ชีววิศวกรรมดินกับการป้องกันการกัดเซาะของดิน

สิรินทรา วัณโณ
ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
sirintra.v@chula.ac.th

บทคัดย่อ

การขยายตัวของเมืองไม่ว่าจะเป็นการขยายตัวของที่อยู่อาศัย การประกอบกิจการพาณิชยกรรม และการขยายตัวทางด้านคมนาคมเพื่ออำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ มีการพัฒนาตามยุคสมัยและวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีด้านต่างๆ ที่มีความหลากหลายและไม่หยุดนิ่ง หากแต่ความโหยหาธรรมชาติของคนเมืองก็ยังมีเพิ่มมากขึ้นเรื่องๆ การพัฒนางานออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมล้วนแล้วแต่มีส่วนร่วมทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศนั้นๆไม่มากก็น้อย และยังส่งผลกระทบไปยังระบบนิเวศขนาดใหญ่ และเป็นส่วนหนึ่งของการทำให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อน (global warming) การพัฒนาโครงการในแต่ละครั้งจึงต้องพึงตระหนักเสมอถึงภัยธรรมชาติ และพยายามทำความเข้าใจกับสิ่งที่เป็นอยู่เดิมในพื้นที่ให้ได้มากที่สุด

ชีววิศวกรรมดิน (soil bioengineering) เป็นเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้พืชพรรณในการเสริมโครงสร้างความแข็งแรงให้กับดิน ป้องกันการกัดเซาะพังทลายของหน้าดินบริเวณที่มีความลาดชัน และพื้นที่ชายขอบตลิ่งต่างๆ โดยปล่อยให้ธรรมชาติได้พัฒนาเองอย่างต่อเนื่อง พร้อมกับการผสมผสานวิวัฒนาการทางวิศวกรรมโครงสร้างให้เกิดความสวยงาม มีชีวิตชีวาสร้างความกลมกลืนกับธรรมชาติ ทั้งยังเป็นการฟื้นฟูธรรมชาติที่มีอยู่โดยรอบอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ชีววิศวกรรมดิน การป้องกันการกัดเซาะ การกัดเซาะ โครงสร้างมีชีวิต

Soil Bioengineering for Soil Erosion Protection

Sirintra Vanno
Department of Landscape Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
sirintra.v@chula.ac.th

Abstract

Urban expansions – residential, commercial, or transportational – have developed through the ages, in conjunction with the ever-changing technological progress. At the same time, the urban inhabitants' crave for nature is

constantly increased. For better or worse, landscape architecture always has some effect on the ecosystem at various scales, and thus is one of the causes of global warming. Accordingly, with full awareness of possible natural disasters, landscape development projects should try to understand the existing natural system.

Soil bioengineering is an engineering technique which uses living structure to reinforce soil, protect soil erosion on slope surfaces, and embankment, allowing nature to develop and strengthen itself continuously and perpetually. A combination of structural engineering techniques and natural rehabilitation, soil bioengineering can help make landscape architecture sustainable, aesthetically pleasing, and in great harmony with nature.

Keywords: bioengineering, erosion control, soil protection, living structure

บทนำ

งานภูมิสถาปัตยกรรมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีความเปลี่ยนแปลงตามยุคสมัย เป็นไปตามแบบความนิยมหรือเทรนด์ในยุคนั้นๆ การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมในแต่ละยุคก็จะมีเอกลักษณ์และมีกลิ่นไอที่มีลักษณะโดดเด่นค่อนข้างชัดเจน โดยเฉพาะโครงการที่ต้องมีรูปแบบอย่าง หมู่บ้าน รีสอร์ท โรงแรมและโครงการพัฒนาพื้นที่อีกมากมาย รูปแบบดังกล่าวไม่ว่าจะเป็นแบบมินิมอล (minimal) โมเดิร์น (modern) เขตร้อนชื้นหรือที่นิยมใช้เรียกทับศัพท์เลยว่าทรอปิคอล (tropical) สวนบาหลี สวนป่า สวนหิน สวนญี่ปุ่น หรือสวนแบบใด ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบพื้นที่ในโครงการคือคุณภาพของสภาพแวดล้อมและสภาพพื้นที่โครงการหนึ่งไม่พ้นปัจจัยพื้นฐานของการออกแบบงานภูมิสถาปัตยกรรมมีตั้งแต่ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ น้ำ ดิน พืชพรรณ เจ้าของโครงการ และทุนทรัพย์ที่จะสามารถสร้างความเป็นไปได้ของงานภูมิสถาปัตยกรรม การศึกษาและทำความเข้าใจกับสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศที่มีความสลับซับซ้อน ต้องใช้ประสบการณ์ ความชำนาญในการทำงานที่ไม่หยุดนิ่ง และมีการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ อยู่ตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์โลกร้อนส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงมากกว่าปกติ มีภัยพิบัติทางธรรมชาติเกิดขึ้นเหนือความคาดหมายหลายครั้ง อย่างแผ่นดินไหวที่มีความถี่และมีความสั่นสะเทือนรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มรสุม คลื่นลม พายุไต้ฝุ่น พายุดีเปรสชันที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นและบ่อยครั้งขึ้นกว่าก่อน รวมถึงฝนที่ตกหนักและยาวนานทำให้เกิดน้ำท่วมในบริเวณกว้าง เกิดน้ำป่าไหลหลาก ดินโคลนถล่ม บ้านเรือนพังเสียหาย ประชาชนไร้ที่อยู่ ขาดแคลนอาหารและยารักษาโรค ภัยธรรมชาติเหล่านี้เกิดขึ้นทั้งภายในประเทศและต่างประเทศส่งผลกระทบถึงประชาชนผู้อยู่อาศัยโดยตรง รวมไปถึงสภาวะทางด้านเศรษฐกิจ การเงิน และสังคมของประเทศที่ประสบภัยที่หลายครั้งมีความยิ่งใหญ่มากกว่าที่จะสามารถจัดการกันเองได้ในประเทศ ต้องได้รับความร่วมมือในการยื่นมือมาช่วยเหลือจากต่างประเทศ และภัยเหลื่อนี้นับวันจะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ

สืบเนื่องจากการเกิดปรากฏการณ์โลกร้อน (global warming) ที่ส่งผลกระทบทำให้เกิดภัยพิบัติ สาเหตุเริ่มแรกคงไม่พ้นจากการกระทำที่มนุษย์ทำลายธรรมชาติ รุกล้ำพื้นที่ป่าเพื่อนำมาทำการเกษตรกรรม การทำอุตสาหกรรมที่ปล่อยสารพิษออกมาทั้งทางอากาศและลงสู่แม่น้ำลำคลอง ที่มนุษย์เองอาจจะกระทำลงไปโดยไม่ได้เจตนาหรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์ว่าจะเกิดผลเสียหรือผลกระทบอย่างไรบ้างจากการกระทำดังกล่าว โดยปกติแล้วภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นเหล่านี้เป็นไปตามวัฏจักรของกระบวนการทางธรรมชาติที่จะมีการเกิด การทำลาย การพัดพา หรือการเคลื่อนที่ของผิวดินหรือผิวเปลือกโลกไปจากตำแหน่งเดิมเนื่องจากกระแสลม กระแสน้ำ และจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้อยู่แล้ว แต่มนุษย์เองได้เข้าไป

มีส่วนร่วมในการกระตุ้นให้เกิด หรือเร่งให้เกิดกระบวนการธรรมชาติดังกล่าวให้เกิดขึ้นก่อนเวลาอันควร ไม่ตรงตามฤดูกาล และทวีความรุนแรงมากขึ้น จากการพัฒนาที่แผ่ขยายพื้นที่กว้างมากขึ้น และเปลี่ยนแปลงวัฏจักรหรือระบบนิเวศในพื้นที่บริเวณนั้นๆ

ชีววิศวกรรมดิน

การพัฒนาโครงการจึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญและตระหนักถึงสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศเดิมของพื้นที่ที่เข้าไปพัฒนาโครงการ หรือแม้การเข้าไปปรับปรุงโครงการเก่าที่ประสบภัยพิบัตินั้น ก่อนอื่นต้องเข้าใจในสาเหตุของการเกิดภัยธรรมชาติต่างๆ หรือวัฏจักรในพื้นที่ ทั้งนี้ธรรมชาติหมายถึงวิถีทางธรรมชาติที่เป็นอยู่เดิม บางครั้งก็อาจเป็นสาเหตุของปัญหามากมายที่กำลังจะตามมาในโครงการ เนื่องมาจากความไม่เข้าใจในธรรมชาติของพื้นที่ การเข้าไปแก้ปัญหาของพื้นที่ในส่วนที่เป็นหน้าที่ของภูมิสถาปนิกนั้น มีการเข้าไปแก้ปัญหาในโครงการทุกระดับทั้งระดับเล็กไปจนถึงระดับชุมชนและเมือง ทั้งนี้เพื่อเป็นการสร้างให้เกิดชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของประชาชน และการพัฒนาเพื่อความยั่งยืน ปัญหาที่พบทั่วไปในขณะนี้คือปัญหาการกัดเซาะของดินในพื้นที่ที่มีความลาดเอียง รวมไปถึงชายตลิ่งของแม่น้ำ ลำคลองและชายทะเล ที่เกิดความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ ปัญหาการกัดเซาะในบางครั้งอาจจะมองกันว่าเป็นปัญหาไกลตัว ไม่ค่อยเกี่ยวข้องกับสายวิชาชีพของนักออกแบบมากนัก หากมีปัญหาก็ให้วิศวกรเป็นผู้แก้ปัญหาเหล่านี้ด้วยเทคนิคทางด้านวิศวกรรม แต่ไม่ว่าโครงสร้างทางวิศวกรรมจะมีความแข็งแรงทนทานแค่ไหน พลังของธรรมชาติมีความยิ่งใหญ่มากกว่าเสมอ จึงได้เริ่มมีการนำกรรมวิธีทางธรรมชาติเข้ามาแก้ไขและพัฒนาพื้นที่แทนการใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรม ซึ่งพบว่าได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและบางวิธีก็มีใช้กันมานานโดยบางครั้งเป็นวิธีแก้ปัญหาตามแบบอย่างชาวบ้านพื้นถิ่นที่มีความรู้ตามวิถีอย่างเรียบง่ายแต่มีความเข้าใจในธรรมชาติเป็นอย่างดี

ความต้องการที่จะเอาชนะธรรมชาติเกิดจากการที่มนุษย์คิดว่า มนุษย์เป็นผู้ที่มีความสามารถสร้างสรรค์สิ่งที่จะมาเอาชนะธรรมชาติได้ การใช้แนวทางในการแก้ปัญหาตามวิธีวิศวกรรมแบบดั้งเดิมมักจะใช้โครงสร้างในการแก้ปัญหาการกัดเซาะตลิ่งและชายฝั่ง ใช้กำแพงคอนกรีตกันคลื่น หินทิ้ง และโครงสร้างแบบอื่นๆ ที่ยึดอยู่กับที่ เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมานี้ การใช้เทคนิค“ชีววิศวกรรมดิน” (soil bioengineering techniques) เป็นเครื่องมือที่จะเป็นทางเลือกให้กับภูมิสถาปนิกและวิศวกรที่ใช้ความเข้าใจในธรรมชาติมาเปลี่ยนแนวทางในการออกแบบ และแก้ปัญหาการกัดเซาะพื้นที่จากการใช้โครงสร้างตามแบบวิศวกรรม มาเป็นทางเลือกใหม่ที่เป็นที่อิงธรรมชาติ เทคนิคชีววิศวกรรมดินเป็นเทคนิคที่สามารถปรับให้เข้ากับบริบทในแต่ละพื้นที่ได้ง่าย ด้วยการใช้วัสดุธรรมชาติและพืชพรรณ ตอบสนองต่อความต้องการพื้นฐานและการใช้งาน และเสริมความแข็งแรงอยู่ตัวให้กับดินด้วยเทคโนโลยีที่ผสมผสานกับธรรมชาติ ทำให้เกิดความมีชีวิตชีวาและยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นที่พักอาศัยและแหล่งอาหารของสัตว์น้อยใหญ่ในท้องถิ่น และบรรเทาปัญหาทางสิ่งแวดล้อม

ชีววิศวกรรมดิน เป็นเทคนิคทางเลือกของวิศวกรรมที่ช่วยในการบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ใช้วัสดุพืชพรรณผสมเข้ากับโครงสร้างให้เกิดความยืดหยุ่นในการปรับใช้ให้เข้ากับสภาพพื้นที่ได้เป็นอย่างดี นิยมใช้กันมากในการควบคุมการกัดเซาะหน้าดินและบริเวณที่หน้าดินถูกเปิดออกเนื่องจากการก่อสร้างเพื่อพัฒนาพื้นที่ แท้จริงแล้วเทคนิคในการดำเนินการนั้นมีการบันทึกไว้ในประวัติศาสตร์ว่ามีการใช้วิธีทางชีววิศวกรรมดินในประเทศจีน 28 ปีก่อนคริสตศักราช โดยการนำเอาไม้ไผ่สานมาตรึงพนังและตลิ่งแม่น้ำ เพื่อเพิ่มความเสถียร นอกจากนี้พบว่ามีการพัฒนาใช้วิธีการทางชีววิศวกรรมดินมากมายในนานาประเทศ ในช่วงที่มีการบันทึกการพัฒนาเทคนิคเป็นเอกสารหลักฐานมาก คือในยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นช่วงที่มีการส่งเสริมให้นำเทคนิคชีววิศวกรรมกลับมาเป็นที่นิยมและแพร่หลายอีกครั้งโดยเฉพาะการพัฒนาเส้นทางสาธารณะของประเทศเยอรมนีและออสเตรีย ในช่วงปี 1930’s (Soil Bioengineering: An Alternative for Roadside Management, A Practical Guide, 2000) ขณะนั้นเป็นช่วงก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 ที่มีการยับยั้งการใช้จ่ายในคลัง ทำให้โครงการการพัฒนาต่างๆต้องหันกลับมาสู่ใช้วัสดุพื้นถิ่น ราคาถูก และหันมาใช้การก่อสร้างแบบธรรมเนียมปฏิบัติดั้งเดิมทางวิศวกรรมเข้ามาใช้ใน

โครงการสาธารณะ ทำให้การก่อสร้างของระบบเยอรมันออโต้บาน (German autobahn system)ที่เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1930's ได้มีการศึกษาพัฒนาใช้เทคนิคชีววิศวกรรมดินอย่างจริงจังและได้นำมาใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากการพัฒนาเส้นทางคมนาคมในประเทศที่มีลักษณะเป็นเนินเขาสลับซับซ้อน ประสบปัญหาการตัดหน้าดินเพื่อนำมาสร้างทางเป็นพื้นที่กว้าง และยังมีเกาะกลางที่กว้างถึง 9 เมตรเกือบตลอดเส้นทาง ส่งผลให้มีการเกิดการกัดเซาะและชะล้างบริเวณผิวดินเพิ่มขึ้นมากหรือก่อให้เกิดการเกิดการเคลื่อนตัวของผิวหน้าดิน ดินถล่มหรือดินไหลเพิ่มมากขึ้น จึงมีการพัฒนาและวิจัยการใช้วัสดุธรรมชาติเพื่อเป็นทางเลือก พืชพรรณพื้นถิ่นและวิธีการแบบดั้งเดิมในการฟื้นฟูสภาพพื้นที่ธรรมชาติสองฝั่งทางหลวงตลอดทั้งเส้นทาง และหลังจากนั้นก็ได้มีการก่อตั้งสถานบันวิจัยทางชีววิศวกรรมดินกันอย่างแพร่หลายทั้งในยุโรปและสหรัฐอเมริกา ภายในปี 1950's ได้มีการบันทึกให้ชีววิศวกรรมดินเป็นส่วนหนึ่งของข้อกำหนดในแบบมาตรฐานรายการประกอบแบบในการก่อสร้างของระบบในเยอรมัน (German national system of construction specication)

การเลือกใช้วัสดุในชีววิศวกรรมดินมักจะใช้วัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นเป็นหลัก และการเลือกใช้เครื่อง จักรกลที่มีน้ำหนักมากในพื้นที่ให้น้อยที่สุด เพื่อที่จะแก้ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมต้องให้แก่คนในท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ในการที่จะสนับสนุนให้ส่วนรวมตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมนั้นการใช้เทคนิคชีววิศวกรรมจะช่วยทำให้ประชาชนยอมรับมากกว่าการเลือกใช้เทคนิคทางวิศวกรรมแบบดั้งเดิมที่เป็นแบบโครงสร้างแข็ง ถึงแม้ว่าทฤษฎีทางวิศวกรรมมากมายในการแก้ปัญหาเรื่องการกัดเซาะของดินที่เหมาะสมในปัจจุบัน ปัญหาของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแบบต่างๆที่มีขนาดและขอบเขตหลายระดับที่ต้องการเทคนิคใหม่ๆเพื่อนำมาปรับใช้ในการแก้ปัญหาในพื้นที่ตลอดเวลา ทั้งที่เทคนิคเหล่านี้ถูกคนพบมานานหลายทศวรรษ

จากการที่เรารู้จักภูมิอากาศและพืชพรรณในพื้นที่ เราจะสามารถบอกได้ว่าลักษณะของดินในพื้นที่มีคุณภาพเป็นอย่างไร อย่างไรก็ตามในบางกรณีก็จะยังมีข้อยกเว้นบางประการ เช่น จากวัสดุต้นกำเนิดดิน การระบายน้ำในพื้นที่ ความลาดเอียง และระยะเวลาที่หน้าดินถูกทำการเปิดออก โครงการแบบนี้ต้องการมากกว่าการประเมินผลและการวัดของพื้นที่ การออกแบบควรคำนึงถึงธรรมชาติในอดีต และวิวัฒนาการที่ผ่านมาจนไปถึงการใช้งานภูมิทัศน์ทางด้านสังคมและวัฒนธรรมของพื้นที่โดยรอบ ในการตระหนักถึงปัจจัยที่กล่าวถึงนั้นจะช่วยให้การออกแบบเล็งเห็นสัณฐานของปัจจุบัน และศักยภาพในอนาคตที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาต่อไป ยกตัวอย่างเช่นการใช้ชีววิศวกรรมดินในภูมิทัศน์ที่เป็น ป่าต้องการความเข้าใจในเรื่องของธรณีวิทยา และประวัติศาสตร์ของธรณีวิทยาในพื้นที่ ลักษณะของพายุ น้ำหลาก ไฟป่า การเกิดขึ้นและแนวโน้มทางธรรมชาติและการจัดการที่เกี่ยวข้องกับการเกิดการกัดเซาะ ประวัติของงานการก่อสร้างและดูแลทางหลวงหรือถนนในพื้นที่ ความถี่ของการถางพืชพรรณหรือความพยายามในการปลูกพืชทดแทนลงในพื้นที่ ข้อมูลเหล่านี้มีความประวัติน่าสนใจและจะเป็นศักยภาพและสมรรถนะของพื้นที่ในอนาคต

นอกจากนี้ความเข้าใจถึงลักษณะหรือสาเหตุของการเกิดการกัดเซาะว่าเป็นการเกิดจากธรรมชาติซึ่งมักจะฟื้นฟูได้เองในทันที หรือเป็นผลจากกิจกรรมบางอย่างของมนุษย์ที่ส่งผลให้เกิดผลกระทบกับธรรมชาติเพราะมักจะเกิดอย่างรุนแรงและเหนือความคาดหมายก็จะต้องใช้เวลา ในการฟื้นฟู ดังนั้นเป้าหมายหลักของเทคนิคทาง ชีววิศวกรรมดินคือการลอกเรียนแบบธรรมชาติ โดยเทคนิคทางชีววิศวกรรมดินถือเป็นการเร่งขบวนการ ทางธรรมชาติให้ฟื้นฟูได้เร็วขึ้นกว่าปล่อยให้ธรรมชาติฟื้นฟูด้วยตนเอง

โครงสร้างที่มีชีวิต

ประเทศไทยมีการปลูกพืชพรรณเพื่อป้องกันการกัดเซาะกันอย่างแพร่หลาย แต่ส่วนใหญ่มักจะนิยมเฉพาะการปลูกหญ้าแฝกตามพื้นที่ลาดชัน ซึ่งยังขาดการทำโครงการนำร่อง และการให้ความรู้ความเข้าแก่ประชาชนถึงกระบวนการที่ถูกต้อง การให้คำแนะนำและข้อมูลจากโครงการวิจัยหรือการทดลองที่จะมาช่วยสนับสนุนข้อมูลทางด้านพืชพรรณให้กับการนำมาใช้งานจริงยังมีไม่เพียงพอ และการนำมาใช้ในพื้นที่ที่มีลักษณะสภาพแวดล้อมที่มีความหลากหลายเพื่อให้เหมาะกับสภาพแวดล้อม แบบนั้นๆ เช่นพื้นที่ชายน้ำหรือขอบตลิ่งที่มีการกัดเซาะจาก

น้ำและในบางบริเวณยังมีน้ำท่วมถึงควรจะปลูกพืชป้องกันการกัดเซาะที่มีคุณลักษณะสามารถทนน้ำท่วมขังได้ หรือพื้นที่ลาดชันบนเขาบริเวณที่ได้รับการเปิดหน้าดินที่มีเนื้อดินน้อยมีแร่ธาตุอาหารจำกัดก็ควรปลูกพืชที่สามารถทนกับสภาพแวดล้อมนั้นๆได้ พืชพรรณที่นำมาใช้การป้องกันการกัดเซาะควรจะเป็นพืชพื้นถิ่นเพื่อเป็นการอนุรักษ์ระบบนิเวศและป้องกันมิให้พืชต่างถิ่นมาคุกคามระบบนิเวศเดิม ทั้งนี้ยังไม่มีการพัฒนาเทคนิคการปลูกหรือทำการวิจัยพืชพรรณประเภทอื่นๆ ที่ผสมผสานเทคนิคอื่นหรือประกอบวัสดุอื่นเข้าด้วยกันอย่างจริงจัง เพราะแท้จริงแล้ววิธีการทางชีววิศวกรรมดินเป็นการผสมผสานวัสดุพื้นถิ่นกับพืชพรรณเข้าด้วยกัน โดยพืชพรรณนั้นจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนโครงสร้างหลักที่เสริมความแข็งแรงตามอายุและการเจริญเติบโตของพืชพรรณเพื่อเป็นการสร้าง โครงสร้างที่มีชีวิต (living structure) ทดแทนโครงสร้างของเหล็กหรือคอนกรีต เช่น การใช้กิ่งไม้หรือท่อนไม้สด (live stake) เป็นวัสดุพื้นฐานในการทำการป้องกันการกัดเซาะแบบชีววิศวกรรม สามารถนำมาประกอบกับผลิตภัณฑ์และวัสดุอื่นๆ ในการส่งเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างเพื่อป้องกันการกัดเซาะ โดยกิ่งไม้หรือท่อนไม้ที่มีชีวิตเหล่านั้นจะนำมาใส่หรือตอกเข้าไปในพื้นที่ลาดที่เกิดการกัดเซาะแล้วสามารถออกรากและเจริญเติบโตได้ ถ้าได้ผ่านการเตรียม ดูแล ขนย้าย และปลูกอย่างถูกต้อง (Streambank and Shoreline Protection: Engineering Field Handbook, 1996) เพื่อสร้างระบบรากตาข่ายในดินเป็นโครงสร้างให้กับดินอย่างถาวร กิ่งไม้สดที่นิยมนำมาใช่นั้นส่วนมากมักเป็นพืชพรรณที่มาจากไม้ยืนต้น หรือไม้พุ่ม ที่เป็นพืชที่มีอายุยาวนานกว่าการเลือกใช้พืชที่เป็นไม้ล้มลุกจำพวกหญ้าเพราะที่มีอายุสั้น ได้มีการทำการทดลองวิจัยและรวบรวมได้แล้วว่ามีพืชพรรณมากมายหลายชนิดพันธุ์ที่สามารถนำมาใช้ในเทคนิคทางชีววิศวกรรมดินอย่างได้ผลจากหนังสือและวารสารวิชาการอื่น แล้วทำการเทียบสายพันธุ์ และคุณสมบัติทางสายพันธุ์ที่มีให้เหมาะสมกับประเทศไทย ที่ได้รวบรวมชื่อสายพันธุ์จากงานวิจัยและการใช้งานจริงอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ผ่านการปรึกษาอาจารย์ธวัชชัย วงศ์ประเสริฐ นักพฤกษศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มพืชสมุนไพร ประจำหอพรรณไม้ สำนักหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ก็มีอยู่ไม่น้อยที่น่าจะนำมาใช้งานได้ ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1

ทั้งนี้พืชพรรณที่ได้กล่าวในตารางที่ 1 นั้นควรทำการศึกษาลักษณะพืชพรรณเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ และทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบรากให้ทราบถึงความแข็งแรงของราก ระบบการเจริญเติบโตของรากว่ามีการเจริญเติบโตในรูปแบบใด คุณสมบัติในการงอกรากเมื่อนำกิ่งมาปักชำทำได้หรือไม่ และปริมาณการแพร่กระจายในธรรมชาติว่าเป็นพืชพื้นถิ่นที่มีการกระจายพรรณและหาได้ทั่วไป หรือว่าเป็นพืชหายากที่ใกล้จะสูญพันธุ์ ทั้งนี้แล้วแต่ความเหมาะสมของสถานการณ์ การใช้พืชพื้นถิ่นที่มีแพร่หลายทั่วไปจะเหมาะกับโครงการที่มีเวลาจำกัดหรือต้องการการฟื้นฟูอย่างเร่งด่วน ในบางกรณีพบว่าพืชที่เหมาะสมกับการใช้ง่านนั้นเป็นพืชที่เริ่มจะหาได้ยากในพื้นที่ แต่เป็นพืชถิ่นเดิมก็อาจจะเป็นโอกาสอันดีในการอนุรักษ์พรรณพืชให้คงอยู่ในพื้นที่สืบไป ซึ่งก็จะส่งผลกับระยะเวลาในการดำเนินการ อาจจะต้องทำการเตรียมการในระยะเวลาที่นานมากขึ้นกว่าเดิมเพื่อขยายพันธุ์พืชก่อนนำมาใช้งาน

ภาพด้านล่างแสดงรูปตัดเทคนิคพื้นฐานของชีววิศวกรรมดิน ด้วยวิธีการใช้กิ่งหลิวสดปักลงในพื้นที่ที่มีความลาดชันเพื่อใช้ในการป้องกันการกัดเซาะตามเทคนิคทางด้านชีววิศวกรรมดิน และภาพถัดไปแสดงให้เห็นถึงสภาพพื้นที่ภายหลังที่กิ่งไม้สดมีการเติบโตใช้ปกคลุมดินแล้ว

พืชพันธุ์ที่ปกคลุมหน้าดินมีผลกระทบต่อผิวดินและมวลของดิน (soil mass) โดยตรงและมีความสำคัญเป็นอย่างมากกับดินที่อยู่ด้านล่าง การป้องกันและยึดดินของพืชพรรณขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ของพืชลักษณะของดินและลักษณะของพื้นที่ลาดเอียงนั้นๆ ในการยึดปริมาตรของดินด้วยพืชพรรณในธรรมชาติส่งผลกับการเสริมโครงสร้างของดินและเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินที่ดินจะสามารถรองรับน้ำนั้นเอาไว้ได้ จนไปถึงความชื้นในดินที่ดินจะเก็บเอาไว้ได้และระเหยออกไประหว่างวัน ทั้งนี้การเลือกวัสดุพืชพรรณที่มีประสิทธิภาพในการคลุ่มดินลักษณะต่างๆ จึงมีความสำคัญยิ่ง

ชีววิศวกรรมจึงเป็นทางเลือกที่ให้ความเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงภูมิทัศน์ให้เป็นธรรมชาติ สามารถปรับให้เข้ากับพื้นที่ด้วยการใช้วัสดุท้องถิ่นที่เป็นธรรมชาติและพืชพรรณท้องถิ่น ผสมผสานกับโครงสร้างธรรมชาติที่มีความยืดหยุ่นเข้ากับพื้นที่ที่มีความลาดชันและความสูงต่ำ

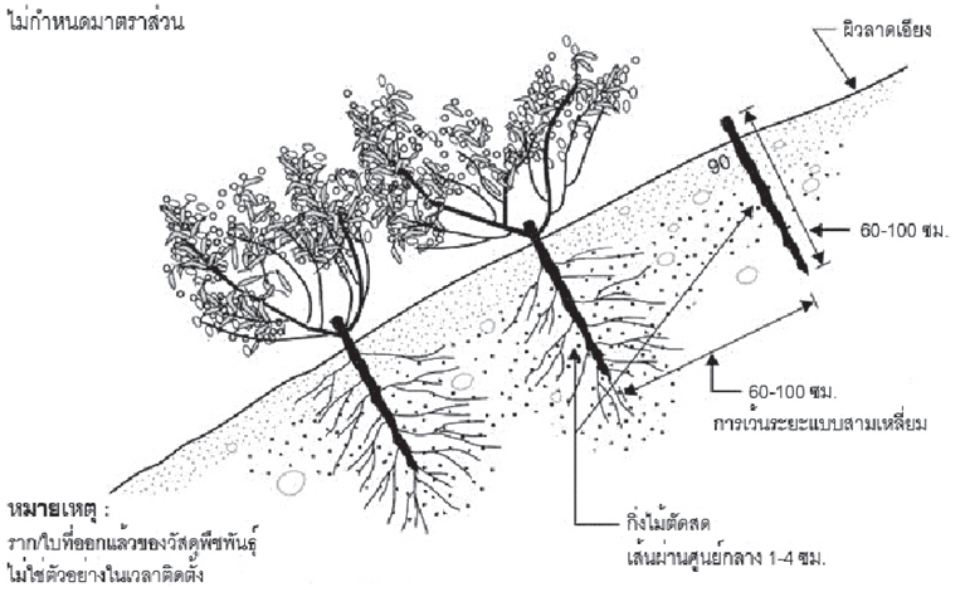
ตารางที่ 1 พืชที่ใช้ในการป้องกันการกัดเซาะ

ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	ชื่อสามัญ
Betula alnoides	BETULACEAE	กำลังเสือโคร่ง
Combretum procursum Craib. C.	COMBRETACEAE	สะแกเถา
Dryopteris amboinensis	DRYOPTERIDACEAE	เฟินกูด
Elaeagnus latifolia L.	ELAEAGNACEAE	มะหลอด, ส้มหลอด
Hibiscus moscheutos	MALVACEAE	ชบาญี่ปุ่น หรือชบาอื่นๆ
Pterolobium integrum Craib.	FABACEAE	แก้วมือไว
Caesalpinia sappan Linn.	FABACEAE	ฝาง
Acacia pinnata	FABACEAE	ชะอมป่า
Sesbania javaica Mig.	FABACEAE	โสน
Streblus ilicifolius	MORACEAE	ข่อยหนาม, หนามขี้แรด
Morus alba L.	MORACEAE	หม่อน
Broussometia papyrifera	MORACEAE	ปอสา
Bambusa bambos	POACEAE	ไผ่ป่า
Prunus cerasoides	ROSACEAE	นางพญาเสือโคร่ง
Salix alba	SALICACEAE	หลิว
Salix tetrasperma Roxb.	SALICACEAE	สนุ่น
Congea tomentosa	VERBENACEAE	พวงประดิษฐ์

(ที่มา: Streambank and Shoreline Protection: Engineering Field Handbook, 1996; A Soil Bioengineering Guide for Streambank and Lakeshore Stabilization, 2002; Soil Bioengineering for Upland Slope Protection and Erosion Reduction : Engineering Field Handbook, 1992.)

ที่หลากหลายได้เป็นอย่างดี เสริมความแข็งแรงอยู่ตัวของดิน สามารถปรับให้เข้ากับพื้นที่หน้างานได้ง่าย มีชีวิตชีวาที่เป็นการใช้งานอย่างยั่งยืน ทั้งยังเป็นที่พักอาศัยและแหล่งอาหารของสัตว์น้อยใหญ่ในท้องถิ่น

นอกจากนี้ยังมีวัสดุอื่นๆที่นำมาประยุกต์ใช้กับพืชพรรณที่เป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ (degradable materials) เป็นวัสดุแปรรูปที่ผลิตขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินการหรือช่วยให้การดำเนินงานสำเร็จได้เร็วขึ้นและผสมผสานเทคโนโลยีเพื่อเอื้อต่อการเจริญเติบโตของพืชและชะลอการเกิดการกัดเซาะระหว่างที่พืชกำลังเจริญเติบโต ปัจจุบันเริ่มมีการวิจัยและผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปเป็นจำนวนมาก เพื่อนำมารองรับในการใช้งานเพิ่มมากขึ้นและมีคุณสมบัติที่เป็นมิตรกับธรรมชาติมากขึ้น เช่นผลิตภัณฑ์จากใยมะพร้าว หรือใยปาล์ม ผ้ากระสอบแบบต่างๆ จากเส้นใยธรรมชาติอื่นๆ หมอนกันดิน ผ้าห่มดิน และอีกหลายผลิตภัณฑ์ที่เริ่มมีการพัฒนา และบางครั้งก็มีการนำเอาวัสดุจากต่างประเทศที่ผ่านการค้นคว้าวิจัยมาประยุกต์และปรับใช้เพื่อให้เข้ากับสิ่งที่มีอยู่เดิมในประเทศ นอกจากนี้การใช้วัสดุธรรมชาติอื่นๆมาช่วยเสริมความมั่นคง เช่นมีการนำเอาหินมาประกอบกับโครงสร้างของชีววิศวกรรมดิน เช่น



ภาพที่ 1: *รูปตัดแสดงวิธีการปักกิ่งสด (Live Stake) เพื่อยึดหน้าดิน*
(ที่มา: รายงานขั้นสุดท้าย โครงการศึกษาแนวทางการจัดทำโครงการและออกแบบเส้นทางชมทิวทัศน์, 2552.)

ภาพที่ 2: *แสดงการเจริญเติบโตของพืชที่นำกิ่งไม้ตัดสดมาปักเพื่อยึดหน้าดินพร้อมกับอุปกรณ์อื่นๆ*
(ที่มา:http://streamrestoration.typepad.com/)

ภาพที่ 3: *ภาพแสดงการออกแบบผนังสีเขียว*
(ที่มา: http://shaynnablaze.blogspotcom/2011_01_01_archive.html)

ทำกล่องกระชุหิน (gabion) การใช้ไม้ซุงหรือก้อนหินก้อนใหญ่ๆ ในการรับน้ำหนักเป็นฐานราก หรือแม้กระทั่งกิ่งไม้แห้งหรือวัสดุคลุมดิน (mulch) ก็ยังสามารถนำมาประกอบกับการใช้วัสดุในโครงสร้าง แต่ปัจจัยสำคัญสำหรับโครงสร้างทางชีววิศวกรรมดินคือจะต้องเป็นวัสดุที่น้ำซึมผ่านได้ (permeable material) เพื่อให้เอื้อต่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณ หากมีการใช้หินไม่ว่าจะก้อนใหญ่แค่ไหนมาใช้เป็นฐานด้านล่าง หรือฐานราก (toe หรือ foundation) พื้นที่ว่างระหว่างก้อนหินแต่ละก้อนจะเป็นพื้นที่ที่ให้น้ำซึมผ่าน เป็นที่ที่จะสะสมเศษใบไม้และตะกอนดิน เปิดโอกาสให้พืชพรรณสามารถเจริญเติบโตได้ สำหรับที่ลาดที่เกือบตั้งฉากคงจะหลีกเลี่ยงการใช้โครงสร้างแข็งเพื่อเสริมความมั่นคงได้ยาก ในกรณีนี้การทำเทคนิคทางชีววิศวกรรมดินจะต้องมีการใช้โครงสร้างรับน้ำหนักที่พืชพรรณสามารถเจริญเติบโตได้เข้ามาช่วยเสริม และโครงสร้างเหล่านี้มักจะเป็นหน่วยเล็กๆ ที่

เตรียมมาเพื่อมาประกอบหรือจัดวางลงบนพื้นที่ สิ่งที่เราคุ้นเคยกันดีคงจะเป็นกระสอบทรายหรือกระสอบดิน กล่องกระชุหิน และ คอนกรีตยูนิตสำเร็จรูปแบบต่างๆ ที่เป็นแบบโครงสร้างสำเร็จรูป นอกจากนี้พื้นผิวที่มีชีวิต (live surfaces) ยังสามารถนำมาปรับเป็นผนังหรือหลังคาได้อีกด้วย

จากภาพด้านบนแสดงให้เห็นถึงแนวคิดในการปรับใช้ระบบโครงสร้างสำเร็จรูปที่ใช้ในงานการก่อสร้างทั่วไป ภาพผนังสีเขียวสำเร็จรูปที่ออกแบบมาเพื่อสวนแนวตั้ง แต่หากพิจารณาดูอาจจะนำแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปมาปรับใช้เพื่อให้เป็นโครงสร้างเพื่อเสริมความมั่นคงให้กับพื้นที่ลาดเอียงได้อย่างสวยงาม ดังนั้นการประยุกต์ใช้วัสดุโครงสร้างสำเร็จรูปที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายอาจจะนำไปสู่อีกทางเลือกหนึ่งในการออกแบบ เช่น ท่อระบายน้ำปูนแผ่นกระเบื้องลอนคู่ แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ฯลฯ นำมาประยุกต์เพื่อให้เอื้อต่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณ และนำมาประกอบกับโครงสร้างด้วยเทคนิคชีววิศวกรรมดินเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้าง

การใช้เทคนิคชีววิศวกรรมดินอย่างเต็มรูปแบบในการป้องกันการกัดเซาะในประเทศไทยยังอยู่ในช่วงของการทดลองใช้ในการป้องกันการกัดเซาะพังทลายของดินหลายโครงการหลีกเลี่ยงการใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมแบบดั้งเดิมและหันมาพัฒนาเทคนิคทางชีววิศวกรรมดินให้ใช้งานได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการนำเทคนิคนี้มาใช้ยังไม่เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย เนื่องจากแนวความคิดที่คิดว่าโครงสร้างแข็ง เช่น คอนกรีต หรือหิน มีราคาถูกกว่า ปลอดภัยกว่า มั่นคงกว่า ทำได้รวดเร็วกว่า แข็งแรงทนทานมากกว่า ประมาณการในการก่อสร้างได้ง่ายกว่า และสามารถทำนายหรือเห็นถึงผลที่จะได้รับอย่างไม่คลาดเคลื่อน จึงเป็นเหตุให้หลายครั้งเทคนิคชีววิศวกรรมดินถูกมองข้าม ทั้งๆ ที่บางครั้งเป็นการแก้ปัญหาของพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงหรือพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึง ซึ่งเหมาะที่จะใช้ธรรมชาติเข้ามาช่วยเป็นอย่างยิ่ง

ภาพข้างล่างแสดงให้เห็นถึงการใช้ผ้าห่มดินและหมอนกันดินที่ผลิตจากใยปาล์ม เพื่อป้องกันการกัดเซาะริมทางหลวงในจังหวัดกระบี่ ซึ่งเป็นโครงการทดลองเบื้องต้นและทำในช่วงสั้นๆ บนขอบของทางหลวง พบว่ามีการใช้ท่อนไม้ปักแทนหมุด (dead stake) เพื่อยึดผ้าห่มดินและหมอนกันดินให้คงที่ แต่ยังไม่มีการใช้พืชพรรณเพื่อช่วยในการยึดหน้าดินนอกเหนือจากผ้าห่มดิน อาจจะใช้เวลานานกว่าพืชพรรณจะสามารถเจริญเติบโตได้เองตามธรรมชาติ ตามหลักการของเทคนิคชีววิศวกรรมนั้นจะไม่ใช้หมุดไม้ปักเพื่อยึดผ้าห่มดินเพียงอย่างเดียว แต่จะใช้ท่อนไม้สดเป็นหลักและมีการใช้หมุดไม้เสริมในบางกรณี เช่นกรณีนี้จะใช้หมุดไม้ปักเพื่อรับน้ำหนักของหมอนกันดินเพื่อเสริมโครงสร้างให้มีความแข็งแรงมากขึ้น

ภาพที่ 4: *แสดงให้เห็นถึงการใช้ผ้าห่มดินและหมอนกันดินที่ผลิตจากใยปาล์มเพื่อป้องกันการกัดเซาะ (ที่มา: บันทึกภาพที่จังหวัดกระบี่ เมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2550)*

ภาพที่ 5: *ทัศนียภาพของโครงการที่ใช้เทคนิคทางชีววิศวกรรม (ที่มา: http://www.anchormarineservices.com/)*

นอกจากใช้ป้องกันการกัดเซาะพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงแล้วชีววิศวกรรมดินยังสามารถใช้ได้กับพื้นที่ริมน้ำและพื้นที่ชายฝั่งเป็นอย่างดี แต่ต้องพิจารณาถึงพื้นที่ที่เหมาะสมและช่วงเวลาเป็นสำคัญ เนื่องจากมรสุมมีผลกับการกัดเซาะพื้นที่ชายฝั่งเป็นอย่างมาก

ภาพด้านล่างแสดงให้เห็นขอบตลิ่งของสระน้ำในโครงการสนามกอล์ฟที่ได้นำเอาเทคนิคชีววิศวกรรมมาใช้ในการป้องกันการกัดเซาะ เมื่อระยะเวลาผ่านไปพืชพรรณก็จะขึ้นปกคลุมสวยงาม

เทคนิคทางชีววิศวกรรมดินสร้างให้เกิดพื้นผิวที่มีชีวิต (live surfaces) ต่างจากการใช้พืชพรรณเพียงเพื่อความสวยงามให้กับโครงการเท่านั้น การฟื้นฟูพื้นที่ด้วยพืชพรรณจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อสิ่งแวดล้อม หากบุคคลที่เกี่ยวข้องมีจิตสำนึกและคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเก็บรักษาพืชพรรณเดิมในโครงการ การลดการตัดต้นไม้ในโครงการก่อนการพัฒนา จะช่วยในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างมาก ต้นไม้ทุกต้นที่ปลูกมีคุณสมบัติมากมายโดยเฉพาะในการช่วยบรรเทาและควบคุมการกัดเซาะที่จะเกิดขึ้นในโครงการซึ่งไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีทันที่สมัยแค่ไหนก็ไม่สามารถทดแทนได้ นอกจากนี้พืชพรรณยังช่วยลดการใช้พลังงาน ให้อากาศที่บริสุทธิ์ ลดมลพิษที่มีอยู่ทั่วไป และลดรอยเท้าคาร์บอนในเขตเมือง ดังนั้นการคำนึงถึงการใช้เทคนิคทางชีววิศวกรรมดินโดยมีพืชพรรณเป็นส่วนประกอบของหลักของโครงสร้างเพื่อเสริมความมั่นคง โดยเทคนิคนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องพร้อมกับการผสมผสานวิวัฒนาการทางวิศวกรรมโครงสร้างให้เกิดความสวยงามมีชีวิตชีวาสร้างความกลมกลืนกับธรรมชาติแล้ว ยังสามารถนำมาปรับใช้ประกอบเป็นผนังสีเขียว สวนทางตั้ง (vertical green) หรือหลังคาสีเขียว (green roof) ได้ เป็นการพัฒนาเพื่อระบบนิเวศที่ยั่งยืนต่อไป

บรรณานุกรม

"มูลนิธิชัยพัฒนา." [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.chaipat.or.th/

Allen, H. H., and Leech, J. R. 1997. Bioengineering for Streambank Erosion Control: Report 1 Guidelines. (n.p.) : Waterways Experiment Station, U.S. Army Corps of Engineers.

Dunnett, N. and Clayden, A. 2007. Rain Gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape. Oregon : Timber Press.

Eubanks, E. C. and Meadows, D. 2002. A Soil Bioengineering Guide for Streambank and Lakeshore Stabilization. (n.p.) : United States Department of Agriculture Forest Service.

Margolis, L. 2007. Living Systems: Innovative Materials and Technologies for Landscape Architecture. Basel : Birkhauscr.

Soil Bioengineering, An Alternative for Roadside Management, A Practical Guide. (n.d.). (n.p.) : United States Department of Agriculture(USDA) Forest Service. Washington State Department of Transportation.

Soil Bioengineering for Upland Slope Protection and Erosion Reduction : Engineering Field Handbook. 1992. (n.p.) : Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture (USDA).

Sotir, R. B. and Gray, D.H. 1996. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide for Erosion Control. New York: John Wiley and Sons.

Streambank and Shoreline Protection: Engineering Field Handbook. 1996. (n.p.) : Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture(USDA).

Thompson, W. J. and Sorvig, K. 2000. Sustainable Landscape Construction: A Guide To Green Building Outdoors. Washington D.C., Island Press.

"Washington State Department of Transportation." [Online]. Available: http://www.wsdot.wa.gov/