่อนตัวของดิน เพื่อปกป้องการเสียหายของวัสดุเขื่อนจากการกระทำของน้ำ ลดอัตราความรุนแรงของ การขุดลอกแม่น้ำ

- Rock Riprap เป็นการปกป้องพื้นที่ลาดชันด้วยชั้นของก้อนหินขนาดใหญ่โดยปกติเรียก"riprap" ความยากและค่าใช้จ่ายอยู่ที่การขุดหิน การขนส่งและการจัดวางก้อนหิน ต้องใช้วัสดุในปริมาณมากขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ ขนาดและน้ำหนักของก้อนหินนั้นมี

ความจำเป็น ขึ้นอยู่กับการคาดการณ์หรือการออกแบบอัตราความเร็วและหรือความสูงคลื่น พืชพันธุ์สามารถเกิดขึ้นได้ในพื้นที่เหนือก้อนหิน





รูปที่ 4.12 แสดงรูปตัดและลักษณะแนวป้องกันเชื่อนแบบหินทิ้ง (Rock Riprap)

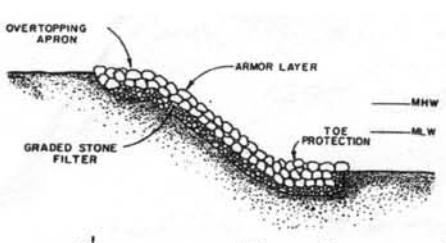
(Donald H. Gray, 1996: 171)

ข้อดี - เป็นการปกป้องพื้นที่ลาดชันด้วยชั้นของหินและก้อนหินขนาดใหญ่, การก่อสร้างไม่ยุ่งยาก ทำได้ง่ายไม่ต้องใช้ช่างฝีมือ, พืชพันธุ์สามารถเกิดขึ้นได้ในพื้นที่เหนือก้อนหิน, ใช้กับดินได้ทุกชนิดยกเว้นดินเหนียวอ่อน, การดูแลรักษาง่าย

ข้อเสีย - ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่ง, จัดวางหิน, การขุดหิน, ต้องใช้วัสดุในปริมาณมากขึ้นในบริเวณทางน้ำไหลและชายทะเล, ในกรณีใช้ริมน้ำขนาดและน้ำหนักของก้อนหินนั้นขึ้นอยู่กับการคาดการณ์ หรือการออกแบบอัตราความเร็วหรือความสูงคลื่น, เสียพื้นที่กับตัวเขื่อนมากซึ่งถ้าตลิ่งสูงก็จะเสียพื้นที่ทางแนวนอนมาก, ต้องมีการปรับพื้นที่ไม่ให้ชันมาก เพื่อให้ตลิ่งมีความมั่นคง

ความเหมาะสมในการใช้งาน – เหมาะกับแม่น้ำที่มีความกว้าง, พื้นที่ที่ตลิ่งเตี้ยมีความลาดชันน้อย, เหมาะสมกับโครงการหรือบริเวณที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ

- Quarry Stone ใช้ในการปกป้องความลาดชันใกล้ชายฝั่ง ควรจะมีการปรับระดับความลาดเอียงของเขื่อนให้อยู่ที่ 1.5:1 (H: V) หรือแบนราบ ด้านล่างของเขื่อนควรจะมีชั้นกรวดบางๆ เพื่อช่วยในการกรองด้านล่าง



รูปที่ 4.13 แสดงรูปตัดและลักษณะแนวป้องกันแบบบ่อเรียงหิน (Quarry stone)

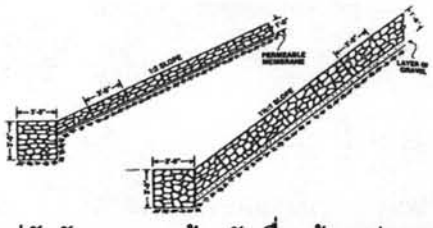
(Donald H. Gray, 1996: 171)

ข้อดี - เป็นการปกป้องบริเวณด้วยชั้นของแผ่นหิน ใช้ในการปกป้องพื้นที่ลาดชันใกล้ชายฝั่ง, การก่อสร้างไม่ยุ่งยาก ทำได้ง่ายไม่ต้องใช้ช่างฝีมือ, พืชพันธุ์สามารถเกิดขึ้นได้ในพื้นที่เหนือก้อนหิน, ใช้กับดินได้ทุกชนิดยกเว้นดินเหนียวอ่อน, การดูแลรักษาง่าย

ข้อเสีย - ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่ง, จัดวางหิน, การขุดหิน, ต้องใช้วัสดุในปริมาณมากขึ้น ในบริเวณทางน้ำไหลและใกล้ชายทะเล, ต้องออกแบบและคาดการณ์ขนาดและน้ำหนักของก้อนหินอย่างถูกต้อง พิถีพิถันจากอัตราความเร็วหรือความสูงคลื่น, เสียพื้นที่กับตัวเขื่อนมากซึ่งถ้าตลิ่งสูงก็จะเสียพื้นที่ทางแนวนอนมาก, ต้องปรับพื้นที่ให้มีความลาดชันน้อย หรือแบนราบเพื่อให้ตลิ่งมีความมั่นคง

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับแม่น้ำที่มีความกว้างเนื่องจากกระแสน้ำแรงและก่อสร้างง่าย, เหมาะกับพื้นที่ที่ตลิ่งเตี้ยมีความลาดชันน้อย, เหมาะสมกับโครงการหรือบริเวณที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ชายฝั่งที่มีการกัดกร่อนพังทลาย

- Gabion เรียงต่อกัน ประกอบด้วยตะกร้าลวดที่ถูกมัดติดกันและภายในบรรจุหินวางบนพื้นที่ลาดชัน เพื่อใช้ในการสร้างแนวกั้นเขื่อน Gabionใช้ในการทำแนวกั้นเขื่อนแบนราบมากกว่า ใช้ในแบบของกำแพงรับน้ำหนักแต่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน Gabion อาจจะพิจารณาเป็นตัวเลือกต่อจาก Riprap ในสถานที่ที่ขนาดหินมีความเหมาะสม หาได้ยากหรือมีราคาแพงมาก ใช้ในการป้องกันเขื่อนของแม่น้ำหรือตามฝั่งทะเล มีความยืดหยุ่น ช่วยในการค้ำยันแนวเขื่อน ป้องกันขัดขวางการทำลายจากระดับน้ำสามารถพืชสามารถขึ้นบนโครงสร้างได้ ฐานของแนวเขื่อน Gabionควรจะเรียบ และมีวัสดุสำหรับกรองในส่วนฐานด้านล่าง เพื่อป้องกันส่วนที่น้ำจะกัดเซาะไปได้ การติดตั้งทำจากส่วนที่อยู่ด้านล่างไปยังด้านบน



รูปที่ 4.14 แสดงรูปตัดลักษณะแนวป้องกันเขื่อนด้วยกล่องกระชุหิน (Gabion)

(Donald H. Gray, 1996: 172)

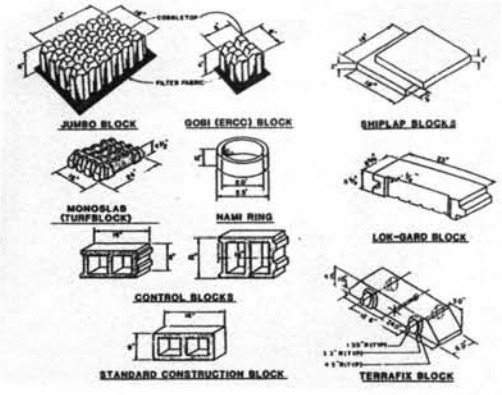
ข้อดี - ใช้ปริมาณหินน้อยกว่า Riprap ในสถานที่ที่มีขนาดหินที่ต้องการหาได้ยากหรือมีราคาแพง, ด้านบนจากเส้นระดับน้ำใช้ปลูกพืชได้, ช่วยในการค้ำยันแนว

เขื่อนและป้องกันการทำลายจากการกัดเซาะ, การก่อสร้างทำได้ง่ายและไม่ต้องอาศัยช่างฝีมือ เพราะไม่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน, ราคาไม่แพง สามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว

ข้อเสีย – ต้องทำการปิดกั้นลำน้ำ, อาจมีการทรุดตัวได้เล็กน้อย, ต้องการการดูแลรักษาพอสมควรโดยเฉพาะกล่องตาข่าย

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็ว, พื้นที่ที่มีความกว้างมากพอ, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการใช้พื้นที่ด้านหลังแนวป้องกันได้อย่างเต็มที่เพราะการก่อสร้างจะทำเพียงด้านหน้าของพื้นที่ลาดเอียงเดิม

- Articulated, Precast Concrete Blocks บล็อกคอนกรีตสำเร็จที่ใช้สร้างแนวกั้นเขื่อนถูกออกแบบและมีความมุ่งหมายที่แตกต่างกันในรูปทรงและหลักการของการต่อกันของข้อต่อ แต่ลักษณะหน้าตาทั่ว ๆ ไปคล้ายกันลักษณะเหล่านี้รวมถึงความยืดหยุ่น ความรวดเร็วในการติดตั้งและข้อกำหนดในการติดตั้งของพืชพันธุ์บนแนวเขื่อนที่มีความลาดชัน



รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะรูปแบบต่างๆ ของบล็อกคอนกรีตหล่อสำเร็จ

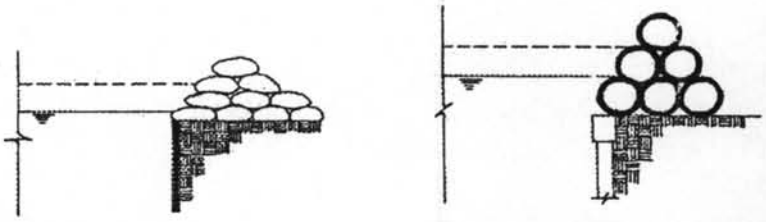
(Donald H. Gray, 1996: 174)

ข้อดี - วัสดุสำเร็จมีหลากหลายรูปแบบสวยงามให้เลือกใช้ เคลื่อนย้ายได้ง่าย, วัสดุมีมาตรฐานทั้งขนาด น้ำหนัก การติดตั้งเลือกตามความเหมาะสม, ก่อสร้างได้รวดเร็ว มีความยืดหยุ่นต่อการติดตั้งและสถานที่, ช่วยในการเสริมความแข็งแรงให้กับพื้นผิวหน้าดินให้แข็งแรง, ใช้ได้กับดินทุกชนิดยกเว้นดินเหนียวอ่อน สำหรับดินที่ไม่แข็งแรงอาจมีการเสริมด้วยการยึดหมุดฝังลงในดิน, ดูแลรักษาง่าย

ข้อเสีย – ต้องศึกษาความมุ่งหมายในรูปทรงและหลักการของการต่อกัน, มีข้อกำหนดชนิด, ลักษณะของพืชที่จะปลูก, ราคาค่อนข้างแพง

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็ว, เหมาะกับพื้นที่ทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก, เหมาะกับพื้นที่ในจุดที่พื้นผิวดินมีความเปราะบาง

- Rubber tire networks and Sand-cement sackเป็นเขื่อนที่ไม่มีโครงสร้างเพื่อใช้ชั่วคราว สำหรับพื้นที่ที่ไม่ต้องการป้องกันอย่างถาวรและที่ระดับไม่สูงมาก ลักษณะที่สำคัญเคลื่อนย้ายได้ง่าย ติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว ด้วยงบประมาณไม่สูง



เขื่อนไม่มีโครงสร้างทำจากกระสอบทราย เขื่อนไม่มีโครงสร้างที่ทำด้วยท่อยาง

รูปที่ 4.16 แสดงรูปตัดลักษณะแนวป้องกันเขื่อนชั่วคราว

ข้อดี - เคลื่อนย้ายได้ง่าย ติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว, ราคาไม่แพง, ไม่มีโครงสร้าง ไม่ยุ่งยากซับซ้อนติดตั้งง่าย, ไม่บังทิวทัศน์ตลอดเวลา ใช้เฉพาะช่วงหน้าน้ำ

ข้อเสีย - เป็นเขื่อนที่ไม่มีโครงสร้าง ความแข็งแรงน้อย เป็นลักษณะการใช้งานชั่วคราว, ยุ่งยากในการหาสถานที่จัดเก็บหลังการรื้อถอน, ไม่สามารถก่อสร้างได้สูง, เสียค่าใช้จ่ายในการจัดการและค่าแรง, อาจมีปัญหาการรั่วซึมจากตัวเขื่อน, ต้องการการดูแลรักษาบ้าง

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เป็นการป้องกันน้ำท่วมมากกว่าการกัดกร่อน, ใช้ในการป้องกันเนินดินที่มีการปรับระดับชั่วคราว

4.2.2.2 การใช้โครงสร้างมีชีวิต (Live structure) โครงสร้างมีชีวิต (Live structure) เกี่ยวข้องกับแผนการปลูกต้นไม้ ส่วนมากสำหรับการควบคุมการกัดกร่อน ความหนาแน่น การคลุมดินอย่างแน่นจากพืชพันธุ์ จะช่วยเสริมการป้องกันการกัดเซาะของดินได้ ทั้งรูปแบบของหญ้าหรือพืชคลุมดินล้วนดีที่สุด สำหรับจุดประสงค์ในการป้องกันนี้ พืชพันธุ์สามารถเกิดขึ้นได้จากการตัด ย้ายที่ปลูก ดินที่มีหญ้าปกคลุมหรือเพาะเมล็ดโดยตรง (Donald H. Gray, 1996) การควบคุมการกัดกร่อนพังทลายโดยพืชพันธุ์ คือ

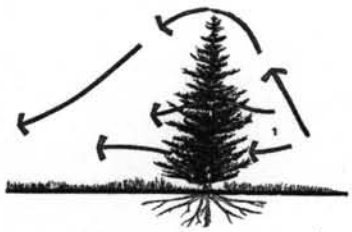
- ความหนาแน่นของใบไม้ นั้นเป็นการสร้างให้เกิดเป็นเหมือนกำแพงป้องกันการเคลื่อนที่ของลมที่มาสู่พืชพันธุ์ ลดแรงปะทะของเม็ดฝนที่จะลงสู่พื้นผิวดินผิวดิน

- ความหนาแน่นของกิ่งก้านนั้นเป็นการควบคุมและทำให้ลมช้าลงก่อนจะเข้าใกล้กับพื้นดิน

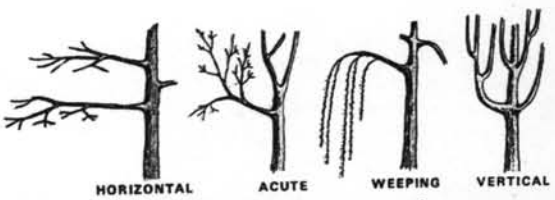
- ความสลับซับซ้อนของลำต้นและความหยาบของเปลือกนั้นทำให้อัตราความเร็วลมลดลงขึ้นเมื่อพัดผ่านลำต้นไป

- รากที่เจริญงอกงามอยู่ใกล้กับพื้นผิวและมีผลต่อการยึดจับพื้นผิวดินในพื้นที่

พืชพันธุ์ที่ใช้ในการชะลอความเร็วลมในการป้องกันความรุนแรงของลมมีความสัมพันธ์ไปถึงความสูงของพืชพันธุ์ที่ใช้ด้วย การปกป้องพื้นที่ด้วยพืชพันธุ์ในการยับยั้งลม ทำให้ลมเกิดแยก 2 ทางเมื่อใช้ความสูงในการยับยั้งเป็นลมด้านบนและลมด้านล่าง พืชพันธุ์ที่ดีในการใช้ควบคุมการกัดกร่อน คือ พืชคลุมดิน (Ground cover) หรือพืชที่มีกิ่งก้านหนาทึบปกคลุมไปถึงพื้นดิน มีระบบของรากเป็นเส้นใยและตื้น (Gary O. Robinette, 1972)

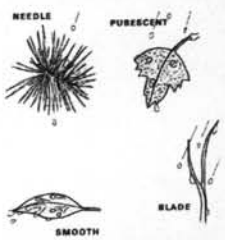


รูปที่ 4.17 ความสูงของต้นไม้ช่วยสกัดกั้นลม

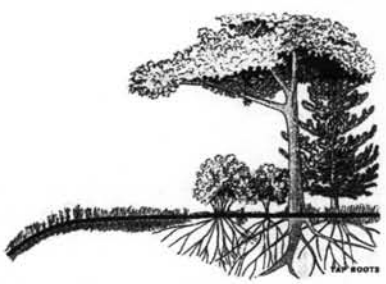


รูปที่ 4.18 กิ่งก้านมีผลกับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นดิน

รูปที่ 4.19 เปลือกลำต้นมีผลกับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นดิน



รูปที่ 4.20 ชนิดของใบไม้ มีผลกับ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นดิน



รูปที่ 4.21 ทุกส่วนของพืชพันธุ์และระบบราก มีผลกับการกร่อนและการพังทลายของดิน (Gary O. Robinette, 1972)

เป้าหมายที่แตกต่างกัน คือ ความจำเป็นสำหรับการป้องกันพื้นที่ลาดชัน พืชพันธุ์โดยปกติมีความเหมาะสมอย่างมากสำหรับสกัดกั้นการเคลื่อนตัวของดินในปริมาณมาก แต่การปลูกพืชโดยใช้ไม้ยืนต้นและไม้พุ่มอย่างโดดเดี่ยว อาจไม่เพียงพอสำหรับบริเวณที่ลาดชันมาก จึง

ควรมีไม้หลายระดับในพื้นที่ลาดเอียง นอกจากนี้พืชยังมีความสำคัญกับพื้นที่ลาดชันในบทบาทอื่นๆ อีก เช่น พืชช่วยเสริมกำลังให้กับดิน เป็นสิ่งกีดขวางต่อการเคลื่อนตัวของพื้นดิน ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้น

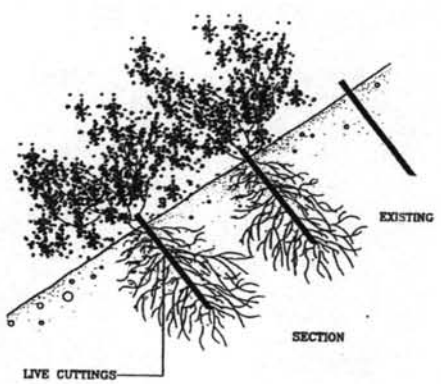
ข้อดี – รักษาสภาพธรรมชาติเดิม, ค่าใช้จ่ายน้อยเพราะไม่ต้องทำการก่อสร้างสิ่งใด, สวยงามตามธรรมชาติ, รักษาระบบนิเวศของธรรมชาติให้เหมือนเดิม

ข้อเสีย – พืชแต่ละชนิดสามารถใช้งานกับพื้นที่ลาดชันได้บางลักษณะ, ค่าใช้จ่ายอาจเกิดขึ้นจากการนำเอาพืชพันธุ์ภายนอกพื้นถิ่นเข้ามาปลูก การขนย้าย การปรับสภาพพื้นที่, ต้องการการดูแลรักษาให้คงสภาพที่สมบูรณ์, ต้องอาศัยระยะเวลาเพื่อให้พืชเจริญเติบโตจนสวยงาม มีความสามารถในการปกป้องพื้นที่ลาดชันได้

ความเหมาะสมในการใช้งาน - ช่วยลดผลกระทบทางสายตา, เหมาะกับโครงการบนพื้นที่ลาดชันที่ต้องการรักษาสภาพธรรมชาติ สร้างให้เกิดความเป็นธรรมชาติเพื่อให้เข้ากับสภาพแวดล้อม

มีรูปแบบและคำอธิบายดังต่อไปนี้

4.2.2.2.1 Live staking สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในการป้องกันรอบๆ ประตูน้ำ คันดิน ในทางน้ำที่มีการกัดกร่อน stackสามารถตอกลงในส่วนที่เปิดอยู่ของหินแนวสันเขื่อนหรือ Gabion mattress บนฝาย ประตูน้ำ เขื่อนกั้นน้ำ รวมถึงการสอดแทรกพืชพันธุ์และตอกหลักให้แน่น การหยั่งรากของพืชลงสู่พื้นดิน ถ้ามีการเตรียมการและสถานที่อย่างถูกต้อง ถือเป็นผลิตผลที่ไม่มีความซับซ้อน ประหยัดคุ้มค่าและรวดเร็ว



รูปที่ 4.22 แสดงรูปตัดแนวป้องกันโดยใช้พืชเสริมความแข็งแรงด้วยการปักหลักยึดรากและลำต้น

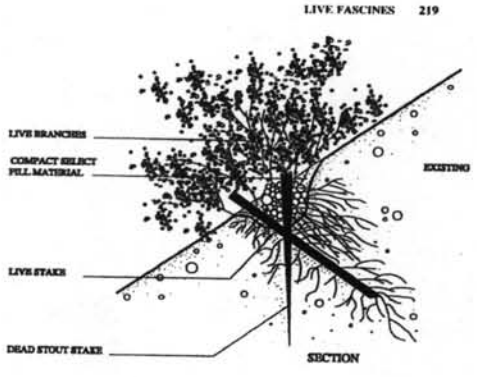
(Donald H. Gray, 1996: 215)

ข้อดี - สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในการป้องกันรอบๆ ประตูน้ำ คันดินในทางน้ำที่มีการกัดกร่อน แนวสันเขื่อน, ใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อป้องกันส่วนที่เปิดโล่งอยู่ด้านหลังพื้นที่ลาดชันเพื่อช่วยให้หน้าดินเกิดความแข็งแรงขึ้น, ช่วยในการลดความเร็วของการไหลของน้ำผิวดิน, สร้างความชุ่มชื้นให้กับดินลดการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นจากลม, การเตรียมการและสถานที่ไม่มีความซับซ้อน, ประหยัดและคุ้มค่า, มีความรวดเร็วในการติดตั้ง

ข้อเสีย - ต้องใช้เวลาเพื่อให้พืชที่ปลูกแข็งแรง และหยั่งรากยึดกับดิน, ต้องการการดูแลเพื่อให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง, ในพื้นที่ที่มีสภาพดินไม่สมบูรณ์ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงดิน

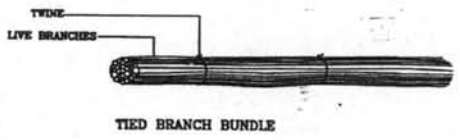
ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับโครงการที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่มีงบประมาณในการดูแล, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการกัดกร่อนพังทลายไม่รุนแรง, ใช้สำหรับโครงการที่ต้องมีการเปิดหน้าดินเป็นเวลานานหรือใช้ เพื่อรักษาหน้าดินก่อนที่พืชยืนต้นหรือพืชหลักอื่นๆ จะแข็งแรง, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการตัด-ถมใหม่

4.2.2.2.2 Live fascine เป็นการใช้ก้าน ลำต้นของพืชและกิ่งก้านสาขาของวัสดุพืชพันธุ์ ผูกมัดเข้าด้วยกันในลักษณะมัดตามยาวอย่างต่อเนื่องบริเวณร่องคูตื้นๆ ยึดด้วยหลักไม้บนความลาดชันที่มีการกัดเซาะหรือถูกทำลาย อาจขุดให้ออกห่างจากแนวระดับที่มีความลาดชันจะช่วยทำให้การระบายน้ำง่ายขึ้นหลังจากยึดด้วยหลักที่ปักแน่นแล้ว แนวป้องกันนี้ก็สามารถใช้ในการป้องกันต่อต้านการกัดเซาะได้อย่างดีและค่อนข้างง่ายต่อการติดตั้ง ทั้งความลาดชันที่มีการตัดและถม



รูปที่ 4.23 แสดงรูปตัดการใช้หลักยึดมัดวัสดุ ร่วมกับการปลูกพืช

(Donald H. Gray, 1996: 219)



รูปที่ 4.24 แสดงมัดวัสดุที่จะใช้วางในร่องคูปลูกพืช

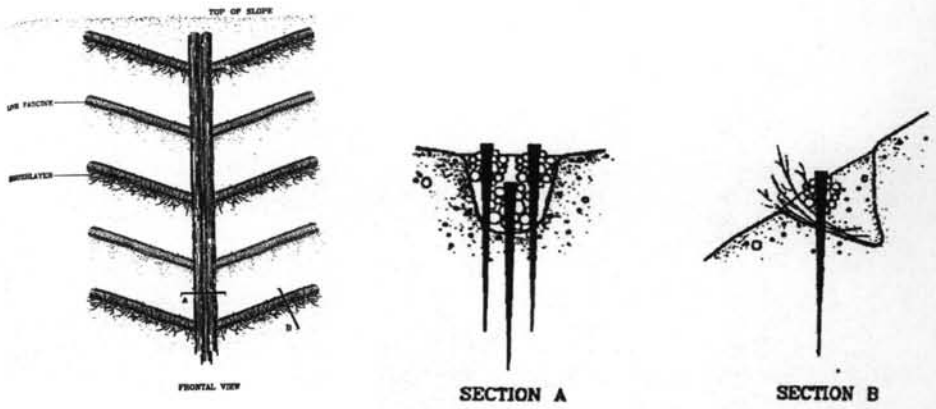
(Donald H. Gray, 1996: 219)

ข้อดี – ใช้ในการต่อต้านการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดี, ง่ายต่อการติดตั้งทั้งความลาดชันที่มีการตัดและถม, ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับพื้นที่ลาดชันที่เปราะบางอ่อนแอ, ช่วยทำให้การระบายน้ำตามแนวระดับบนพื้นที่ลาดชันง่ายขึ้น, กิ่งไม้ที่มัดรวมกันจะช่วยกรองตะกอน และชะลอความเร็วของน้ำได้, งบประมาณน้อย

ข้อเสีย - ต้องใช้เวลาให้พืชที่ปลูกปรับสภาพให้แข็งแรงและหยั่งรากยึดกับดิน, ต้องการการดูแลเพื่อให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง, ในพื้นที่ที่มีสภาพดินไม่สมบูรณ์ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อปรับปรุงดินด้วย, ต้องเสียค่าใช่จ่ายในการปรับพื้นที่เพื่อทำร่องระบายน้ำ, มัดกิ่งไม้สามารถเสื่อมสลายได้ต้องหมั่นตรวจสอบ

ความเหมาะสมกับการใช้งาน - เหมาะกับพื้นที่ลาดชันที่มีความเปราะบางและมีปัญหาการกัดกร่อนพังทลายจากน้ำ, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่มีงบประมาณในการดูแล, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการตัด-ถมใหม่, เหมาะกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้าง

4.2.2.2.3 Live fascine use in pole drain แถวของ Live Fascine เป็นระบบที่ใช้ในการระบายน้ำบนผิวหน้าพื้นที่ลาดชัน ที่ถูกติดตั้งให้มีรูปแบบเชื่อมต่อไปสู่ทางระบายน้ำหลัก Live fascine bundle เป็นทางระบายน้ำหลักประกอบด้วย Fascine Bundle 3 มัด ซึ่งคอยรองรับน้ำในฐานะที่เป็นที่รวบรวมการระบายน้ำหลัก นอกจากนี้มัดกิ่งไม้ยังช่วยชะลอความรุนแรงของน้ำที่ไหลผิวดินด้วย



รูปที่ 4.25 แสดงการวางมัดกิ่งไม้ในร่องระบายน้ำย่อย (B) และทางระบายน้ำหลัก (A)
(Donald H. Gray, 1996: 227)

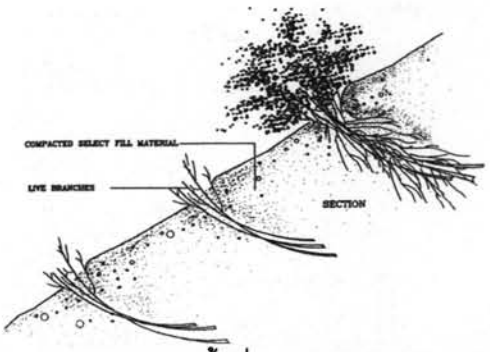
ข้อดี – ช่วยทำให้การระบายน้ำตามแนวระดับบนพื้นที่ลาดชันง่ายขึ้น, กิ่งไม้ที่มัดรวมกันจะช่วยกรองตะกอน และชะลอความเร็วของน้ำได้, ง่ายต่อการติดตั้งทั้งความลาดชันที่มีการตัดและถม, ใช้แรงงานคนได้ไม่ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่, งบประมาณไม่สูง

ข้อเสีย - ต้องใช้เวลาให้พืชที่ปลูกปรับสภาพให้แข็งแรงและหยั่งรากยึดกับดิน, ต้องการการดูแลเพื่อให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง, ต้องเสียค่าใช่จ่ายในการปรับพื้นที่เพื่อทำร่องระบายน้ำ, มัดวัสดุสามารถเสื่อมสลายได้ต้องหมั่นตรวจสอบ

ความเหมาะสมกับการใช้งาน - เหมาะกับพื้นที่ลาดชันที่มีความเปราะบางและมีปัญหาการกัดเซาะพังทลายจากน้ำ, เหมาะกับโครงการที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่มีงบประมาณในการดูแล, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการตัด-ถมใหม่, เหมาะกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็ว

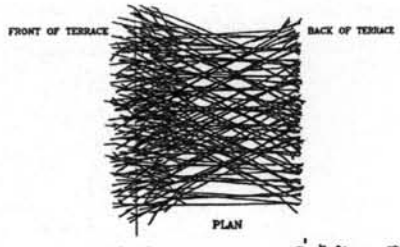
4.2.2.2.4 Brush layering ประกอบด้วยกิ่งไม้สดโปรยไว้ระหว่างชั้นของดิน วางในรูปแบบกากบาทหรือเหลื่อมกัน ดังนั้นปลายของกิ่งไม้จะยื่นออกเหนือผิวดินที่ทำการถม ส่วนนี้จะชะลอความเร็วของน้ำไหลผิวดิน และกรองตะกอนออกจากน้ำที่ไหลผิวดิน สามารถเสริมกำลังและป้องกันต่อต้านการชะล้างกลุ่มมวลบริเวณส่วนตื้นบริเวณที่ลาดชันได้เป็นอย่างดี แต่สิ่งที่สำคัญ ติดตั้งยากบนพื้นที่ลาดชันที่มีการตัด การป้องกันที่เพิ่มไปบนพื้นที่ลาดชันมีหลากหลายวิธีที่มีความคล้ายคลึงกัน มี 2 รูปแบบ

- เนินถม (Fill Slope) ใช้งานได้ดียิ่งขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับโครงสร้างในขั้นตอนการถมพื้นที่ลาดชัน กิ่งไม้สดจะถูกตรึงอยู่ระหว่างดิน มีส่วนที่โผล่ขึ้นมาเหนือดินหรือกิ่งไม้สดที่ถมด้วยดินและอัดแน่นอย่างเบาๆ สามารถใช้พิจารณาเส้นใยธรรมชาติรวมกับวัสดุจากการสังเคราะห์



รูปที่ 4.26 แสดงรูปตัดการป้องกันพื้นที่ลาดชันด้วยการถม และการใช้กิ่งไม้สด

(Donald H. Gray, 1996: 232)



รูปที่ 4.27 แสดงผังลักษณะการวางกิ่งไม้สดเป็นแนว

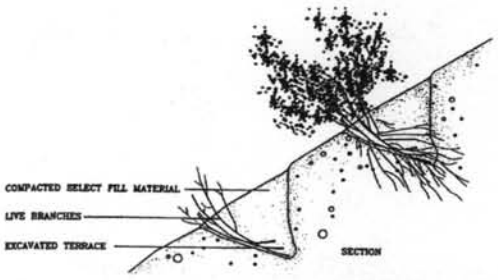
(Donald H. Gray, 1996: 232)

ข้อดี - เป็นการถมพื้นที่ลาดเอียงเพื่อยึดชั้นของสิ่งที่ถม เช่น กิ่งไม้สด, เสริมกำลังให้กับดินเพิ่มขึ้นด้วยเส้นใยธรรมชาติหรือใยสังเคราะห์, วิธีการนี้จะช่วยลดอัตราความเร็วของน้ำไหลผิวดินได้และกรองตะกอนออกจากน้ำที่ไหลผิวดินบริเวณที่ลาดเอียง, ป้องกันต่อต้านการพังทลายส่วนผิวหน้าดิน

ข้อเสีย – ทำงานได้ดีขึ้นเมื่อใช้ร่วมกันกับโครงสร้าง, ต้องใช้เวลาเพื่อให้พืชที่ปลูกปรับสภาพให้แข็งแรงและหยั่งรากยึดกับดิน, ต้องการการดูแลเพื่อให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง

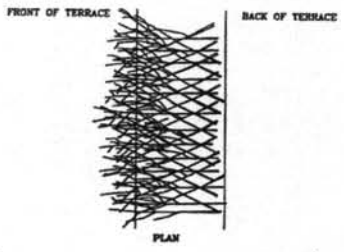
ความเหมาะสมของการใช้งาน - เหมาะกับพื้นที่ลาดเอียงยกเว้นพื้นที่ที่มีการตัด, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการกัดกร่อน, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการระบายน้ำออกอย่างรวดเร็วโดยไม่ส่งผลกระทบกับพื้นที่

- เนินตัด (Cut slope) คือ การขุดเป็นขั้นแคบๆ ลงไปในพื้นที่ลาดชันที่ถูกตัด ความยาวของลำต้นของพืชสั้นตามปกติปลูกบนความลาดชันที่ถูกตัด เพราะขุดไปในความลาดเอียงเป็นขั้นเพียง 2-3 ฟุต ชั้นของกิ่งไม้สด ควรจะใช้กับความลาดเอียงไม่มากกว่า 2: 1(H: V)



รูปที่ 4.28 แสดงรูปตัดการป้องกันพื้นที่ลาดชันด้วยการตัดพื้นที่แล้วถมกิ่งไม้สดเป็นแนว

(Donald H. Gray, 1996: 233)



รูปที่ 4.29 แสดงผังลักษณะการวางกิ่งไม้สด

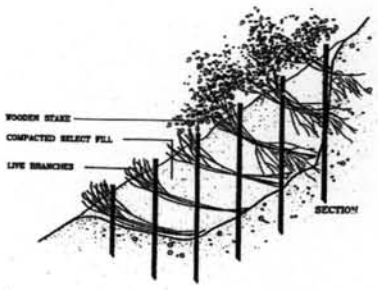
(Donald H. Gray, 1996: 233)

ข้อดี – ลดอัตราความเร็วการไหลของน้ำ, ติดตั้งได้ง่ายเพราะขุดลงไปในความลาดชัน 2-3 ฟุต, เสริมกำลังให้กับดินเพิ่มขึ้นด้วยเส้นใยธรรมชาติ, วิธีการนี้จะช่วยลดอัตราความเร็วของน้ำไหลผิวดินได้และกรองตะกอนออกจากน้ำที่ไหลผิวดินบริเวณที่ลาดชัน, ป้องกันต่อต้านการพังทลายส่วนผิวหน้าดิน

ข้อเสีย - ใช้กับความลาดชันไม่มากกว่า 2: 1 (H: V), ต้องใช้เวลาเพื่อให้พืชที่ปลูกปรับสภาพให้แข็งแรงและหยั่งรากยึดกับดิน, ต้องการการดูแลเพื่อให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง, มีขั้นตอนเพิ่มมากขึ้นในการปลูกพืช

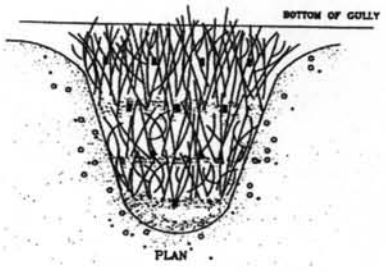
ความเหมาะสมของการใช้งาน - เหมาะกับพื้นที่ลาดชันที่มีการตัดเนิน, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการกัดกร่อน, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการระบายน้ำออกอย่างรวดเร็วโดยไม่ส่งผลกระทบกับพื้นที่

4.2.2.2.5 Branch packing เกิดจากการวางชั้นที่สลับกันของกิ่งไม้สดที่ยังมีชีวิตสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้แล้วปิดหลุมด้วยวัสดุถม ใช้ไม้หลักยาวตอกลงไปสู่พื้นดินภายในหลุมบนพื้นที่ลาดชันเพื่อยึดเสริมความแข็งแรง



รูปที่ 4.30 แสดงรูปตัดการถมกิ่งไม้สดในหลุมและตอกหลักยึด

(Donald H. Gray, 1996: 242)



รูปที่ 4.31 แสดงผังของหลุมฝังกิ่งไม้และการปักหลัก

(Donald H. Gray, 1996: 242)

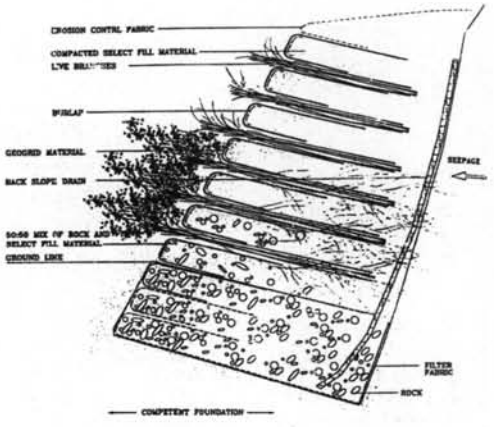
ข้อดี – ใช้แก้ปัญหาพื้นที่ที่มีการกัดกร่อนเกิดขึ้นหรือป้องกันการกัดกร่อน , ลดอัตราความเร็วการไหลของน้ำ, ติดตั้งได้ง่ายเพราะขุดลงไปในความลาดเอียง 2-3 ฟุต, ทำให้หน้าดินบริเวณนั้นมีความแข็งแรงขึ้นเนื่องจากไม้หลักที่ช่วยในการเสริมกำลังในการยึดเกาะของดิน

ข้อเสีย - ต้องใช้เวลาให้พืชที่ปลูกปรับสภาพให้แข็งแรงและหยั่งรากยึดกับดิน, ต้องการการดูแลเพื่อให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง

ความเหมาะสมของการใช้งาน - เหมาะกับพื้นที่ลาดเอียงยกเว้นพื้นที่ที่มีการตัด, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการกัดเซาะค่อนข้างรุนแรง, เหมาะกับบริเวณที่ดินมีความอ่อนแอ

4.2.2.2.6 Vegetated geo-grid ประกอบด้วยกิ่งไม้สดโปรยหรือวัสดุสังเคราะห์อย่าง Geo-textile ในระหว่างชั้นของดิน กิ่งไม้สดจะวางในลักษณะกากบาทหรือเหลื่อมกัน ดังนั้น ปลายของกิ่งไม้จะยื่นออกเหนือผิวดินที่ทำการถม บริเวณนี้จะช่วยขัดขวางอัตราความเร็วของน้ำไหลผิวดินและกรองตะกอนออกจากน้ำที่ไหลผิวดินบริเวณที่ลาดชัน โครงสร้าง

Vegetated geo-grid ส่วนใหญ่มีแบบแผนคล้ายกันเพื่อการสร้างความแข็งแรงให้กับพื้นดิน กิ่งไม้สดที่วางสานกันเป็นการยึดตรึงชั้นของวัสดุที่ถม ชั้นของกิ่งไม้สดที่ปกคลุมด้วยดินถูกอัดแน่นอย่างเบาๆ เมื่อใดที่กิ่งไม้สดเริ่มเจริญขึ้น ระบบรากจะเจริญเติบโตจะทำให้ระบบเกิดความสมบูรณ์แข็งแรงยิ่งขึ้น



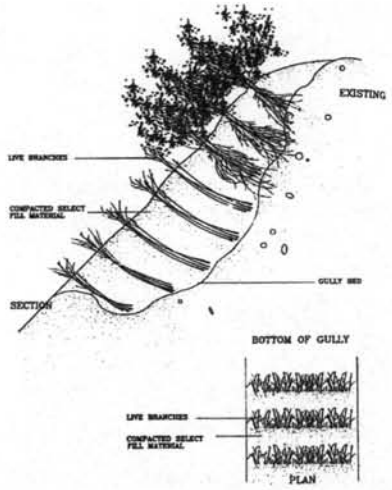
รูปที่ 4.32 แสดงรูปตัดแนวป้องกันที่ใช้กิ่งไม้สดร่วมกับการถมดินเป็นชั้น
(Donald H. Gray, 1996: 238)

ข้อดี – ใช้วัสดุธรรมชาติ, สามารถเสริมความแข็งแรงให้กับพื้นที่โดยนำวัสดุอื่นประกอบด้วย เช่น วัสดุสังเคราะห์ ตะแกรงลวด, ช่วยลดอัตราความเร็วของน้ำที่ไหลผิวดิน, ช่วยในการกรองตะกอนออกจากน้ำไหลผิวดิน

ข้อเสีย – การก่อสร้างยุ่งยาก, ต้องใช้เวลาเพื่อให้ระบบรากเจริญเติบโตยึดเกาะกับวัสดุโครงสร้างที่เสริมความแข็งแรง, ต้องใช้งบประมาณในการเตรียมพื้นที่

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่มีความกว้างพอในการปรับพื้นที่, เหมาะกับพื้นที่ที่ไม่มีการใช้งานบนพื้นที่ลาดเอียง

4.2.2.2.7 Live gully repair fills เกิดจากชั้นที่สลับซับซ้อนของกิ่งไม้สดที่ยังมีชีวิตและดินที่อัดแน่นกระชับการถมเพื่อเสริมกำลังสามารถใช้ในการบำรุงรักษาธารน้ำเล็กๆ และทางน้ำไหลขนาดเล็กมีหลักการคล้ายคลึงกับ Branch packing แต่มีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับวิธีการถม



รูปที่ 4.33 แสดงรูปตัดและผังแนวป้องกันด้วยการถมพืชพันธุ์เป็นชั้นๆ

(Donald H. Gray, 1996: 246)

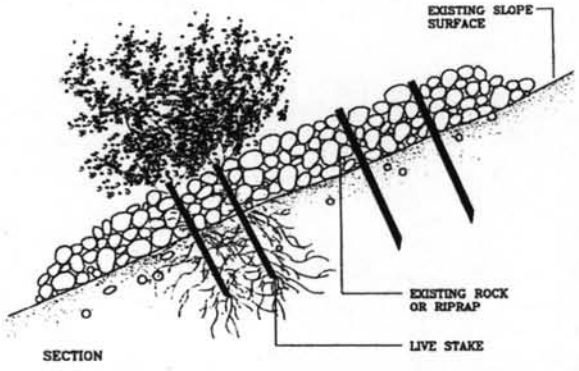
ข้อดี - กิ่งไม้ที่สลับซับซ้อนกับการอัดแน่นของดินจะช่วยเสริมกำลังให้กับพื้นที่ลาดเอียง, ใช้ในการบำรุงรักษาธารน้ำเล็กๆ และทางน้ำไหลขนาดเล็ก, เหมาะสมสำหรับการถม

ข้อเสีย – การก่อสร้างยุ่งยาก, ต้องใช้เวลาเพื่อให้ระบบรากเจริญเติบโตยึดเกาะกับวัสดุ โครงสร้างที่เสริมความแข็งแรง

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่มีความกว้างพอในการปรับพื้นที่, เหมาะสมสำหรับการถม

4.2.2.3 ระบบผสมผสานโครงสร้าง (Mixed structure) เป็นการใช้ธรรมชาติในการเสริมกำลังให้กับดินและความมั่นคงให้กับพื้นที่ลาดชันร่วมกับโครงสร้างถาวรซึ่งมีองค์ประกอบที่แข็งแรง ซึ่งบางช่วงเวลาเป็นการยากที่จะใช้ป้องกันบนพื้นที่ลาดชันด้วยพืชพันธุ์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากสภาพพื้นที่ เช่น ความสูงชันมาก สภาพความแห้งแล้ง อัตราการไหลของน้ำผิวดินในปริมาณมาก การกระทำของคลื่น เป็นต้น

4.2.2.3.1 Vegetated Riprap เป็นการใช้กิ่งไม้สดที่ถูกตัดออกมาจากบริเวณที่มีการเปิดพื้นที่ ร่วมกันระหว่างหินทิ้งกับพืชพันธุ์ กิ่งไม้สดที่ตัดออกมาสามารถตอกไปยังพื้นดินที่มีหินอยู่บนผิวหน้าของพื้นที่ลาดชัน การเรียงหินจะทำให้เกิดความยุ่งยาก และอาจจะเกิดความเสียหายกับพืชพันธุ์ถ้าหินมีความกระชันชิดหรือกองสุมกัน



รูปที่ 4.34 แสดงรูปตัดแนวป้องกันที่ใช้ร่วมกันระหว่างหินทิ้งและพืชพันธุ์

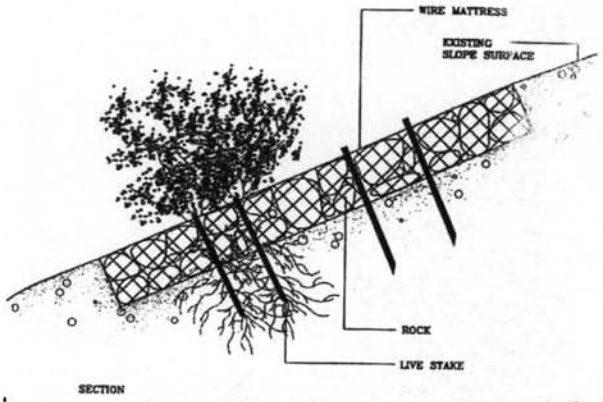
(Donald H. Gray, 1996: 282)

ข้อดี - เป็นโครงสร้างผสมระหว่างรูปแบบของเขื่อนหินทิ้ง กับ Live stacking ซึ่งเป็นการเสริมทั้งกำลังของดินและความแข็งแรงของเขื่อน, รากไม้และหลักช่วยยึดดินให้แข็งแรงในขณะที่หินทิ้งที่มีน้ำหนักช่วยในการกดทับป้องกันหน้าดินจากแรงการไหลของน้ำลดอัตราความเร็วของน้ำผิวดิน, ดูเป็นธรรมชาติ, สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในการป้องกันรอบๆ ประตูน้ำ คันดินในทางน้ำที่มีการกัดกร่อน แนวสันเขื่อน, ใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อป้องกันส่วนที่เปิดโล่งอยู่ด้านหลังพื้นที่ลาดชันเพื่อช่วยให้หน้าดินเกิดความแข็งแรงขึ้น, สร้างความชุ่มชื้นให้กับดินลดการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นจากลม, ประหยัดและคุ้มค่า, มีความรวดเร็วในการติดตั้ง

ข้อเสีย – ต้องใช้เวลาเพื่อให้พืชที่ปลูกแข็งแรงและหยั่งรากยึดกับดิน, ต้องการการดูแลเพื่อให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง, ในพื้นที่ที่มีสภาพดินไม่สมบูรณ์ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงดิน, การเตรียมการและสถานที่มีความซับซ้อนต้องวางแผนการทำงานให้เป็นขั้นตอนมากขึ้นในการเรียงหิน

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับโครงการที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่มีงบประมาณในการดูแล, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการกัดกร่อนพังทลายไม่รุนแรง, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการตัด-ถมใหม่

4.2.2.3.2 Vegetated Gabion mattresses อยู่ในส่วนผิวดินตื้นๆ เป็นกล่องบรรจุหินสี่เหลี่ยมสร้างขึ้นจากตะแกรงเหล็กวางอยู่บนความลาดชันหรือแนวตลิ่ง ถูกมัดเข้าด้วยกันและจากนั้นเติมด้วยหิน Live stack คือ สิ่งที่แทรกเข้าไปภายในที่ว่างระหว่างหินที่มีอยู่ภายในกล่องกระชุหินอาจเติมด้วยดินปลูกเพื่อเสริมให้พืชเจริญเติบโตดีขึ้น



รูปที่ 4.35 แสดงรูปตัดการใช้โครงสร้างกล่องกระชุหินร่วมกับพืชพันธุ์

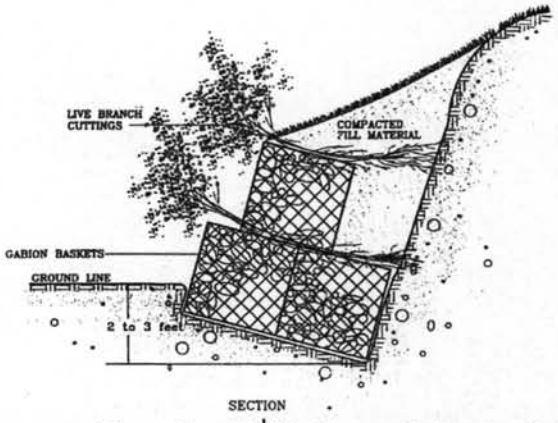
(Donald H. Gray, 1996: 287)

ข้อดี - ช่วยป้องกันหน้าดินตื้นๆ , ช่วยในการลดอัตราความเร็วการไหลของน้ำผิวดิน หลักที่ปักช่วยในการยึดดินและพืชพันธุ์ระหว่างช่องว่างของหินในกล่องกระชุหิน, ดูเป็นธรรมชาติ, รูปแบบโครงสร้างราคาไม่แพง, เพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ดิน

ข้อเสีย - ต้องการการดูแลรักษา ทั้งส่วนของตาข่ายและพืชพันธุ์ที่ถูกบรรจุอยู่ภายใน Gabion, ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับพื้นที่เพื่อวาง Gabion, ต้องใช้เวลาเพื่อให้พืชที่ปลูกแข็งแรงและหยั่งรากยึดกับดิน, ใช้พื้นที่มากในการก่อสร้าง, ใช้กับความลาดชันไม่มากนัก

ความเหมาะสมกับการใช้งาน - เหมาะกับโครงการที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่มีงบประมาณในการดูแล, เหมาะกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็ว, เหมาะกับพื้นที่ที่มีความกว้างมากพอ, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการใช้พื้นที่ด้านหลังแนวป้องกันได้อย่างเต็มที่เพราะการก่อสร้างจะทำด้านหน้าของพื้นที่ลาดชันเดิม

4.2.2.3.3 Vegetated Gabion walls กล่องกระชุหิน (Gabion) เป็นกล่องบรรจุสี่เหลี่ยม สร้างขึ้นจากตะแกรงโดยปกติเป็นคอกเรียบๆ และมัดติดกัน ตะกร้าที่ว่างเปล่าถูกจัดวางและผูกไว้กองรวมกันหรือเป็นรูปทรงต่างๆ โดยภายในจะบรรจุด้วยหิน กิ่งไม้สดที่ตัดออกมาสามารถวางในชั้นตามแนวนอนในระหว่างกล่องกระชุหิน รากที่เกิดจากกิ่งไม้สามารถสอดแทรกทะลุผ่านเข้าไปในตะกร้าได้จะทำให้โครงสร้างแข็งแรงมากขึ้น



รูปที่ 4.36 แสดงรูปตัดแนวป้องกันที่ใช้กล่องกระชุหินเรียงร่วมกับพืชพันธุ์

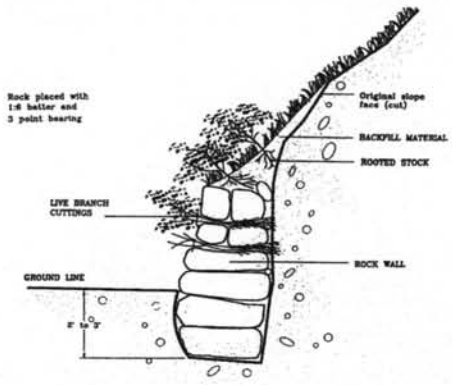
(Donald H. Gray, 1996: 290)

ข้อดี – ดูเป็นธรรมชาติ, รูปแบบโครงสร้างราคาไม่แพง, ก่อสร้างได้รวดเร็ว, โครงสร้างชนิดนี้มีความยืดหยุ่นต่อสถานที่สามารถปรับใช้ได้ทุกอัตราความลาดชัน, ลักษณะโครงสร้างที่มีรูน้ำสามารถซึมผ่าน พืชจึงเจริญเติบโตได้, การก่อสร้างทำได้ง่ายและไม่ต้องอาศัยช่างฝีมือเพราะไม่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน

ข้อเสีย – ถ้าใช้ในพื้นที่ลำน้ำต้องทำการปิดกั้นลำน้ำ, อาจมีการทรุดตัวได้เล็กน้อย, ต้องดูแลรักษาพอสมควรโดยเฉพาะกล่องตาข่ายและพืชพันธุ์ที่บรรจุ, ต้องมีการปรับพื้นที่ลาดชันด้านหน้าบ้าง, ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับพื้นที่เพื่อวางกล่องกระชุหิน, ต้องใช้เวลาเพื่อให้พืชที่ปลูกแข็งแรงและหยั่งรากยึดกับดิน

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็ว, เหมาะกับพื้นที่ที่มีความกว้างมากพอ, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการใช้พื้นที่ด้านหลังแนวป้องกันได้อย่างเต็มที่เพราะการก่อสร้างจะทำด้านหน้าของพื้นที่ลาดชันเดิม, เหมาะกับโครงการที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่มีงบประมาณในการดูแล

4.2.2.3.4 Vegetated rock walls มีปัจจัยพื้นฐานจาก Rock breast wall ซึ่งกิ่งไม้จะถูกแทรกเข้าไประหว่างหินและดินบริเวณชั้นด้านบนของผนังกันดิน



รูปที่ 4.37 แสดงรูปตัดการใช้โครงสร้างผนังกันดินร่วมกับพืชพันธุ์

(Donald H. Gray, 1996: 293)

ข้อดี – มีลักษณะแบบธรรมชาติ, มีลักษณะเป็นผนังหินเกิดจากพื้นฐานของเขื่อนหินทิ้งทำให้การก่อสร้างง่ายไม่ซับซ้อน, ใช้พื้นที่น้อยในการก่อสร้างและก่อสร้างได้รวดเร็ว , ใช้กับพื้นที่ลาดชันที่มีความชันมากได้, สามารถใช้พื้นที่ด้านหลังแนวป้องกันได้อย่างเต็มที่

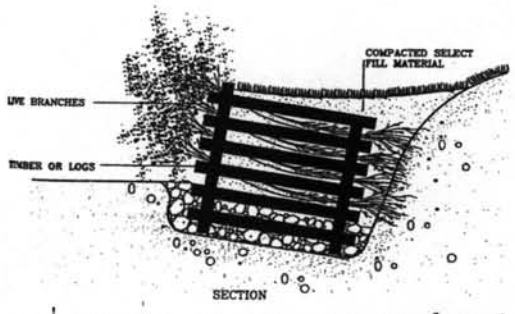
ข้อเสีย – ก่อสร้างได้ไม่สูงมาก, ต้องมีการปรับพื้นที่เล็กน้อยในส่วนฐานของผนัง, ต้องใช้พืชพันธุ์เข้าช่วยสำหรับพื้นที่หลังแนวป้องกันในบริเวณที่พื้นดินไม่แข็งแรงและมีความลาดชันสูง

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็ว, เหมาะกับพื้นที่ที่มีความกว้างของพื้นที่จำกัด, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการใช้พื้นที่ด้านหลังแนวป้องกันได้อย่างเต็มที่เพราะการก่อสร้างจะทำด้านหน้าของพื้นที่ลาดชันเดิม, เหมาะกับโครงการที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก

4.2.2.3.5 Vegetated Crib walls ประกอบด้วย โพรง ช่อง โครงสร้างของคานที่ประสานกันขึ้นมีลักษณะคล้ายกล่อง โดยปกติของ Crib wall มีองค์ประกอบของโครงสร้างประกอบขึ้นจากคอนกรีต ไม้ ท่อนไม้ แล้วเติมเต็มด้วยวัสดุถมและชั้นของกิ่งไม้ รากจะอยู่ภายใน Crib wall สุดท้ายโครงสร้าง Crib wall จะค่อยเสื่อมสภาพผุพังไปแต่ถูกแทนที่ด้วยวัสดุถม ที่อยู่ภายในซึ่งมีความทนทานแข็งแรงด้วยรากและทำหน้าที่เป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก ช่วยในการเสริมกำลังบริเวณส่วนฐานของพื้นที่ลาดชันและในขณะเดียวกันยังปกป้องส่วนปลายด้านล่าง (Toe) ของบริเวณพื้นที่ลาดชันด้วย

รูปที่ 4.38 แสดงลักษณะแนวป้องกัน Vegetated crib wall

(Donald H. Gray, 1996: 295)



รูปที่ 4.39 แสดงรูปตัด Crib wall ร่วมกับ พืชพันธุ์

(Donald H. Gray, 1996: 247)

ข้อดี – สามารถก่อสร้างได้สูง, สร้างลักษณะให้เป็นแบบธรรมชาติได้ตามวัสดุ, ก่อสร้างได้ง่ายไม่ยุ่งยาก, เป็นโครงสร้างที่ใช้น้ำหนักของตัวเองเป็นตัวต้านแรงดันดินและน้ำ, การประกอบของชิ้นส่วน ทำให้ก่อสร้างได้รวดเร็วและสามารถปรับใช้ให้เข้ากับที่ตั้งที่มีความแตกต่างกันได้, ภายในส่วนโพรงที่บรรจุดินและหินสามารถให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้, โครงสร้างชนิดนี้ราคาค่อนข้างไม่แพง, ต้องการการดูแลรักษาน้อยไม่ยุ่งยาก, สำหรับวัสดุบางชนิดที่เป็น Crib wall สามารถเสื่อมสลายได้ตามเวลาแต่จะถูกแทนที่ด้วยวัสดุถมที่มีความแข็งแรงด้วยรากของพืชที่หยั่งรากยึดกับดิน

ข้อเสีย – ต้องใช้พื้นที่กว้างในการประกอบชิ้นส่วนให้เป็นคอก, ต้องมีปรับพื้นที่เพื่อวางชิ้นส่วน, การใช้พืชพันธุ์ภายในโพรงต้องพิจารณาเลือกพืชที่ระบบรากไม่ทำความอันตรายต่อโครงสร้าง

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะสมกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็ว, เหมาะสมกับโครงการที่มีพื้นที่กว้างมากพอสำหรับสร้างกล่องแนวป้องกันพื้นที่ลาดชัน, เหมาะสมกับพื้นที่ที่ต้องการความกลมกลืนกับธรรมชาติ

4.2.2.3.6 Vegetated Cellular grid พื้นฐานเป็นลักษณะเหมือนการจัดเป็นตารางขององค์ประกอบโครงสร้าง นั้นถูกผูกรัดให้แน่นหรือปักสมอไปยังความลาดเอียง องค์ประกอบโครงสร้าง อาจจะประกอบด้วยคอนกรีต ท่อนไม้ หรือการขยายแผ่ออกในลักษณะ 3 มิติ Polymeric web ที่ว่างภายในเป็นตารางหรือ ลักษณะเหมือนรวงผึ้ง (Honeycomb) ทำการปลูกพืชที่เหมาะสมภายในช่องว่างโครงสร้างตารางนี้เป็นเสมือนเกราะหรือ ทำหน้าที่ค้ำยันพื้นที่ลาดเอียง หลังจากนั้นอาจถมหรือคลุมด้วยวัสดุที่เหมาะสม เช่น ฟาง ซากพืช ตาข่าย เป็นต้น

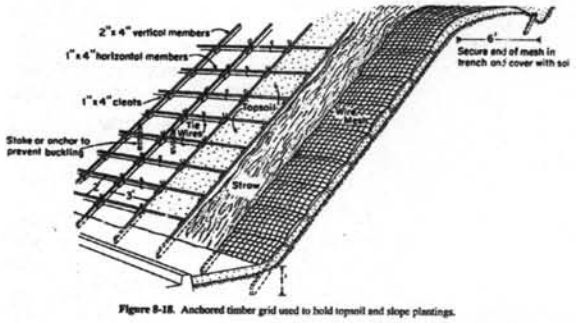
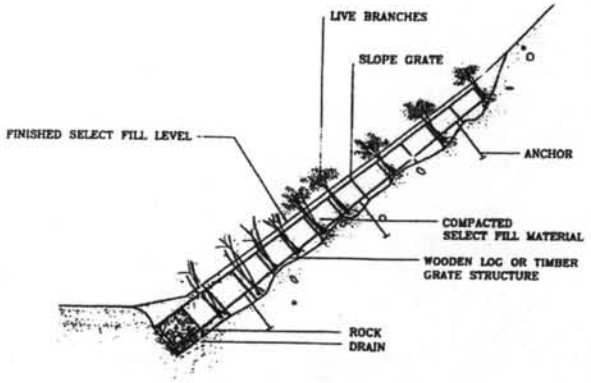


Figure 8-18. Anchored timber grid used to hold topsoil and slope plantings.

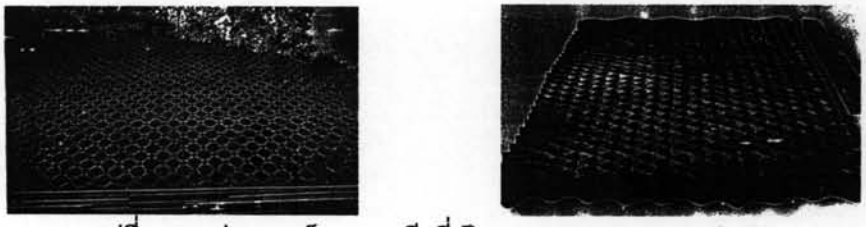
รูปที่ 4.40 แสดงลักษณะการป้องกันด้วยตาราง 3 มิติและวัสดุเติมเต็ม

(Donald H. Gray, 1996: 299)



รูปที่ 4.41 แสดงรูปตัดลักษณะโครงสร้างตาราง

(Donald H. Gray, 1996: 253)



รูปที่ 4.42 รูปแสดงบล็อกคอนกรีตที่เป็นระบบ Cellular Grid เช่นกัน

(Donald H. Gray, 1996: 300)

ข้อดี - โครงสร้างมีความมั่นคงแข็งแรง องค์ประกอบโครงสร้างถูกผูกรัดแน่น หรือปักยึดกับพื้นที่ลาดชัน เป็นลักษณะตาราง 3 มิติ, ที่ว่างภายในเป็นตารางสามารถใช้เพาะปลูกพืชได้, พื้นที่ว่างภายในเสริมด้วยโครงสร้างตะแกรงช่วยเสริมกำลังให้กับดิน, สามารถติดตั้งลงบนพื้นที่ที่มีการเปิดหน้าดินกว้างๆ ได้สะดวก, ใช้เวลาในการติดตั้งไม่มาก, ใช้ได้กับพื้นที่ลาดชันมาก, วิธีการนี้จะช่วยลดอัตราความเร็วของน้ำไหลผิวดินได้และกรองตะกอนออกจากน้ำที่ไหลผิวดินบริเวณที่ลาดชัน, ป้องกันต่อต้านการพังทลายส่วนผิวหน้าดิน

ข้อเสีย - ต้องใช้เวลาให้พืชที่ปลูกปรับสภาพให้แข็งแรงและหยั่งรากยึดกับดิน, ต้องการการดูแลเพื่อให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง, ต้องการการดูแลรักษา, มีค่าใช้จ่ายในการเปิดหน้าดินเพื่อทำโครงสร้างและถมปิดโครงสร้าง, เมื่อใช้กับงานพื้นที่ขนาดใหญ่ต้องระวังการเปิดหน้าดิน, การก่อสร้างยุ่งยากในการค้ำจุนโครงสร้าง

ความเหมาะสมในการใช้งาน – เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีขนาดพื้นที่กว้างๆ, เหมาะกับพื้นที่ลาดชันที่มีการเปิดหน้าดินเป็นวงกว้างและมีสภาพไม่แข็งแรง, เหมาะกับพื้นที่ที่มีงบประมาณในการดูแลพืชพันธุ์, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้าง, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการกัดกร่อน, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ

นอกจากแนวป้องกันที่ใช้โครงสร้างและพืชพันธุ์แล้ว ยังมีการป้องกันด้วยวิธีอื่นที่สามารถใช้ร่วมกันกับโครงสร้างด้วยเพื่อให้การป้องกันได้ผลมากขึ้น มีดังนี้

4.2.3 การพ่นปลูกหญ้า (Hydro seeding) เป็นการปลูกหญ้าคลุมดินด้วยการฉีดพ่นเมล็ดพันธุ์หญ้าที่เหมาะสม โดยการนำวัสดุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นหญ้า เช่น เยื่อกระดาษ ปุ๋ย ดินผสม สารยึดเกาะดิน เมล็ดพันธุ์หญ้า เป็นต้น ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ผสมกับน้ำในถังเครื่องผสม และฉีดพ่นไปยังพื้นที่ที่ต้องการปลูกหญ้า ส่วนผสมที่ฉีดพ่นนี้จะเกาะติดยึดเป็นแผ่นปกคลุมพื้นผิวหน้าเชิงลาดไว้ ซึ่งจะช่วยในการชะลอและป้องกันการชะล้างดินจากน้ำฝนเมื่อหญ้างอกเจริญเติบโตสมบูรณ์แล้ว รากจะประสานยึดเหนี่ยวเม็ดดินไว้ แต่ทั้งนี้พื้นที่ควรมีค่า Ph ระหว่าง 5-7 ชั้นดินควรมีความหนาไม่น้อยกว่า 20 ซม.

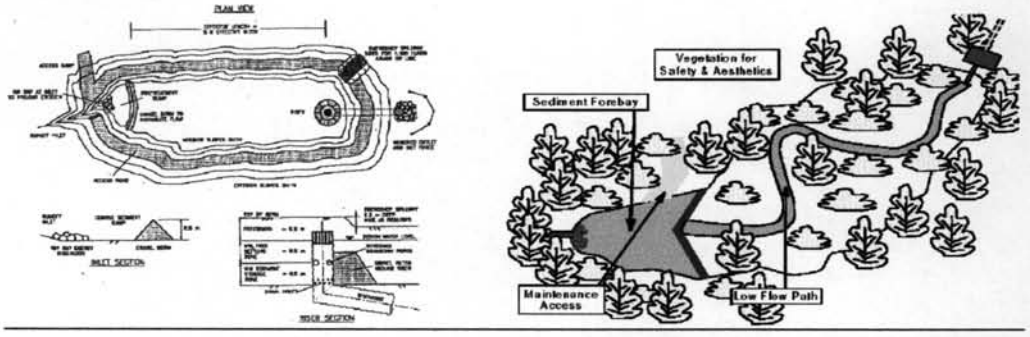
รูปที่ 4.43 แสดงลักษณะการป้องกันพื้นที่ลาดชันด้วยวิธีการพ่นปลูกหญ้า

ข้อดี – ติดตั้งบนพื้นที่ลาดชันได้อย่างรวดเร็ว, ค่าใช้จ่ายน้อย, ให้ความเป็นธรรมชาติและรักษาสภาพแวดล้อม, เพิ่มแร่ธาตุให้กับดินเพราะส่วนผสมที่ฉีดพ่นเป็นอาหารของพืช, ช่วยชะลอความเร็วของน้ำผิวดิน, ป้องกันการชะล้างผิวดิน, สามารถทำในฤดูฝนได้ เพื่อให้หญ้าเจริญเติบโตง่ายขึ้น

ข้อเสีย – ต้องมีการปรับสภาพพื้นดินก่อนการปลูก, ต้องมีการคัดเลือกพันธุ์ที่จะปลูกให้เหมาะสมกับพื้นที่, ต้องการการดูแลรักษา, ต้องเลือกช่วงเวลาในการพ่นปลูกให้เหมาะสมกับพืช, พื้นที่ควรมีความลาดชันน้อยกว่า 0.8-1: 1 (H: V), ต้องไม่มีน้ำใต้ดินสูง

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีขนาดพื้นที่กว้างๆ, เหมาะกับพื้นที่ลาดชันที่มีการเปิดหน้าดินเป็นวงกว้างและมีสภาพไม่แข็งแรง, เหมาะกับโครงการที่ต้องการความรวดเร็วในการป้องกันพื้นที่ลาดชัน, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการกัดกร่อน, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ

4.2.4 การควบคุมตะกอน (Sediment control) สร้างบ่อดักตะกอนและที่ดักบนโครงสร้างพื้นที่ สามารถหน่วงตะกอนที่หนักอยู่ในน้ำและบางส่วนไม่สามารถไปได้ก็จะกองอยู่ก่อนจะระบายไปสู่แม่น้ำหลัก ฟางหญ้าที่มัดและทำเป็นกำแพงในบริเวณที่ระดับต่ำ สามารถดักน้ำและเศษชิ้นส่วนเล็ก ๆ ถ่วงเวลาให้น้ำขังก่อนน้ำจะรั่วไหลซึมออกช้าลงที่ลาดต่ำต่อไป วิธีนี้ได้ผลกับเศษตะกอนขนาดใหญ่เท่านั้น พบตะกอนโคลนและดินเหนียวยังคงแขวนลอยอยู่และจนกระทั่งนำไปสู่ความขุ่นมากขึ้น การฟื้นฟูพืชพันธุ์เป็นวิธีที่ได้ผลอย่างมากในการควบคุมการกัดกร่อนและการตกตะกอน (William M. Marsh, 1991)



รูปที่ 4.44 แสดงการป้องกันตะกอนจากน้ำที่ไหลผิวดินด้วยบ่อดักตะกอน

ข้อดี – ลดอัตราการตื้นเขินของแหล่งน้ำ, เพิ่มอายุการใช้งานของบ่อน้ำยาวนานขึ้น, รักษาคุณภาพของน้ำ ไม่ให้ตะกอนไหลลงสู่ทางน้ำสาธารณะ, ช่วยให้อัตราการไหลของน้ำผิวดินช้าลง ลดการกัดเซาะพังทลายของดิน, เพิ่มอัตราการดูดซับน้ำลงสู่ดิน

ข้อเสีย – ต้องใช้ร่วมกับพืชพันธุ์จึงจะได้ผลดี, สร้างเหนือพื้นที่อ่างเก็บน้ำหรือส่วนบนของพื้นที่ลาดชัน

ความเหมาะสมในการใช้งาน – เหมาะสมกับโครงการที่มีพื้นที่กว้าง, เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีการไหลบ่าของตะกอนมาก, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการกัดกร่อนพังทลายและมีน้ำไหลผิวดินปริมาณมาก, เหมาะกับบริเวณที่มีการปรับพื้นที่โดยการขุด-ถม เพราะสามารถใช้ประโยชน์จากหลุมขุดเป็นบ่อดักตะกอน และดินที่ขุดใช้ในการถมปรับระดับพื้นที่

4.2.5 การควบคุมความรุนแรงของน้ำ จุดประสงค์หลักเพื่อลดอัตราปริมาณของน้ำไหลผิวดินและความรุนแรงของการไหลของน้ำที่จะไหลไปรวมกัน ซึ่งจะส่งผลไปถึงอัตราการกัดกร่อนและการตกตะกอนในพื้นที่ด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ควบคุมการไหลของน้ำบนพื้นที่ลาดชัน นั่นคือ สิ่งปกคลุมพื้นที่ (Land cover), ประเภทของดิน (Soil Type), ความลาดเอียงของพื้นผิว (Slope) (William M. Marsh, 1991) ต้องทำความเข้าใจจุดประสงค์ของการนำไปสู่การลดอัตราความรุนแรงของน้ำและการเกี่ยวพันถึงโครงสร้างของ ***บ่อหน่วงน้ำ (Detention Basin)*** ซึ่งมีการออกแบบเพื่อเก็บน้ำและจากนั้นก็ยินยอมให้ปล่อยออกในอัตราที่กำหนด ส่วนบ่อที่เก็บน้ำไว้เป็นส่วนสำคัญในระยะยาว เรียกว่า ***บ่อกักเก็บน้ำ (Retention Basin)*** ซึ่งจะเหมาะสมกับพื้นที่กว้างๆ

ข้อดี - ลดอัตราปริมาณของน้ำไหลผิวดินและความรุนแรงของการไหลของน้ำ, ทำให้เกิดการกัดกร่อนน้อยลง, ลดปริมาณตะกอนที่ไหลมากับน้ำ, เพิ่มความชุ่มชื้นให้กับพื้นที่, สามารถนำน้ำที่หน่วงไว้ไปใช้ประโยชน์แก่พืชได้

ข้อเสีย - ต้องมีการออกแบบและคำนวณปริมาณน้ำอย่างถูกต้อง, ค่าใช้จ่ายสูง ต้องมีการเตรียมพื้นที่, ไม่เหมาะกับบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด

ความเหมาะสมในการใช้งาน – เหมาะสมกับโครงการที่มีพื้นที่กว้าง, เหมาะกับพื้นที่ที่มีการกัดกร่อนพังทลายและมีน้ำไหลผิวดินปริมาณมาก, เหมาะกับบริเวณที่มีการปรับพื้นที่โดยการขุด-ถม เพราะสามารถใช้ประโยชน์จากหลุมขุดเป็นบ่อดักตะกอนและบ่อหน่วงน้ำได้ และดินที่ขุดใช้ในการถมปรับระดับพื้นที่, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ เช่น พื้นที่เกษตร พื้นที่ป่า สวนสาธารณะ

4.2.6 คันดิน มีจุดประสงค์เพื่อลดความรุนแรงของน้ำที่ไหลบ่าลงมา ตามแนวทางลาดและชะลอให้น้ำซึมลงดิน แต่การทำคันดินจะสร้างขวางแนวทางลาดโดยมากใช้เครื่องมือขุดด้วยมือ มีอายุการใช้งานสั้นจากความเสื่อมโทรม ถ้าไม่มีการบำรุงรักษาที่ดีพอ การทำคันดินอาจใช้ร่วมกับการป้องกันการกัดกร่อนอื่นได้ เช่น ใช้ร่วมกับร่องน้ำเป็นการป้องกันการกัดกร่อนด้วยการ

ระบายน้ำผิวดินเหมาะสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่และความลาดชันไม่มากนัก หรือใช้กับการป้องกันโดยใช้การปลูกหญ้าและไม้พุ่มขนาดเล็ก เพื่อดักตะกอนจากน้ำบ่าเพื่อให้ดินเกาะกันดีขึ้น (ธวัช สิงห์ภู่, 2529)

ข้อดี – ป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน, การลงทุนไม่สูง, เพิ่มความชุ่มชื้นให้กับดิน ช่วยให้พืชเจริญเติบโต, ดูกลมกลืนกับธรรมชาติ

ข้อเสีย - ใช้กับพื้นที่ที่มีความลาดชัน 2-12%, ต้องมีการคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลในพื้นที่, ต้องหมั่นตรวจสอบดูแล

ความเหมาะสมในการใช้งาน - เหมาะกับพื้นที่มีอัตราการไหลบ่าของน้ำผิวดินรุนแรงไม่มาก, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่งบประมาณในการก่อสร้างน้อย, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้าง

4.2.7 ขั้นบันได เป็นการสร้างคันดินและร่องน้ำขวางความลาดเทของพื้นที่ พื้นที่ถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ เพื่อเก็บกักน้ำไหลบ่าในแต่ละช่วงหรือเบนน้ำไหลบ่าออกไปจากพื้นที่ใช้สำหรับพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำมาก ชั้นดินลึก ความลาดชันไม่มาก

ข้อดี - ควบคุมอัตราการชะล้างพังทลายของดิน, ช่วยลดความยาวและระดับของความลาดเท, งบประมาณไม่สูงมาก, ช่วยเพิ่มการซึมน้ำของดิน และรักษาความชุ่มชื้นในดิน, กลมกลืนกับธรรมชาติ

ข้อเสีย - ใช้ได้กับพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย 2-12%, ต้องมีการปรับพื้นที่เล็กน้อย, ต้องหมั่นตรวจสอบ ดูแล, ต้องใช้ร่วมกับพืชพันธุ์จึงจะมีประสิทธิภาพ

ความเหมาะสมในการใช้งาน – เหมาะกับพื้นที่มีอัตราการไหลบ่าของน้ำผิวดินรุนแรง, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความเป็นธรรมชาติ, เหมาะกับพื้นที่ที่งบประมาณในการก่อสร้างน้อย, เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้าง, เหมาะกับพื้นที่ที่มีชั้นดินลึก

อย่างไรก็ตามการเลือกใช้แนวป้องกันต้องพยายามผสมผสานวิธีการต่างๆ ตามความเหมาะสมของพื้นที่ และความลาดเทที่ต่างกัน โดยยึดหลักการว่า การป้องกันการชะล้างพังทลายของดินต้องใช้ทั้งการจัดการดิน พืช และการปรับปรุงบำรุงดินควบกันไปจึงจะได้ผลดี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2531) ซึ่งจากการศึกษาแนวป้องกันที่ใช้สำหรับพื้นที่ลาดชันสามารถสรุปและวิเคราะห์เพื่อให้ได้เกณฑ์สำหรับใช้ในการเลือกแนวป้องกัน ดังนี้

4.3 วิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์เหนือแนวป้องกันพื้นที่ลาดชัน

4.3.1 การใช้ประโยชน์บนแนวป้องกันเป็นที่พักอาศัย เนื่องจากในอดีตการเข้าถึงพื้นที่ลาดชันอาจเป็นไปด้วยความยากลำบาก แต่ในปัจจุบันการเข้าถึงพื้นที่ง่ายขึ้น ประชาชนจึงนิยมตั้งถิ่นฐานบนพื้นที่ลาดชันมากขึ้นเพราะบริเวณพื้นที่ลุ่มมีความหนาแน่นแออัด นอกจากนี้พื้นที่ลาดชัน ยังมีความพิเศษของพื้นที่เนื่องจากอยู่บนที่สูง ทำให้มีมุมมองที่กว้างไกล บรรยากาศสบาย มีทิวทัศน์ที่สวยงามเป็นธรรมชาติเหมาะสำหรับพักอาศัย ทำให้มีความต้องการมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความหนาแน่นบนพื้นที่ลาดชัน ทำให้สภาพพื้นที่เสื่อมโทรมลง

4.3.2 การใช้ประโยชน์บนแนวป้องกันเป็นที่พานิชยกรรม จากสภาพพื้นที่ที่มีความสวยงามของทิวทัศน์และความเป็นธรรมชาติ ทำให้เกิดเป็นแหล่งพาณิชกรรมบนพื้นที่ลาดชันและที่พักอาศัย เช่น รีสอร์ท โรงแรม ค้าขาย และการขนส่ง ทำให้เกิดมีสิ่งก่อสร้างรุกล้ำพื้นที่ลาดชัน ทำให้สภาพพื้นที่เสื่อมโทรมลงซึ่งง่ายต่อการเกิดความเสียหาย

4.3.3 การใช้ประโยชน์บนแนวป้องกันเป็นที่เกษตรกรรม ในบางพื้นที่พบว่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่และสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกพืชบางชนิด ในอดีตอาจไม่พบปัญหานี้มากนักแต่ในปัจจุบันมีปัญหาทั้งสารปนเปื้อนที่มากับน้ำ เช่น ยาฆ่าแมลง การบุกรุกพื้นที่ของรัฐเพื่อทำการเกษตร การทำการเกษตรอย่างไม่ถูกวิธีทำให้เกิดปัญหาการพังทลายของดิน เป็นต้น ส่งผลให้พื้นที่เสื่อมโทรมและมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ในระยะยาวด้วย

4.3.4 การใช้ประโยชน์บนแนวป้องกันเป็นเส้นทางคมนาคม พื้นที่ลาดชันหลายแห่งเป็นเส้นทางคมนาคม เช่น ทางหลวงแผ่นดิน ถนน ทางหลวงจังหวัด และถนนขนาดเล็ก รวมทั้งทางรถไฟด้วย ดังนั้นจึงเกิดพื้นที่พักอาศัย โรงแรม รีสอร์ท บังกะโล พาณิชกรรมตามมา ซึ่งมีผลกระทบต่อพื้นที่ลาดชันนอกจากนี้แรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากการคมนาคมต่างๆ ยังเป็นตัวเร่งให้พื้นที่เกิดความเสียหาย

4.3.5 การใช้ประโยชน์บนแนวป้องกันเป็นพื้นที่นันทนาการ พื้นที่ลาดชันบางแห่งอาจเป็นพื้นที่ที่มีธรรมชาติสวยงาม ทิวทัศน์พิเศษ อากาศเย็นสบายซึ่งเหมาะสมสำหรับเป็นพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจของคนในชุมชน จึงพบว่าหลายพื้นที่ถูกจัดให้เป็นสวนสาธารณะ ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนรวม มักเกิดปัญหาจากการเหยียบย่ำ การดูแลรักษาที่ไม่ทั่วถึง ซึ่งทำให้พื้นที่เสื่อมโทรมลง

4.3.6 การใช้ประโยชน์เพื่อป้องกันการรุกล้ำพื้นที่ แนวป้องกันพื้นที่ลาดชันสามารถใช้เพื่อแสดงแนวพื้นที่ดินที่ชัดเจนที่จะแยกพื้นที่ เช่น แนวเขตทางของถนนทางหลวงที่ตัดผ่านพื้นที่ลาดชันที่มีการสร้างแนวป้องกันเพื่อแสดงแนวเขตของถนนเพื่อป้องกันการรุกล้ำจากพื้นที่ข้างเคียง

4.3.7 การใช้ประโยชน์ด้านภูมิทัศน์ แนวป้องกันไม่ว่าจะเป็นแนวป้องกันที่เป็นโครงสร้างหรือธรรมชาติหรือผสมผสาน จะเป็นแนวที่ให้ความชัดเจนในการมองทำให้สามารถ

สัมผัสความสวยงามของพื้นที่ลาดชันนั้นได้รวมถึงภูมิประเทศนั้นๆด้วย ซึ่งมีส่วนช่วยให้ภูมิทัศน์เกิดความน่าสนใจในพื้นที่ขนาดใหญ่ของรัฐสามารถจัดมุมมองให้ดีได้ เช่น การเล่นระดับสูง-ต่ำ จัดปลูกต้นไม้ให้สวยงาม การตกแต่งบริเวณแนวป้องกัน เป็นการเพิ่มคุณค่าทางภูมิทัศน์ให้กับพื้นที่ลาดชันได้เป็นอย่างดี

4.4 ขั้นตอนในการพิจารณาสร้างแนวป้องกันบนพื้นที่ลาดชัน

4.4.1 พิจารณาสภาพพื้นที่ เพื่อให้เข้าใจปัญหา ข้อจำกัด พื้นที่มากยิ่งขึ้น ตำแหน่งที่ตั้ง ลักษณะพื้นที่ สิ่งก่อสร้างข้างเคียง สภาพธรรมชาติและความสำคัญของพื้นที่ลาดเอียง ลักษณะของพื้นที่ลาดเอียง (เว้าเข้า, นูนออก, รูปตัว S, ตรงเรียบ)

4.4.2 พิจารณาข้อมูลทางอุทกวิทยา เพื่อเป็นข้อมูลแก่วิศวกรโครงสร้าง เพื่อช่วยในการออกแบบโครงสร้างแนวป้องกันการกัดกร่อนพังทลายได้อย่างถูกต้องปลอดภัย ปริมาณน้ำฝน อัตราการระเหยของน้ำ ปริมาณน้ำไหลผิวดิน-ระดับน้ำใต้ดิน

4.4.3 พิจารณาข้อมูลด้านปฐพีวิทยาและข้อมูลภูมิประเทศ เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการเลือกและออกแบบโครงสร้างแนวป้องกันการกัดกร่อนพังทลาย ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นดิน ชั้นหิน ระดับความสูงชัน ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของพื้นดินและชั้นหิน

4.4.4 ออกแบบและวางผังบริเวณเบื้องต้น ในการออกแบบโครงสร้างแนวป้องกันบนพื้นที่ลาดชันต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านปฐพีวิทยา ภูมิสถาปนิก วิศวกรโครงสร้าง เพื่อให้แนวป้องกันมีประสิทธิภาพในการป้องกันการกัดกร่อนพังทลาย และมีความปลอดภัย โดยอาศัย ข้อมูลเกี่ยวกับชั้นดิน แรงดันดิน ชั้นหินที่รองรับชั้นดิน ความสามารถในการรับน้ำหนักของชั้นดินและชั้นหิน ข้อมูลความลาดเอียงของพื้นที่ จัดรูปแบบทางเลือกโดยต้องมีการปรึกษากันระหว่างวิศวกรโครงสร้าง วิศวกรปฐพีกลศาสตร์และภูมิสถาปนิก

4.4.5 การเลือกรูปแบบที่เหมาะสม คัดเลือกแบบทางเลือกที่ตอบสนองต่อปัจจัยต่างๆ

- การแก้ปัญหาการกัดกร่อนพังทลายของบริเวณที่เกิดความเสียหาย
- มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด
- มีความสวยงาม
- เหมาะสมกับวิถีชีวิตชุมชนโดยรอบ
- เหมาะสมกับการใช้ที่ดินโดยรอบแนวป้องกัน
- ความเป็นไปได้ในด้านวัสดุก่อสร้าง
- ความเป็นไปได้ในด้านการก่อสร้างและการประยุกต์ใช้งาน
- การดูแลรักษาและอายุการใช้งาน

4.4.6 การออกแบบรายละเอียดพร้อมกำหนดรายละเอียด ประกอบด้วย

4.4.6.1 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมที่ต้องใช้ในการออกแบบโครงสร้าง เช่น แรงดันดิน แรงดันน้ำ น้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้นจากการใช้งานบนพื้นที่หลังเขื่อน

4.4.6.2 ศึกษาสาเหตุที่อาจทำให้โครงสร้างเกิดการวิบัติได้ เช่น แรงเฉือน แรงอัด แรงดัด แรงดึง เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การคำนวณ

4.4.6.3 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง เช่น คุณภาพคอนกรีต เหล็กเสริม วัสดุระบายน้ำ วัสดุสังเคราะห์ เป็นต้น

4.4.6.4 ศึกษารอยต่อต่างๆ วิธีการต่ออย่างละเอียด เช่นรอยต่อเพื่อการก่อสร้าง รอยต่อเพื่อการหด และขยายตัว

4.4.6.5 คำนึงถึงข้อกฎหมายและบทบัญญัติต่างๆโดยรอบคอบ

4.4.7 การประมาณราคาค่าก่อสร้าง อาจมีการปรับแก้การวางผังและการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม ซึ่งมีผลกับวิธีการก่อสร้าง วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างรวมถึงรูปแบบที่เลือกใช้ในการป้องกันบนพื้นที่ลาดชัน

4.4.8 การตรวจสอบและติดตามประเมินผลด้านเสถียรภาพ ภายหลังการใช้งานและการดูแลรักษา

4.5 ข้อคำนึงในการพิจารณาเลือกรูปแบบของการป้องกันรักษาพื้นที่ลาดเอียง

4.5.1 ทางด้านวิศวกรรม

- ข้อมูลทางธรณีวิทยา ได้แก่ สภาพของชั้นดิน แรงดันดิน ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินที่ระดับความลึกต่างๆ ความลาดเอียง
- ข้อมูลทางด้านชลศาสตร์ ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำ แรงกระแทกของน้ำ เป็นต้น
- สาเหตุแห่งการวิบัติของโครงสร้าง
- คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง การดูแลรักษา การซ่อมแซม
- วิธีการติดตั้ง
- ประสิทธิภาพในการป้องกัน
- ข้อกำหนด กฎหมายต่างๆ

4.5.2 ทางด้านอุทกวิทยา ข้อมูลของตำแหน่งที่ตั้ง ลักษณะพื้นที่ ปริมาณน้ำฝน สภาพการกัดเซาะหรือลาดชันตามธรรมชาติ สภาพน้ำท่วมและแล้ง ความเร็วของกระแสน้ำ อัตราการไหลของน้ำ การระเหย

4.5.3 ทางด้านสถาปัตยกรรมและภูมิสถาปัตยกรรม

- สภาพลักษณะโครงสร้างเดิม ปัญหารากต้นไม้กับโครงสร้าง
- ภูมิอากาศ
- ภูมิประเทศ
- ไม้พื้นถิ่นที่เข้ากับสภาพพื้นที่
- กิจกรรมและการใช้งานที่เกี่ยวข้อง
- สามารถให้ประโยชน์กับระบบนิเวศ สัตว์และสิ่งแวดล้อม
- ความเร่งด่วนในการใช้งาน
- ความยากง่ายในการก่อสร้าง เครื่องมือในการก่อสร้าง จำนวนคน
- ระยะเวลาการก่อสร้าง การเปิดหน้าดิน
- ความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อม (ระบบนิเวศ)
- งบประมาณการก่อสร้าง
- อายุการใช้งาน
- ความสวยงาม

4.5.4 ทางด้านสังคม

- การใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ลาดชัน
- วิถีชีวิต ชุมชน
- ที่อยู่อาศัย ความหนาแน่น ลักษณะของชุมชน
- กิจกรรมและการใช้ประโยชน์บนพื้นที่ลาดชัน ได้แก่ การเกษตร กสิกรรม การคมนาคม การค้า การท่องเที่ยว
- ประเพณีและความเชื่อ
- ผลกระทบกับพื้นที่และสภาพแวดล้อม

4.6 ปัจจัยในการเลือกรูปแบบโครงสร้างแนวป้องกันพื้นที่ลาดชัน

4.6.1 อนุรักษ์ระบบนิเวศของพื้นที่ลาดชัน การรักษาระบบนิเวศของพื้นที่ลาดชันเป็นสำคัญ เพื่อให้ให้พื้นที่ลาดชันนั้นยังคงความเป็นธรรมชาติและยังเหมือนเดิม ระบบนิเวศต้องพิจารณาทั้งของพืช สัตว์ รวมถึงระบบนิเวศโดยรวม ดังนั้นรูปแบบแนวป้องกันที่ควรจะเลือกต้องมีความกลมกลืนกับพื้นที่ ใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด มีข้อพิจารณาดังนี้

4.6.1.1 แนวป้องกันที่เหมาะสมต้องทำให้แนวลาดชันคล้ายเดิมมากที่สุด เช่น การใช้โครงสร้างผสมผสาน ใช้ต้นไม้บดบังโครงสร้าง ดูเป็นธรรมชาติ ใช้พืชพันธุ์อย่างเดียว ใช้ต้นไม้หลายระดับเพื่อให้ดูเป็นธรรมชาติมากขึ้น

4.6.1.2 แนวป้องที่เหมาะสม ต้องเอื้ออำนวยให้พืชพันธุ์และสัตว์ดำรงชีวิตได้ดังเดิม เช่นแนวป้องกันธรรมชาติ โดยการใช้พืชพันธุ์พื้นถิ่น

4.6.1.3 แนวป้องกันที่เหมาะสมจะต้องรักษาระดับความชุ่มชื้นในดิน อัตราการไหลน้ำผิวดิน การซึมผ่านน้ำลงสู่ดิน ให้ใกล้เคียงเดิมเพื่อรักษาระบบนิเวศไว้

4.6.2 สภาพพื้นที่ ในการสร้างแนวป้องกันจำเป็นต้องพิจารณาลักษณะดิน ศักยภาพของพื้นที่ในการก่อสร้าง มีข้อควรพิจารณา

4.6.2.1 บริเวณพื้นที่ที่มีความลาดเอียง 90 องศา หรือเป็นหน้าตัดที่มีพื้นที่หลังแนวป้องกันน้อย ควรใช้แนวป้องกันแบบตั้งตรง

4.6.2.2 ในพื้นที่ที่มีพื้นที่หลังแนวป้องกันกว้างพอประมาณอาจเป็นแนวป้องกันที่มีความหนาของโครงสร้าง เช่น Crib wall, Gabion wall, Reinforced earth wall, Concrete gravity wall

4.6.2.3 ในบริเวณที่มีพื้นมีพื้นที่หลังแนวป้องกันมากพอที่จะทำคานยื่น หรือดึง หรือไม่มีอาคารก่อสร้างเดิมอยู่ด้านหลังที่ทำให้แนวป้องกันก่อสร้างยาก ควรเป็นแนวป้องกันแบบ Pile and Tie-Back wall, Machanically stabilized earth wall หรือมีความยาวของพื้นที่ลาดเอียงอาจใช้แนวป้องกันแบบ Geo-textile, articulate block, Rip rap, Quarry stone, Gabion ป้องกันผิวหน้า

4.6.3 ข้อจำกัดด้านเวลา

4.6.3.1 ระยะเวลาในการก่อสร้าง ระยะเวลาในการก่อสร้างถ้ามีจำกัด ต้องสร้างอย่างรวดเร็ว การก่อสร้างที่เป็นระบบสำเร็จรูป มาติดตั้งจะมีความเหมาะสม เขื่อนที่มีความเหมาะสมในการก่อสร้างเร็ว ได้แก่ Crib wall, Rip rap, Quarry stone, Geo-textile, articulate block, Gabion.

4.6.3.2 อายุการใช้งานของแนวป้องกัน ถ้าต้องการแนวป้องกันที่มีความแข็งแรงควรพิจารณาแนวป้องกันประเภท แนวป้องกันโครงสร้าง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่เลือกใช้ วัสดุบางประเภทมีอายุการใช้งานในระยะหนึ่ง เช่น Geo-textile ซึ่งต้องใช้ร่วมกับพืชพันธุ์ หรือโครงสร้างแนวป้องกันที่มีไม้เป็นโครงสร้างก็จะผุพังไป สำหรับแนวป้องกันที่ต้องใช้งานอย่างคงทนยั่งยืน ควรพิจารณาแนวป้องกันธรรมชาติ เพราะจะมีความเหมาะสมเข้ากับธรรมชาติ มีผลกระทบน้อย

4.6.4 ประโยชน์ใช้สอย ในการสร้างแนวป้องกันประโยชน์ใช้สอย เป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ รูปแบบแนวป้องกันต้องสนองต่อประโยชน์ใช้สอย ตอบสนองต่อชุมชน อนุรักษ์ชุมชน มีข้อพิจารณา

4.6.4.1 แนวป้องกันที่ตอบสนองต่อความต้องการพื้นที่ ที่ประกอบกิจกรรม เช่นพื้นที่พักผ่อน ควรใช้รูปแบบแนวป้องกันที่เป็นธรรมชาติ อาจมีการรูปทรงเป็นขั้นบันได หรือลาดเอียงเรียบ

4.6.4.2 แนวป้องกันที่ต้องการจะต้องไม่บดบังทัศนียภาพชุมชน และไม่ส่งผลเสียกับชุมชน ไม่มีผลกระทบทางทิวทัศน์

4.6.4.3 แนวป้องกันจะต้องหยุดการกัดกร่อนพังทลาย หรือชะลอการกัดกร่อนพังทลาย ควรพิจารณาตามความเหมาะสม

4.6.5 อนุรักษ์ชุมชน แนวป้องกันต้องไม่ทำลายวิถีชีวิตและต้องส่งเสริมรักษาไว้ซึ่งวิถีความเป็นอยู่บนพื้นที่ลาดชัน แนวป้องกันที่ตัดความสัมพันธ์ของคนกับพื้นที่ลาดชันจะเป็นรูปแบบที่ไม่เหมาะสม มีข้อพิจารณา

4.6.5.1 แนวป้องกันต้องไม่ปิดกั้น ขัดขวางการเชื่อมต่อ เช่น แนวป้องกันที่ขนาดไม่กว้าง หรือสูงจนเกินไปจนยากแก่การเข้าถึง

4.6.5.2 แนวป้องกันจะต้องเปิดให้คนในชุมชนสามารถเข้าใช้ประโยชน์อย่างสะดวก เช่น แนวป้องกันแบบเอียง แนวป้องกันแบบขั้นบันได ที่เปิดสู่ทัศนียภาพด้านล่าง

4.6.6 รักษาภูมิทัศน์ บริเวณพื้นที่ที่ลาดชันซึ่งเป็นพื้นที่ที่สามารถเปิดมุมมองได้กว้างไกล ทำให้สามารถสัมผัสกับมุมมองที่ดี บรรยากาศที่ดี ดังนั้นรูปแบบแนวป้องกันจะต้องส่งเสริมหรือรักษาคุณค่าภูมิทัศน์ มีข้อพิจารณา

4.6.6.1 แนวป้องกันที่ดีจะต้องรักษาสภาพธรรมชาติ และพืชพันธุ์ในพื้นที่ให้มากที่สุด

4.6.6.2 แนวป้องกันที่ดีจะต้องมีความสอดคล้องกับสภาพที่ตั้ง และสภาพแวดล้อม เช่น การใช้พันธุ์ไม้ การเลือกใช้โครงสร้าง การเลือกพื้นผิว

4.6.6.3 แนวป้องกันที่ดีจะต้องไม่ปิดกั้นทิวทัศน์ที่สวยงามจากมุมมองที่ต่ำกว่าเข้าหาแนวป้องกันและกิจกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ และไม่ปิดกั้นทิวทัศน์จากพื้นที่ลาดชันเปิดสู่ทัศนียภาพเบื้องล่าง

4.7 ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการใช้พืชพันธุ์บนที่ลาดชันหรือใช้ร่วมกับแนวป้องกัน

4.7.1 พืชพันธุ์ที่ปกคลุมอยู่เดิม ความสำคัญของพืช เช่น การแพร่กระจาย ชนิดของพืช ความสวยงาม เป็นต้น

4.7.2 สภาพเดิมของพื้นที่ เช่น ความลาดเอียงของพื้นที่ ลักษณะของโครงสร้างแนวป้องกันการกัดกร่อน อาจมีปัญหากับระบบรากต้นไม้บางชนิด ข้อจำกัดการปลูกไม้บางชนิด

4.7.3 ระดับน้ำ พื้นที่ลาดชันบางแห่งอาจอยู่ใกล้ทางน้ำธรรมชาติ หรือทางระบายน้ำ ควรทราบถึงความสูงของระดับน้ำที่ท่วมถึง และเป็นปัจจัยของตำแหน่งการปลูกด้วยทั้งไม้ชายน้ำและไม้บนฝั่ง

4.7.4 คุณภาพของน้ำ ความเค็ม ความกร่อย เช่น พื้นที่ปากแม่น้ำที่มีอิทธิพลของน้ำทะเล ความรุนแรงของการไหลของน้ำ

4.7.5 ภูมิอากาศ เช่น แสงแดด ปริมาณน้ำฝน ความชุ่มชื้น ความร้อน ร่มเงาจากสิ่งก่อสร้างหรือต้นไม้เดิม

4.7.6 สภาพดิน ชนิดของดิน ผิวสัมผัสของดิน แร่ธาตุในดิน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

4.7.7 ประเภทโครงการและกิจกรรมบนพื้นที่ลาดชัน เช่น พื้นที่มองเห็นทิวทัศน์ทะเลต้องเปิดให้เห็นทิวทัศน์ หรือต้องการให้พื้นที่ลาดชันกลมกลืนกับสภาพแวดล้อม หรือ ปิดบังโครงสร้างแนวป้องกันที่สูงใหญ่และแข็งกระด้าง

4.7.8 ความเร่งด่วนของการใช้งาน หากต้องการความรวดเร็วในการใช้งานอาจต้องใช้การป้องกันด้วยโครงสร้างแทนการใช้พืชพันธุ์เพื่อผลในการป้องกันพื้นที่ลาดชันก่อนแล้วจึงค่อยลดทอนความกระด้างหรือเสริมความเป็นธรรมชาติภายหลัง เพราะพืชพันธุ์ต้องมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตหรือระยะเวลาให้แข็งแรงสำหรับพืชพันธุ์ที่มาลงปลูกใหม่

4.7.9 การปลูกและอัตราการเจริญเติบโตในบริเวณที่มีปัญหาการพังทลาย หรือปัญหาทัศนียภาพต้องรีบป้องกัน ในระยะแรกที่รีบด่วนต้องใช้ไม้พุ่มและไม้คลุมดินก่อน ระยะปลูกต้องหนาแน่นแต่ไม่มากจนเกินไป ใช้ต้นไม้ที่มีขนาดสมบูรณ์ แล้วใช้ไม้ขนาดใหญ่ลงปลูก

การปลูกพืชหลายระดับตามรูปแบบธรรมชาติจะช่วยลดความรุนแรงและลดการพังทลาย อีกทั้งวิธีการปลูก ถ้าไม่เร่งด่วนมากการปลูกควรปลูกไม้ขนาดกลางหรือขนาดเล็กแล้วปล่อยให้เจริญเติบโตในพื้นที่จะได้ผลในการยึดเกาะดินดีกว่า การย้ายต้นไม้กลางมาปลูก

อัตราการเจริญเติบโตของพืชมีผลต่อความจำเป็นในการป้องกันการกัดกร่อนพังทลายในบริเวณที่รีบด่วนจำเป็นที่จะต้องเลือกพืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว เพื่อให้ได้ผลในการยึดเกาะดินตามระยะเวลาที่ต้องการ

4.7.10 การดูแลรักษา สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ การดูแลรักษาเป็นปัจจัยสำคัญ ต้องเลือกต้นไม้ที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม ควรเลือกไม้ท้องถิ่นที่ขึ้นอยู่เดิมในพื้นที่นั้น โดยการสังเกตเก็บข้อมูลในบริเวณพื้นที่ลาดชัน เพื่อลดปัญหาโรค/แมลง, วิธีการดูแลรักษา, ค่าใช้จ่าย, ความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมและสามารถเจริญเติบโตได้ดี

4.7.11 การแพร่กระจายพันธุ์ เนื่องจากพื้นที่มีน้ำและลมเป็นตัวพัดพา ดังนั้นพืชบางชนิดอาจก่อให้เกิดปัญหา ไปเจริญเติบโตในบริเวณที่ไม่ต้องการหรือแพร่กระจายเร็วเกินไป อาจทำให้เกิดปัญหาการบดบัง รุกล้ำทำให้ต้องมีการกำจัด

4.7.12 ลักษณะเฉพาะของต้นไม้ จำเป็นที่ต้องระวังพืชบางชนิดมีการผลัดใบ ดังนั้นต้องศึกษาลักษณะจำเฉพาะ เนื่องจากถ้าเลือกพืชพันธุ์ที่ทิ้งใบหมดในช่วงหน้าฝนเป็นส่วนใหญ่ ก็อาจทำให้ความรุนแรงของน้ำฝนรุนแรงมาก อาจเร่งให้เกิดการกัดกร่อนได้ง่าย

4.7.13 ชนิดของพืชที่ปลูกเพิ่มเติม เน้นการใช้พืชถิ่นเป็นหลักอาจกล่าวได้โดยรวมดังนี้

4.7.13.1 ไม้ยืนต้น (Tree) รากหยั่งลึก ให้ผลใช้งานช้า ต้องรอการเจริญเติบโตเมื่อเจริญเติบโตแข็งแรงแล้วการดูแลรักษาน้อยมีผลดีต่อทางนิเวศ ช่วยลดการพังทลายหรือการถล่มได้ดี

4.7.13.2 ไม้พุ่ม (Shrub) ราคาปานกลาง มีชนิดให้เลือกหลายชนิดและคุณสมบัติต่างกัน รากหยั่งลึกระดับปานกลาง ช่วยลดการพังทลายหรือการถล่มได้ดี

4.7.13.3 ไม้คลุมดิน (Ground cover) และหญ้า(grass) ราคาค่อนข้างถูกต้องการการดูแลรักษาค่อนข้างสม่ำเสมอ เติบโตได้เร็ว ใช้งานเห็นผลได้รวดเร็ว ช่วยลดการกร่อยและช่วยรักษาดินชั้นหน้า

4.7.13.4 ไม้น้ำ (Aquatic plants) พืชที่ขึ้นอยู่ในน้ำและระบายน้ำ โดยอาจจะจมอยู่ใต้น้ำทั้งหมดหรือโผล่บางส่วนอยู่เหนือน้ำ รวมถึงพืชพันธุ์ที่อยู่ตามริมน้ำ ชายตลิ่งและพืชที่เจริญเติบโตอยู่บริเวณที่น้ำขังแฉะ มีบริเวณที่ใช้งานจำกัด

ดังนั้น ในบทนี้จะเห็นได้ว่าการป้องกันพื้นที่ลาดชันมีหลายรูปแบบ การเลือกไปใช้ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งต้องมีการศึกษาอย่างรอบคอบเนื่องจากจะเกิดผลกระทบทั้งในแง่บวกและในแง่ลบ