



มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช  
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์



93470

เอกสารการสอนชุดวิชา

หน่วยที่ 6 - 7

# การจัดภูมิทัศน์เชิงธุรกิจ

## Landscape Business

อริยา อรุณินท์



## เรื่องที่ 6.1.1

### ความหมายของโครงสร้างและงานโครงสร้าง

การออกแบบและการก่อสร้างมักเป็นส่วนเดียวกันอย่างไม่อาจแยกจากกันได้ กล่าวคือผลงานการออกแบบที่ดีย่อมต้องก่อสร้างได้อย่างเหมาะสม ผลงานการออกแบบภูมิทัศน์ที่ดีจึงมีการผสมผสานเทคนิคการก่อสร้างที่สัมพันธ์กับแนวความคิดในการออกแบบอย่างลงตัวและสอดคล้องกับความก้าวหน้าทางวิชาการและเทคโนโลยีในช่วงเวลานั้นๆ นักออกแบบภูมิทัศน์จึงควรมีความรู้ในเรื่องการก่อสร้าง โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับงานโครงสร้าง วัสดุก่อสร้าง และทางด้านวิศวกรรมระบบต่างๆ เพื่อใช้ในการกำหนดแนวคิดในการออกแบบและประสานกับวิศวกร ทำให้ผลงานที่ออกแบบสามารถก่อสร้างได้อย่างเหมาะสม สวยงามลงตัว และสมประโยชน์ตามวัตถุประสงค์

งานออกแบบภูมิทัศน์เป็นหนึ่งในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับภูมิสถาปัตยกรรม แม้ว่างานออกแบบวางผังทางภูมิสถาปัตยกรรมเป็นวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุม ภายใต้พระราชบัญญัติสถาปนิก พ.ศ. 2543 ซึ่งประเภทและขนาดของงานวิชาชีพสถาปัตยกรรมที่ใช้ศาสตร์และศิลป์สร้างสรรค์สถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมใน 4 สาขา (ปัจจุบัน) ได้แก่ สาขาสถาปัตยกรรมหลัก สาขาสถาปัตยกรรมผังเมือง สาขาภูมิสถาปัตยกรรม และสาขาสถาปัตยกรรมภายใน และมัณฑนศิลป์ จะถูกกำหนดไว้โดยกฎกระทรวงกำหนดวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุม นอกจากนี้เช่นเดียวกับงานภูมิสถาปัตยกรรมงานระบบที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบภูมิทัศน์นั้นยังเกี่ยวข้องกับวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ตามพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 โดยประเภทและขนาดของงานก็ระบุไว้โดยกฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมไม่ต่างกัน ดังนั้นก่อนอื่นเราจึงต้องทราบก่อนว่างานออกแบบภูมิทัศน์นั้นเป็นงาน ประเภท และขนาด ที่ต้องมีภูมิสถาปนิกและวิศวกรที่ได้รับใบอนุญาตแต่ละสาขาเป็นผู้ดำเนินการหรือไม่ โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ในสาขาดังต่อไปนี้ 1) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า 2) สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และ 3) สาขาวิศวกรรมโยธา

ส่วนในงานวิศวกรรมโครงสร้าง กฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2565 กำหนดไว้ในข้อ 6 ประเภทและขนาดของงานวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาวิศวกรรมโยธา ว่าโครงสร้างต่อไปนี้จะต้องใช้หลักวิชาและความชำนาญเพื่อให้ได้มาซึ่งรายละเอียดในการก่อสร้าง การสร้าง หรือการวางผัง โดยมีรายการคำนวณ แสดงเป็นรูป แบบ ข้อกำหนด หรือประมาณการ ตัวอย่างเช่นบางข้อที่เลือกมาต่อไปนี้เป็นอาทิ

- (1) อาคาร ที่มีความสูงตั้งแต่ 3 ชั้นขึ้นไป โครงสร้างของอาคารที่ชั้นใดชั้นหนึ่งมีความสูงตั้งแต่ 4 เมตรขึ้นไป อาคารที่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาหรือสิ่งรองรับอื่นตั้งแต่ 5 เมตรขึ้นไป หรือองค์อาคารยื่นจากขอบนอกของที่รองรับตั้งแต่ 2 เมตรขึ้นไป
- (2) อาคารสาธารณะ ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารทุกขนาด
- (3) อาคารตามประเภทที่กำหนดในกฎกระทรวง ว่าด้วยเรื่องการรับน้ำหนัก ความต้านทานความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว
- (4) อาคาร ที่มีพื้นที่รวมกันตั้งแต่ 150 ตารางเมตรขึ้นไป ซึ่งอยู่บนพื้นที่เชิงลาดที่มีความลาดตั้งแต่ 35 องศาขึ้นไป
- (6) อัฒจันทร์ ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตรขึ้นไป หรือที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งของพื้นอัฒจันทร์สูงจากระดับฐานหรือพื้นดินที่ก่อสร้างตั้งแต่ 2.50 เมตรขึ้นไป
- (8) เขื่อน ฝาย หรืออาคารชลประทานประเภทบังคับน้ำ ที่มีความสูงตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป

(12) งานเสริมความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างหรือฐานรากทุกขนาด

(14) งานต่อเติม รื้อถอน หรือตัดแปลงอาคารทุกประเภท ที่ทำให้สัดส่วนของอาคารผิดไปจากแบบแปลน หรือรายการประกอบแบบที่ได้รับอนุญาตเกินร้อยละห้าของพื้นที่อาคารนั้น หรือเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้แก่ โครงสร้างของอาคารส่วนหนึ่งส่วนใดเกินร้อยละสิบ

(15) งานขุดดิน ที่มีความลึกจากระดับพื้นดินมากกว่า 3 เมตร หรือพื้นที่ปากบ่อดินมากกว่า 10,000 ตาราง เมตร

(16) งานถมดิน ที่มีพื้นที่ของเนินดินติดต่อกันเป็นผืนเดียวกันมากกว่า 2,000 ตารางเมตร และมีความสูงของเนิน ดินตั้งแต่ 2 เมตร นับจากระดับที่ดินต่ำเจ้าของที่อยู่ข้างเคียง

(17) โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นหอ ปล่อง หรือศาสนวัตถุ เช่น หอถังน้ำ หอกระเช้าไฟฟ้า อนุสาวรีย์ พระพุทธรูป หรือเจดีย์ ที่มีความสูงตั้งแต่ 6 เมตรขึ้นไป

(19) โครงสร้างสะพาน ทุกประเภทที่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาหรือตอม่อช่วงใดช่วงหนึ่งยาวตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป

(20) โครงสร้างใต้ดิน อุโมงค์ สิ่งก่อสร้างชั่วคราวที่อยู่ใต้ดิน โครงสร้างกันดิน คันดินป้องกันน้ำ คลองส่งน้ำ หรือคลองระบายน้ำ ที่มีความสูงหรือความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป

(22) โครงสร้างเก็บกักของไหล เช่น ถังเก็บน้ำ ถังเก็บน้ำมัน หรือสระว่ายน้ำ ที่มีความจุตั้งแต่ 50 ลูกบาศก์ เมตรขึ้นไป

(23) โครงสร้างที่เป็นคาน เสา พื้น กำแพง ผนัง หรือบันได ที่ใช้น้ำหนัก ประกอบด้วยคอนกรีตหล่อ สำเร็จหรือคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ ทุกขนาด

(24) โครงสร้างรองรับท่อ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.30 เมตรขึ้นไป หรือพื้นที่หน้าตัดของทุกท่อรวมกัน ตั้งแต่ 0.10 ตารางเมตรขึ้นไป

(25) โครงสร้างรองรับหรือติดตั้งเครื่องเล่น ที่เคลื่อนที่ได้โดยมีความเร็วตั้งแต่ 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไป หรือมีความสูงจากระดับพื้นที่ตั้งของเครื่องเล่นถึงระดับพื้นที่สูงสุดที่ผู้เล่นเครื่องเล่น ขึ้นไปเล่นตั้งแต่ 2.50 เมตรขึ้นไป หรือมีส่วนที่ต้องใช้น้ำมีความลึกของระดับน้ำตั้งแต่ 0.80 เมตรขึ้นไป

(27) ป้ายหรือสิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้าย ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 50 ตารางเมตรขึ้นไป และมีความสูงจาก พื้นดินตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไป หรือป้ายหรือสิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายที่มีพื้นที่ ตั้งแต่ 25 ตารางเมตร ขึ้นไป ที่ติดตั้งอยู่บนหลังคา ดาดฟ้า หรือกันสาด หรือที่ติดกับส่วนใดส่วนหนึ่ง ของอาคาร

(28) เสาเข็ม ที่มีความยาวตั้งแต่ 6 เมตรขึ้นไป หรือที่รับน้ำหนักบรรทุกทุกพลอดภัยตั้งแต่ 3 เมตริกตันขึ้นไป

(29) นั่งร้านหรือค้ำยัน ที่มีความสูงตั้งแต่ 4 เมตรขึ้นไป

(30) แบบหล่อคอนกรีตและโครงสร้างรองรับแบบหล่อคอนกรีต สำหรับ

(ก) เสา ผนัง หรือกำแพง ที่มีความสูงตั้งแต่ 4 เมตรขึ้นไป

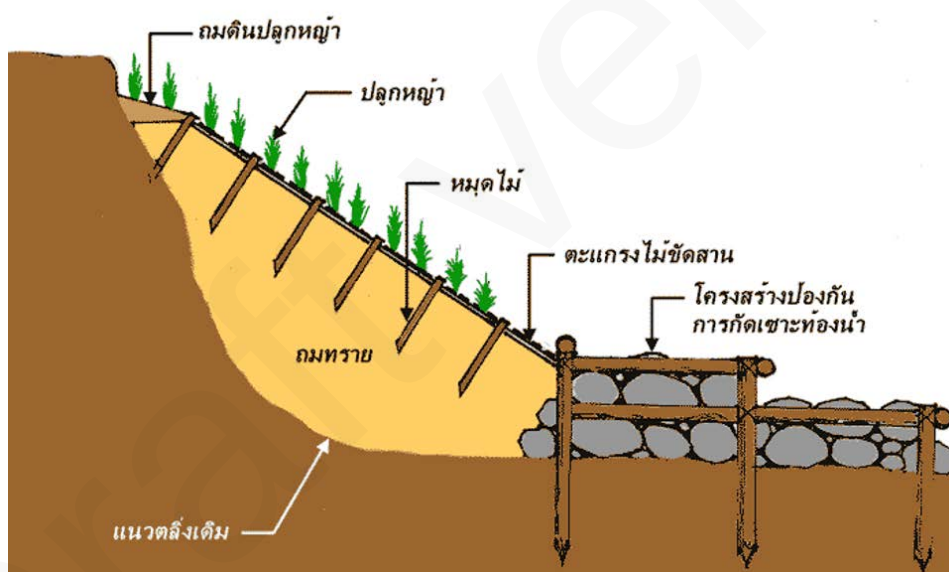
(ข) คานหรือแผ่นพื้น ที่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาหรือสิ่งรองรับอื่นตั้งแต่ 5 เมตรขึ้นไป หรือที่มี ความสูงตั้งแต่ 3 เมตรขึ้นไป

(ค) ฐานรองรับน้ำหนักที่มีความสูงตั้งแต่ 3 เมตรขึ้นไป

จะเห็นได้ว่างานวิศวกรรมโยธานั้นควบคุมงานโครงสร้างที่หลากหลายมาก และเพิ่มเติมมากกว่ากฎกระทรวง กำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2550 (เดิม) 21 งาน ขยายออกมาเป็น 30 งาน ซึ่ง อาจจะมีประกาศเพิ่มต่อไป

ผู้เขียนที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรม สาขาภูมิสถาปัตยกรรม (ระดับวุฒิสถาปนิก)<sup>1</sup> และการที่เป็นนักวิจัยค้นคว้าต่อเนื่องในศาสตร์วิชาภูมิสถาปัตยกรรม ได้ตีพิมพ์ หนังสือการออกแบบและเทคโนโลยีการก่อสร้างภูมิสถาปัตยกรรม<sup>2</sup> ที่น่าจะเป็นแหล่งข้อมูลทางการออกแบบก่อสร้างภูมิสถาปัตยกรรม เพื่อนำไปสู่การตีกรอบคัดเลือกการออกแบบก่อสร้างงานภูมิทัศน์ขนาดเล็ก มาเสนอในหน่วยที่ 6 และโดยเฉพาะหน่วยที่ 7 ของชุดวิชาการจัดภูมิทัศน์เชิงธุรกิจนี้ เพื่อให้เข้าใจหลักการ สามารถออกแบบก่อสร้างส่วนประกอบสำคัญ ตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบก่อสร้างงานภูมิทัศน์ขนาดเล็กด้วยตนเองได้ สามารถเข้าใจหลักการ องค์ประกอบ เพื่อออกแบบวางระบบเบื้องต้น และสามารถใช้พิจารณาในการเลือกวัสดุและเทคนิคในงานก่อสร้างระบบต่างๆในงานภูมิทัศน์ หรือใช้ประสานงานที่เกี่ยวข้องกับภูมิสถาปนิกและวิศวกรระบบต่างๆได้เป็นอย่างดี

ปัจจุบันการออกแบบภูมิทัศน์ ภูมิสถาปัตยกรรม และวิศวกรรมโครงสร้าง มีการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ฉะนั้นจึงมีเทคนิคและวิธีการออกแบบให้กลมกลืนไปกับธรรมชาติมากที่สุด โดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันการกัดเซาะ พังทลายของดิน เรียกว่า ชีววิศวกรรมปฐพี (Soil Bio-Engineering) ซึ่งเริ่มเป็นที่นิยมใช้มากขึ้นโดยเฉพาะในงานป้องกันภัยพิบัติทางธรรมชาติ (ดินถล่ม น้ำกัดเซาะตลิ่ง) และการอนุรักษ์พื้นที่ป่าและป่าชุมชน ที่ไม่ต้องการให้โครงสร้างแข็ง (Hard Structure หรือ Grey Structure) ประเภทคอนกรีตเข้ามาแทรกแซงในสภาพพื้นที่ธรรมชาติ การใช้ชีววิศวกรรมปฐพีนี้สามารถทำได้โดยชุมชน ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม การแก้ปัญหามีความยืดหยุ่นต่อธรรมชาติดีกว่าวิศวกรรมโครงสร้างแข็งแบบเดิม



ภาพที่ 1 รูปแบบการป้องกันการกัดเซาะพังทลายโดยไม่ใช้คอนกรีต ที่มา : เอกสารการอบรมเขื่อนกันตลิ่ง กรมโยธาธิการและผังเมือง

<sup>1</sup>ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุม มี 3 ระดับ ได้แก่ ภาควิชาสามัญ และวุฒิ แต่ละระดับมีขอบเขต ประเภท และขนาดของงานต่างกัน

<sup>2</sup> อริยา อรุณินท์. การออกแบบและเทคโนโลยีการก่อสร้างภูมิสถาปัตยกรรม (ภาษาไทย) พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2559. 343 หน้า. ISBN: 978-974-03-3530-6

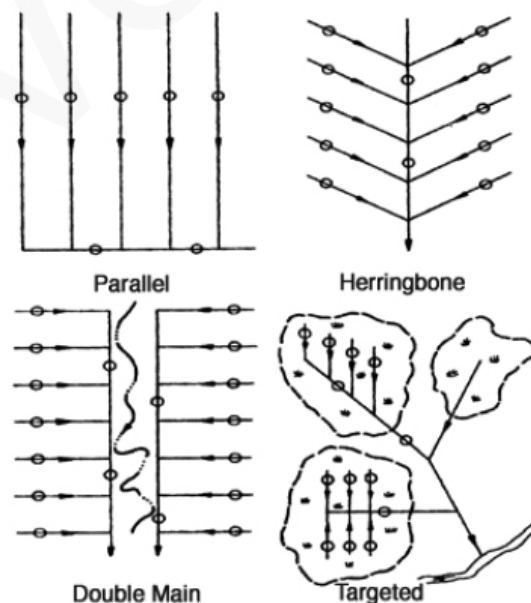
## 1. งานโครงสร้าง และวิศวกรรมโยธาในงานออกแบบโครงสร้าง

วิศวกรรมโยธา (Civil Engineering) ในส่วนงานออกแบบโครงสร้าง เป็นหนึ่งในสาขาของวิศวกรรมโยธา อันได้แก่ โยธาสาขาชลศาสตร์ (Hydraulic engineering) สาขาสิ่งแวดล้อม (Environmental Engineering) สาขางานออกแบบโครงสร้าง (Structural Engineering) สาขาวิศวกรรมจราจรและขนส่ง (Traffic and Transportation Engineering) สาขาการบริหารการก่อสร้าง (CM – Construction Management) สาขาวิศวกรรมปฐพีและธรณีเทคนิค (Geotechnical Engineering) และสาขางานวิศวกรรมสนาม (site engineering) งานโครงสร้างและวิศวกรรมโยธาที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบภูมิทัศน์ สามารถแยกแยะออกมาได้ ดังต่อไปนี้

**1.1 งานโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับดิน และธรณีเทคนิค** งานวิศวกรรมโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับดิน วิศวกรรมปฐพี และธรณีเทคนิค

### 1.1.1 ดิน และการรับน้ำหนัก (Geotechnic / Soil Bearing) การป้องกันการกัดเซาะ พังทลาย

ปัญหาการรับน้ำหนักของดินจากน้ำท่วมขังและระดับน้ำใต้ดินสูง ทำให้ดินอ่อนตัวรับน้ำหนักไม่ดี และไม่ซึมน้ำทำให้เกิดปัญหาการระบายน้ำผิวดินต่อมา วิธีการเสริมความมั่นคงของดินด้านการรับน้ำหนัก มีหลายวิธีการและหลายระดับ ได้แก่ การถมและบดอัดดินที่ละชั้นๆ การปูแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) หรือการใช้วัสดุประเภทผ้าห่มดินการใช้โครงสร้างเพื่อเสริมการรับน้ำหนัก เช่น เสาเข็ม กล่องลวดตาข่าย (Gabion Box) กล่องลวดตาข่ายเมทเทรส (Mattress boxes) กำแพงรับน้ำหนัก ในกรณีดินอ่อนตัวเนื่องจากระดับน้ำใต้ดินสูงแก้ปัญหาได้โดยวิธีการระบายน้ำใต้ดิน (Sub-drain) โดยเดินท่อพรุณเป็นโครงข่ายใต้พื้นที่ที่มีปัญหาเพื่อรับและพาน้ำบางส่วนออกจากพื้นที่



ภาพที่ 2 วิธีการระบายน้ำใต้ดิน (Sub-drain) ที่สนามหญ้าเพื่อลดการท่วมขัง (ซ้าย) โดยเดินท่อพรุณเป็นโครงข่ายแบบขนาน (Parallel) ใต้พื้นที่ที่มีปัญหา โครงข่ายระบบการระบายน้ำใต้ดินสามารถทำได้ 4 รูปแบบ ได้แก่ แบบขนาน (Parallel) แบบก้างปลา (Herringbone) แบบคู่ขนาน (Double Main) และแบบเฉพาะเจาะจง (Targeted) (ขวา)

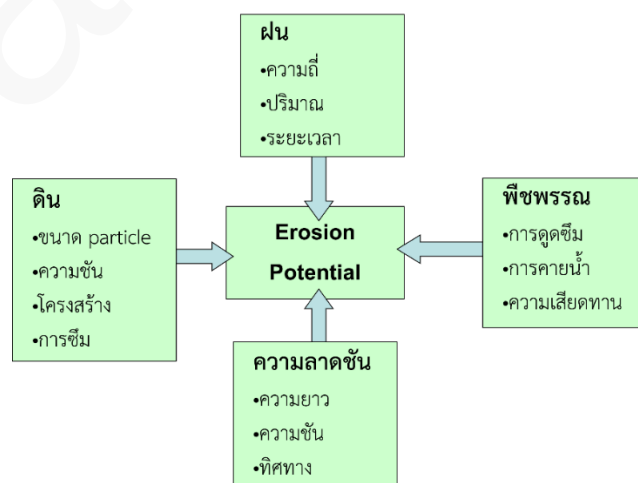
นอกจากนี้ในบางพื้นที่เช่นพื้นที่ที่ลุ่มต่ำ ที่ระดับน้ำใต้ดินสูง และดินอ่อน แต่จำเป็นต้องมีการการรับน้ำหนัก ตัวอย่าง เช่น ทำอากาศยานสุวรรณภูมิใช้วิธีรื้อน้ำออกจากพื้นที่โดยวิธีการถมพื้นที่โดยใช้ทรายหยาบ (sand drain) และเศษหิน (rubble) สลับกันอย่างเป็นระบบ และใช้เทคนิครีดน้ำ (Squeeze water

technique) แล้วระบายน้ำออกจากพื้นที่เพื่อให้ดินสามารถรับน้ำหนักได้ในเวลาอันสั้น พื้นที่ประเภทนี้จะเป็นพื้นที่ที่มุ่งเน้นการปรับพื้นที่เพื่อการรับน้ำหนัก จึงมักยากแก่การเจริญเติบโตของต้นไม้ใหญ่ ฉะนั้นนักออกแบบภูมิทัศน์จึงควรแยกวัตถุประสงค์ในการฟื้นฟูพื้นที่เพื่อพืชพรรณและการฟื้นฟูพื้นที่เพื่อการรับน้ำหนักออกจากกันให้ชัดเจน

ส่วนปัญหาการกัดเซาะพังทลายของดิน (Erosion) การแก้ปัญหาการกัดเซาะพังทลายของดินจากการระบายน้ำนั้น สามารถป้องกันเบื้องต้นโดยหลีกเลี่ยงการถมดินที่มีความสูงและชันเกินไป และควรปลูกพืชคลุมดินไว้ การใช้พืชคลุมดินควรเลือกพืชที่มีรากลึกและยาว เพื่อช่วยในการเกาะยึดดินไว้ไม่ให้ถูกน้ำชะพังทลายโดยง่าย นอกจากนี้การพังทลายของดินยังขึ้นอยู่กับสมรรถนะและความอยู่ตัวของดินประเภทต่างๆ น้ำหนักที่กระทำต่อพื้นที่ดินบริเวณนั้นๆ และความลาดชันของพื้นที่ รวมทั้งปัจจัยทางธรรมชาติอื่นๆ เช่น ต้นไม้ที่ยึดเกาะและคลุมดิน น้ำฝน น้ำหลาก น้ำใต้ดิน การอุ้มน้ำของดิน ลมพายุ

การเกิดธรณีพิบัติประเภทดินถล่มมักเกิดจากการที่ฝน(หรือหิมะ) ตกหนัก และสะสมอยู่จนถึงจุดที่ดินไม่สามารถรับน้ำหนักได้ จึงเกิดการไหลตัวลงมาทำความเสียหายให้พื้นที่ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงในระดับที่ต่ำลงมา ฉะนั้นการออกแบบพื้นที่และประเมินความเสี่ยงของพื้นที่ที่มีความลาดชันจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ความลาดชันมีผลโดยตรงกับสมรรถนะของดินดังต่อไปนี้

- ความลาดชัน 1-3 เปอร์เซ็นต์ มีความลาดชันน้อยหรือค่อนข้างราบ ไม่มีข้อจำกัดด้านกิจกรรมและการใช้พื้นที่ แต่อาจมีปัญหาการระบายน้ำ น้ำท่วมขังบ้าง
- ความลาดชัน 3-15 เปอร์เซ็นต์ มีความลาดชัน สามารถปลูกสร้างและใช้สอยพื้นที่ได้ โดยควรทราบข้อกำหนดของความชันในแต่ละกิจกรรม และควรคำนึงถึงการกัดเซาะหน้าดินในกรณีไม่มีสิ่งปกคลุมดิน การปลูกพืช ควรปลูกพืชตามแนวระดับและการใช้แนวพืชแทนคันดิน การปลูกพืชเป็นแถบตามแนวระดับคันดินกั้นน้ำ (Terracing) ชันบันไดดิน (bench terrace)
- ความลาดชัน 15 - 35 เปอร์เซ็นต์ มีความลาดชันมาก ควรมีคันดินกั้นน้ำ ชันบันไดดิน คูรับน้ำขอบเขา (hillside ditch) ชันบันไดดินแบบไม่ต่อเนื่อง (hillside terrace alley cropping)
- ความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ความชันสูงเกินกว่าจะมีสิ่งก่อสร้าง ควรอนุรักษ์เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ในทางกฎหมายที่ดินที่มีความชันกว่าร้อยละ 35 นี้จะไม่มีการออกโฉนดให้



ภาพที่ 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการกัดเซาะพังทลายของดิน

### 1.1.2 เทคนิคทางชีววิศวกรรมปฐพี (Soil Bio-Engineering)

ดังที่เกริ่นมาแล้วว่าชีววิศวกรรมปฐพี เป็นเทคนิคและวิธีการออกแบบที่ไม่ต้องการให้โครงสร้างแข็งประเภทคอนกรีตเข้ามาแทรกแซงในสภาพพื้นที่ธรรมชาติ โดยโครงสร้างที่ใช้มีลักษณะที่กลมกลืนไปกับธรรมชาติมากที่สุด ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันการกัดเซาะพังทลายของดินนั้นเป็นที่ยอมรับมากขึ้นเรื่อยๆ การใช้ชีววิศวกรรมปฐพีนี้สามารถทำได้โดยชุมชน ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม การแก้ปัญหาที่มีความยืดหยุ่นต่อธรรมชาติดีกว่าวิศวกรรมโครงสร้างแข็งแบบเดิม เป็น “โครงสร้างที่มีชีวิต” สามารถเติบโตคลุมดินหรือตลิ่งได้ต่อไป ได้แก่ การใช้พืชพรรณในการป้องกันการกัดเซาะพังทลาย ได้แก่ การใช้หญ้าแฝก การใช้ไม้ปักชำ (Live stakes) หรือฟ่อนไม้สด (Live fascines) เพื่อป้องกันการกัดเซาะ เป็นต้น

### 1.1.3 โครงสร้างรับน้ำหนักใต้ดิน ฐานราก(footing) เสาเข็ม(pile)

โครงสร้างรับน้ำหนักใต้ดิน ประเภทฐานราก และเสาเข็ม เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้แก้ปัญหาหรือน้ำหนักในงานวิศวกรรม โดยการช่วยเสริมการรับน้ำหนักของดิน ที่มีสิ่งก่อสร้างอื่น หรืออาคารบนพื้นที่อย่างถาวร ซึ่งสิ่งปลูกสร้างเหล่านั้นทำให้ดินต้องรับน้ำหนักเพิ่มขึ้น อีกทั้งการใช้สอยอาคารหรือพื้นที่นั้นๆเองมีปัจจัยจากแรงอื่นๆมากระทำ ทำให้เกิดน้ำหนักและแรงที่เพิ่มสูงขึ้น การคำนวณขนาดฐานราก และเสาเข็มจะสัมพันธ์โดยตรงกับพารามิเตอร์ ได้แก่ ประเภทของดิน น้ำใต้ดิน การบดอัด การอยู่ตัวของดินตามที่กล่าวมาแล้วใน 1.1.1 ดิน และการรับน้ำหนัก อีกด้วย

## 1.2 งานโครงสร้างที่เกี่ยวกับน้ำและการระบายน้ำ เกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรมโยธาสาชาลศาสตร์ และสาขาสิ่งแวดล้อม (หรือเดิมคือสาขาสุขาภิบาล)

### 1.2.1 เขื่อนริมตลิ่ง (Embankment) การป้องกันน้ำท่วม การกัดเซาะ พังทลายของพื้นที่ริมน้ำ และชายฝั่ง

เป็นส่วนหนึ่งของโครงการออกแบบภูมิทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมโยธามาก รูปแบบของเขื่อน ตลิ่ง และการรับน้ำหนักนั้นต้องเริ่มจากการทำความเข้าใจถึงสภาพปัญหาของพื้นที่ การรับน้ำหนัก ลักษณะการกัดเซาะพังทลายของแม่น้ำและชายฝั่งทะเล ระบบนิเวศที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงมาวิเคราะห์เลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่ หากไม่มีการประสานความร่วมมือกันอย่างดีระหว่างวิศวกรและภูมิสถาปนิกตั้งแต่เริ่มโครงการ ผลลัพธ์ที่ได้อาจกลายเป็นเขื่อนที่แข็งแรงแต่ไม่มีความสวยงาม ทำลายทัศนียภาพและสภาพแวดล้อมเชิงนิเวศของพื้นที่ หรืออาจได้ตลิ่งที่สวยงามแตเมื่อน้ำหลากเกิดการกัดเซาะพังทลายเกิดความเสียหายต่อผู้คน บ้านเรือน สิ่งก่อสร้าง รวมทั้งระบบนิเวศเดิมต่อมาได้

### 1.2.2 เขื่อนและอ่างเก็บน้ำ (Dam/Reservoir/Retention Pond) ฝาย (Weir)

โครงสร้างประเภทเขื่อนและอ่างเก็บน้ำนี้เกี่ยวข้องกับทั้งวิศวกรรมโครงสร้างและวิศวกรรมโยธาสาชาลศาสตร์ ที่จะมีการคำนวณการเก็บน้ำ ความสามารถในการเก็บกักน้ำในพื้นที่ การรับน้ำหนัก และชีววิศวกรรมปฐพีและธรณีเทคนิคควบคู่ไปกับการคำนวณโครงสร้าง ในส่วนของโครงสร้างประเภทนี้จะมีมาตรฐานการก่อสร้าง และตัวแปร ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะต้องมีความปลอดภัยสูงสุดในทุกๆความเสี่ยงโดยเฉพาะใน

โครงการขนาดใหญ่ที่มีการเก็บกักน้ำไว้มาก หากโครงสร้างเกิดอุบัติเหตุขึ้นอาจจะเกิดผลกระทบสูงกว่าภัยธรรมชาติโดยทั่วไป

ส่วนฝายคืออาคารที่สร้างปิดกั้นทางน้ำไหล แล้วสามารถปล่อยให้น้ำไหลล้นข้ามสันของอาคารฝายไปได้ มีหน้าที่ทดน้ำที่ไหลมาตามลำธารให้มีระดับสูงพอที่จะสามารถไหลเข้าคลองหรือคูส่งน้ำได้ตามที่ต้องการ หรือเพื่อเก็บน้ำให้ได้มากพอที่จะให้ความชุ่มชื้นในพื้นที่ โครงสร้างฝายแบ่งออกเป็นหลายรูปแบบ ทั้งแบบถาวรและแบบชั่วคราว ผลกระทบหากเกิดการอุบัติเหตุแม้ว่าไม่สูงเท่าเขื่อน แต่ในเชิงนิเวศด้วยที่ตั้งของฝายมักอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรม ป่าไม้ และแหล่งต้นน้ำที่มีสภาพภูมิประเทศสูงชัน จึงอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศเดิมก่อนการก่อสร้างฝายบ้าง นักออกแบบภูมิทัศน์จึงควรศึกษาสภาพพื้นที่และระบบนิเวศให้ถ่องแท้และระมัดระวังในการใช้โครงสร้างฝายอย่างเหมาะสมด้วย

### 1.2.3 โครงสร้างระบายน้ำ (Storm Drain) หนองน้ำ (Detention Area) ทางเบี่ยงน้ำ (Flood Diversion)

เช่นเดียวกับเขื่อนเก็บน้ำ และฝาย โครงสร้างการระบายน้ำ หนองน้ำ และทางเบี่ยงน้ำ เกี่ยวข้องกับทั้งวิศวกรรมโครงสร้างและวิศวกรรมโยธาสาขาชลศาสตร์ อีกทั้งยังเกี่ยวข้องกับสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมในส่วนการคำนวณการออกแบบระบบระบายน้ำ แม้ว่าระบบระบายน้ำในพื้นที่ขนาดเล็กอาจไม่ส่งผลกระทบมากเท่ากับโครงสร้างขนาดใหญ่ แต่ระบบระบายน้ำ หนองน้ำ และทางเบี่ยงน้ำเป็นต้นทางของการแก้ปัญหาในระดับเมืองในเรื่องน้ำท่วม ความเสียหายจากน้ำท่วมเนื่องจากระบบระบายน้ำของเมืองไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำที่มีพลวัตและปัจจัยหลากหลายยากต่อการคาดการณ์ได้ การออกแบบโครงสร้างประเภทนี้ในงานออกแบบภูมิทัศน์ขนาดเล็กจึงต้องตระหนักถึงความเสี่ยงนี้ให้มาก การออกแบบให้เกิดความยืดหยุ่น (Resilience) และปรับตัวได้หลากหลายสถานการณ์ (Adaptive) จึงมีความสำคัญต่อความยั่งยืนของโครงการ

### 1.3 งานที่เกี่ยวกับการรับน้ำหนักและโครงสร้างเหนื่อดิน

โครงสร้างสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เกี่ยวข้องกับสาขางานออกแบบโครงสร้างโดยตรง ที่เป็นโครงสร้างสำคัญเกี่ยวกับการรับน้ำหนัก ได้แก่ เสา(column) คาน(beam) แผ่น(plate) โครงถัก(truss) โครงสร้างอื่นๆ เช่น โครงสร้างแรงดึง(catenary) และโครงสร้างระบบแรงดึงสมบูรณ์ (Tensegrity) เป็นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานฟิสิกส์ การสมดุลของแรงของโครงสร้าง กลศาสตร์โครงสร้าง ได้แก่ หลักการของแรง การรวมและแยกแรง โมเมนต์ของแรง ความสมดุล จุดศูนย์ถ่วง จุดเซนทรอยด์ (Centroid หรือ Center of Mass) ความเค้นและความเครียด ซึ่งเป็นหลักการคำนวณในการออกแบบโครงสร้าง และเพื่อเลือกรูปแบบทางโครงสร้างได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับการใช้สอยงบประมาณ คงทน และมีความสวยงาม

ในเบื้องต้นเราสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง โดยแบ่งออกเป็น 5 ประเภทคือ

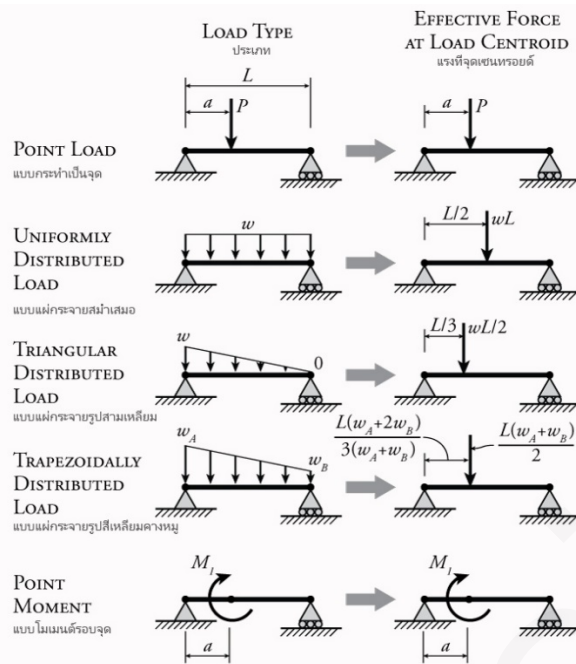
1.3.1 น้ำหนักกระทำเป็นจุด (Point Load)

1.3.2 น้ำหนักแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ (Uniform Distributed Load)

1.3.3 น้ำหนักแบบแผ่กระจายรูปสามเหลี่ยม (Triangular Distributed Load)

1.3.4 น้ำหนักแบบแผ่กระจายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidally Distributed Load)

1.3.5 น้ำหนักแบบโมเมนต์รอบจุด (Point Moment)



ที่มา : <https://learnaboutstructures.com>

ภาพที่ 4 รูปแบบน้ำหนัก (Load) และแรงที่จุดเซนทรอยด์ (Centroid) โดยทั่วไป

## 2. งานโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับงานภูมิทัศน์ลักษณะพิเศษอื่นๆ

นอกจากโครงสร้างสำคัญเกี่ยวกับการรับน้ำหนักข้างต้น งานวิศวกรรมโครงสร้างยังต้องมีการคำนวณการรับน้ำหนักของโครงสร้างพิเศษ หรือสิ่งปลูกสร้างอื่นๆในงานภูมิทัศน์ เช่น สวนหลังคา สะพาน สกายวอล์ค (Skywalk) พื้นทางเดินยกระดับ (Boardwalk) ศาลา เฟอร์นิเจอร์สนาม (Site Furniture) ซึ่งมักเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบก่อสร้างร่วมกับวิศวกรรมระบบอื่นๆด้วย (ดูตัวอย่างการออกแบบใน ตอนที่ 6.3)



ภาพที่ 5 งานโครงสร้างในการออกแบบภูมิทัศน์

---

กิจกรรม 6.1.1

- 1.
- 2.

---

แนวตอบกิจกรรม 6.1.1

- 1.
- 2.

## เรื่องที่ 6.1.2

### งานโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับงานภูมิทัศน์

เมื่อการออกแบบก่อสร้างงานภูมิทัศน์มักหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องมีการใช้หลักการทางวิศวกรรมโครงสร้างเข้ามาเป็นข้อพิจารณา เช่น การกันการกัดเซาะพังทลายของตลิ่งหรือเนินดิน กำแพงกันดิน รั้ว การปรับพื้นที่ ศาลาทางเดิน สะพาน/สกายวอล์ค สวนหลังคา สระน้ำ รวมถึงประเภทงานโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำ (หน่วยที่ 7) ฯลฯ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทางวิศวกรรมโครงสร้างของงานโครงสร้างเหล่านั้น ในตอนนี้จึงขอแบ่งประเภทงานโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบภูมิทัศน์ออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ 1) งานโครงสร้างที่เกี่ยวกับดิน และธรณีเทคนิค และ 2) งานโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการรับน้ำหนักและโครงสร้างสิ่งปลูกสร้างเหนือดิน

#### 1. งานโครงสร้างที่เกี่ยวกับดิน และธรณีเทคนิค

วิศวกรรมธรณีเทคนิค (Geotechnical Engineering) เป็นวิชาวิศวกรรมที่อาศัยหลักกลศาสตร์ปฐพี (soil mechanics) และกลศาสตร์ของหิน (rock mechanics) ในการสำรวจสภาพและวัตถุใต้ดิน เพื่อประเมินความเสี่ยงหน้างาน ออกแบบกำแพงดินและโครงสร้างฐานราก โดยประเมินสภาพหน้างาน กำแพงดินและฐานราก ซึ่งจะมีประเภทหรือชนิดโครงสร้างให้เลือกพิจารณาใช้แก้ปัญหาต่างๆ กันไป สามารถแยกเป็น 2 ลักษณะ

**1.1 ดิน และการรับน้ำหนัก (Geotechnic / Soil Bearing)** การป้องกันการกัดเซาะ พังทลาย ได้แก่ โครงสร้างที่ช่วยเสริมการรับน้ำหนักของดิน ไม่ว่าจะเป็นสิ่งก่อสร้างหรืออาคารอื่นๆ อยู่บนพื้นที่ถาวรหรือไม่ การรับน้ำหนักของดินในกรณีนี้เกิดจากสภาพการยึดตัวของดิน ความชื้น และแรงอื่นๆ ที่มากระทำเป็นครั้งคราว ไม่สม่ำเสมอ เช่น การใช้สอยพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงไป กระแสน้ำที่ไหลผ่าน น้ำขึ้น-น้ำลง ปริมาณน้ำฝน ทิศทางและปริมาณการระบายน้ำ ระดับน้ำใต้ดิน พลวัตของธรรมชาติและแรงที่มากระทำในลักษณะนี้ส่งผลต่อสมรรถนะการรับน้ำหนักของดิน ที่วิศวกรและนักออกแบบภูมิทัศน์จะต้องประเมินให้ดี เพิ่มเติมไปจากการดูลักษณะดินในเชิงกายภาพทั่วไป

เทคนิคที่สำคัญที่เราควรรู้จักในการแก้ปัญหาดิน และการรับน้ำหนัก ได้แก่

- 1.1.1 การถมและบดอัดดินที่ละเอียด
- 1.1.2 การปูแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) หรือการใช้วัสดุประเภทผ้าห่มดิน
- 1.1.3 การใช้โครงสร้างเพื่อเสริมการรับน้ำหนัก เช่น กล่องลวดตาข่าย (Gabion Box) กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress boxes)
- 1.1.4 กำแพงรับน้ำหนัก
- 1.1.5 เทคนิคชีววิศวกรรมปฐพี เช่น การใช้หญ้าแฝก ไม้ปักชำ (Live stakes) ฟ่อนไม้สด (Live fascines)
- 1.1.6 การแก้ปัญหาหาระดับน้ำใต้ดินสูง โดยวิธีการระบายน้ำใต้ดิน (Sub-drain)



ภาพที่ 6 เทคนิคการป้องกันการพังทลายของดิน ที่มีความลาดชันสูง

1.2 โครงสร้างรับน้ำหนักใต้ดิน ฐานราก(footing) เสาเข็ม(pile) ได้แก่ โครงสร้างที่ช่วยเสริมการรับน้ำหนักของดิน ที่มีสิ่งก่อสร้างอื่นหรืออาคารบนพื้นที่อย่างถาวร ทำให้ดินต้องรับน้ำหนักเพิ่มขึ้น อีกทั้งการใช้สอยอาคารหรือพื้นที่นั้นๆทำให้เกิดน้ำหนักและแรงที่มากระทำเพิ่มสูงขึ้น การประเมินเริ่มต้นจึงต้องทำการรวบรวมปัจจัยต่างๆ อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน และมีการเผื่อค่าปัจจัยด้านความปลอดภัย (FoS - Factor of Safety) หรือที่เรียกว่า ปัจจัยด้านความปลอดภัย (SF - Safety Factors) ให้อย่างเหมาะสม โดยมุ่งให้แข็งแกร่งกว่าที่จำเป็นสำหรับการใช้งานปกติเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน หรือโหลดน้ำหนักที่ไม่คาดคิด จากการใช้งานในทางที่ผิดหรือการเสื่อมสภาพ ทั้งนี้ในทางวิศวกรรม การใช้ปัจจัยด้านความปลอดภัย ไม่ได้หมายความว่าโครงสร้างหรือการออกแบบนั้น "ปลอดภัย" วัสดุ การติดตั้ง และการใช้สอยพื้นที่ อาจมีอิทธิพลที่ล้วนมีผลต่อความเสี่ยงที่ไม่แน่นอนในแต่ละปัจจัยที่ควบคุมได้มากน้อยต่างกันทั้งสิ้น

ทางด้านวิศวกรรมจะมีเกณฑ์การประเมินไว้ตามประเภทความสำคัญของโครงสร้างหรืออาคารว่าจะให้ความสำคัญและอยู่ถาวรได้เพียงใด และแปรตามระดับการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ว่าในการออกแบบสามารถตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น การตรวจสอบดิน คุณภาพการก่อสร้าง ความแปรปรวนของดินและภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ฯลฯ ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปว่าหากอาคารมีความสำคัญมากและระดับการควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ทำได้น้อย ค่าปัจจัยด้านความปลอดภัยจะสูงสุดถึง 3.5 เท่าหรือกว่านั้น ในทางตรงข้ามหากอาคารชั่วคราวและระดับการควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ทำได้ครบถ้วน ค่าปัจจัยด้านความปลอดภัยที่ใช้ในการคำนวณจะต่ำได้ถึง 1.4 เท่า

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของประเภทอาคาร และค่าปัจจัยด้านความปลอดภัย

| ประเภทความสำคัญของอาคาร                                         | ความน่าจะเป็นของการวิบัติ.<br>(Probability of failure) | ค่ากลางของปัจจัยด้านความปลอดภัย (Central Factors of Safety) ในระดับการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ (Level of Control) |         |     |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|
|                                                                 |                                                        | น้อย                                                                                                               | ปานกลาง | มาก |
| อาคารพิเศษ โครงสร้างถาวรมากกว่า100 ปี<br>(Monumental Structure) | 0.001                                                  | 3.5                                                                                                                | 2.3     | 1.7 |
| อาคารทั่วไป อายุ 25-100 ปี<br>(Normal Structure)                | 0.01                                                   | 2.8                                                                                                                | 1.9     | 1.5 |
| อาคารชั่วคราว<br>(Temporary Structure)                          | 0.1                                                    | 2.3                                                                                                                | 1.7     | 1.4 |

ปรับปรุงจาก : Reese and Wright (1977)

นอกจากค่าปัจจัยด้านความปลอดภัยข้างต้นแล้วโครงสร้างประเภทฐานราก และเสาเข็ม เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้แก้ปัญหาในงานวิศวกรรมลักษณะนี้ โดยการคำนวณขนาดฐานราก และเสาเข็มจะสัมพันธ์โดยตรงกับพารามิเตอร์ ได้แก่ ประเภทของดิน น้ำใต้ดิน การบดอัด การอยู่ตัวของดิน เป็นต้น

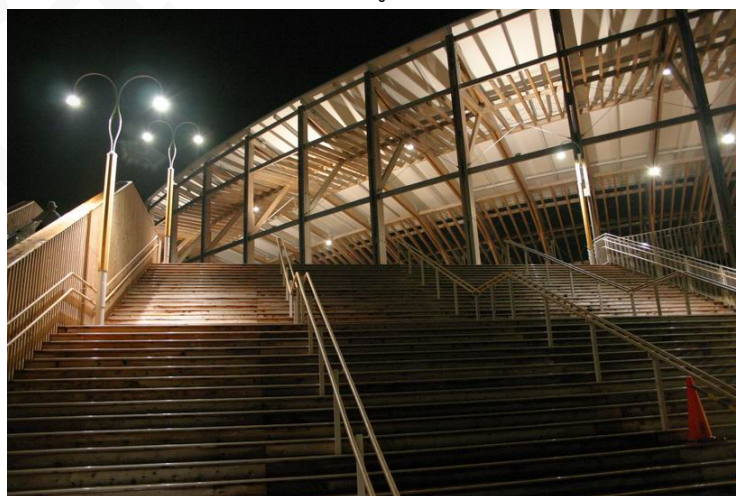
## 2. งานโครงสร้างที่เกี่ยวกับการรับน้ำหนักและโครงสร้างสิ่งปลูกสร้างเหนือดิน

การออกแบบภูมิทัศน์ขนาดเล็ก อาจมีอาคารขนาดเล็ก หรือสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ เช่น ชุมต้นไม้ ทางเดินมีหลังคา (Covered Walkway) สะพานคนเดิน กำแพงกันดิน รั้ว ฯลฯ ซึ่งล้วนแต่เป็นสิ่งปลูกสร้างที่ต้องประเมินให้ดีในเชิงโครงสร้าง การรับน้ำหนัก เพื่อไม่ให้เกิดการพังทลาย หรือเสียหายก่อนเวลาอันควร หรือเป็นอันตรายต่อผู้ใช้สอยทำกิจกรรมในพื้นที่ จึงขอแนะนำหลักการเบื้องต้นเพื่อทำความเข้าใจในเรื่องโครงสร้างเหล่านี้ในฐานะนักออกแบบภูมิทัศน์ การรับน้ำหนักของโครงสร้าง เช่น สวนหลังคา พื้น ทางเดิน สะพาน สกายวอล์ค (Skywalk) ศาลา เฟอร์นิเจอร์ สนาม (Site Furniture) ควรเข้าใจลักษณะโครงสร้างดังต่อไปนี้

### 2.1 โครงสร้าง เสา(column) คาน(beam)

เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการรับน้ำหนักของอาคารและสิ่งก่อสร้างโดยทั่วไป เปรียบเป็นโครงกระดูกของสิ่งก่อสร้างนั้นๆ โดยการเลือกใช้เสา และคาน จะต้องคำนึงถึงขนาด ระยะช่วง และจำนวน โครงสร้างของเสาและคานจะต้องรับน้ำหนักของตัวเองและสิ่งปลูกสร้างทั้งหมด ทั้งพื้น ผนัง หลังคา ส่วนคานคือโครงสร้างที่พาดอยู่ระหว่างหัวเสาสองต้น ทำหน้าที่แบกรับน้ำหนักวัสดุปูพื้น และตงโดยถ่ายน้ำหนักลงมาที่คานตามลำดับ อาคารที่มีหลายชั้น โครงสร้างของเสาและคานที่อยู่ชั้นล่างจะต้องแข็งแรงกว่าโครงสร้างของเสาและคานที่อยู่ชั้นบน เพราะรับน้ำหนักมากกว่า ในการคำนวณการรับน้ำหนัก วิศวกรจะคำนวณไล่ตั้งแต่ชั้นบนลงมาหาชั้นล่าง โครงสร้างเสาและคานมีทั้งเป็นไม้ คอนกรีตเสริมเหล็ก และเหล็ก

- 1) โครงสร้างไม้ มักใช้ไม้เนื้อแข็ง หรือไม้เนื้อแกร่ง เช่น ไม้แดง ไม้เต็ง ไม้รัง ไม้มะค่า และไม้ประดู่ ปัจจุบันไม้ที่มีขนาดและคุณภาพพอที่จะทำให้โครงสร้างเสาและคานหาได้ยาก แต่ยังมีหลายวิธีที่สามารถคงความเป็นโครงสร้างไม้อยู่ แต่เสริมโครงสร้างอื่นๆรวมไป เช่น ที่นิยมคือผสมกับโครงสร้างเหล็ก หรือใช้โครงสร้างไม้ไผ่ ซึ่งหาได้ง่ายกว่า หรือไม้ที่มีหน้าตัดไม่กว้างพอที่จะสามารถใช้เป็นโครงสร้างหลัก ก็สามารถดัดแปลงหลายๆท่อนร่วมกันเป็นโครงสร้างหลักในสิ่งปลูกสร้างขนาดเล็ก



ภาพที่ 7 ตัวอย่างศาลาโครงสร้างไม้ ที่สามารถสร้างเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่ได้

เสาไม้มักมีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และขนาดของไม้ที่ใช้กันทั่วไป คือ 4 x 4 นิ้ว, 6 x 6 นิ้ว และ 8 x 8 นิ้ว หรืออาจจะเป็นเสาไม้หน้าตัดทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 8x8 นิ้วขึ้นไปก็ได้ โดยคานไม้มีขนาดที่ใช้กันทั่วไป คือ 2 x 6 นิ้ว, 2 x 8 นิ้ว และ 2 x 10 นิ้ว

การเชื่อมต่อเสากับคานไม้ ทำโดยการบากเสาไม้เป็นบารับ เพื่อเชื่อมต่อกับคานไม้ให้ล็อกได้พอดี แล้วใช้นอตเป็นตัวเชื่อมหรือหากเสามีหน้าตัดที่กว้างพอ ก็สามารถฝากคานไม้ได้โดยไม่ต้องใช้นอตเป็นตัวเชื่อม หรือหากเสาไม้มีหน้าตัดไม่กว้างมาก สามารถใช้ประกับและนอตเป็นตัวเชื่อมได้

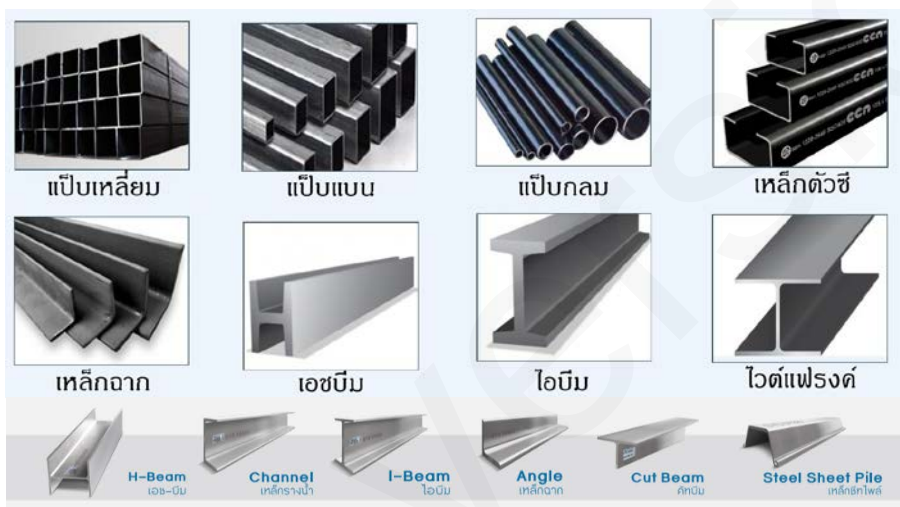


ภาพที่ 8 รายละเอียดการก่อสร้างงานไม้

- 2) โครงสร้างคอนกรีต หรือ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ทั้งเสา ค.ส.ล. (Reinforced Concrete Columns) และ คาน ค.ส.ล. (Reinforced Concrete Beam) เกิดจากการวางเหล็กเสริม หรือ เหล็กเส้น ที่ทำการผูกไว้เป็นโครงแล้ว โดยคอนกรีตมีคุณสมบัติที่สามารถรับแรงอัดได้ดี แต่รับแรงดึงได้น้อย เหล็กเส้นหรือเหล็กเสริมจึงเข้ามามีบทบาทในการเข้ามาช่วยรับแรงดึงในงาน ค.ส.ล. นี้ โครงสร้าง ค.ส.ล. นี้ประกอบด้วยการใช้คอนกรีตและเหล็กเส้น โดยเหล็กเส้นที่ใช้จะเป็นเหล็กข้ออ้อย ที่มีผิวเหล็กเป็นข้อๆ ทำให้สามารถยึดกับเนื้อคอนกรีตได้เป็นอย่างดี และเหล็กข้ออ้อยหรือ เหล็กเส้นนี้จะทำให้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นมากขึ้น

โครงสร้าง ค.ส.ล. นั้นเป็นโครงสร้างที่ต้องมีมาตรฐานการก่อสร้างที่ถูกต้อง ทุกอย่างต้องถูกต้อง และใช้เวลาในการก่อสร้าง ตามที่ถูกกำหนดมา ตั้งแต่การหล่อคอนกรีตขึ้นส่วนต่างๆ เช่น เสา จะต้องมีการ *บ่มคอนกรีต* หรือการทิ้งคอนกรีตให้เซตตัว ไว้อย่างน้อย 28 วัน เพื่อให้เกิดกำลังอัดที่ถูกต้อง สิ่งที่มีความสำคัญมากๆ ในโครงสร้าง ค.ส.ล. คือ การผูกเหล็ก ระยะทาบ ระยะงอ ความแน่น และ ตำแหน่ง อีกทั้งระยะหุ้มคอนกรีตและความยาวของหนวดกุ้งที่ยื่นออกมาเพื่อเชื่อมกับโครงสร้างอื่นต้องมีขนาดที่ถูกต้องตามรายการคำนวณประกอบแบบของวิศวกร เพื่อให้เหล็กช่วยในเรื่องของการรับแรงของตัวเหล็กเสริมได้เต็มที่ แบบหล่อคอนกรีต จึงจำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังในการประกอบแบบหล่อคอนกรีต เพราะหากประกอบไม่ดีอาจจะทำให้เกิดปัญหา ทำให้เกิดความเสียหายและล่าช้าได้

- 3) โครงสร้างเหล็ก เป็นโครงสร้างที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน โครงสร้างเหล็ก มีความสามารถในการรับแรงดึงที่ดี แต่รับแรงอัดได้ไม่ดี เสาเหล็กซึ่งต้องรับแรงอัด จึงอาจเกิดพฤติกรรม “การวิบัติ” หรือ “การโก่งเดาะ” (buckling) อันเป็นพฤติกรรมเฉพาะของวัสดุเหล็ก โดยมีหลักเกี่ยวกับโครงสร้างคือขนาดของหน้าตัดเหล็ก (cross-sectional area) ยิ่งมีขนาดใหญ่ ก็จะสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น และเสาที่มีความยาวมาก ๆ ก็จะรับน้ำหนักได้น้อย อย่างไรก็ตามรูปร่างหน้าตัดโครงสร้างเหล็กตามตารางขนาดมาตรฐานจากโรงงานผู้ผลิตทั้งเสา คาน โครงพื้น โครงหลังคา โครงผนัง สามารถนำมาประกอบเชื่อมได้หลากหลาย มีให้เลือกใช้หลายรูปร่าง เช่น สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า เหล็กรูปตัวซี (Channel) เหล็กฉาก (Angle) เหล็กรูปตัวที (T-Bar หรือ Cut Beam) เหล็กรูปตัวไอ (I-Beam) เหล็กรูปตัวเอส (H-Beam) ฯลฯ ส่วนการยึดรั้งที่ปลายเสาเหล็ก (support) มีการยึดรั้งที่แตกต่างกัน คือ ยึดแบบโรเลอร์ (roller) แบบพิน (pinned/hinged) และแบบฟิกซ์ (fixed)



ภาพที่ 9 หน้าตัดของเหล็กประเภทต่าง ๆ : สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.)



ภาพที่ 10 หลังคาหุ้มประตูทางเข้างานนิทรรศการสินค้าโลกหรือเวิลด์เอ็กซ์โป (World Expo) ค.ศ. 2005 ที่จังหวัดไอซึ (Aichi) ประเทศญี่ปุ่น จากการที่เป็นบริเวณทางเข้าของงานต้องการพื้นที่โล่งมีหลังคาคลุม แต่ต้องมีเสาจำนวนไม่มากเพื่อไม่ให้กีดขวางทางเดินของผู้คน ผู้ออกแบบจึงเลือกใช้โครงหลังคาแบบโครงเหล็กถักที่มีความโค้งสวยงามและสามารถคลุมพื้นที่กว้าง โดยใช้ช่วงเสากว้างและมีเสาจำนวนน้อย

## 2.2 โครงถัก (truss)

โครงถักหรือทรีส มีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า "โครงข้อหมุน" เป็นโครงสร้างทางวิศวกรรมที่นิยมใช้เพื่อรับและถ่ายภาระ (Load) นิยมใช้เหล็กมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้างรูปทรงเรขาคณิตแบบโครงสามเหลี่ยม (ค้ำยัน แนวตั้ง และค้ำยันแนวเอียง) โครงทรีสจะสามารถถ่ายแรงเฉือน แรงตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดให้กับกันด้วยวิธีการเชื่อม หมุดย้ำ หรือน็อต มักใช้กับโครงสร้างหลังคาที่มีช่วงยาว เนื่องจากมีน้ำหนักเบา รับน้ำหนักได้มาก สวยงาม และสามารถวางพาดบนโครงสร้างช่วงยาวได้ โดยไม่ต้องมีเสาค้ำตรงกลาง ทำให้ใช้งานพื้นที่ได้สูงสุด และไม่บดบังสายตาจากเสาภายในอาคาร นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็นโครงสร้างสะพานรถไฟในอดีต และป้ายโฆษณาบิลบอร์ด โครงทรีสแบ่งตามการใช้งานเป็น 1) โครงถักแบบโครงหลังคา 2) โครงถักแบบโครงสะพาน และ 3) โครงถักแบบโค้งประทุน

## 2.3 โครงสร้างอื่นๆ ได้แก่ โครงสร้างแรงดึง (catenary) และโครงสร้างระบบแรงดึงสมบูรณ์ (Tensegrity)

โครงสร้างแรงดึง เป็นสมการเส้นโค้ง ที่เป็นไปตามลักษณะการแขวนเชือกหรือโซ่ แตกต่างจากโครงสร้างระบบแรงดึงสมบูรณ์ตรงที่โครงสร้างแรงดึงจะไม่มีแรงอัดมากระทำ มีเพียงความตึงเครียดและไม่มีการบีบอัดหรือดัด มักใช้กับโครงสร้างลักษณะแบบเต็นท์ โครงสร้างแรงดึงเปลือกหอยและเมมเบรน โดยมีเชือกและเสาช่วยให้ผ้ามีความตึงและช่วยให้ทนต่อแรงได้

โครงสร้างระบบแรงดึงสมบูรณ์ เป็นระบบโครงสร้างแบบใหม่ที่ทำให้งานออกแบบโครงสร้างมีความงามทางวิศวกรรมอย่างโดดเด่น โครงสร้างชนิดนี้คือโครงสร้างระบบแรงดึงสมบูรณ์ ประกอบไปด้วยส่วนที่รับแรงอัด-แรงดึง และชิ้นส่วนที่รับแรงอัดโดยไม่สัมผัสกัน เป็นระบบที่พึ่งพาด้วยตัวมันเอง ไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างรองรับแนวตั้งหรือแนวนอนเช่นเสาหรือคาน โครงสร้างระบบแรงดึงสมบูรณ์ที่ง่ายที่สุด เริ่มที่ปริซึม3ทาง แล้วพัฒนาต่อมาเป็น4ทาง และมีความซับซ้อนขึ้นเรื่อยๆ ในลักษณะแกนลอยและเส้นเอ็นตามขอบของรูปทรงหลายเหลี่ยม โครงรูปตัวเอ็กซ์ (X-Module Tetrahedron) ไปจนถึงรูปทรงโค้ง (Curved Tensegrity) ทำให้โครงสร้างมีรูปร่างที่มั่นคง ปัจจุบันใช้กันมากในโครงสร้างสะพาน และประติมากรรมกลางแจ้งที่เคลื่อนไหวได้ ที่เรียกว่าประติมากรรมจลนศิลป์ ไคเนติก อาร์ต (Kinetic Art)



ภาพที่ 11 รูปแบบหลังคาศาลาพักร้อนแบบต่าง ๆ ในงานมหรณพงานแสดงสินค้าโลก 2005 จังหวัดไอซึ ที่มีลักษณะโดดเด่นสวยงาม การออกแบบได้เลือกใช้เทคนิคและวัสดุที่หลากหลายสะท้อนถึงความทันสมัย อีกทั้งสอดคล้องกับหัวข้อธีม (theme) ของงาน "Nature Wisdom" (ภูมิปัญญาธรรมชาติ) ความน่าสนใจในการออกแบบข้อต่อและการยึดเพื่อให้อยู่ได้ของวัสดุต่าง ๆ นั้น เช่น รูปแบบการชิงผ้าใบ

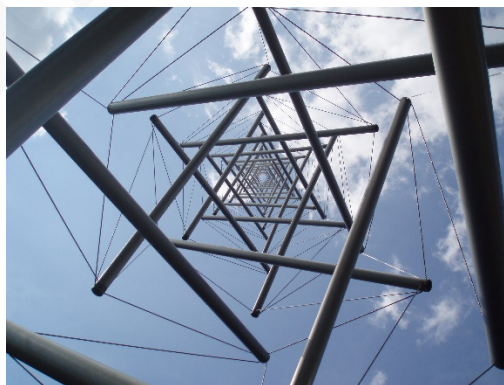


ภาพที่ 12 การออกแบบโครงสร้างหลังคาที่ผสมผสานการใช้ธรรมชาติของวัสดุประเภทไม้ไผ่ กับเทคนิคการก่อสร้างในการทำข้อต่อที่ปรับมุมได้ ในงานออกแบบศาลาพักผ่อนในงานมหกรรมงานแสดงสินค้าโลกหรือเวิลด์เอ็กซ์โป ค.ศ. 2005 ที่จังหวัดไอชิ ประเทศญี่ปุ่น



ที่มา : [arquitecturaviva.com](http://arquitecturaviva.com)

ภาพที่ 13 การปรับใช้โครงสร้างแรงดึง (catenary) ในงานออกแบบของซาฮา ฮาดิด (Zaha Hadid) เป็นสถานีรถไฟใต้ดินที่อิตาลี



ภาพโดย : Onderwijsgek

ภาพที่ 14 ตัวอย่างประติมากรรมโดยเคนเนธ สเนลสัน (Kenneth Snelson) ชื่อหอคอย (Needle Tower) ที่มีชื่อเสียงจากการใช้โครงสร้างแบบแรงดึงสมบูรณ์

## บรรณานุกรม

Reese, Lymon C. and Wright, Stephen J, 1977. Drilled Shaft Manual, Washington, D. C: U. S. Dept. of Transportation Federal Highway Administration, Offices of Research and Development, Implementation Division.

---

### กิจกรรม 6.1.2

- 1.
  - 2.
- 

### แนวตอบกิจกรรม 6.1.2

- 1.
  - 2.
-

## เรื่องที่ 6.1.3

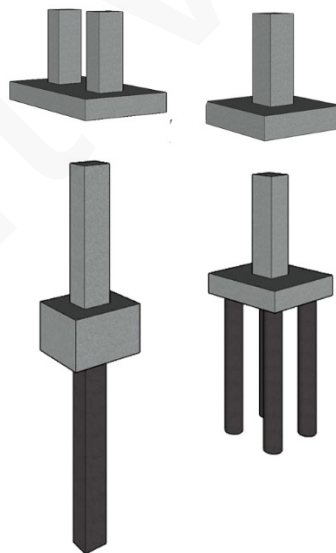
### องค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้าง

งานวิศวกรรมโครงสร้างในงานออกแบบภูมิทัศน์ มีองค์ประกอบที่สำคัญที่นักออกแบบภูมิทัศน์ต้องรู้จัก และสามารถเลือกเทคนิคก่อสร้างที่เหมาะสมสอดคล้องกับการใช้งาน โดยในตอนนี้จะขอจัดกลุ่มองค์ประกอบของโครงสร้างเหล่านี้ ดังต่อไปนี้

- 1) โครงสร้างรับน้ำหนักใต้ดิน
- 2) โครงสร้างรับน้ำหนักสิ่งปลูกสร้างเหนือดิน
- 3) โครงสร้างทางวิศวกรรมปฐพี
- 4) วัสดุทางชีววิศวกรรมปฐพี
- 5) เชือกกันตลิ่ง กำแพงรับน้ำหนัก กำแพงกันดิน

#### 1. โครงสร้างรับน้ำหนักใต้ดิน

**1.1 ฐานราก** แบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ 1) ฐานรากแบบตื้น (ฐานรากซึ่งลึกจากระดับผิวดิน น้อยกว่าหรือเท่ากับ ด้านที่สั้นที่สุดของฐานราก) ตัวฐานรากมีลักษณะแผ่รับน้ำหนักเสาหรือผนัง โดยไม่ต้องมีเสาเข็ม และ 2) ฐานรากแบบลึก มักใช้เสาเข็มร่วมในการรับน้ำหนัก ซึ่งการเลือกใช้ฐานรากแบบใด มักจะขึ้นกับพารามิเตอร์ทางธรณีของดิน และชั้นหินในพื้นที่ก่อสร้างเป็นหลัก โดยประเมินจากความสามารถในการแบกรับน้ำหนักของดินใต้ฐานราก หากพื้นที่เป็นที่ลุ่มดินอ่อน มีการทรุดตัวสูง ฐานรากแผ่อาจไม่สามารถรับน้ำหนักโครงสร้างได้ หรือต้องมีการปรับปรุงดินใต้ฐานรากด้วยการแทนที่ด้วยกรวดหรือทรายแล้วบดอัดให้แน่น ซึ่งหากเป็นพื้นที่กว้างจะทำได้ยากและสิ้นเปลืองมาก

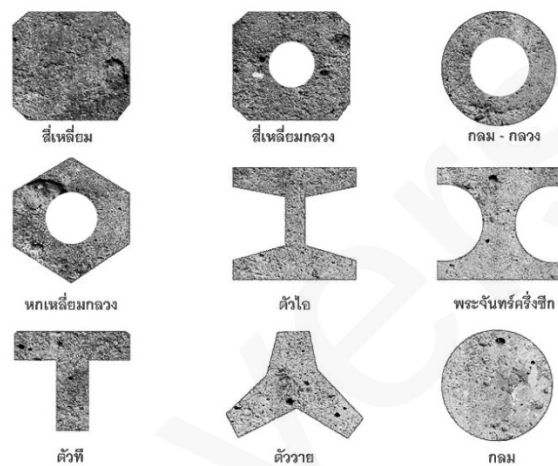


ภาพที่ 15 ลักษณะของฐานราก แบบตื้น (บน) และแบบลึก (ล่าง)

**1.2 เสาเข็ม** แบ่งตามส่วนประกอบหลักของเสาเข็ม ออกได้ 6 ประเภท คือ 1) เสาเข็มไม้ (Timber Pile) 2) เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Pile) 3) เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete Pile) 4) เสาเข็มคอนกรีตหล่อในที่ (Cast-in-place Concrete Pile) 5) เสาเข็มเหล็ก (Steel Pile) และ 6) เสาเข็มประกอบ (Composite Pile) ที่ประกอบด้วยเสาเข็ม 2 ประเภทในต้นเดียวกัน

ลักษณะทางโครงสร้างของการถ่ายเทน้ำหนักของเสาเข็มของเสาเข็ม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) เสาเข็มสั้น หรือ เสาเข็มที่รับน้ำหนักโดยใช้แรงเสียดทาน เสาเข็มชนิดนี้จะถ่ายน้ำหนักตัวอาคารกับชั้นดินโดยใช้แรงเสียดทานในการช่วยรับน้ำหนัก และ 2) เสาเข็มยาว คือ เสาเข็มที่ถ่ายน้ำหนักตัวอาคาร ผ่านชั้นดินอ่อนไปยังชั้นดินที่มีความแข็งแรงลึก ลงไปเพื่อใช้รับน้ำหนักโดยตรง

ปัจจุบันนิยมใช้เสาเข็มคอนกรีต มีหน้าตัดและความยาวของเสาเข็มที่หลากหลายให้สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม ได้แก่ 1) เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน (หรือเสาเข็มเหลี่ยม) 2) เสาเข็มหกเหลี่ยมหรือแปดเหลี่ยมชนิดกลวง 3) เสาเข็มหน้าตัดรูปตัวไอ (หรือเสาเข็มไอ) 4) เสาเข็มตันอื่นๆ เช่น รูปกลมตัน รูปตัวที ตัววาย คอดทรงพระจันทร์ (Double Half Moon) และ 5) เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงโดยใช้แรงเหวี่ยง (เสาเข็มสปัน) มีลักษณะเป็นเสาเข็มกลมและกลวง โดยงานก่อสร้างขนาดเล็ก หรือการรับน้ำหนักน้อยกว่า เช่น งานเข็มปูพรมเพื่อช่วยเสริมการรับน้ำหนักดิน งานฐานรากของรั้ว มักใช้เสาเข็มหกเหลี่ยมหรือแปดเหลี่ยมชนิดกลวง หรือเสาเข็มรูปตัวที



ที่มา : wazzadu.com

ภาพที่ 16 ตัวอย่างหน้าตัดของเสาเข็มคอนกรีต

นอกจากนี้ยังแบ่งประเภทของเสาเข็มตามรูปแบบการก่อสร้าง เป็น 3 รูปแบบ คือ 1) เสาเข็มตอก (Driven Pile) 2) เสาเข็มเจาะหล่อในที่ (Bored Pile) และ 3) เสาเข็มเจาะเสียบ (Auger Press Pile) วิธีใช้ปั้นจั่นตอกเสาเข็มลงไปในดินเป็นวิธีที่นิยมที่สุด วิธีการก่อสร้างไม่ซับซ้อน และค่าใช้จ่ายไม่สูง หรือในงานขนาดเล็กอาจใช้สามเกลอและแรงงานคนแทนปั้นจั่นได้ แต่หากมีปัญหาพื้นที่คับแคบไม่สามารถชนเสาเข็มเข้าพื้นที่ได้ จะเปลี่ยนเป็นวิธีที่ 2 คือ เสาเข็มเจาะแทน โดยการเจาะสามารถทำได้โดยกระบวนการแห้ง (Dry Process) คือการเจาะโดยไม่ต้องใช้น้ำช่วยในกรณีที่ดินข้างหลุมเจาะมีเสถียรภาพ ไม่เช่นนั้นจะเป็นกระบวนการเปียก (Wet Process) ซึ่งจำเป็นต้องใส่สารละลายเบนโทไนท์ (Bentonite) สารละลายโพลิเมอร์พียเอชพีเอ (Partially Hydrolyzed Polyacrylamide Polymer, PHPA) หรือสารละลายเบนโทไนท์ผสมโพลิเมอร์พียเอชพีเอ (Polymer – Bentonite Slurry) ลงไปในหลุมเพื่อช่วยพยุงดินข้างหลุม สารละลายจะไหลซึมเข้าไปในชั้นดินรอบผนังหลุมแทรกตัวอุดช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เพื่อป้องกันแรงดันน้ำใต้ดินเข้ามาภายในหลุมเจาะ มักใช้กับเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 60 เซนติเมตร หรือเมื่อมีปัญหาการสั่นสะเทือน และการเคลื่อนตัวของดิน มักใช้วิธีที่ 3 คือการเจาะดินให้เป็นรูขนาดเล็กกว่าขนาดเสาเข็มเล็กน้อยแล้วกดเสาเข็มลงไปในรูเป็นการแก้ปัญหาแทน วิธีนี้ยังช่วยในกรณีที่ต้องตอกเสาเข็มผ่านชั้นดินที่แข็งมากๆ มักใช้เสาเข็มกลมซึ่งมีรูกลวง โดยสอดสว่านไปในรูเสาเข็ม แล้วหมุนเพื่อนำดินขึ้นมา เมื่อเจาะดินและกดเสาเข็มจนลงใกล้ระดับที่ต้องการก็หยุดกด ดึงหัวสว่านออก แล้วตอกด้วยตุ้มเหล็กจนได้ระดับ

## 2. โครงสร้างรับน้ำหนักสิ่งปลูกสร้างเหนือดิน

**2.1 เสา (column)** เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างหลักของสิ่งปลูกสร้างเหนือดิน ที่จะถ่ายแรงและน้ำหนักไปยังโครงสร้างใต้ดินจากบนลงล่าง เมื่อเสาเกิดการวิบัติหรือพังทลาย จะส่งผลให้โครงสร้างทั้งหมดพังถล่มลงมาได้ ในเชิงโครงสร้างจึงจำเป็นต้องมีการเสริมความแข็งแรงและความเหนียวให้แก่เสา และมีช่วงเสา (Span) ที่เหมาะสมในการกระจายการรับน้ำหนักในแต่ละช่วง

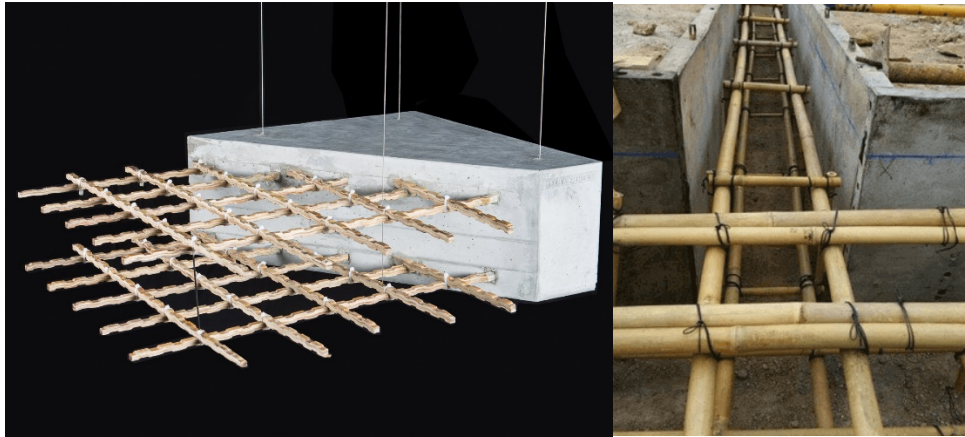
ลักษณะของเสาแบ่งตามลักษณะของแรงที่มากระทำ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ 1) ที่รับแรงตามแนวศูนย์กลางแกนเสา และ 2) ที่รับแรงเยื้องศูนย์กลาง และสามารถแบ่งตามขนาดความสูงของเสา ได้เป็น 2 ลักษณะ คือ 1) เสาสั้น คือ เสาที่มีอัตราส่วนความสูงต่อด้านแคบของเสา (เสาสี่เหลี่ยม) หรืออัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเสา (เสากลม) น้อยกว่า 15 และ 2) เสายาว คือ เสาที่มีอัตราส่วนความสูงต่อด้านแคบของเสา (เสาสี่เหลี่ยม) หรือ อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเสา (เสากลม) มากกว่า 15 ซึ่งความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาจะลดลง

**2.2 คาน (beam)** เป็นองค์ประกอบที่ทำให้โครงสร้างหลักยึดโยงและถ่ายแรง และน้ำหนักอย่างเป็นระบบ โดยเป็นโครงสร้างที่ใช้ถ่ายน้ำหนักลงไปยังเสาอีกทีหนึ่ง คานจึงเชื่อมอยู่กับเสาส่วนที่โผล่พื้นดินขึ้นมา ส่วนคานคอดิน (Ground Beam) หรือคานรับน้ำหนักพื้นชั้นล่าง ซึ่งจะเป็นการรับน้ำหนักทั้งหมดที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักที่สามารถเกิดขึ้นในอาคารอย่างน้ำหนักบรรทุกจร (Live load) หรือ น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead load) หรือคือน้ำหนักอาคารทั้งหมด จะมีการถ่ายน้ำหนักไปยังฐานรากและต่อม่อตอปั้นเอง โดยปกติจะนิยมออกแบบช่วงคานประมาณ 4 เมตร ซึ่งหากช่วงคานยาวมากกว่านี้ก็อาจส่งผลให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นกฎหมายจึงได้ระบุไว้ว่า หากช่วงคานยาว 5 เมตรขึ้นไป ต้องมีวิศวกรออกแบบและคำนวณ ตามมาตรฐานความลึกของคานจะมีขนาด 1 ใน 10 ของระยะช่วงเสา เช่น ถ้าระยะช่วงเสา คือ 4.00 เมตร คานจะมีความลึก 0.40 เมตร แต่ในปัจจุบันมีเทคนิคทางวิศวกรรมที่ช่วยให้คานบางลงแต่ยังสามารถรับแรงได้ตามมาตรฐาน

**2.3 คอนกรีตเสริมเหล็ก หรือ ค.ส.ล. (Reinforced Concrete หรือ Ferro Concrete)** โครงสร้างที่นิยมที่สุด ก่อสร้างได้ง่ายสามารถปรับเปลี่ยนเป็นสิ่งปลูกสร้างได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นเสา คาน พื้น ผนัง ต่างๆ โดยคอนกรีตนั้นรับได้เพียงแรงอัดอย่างเดียว เมื่อถูกแรงดึงจะทำให้คอนกรีตเปราะแตกได้ง่าย จึงเพิ่มกำลังให้คอนกรีตโดยการเสริมวัสดุที่มีคุณสมบัติรับแรงดึงมารวมอยู่ในคอนกรีตซึ่งนั่นคือเหล็กข้ออ้อย เมื่อคอนกรีตบ่มจนได้ที่ก็จะแข็งตัวและสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 200 – 400 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ต่อมาจึงมีการพัฒนาเป็นคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete) ซึ่งรับแรงได้มากขึ้นไปอีกใช้ในโครงสร้างขนาดใหญ่

คอนกรีตเสริมเหล็ก ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักคือ 1) ปูนซีเมนต์ 2) วัสดุผสม เช่น หิน ทราย กรวด 3) น้ำ โดยอาจจะมีสารเคมีเติมเพิ่มเข้าไปสำหรับคุณสมบัติด้านอื่น และ 4) เหล็กข้ออ้อย เนื่องจากสัมประสิทธิ์แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริมมีค่ามาก เมื่อเทคอนกรีตผสมกันเสร็จ น้ำและซีเมนต์จะทำปฏิกิริยาทางเคมี เรียกว่า ไฮเดรชัน (Hydration) โดยปูนซีเมนต์จะเริ่มจับตัวกับวัสดุอื่นและแข็งตัว เรียกว่าคอนกรีต ความแข็งแรงของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น โดยประมาณหลังจากแข็งตัวแล้ว 28 วัน ความแข็งแรงจะเริ่มคงที่

ด้วยหลักการเดียวกันนี้ ยังสามารถใช้วัสดุเสริมแรงดึงอื่นๆ ได้แก่ ไม้ไผ่ เหล็กเส้น (Rebar) ลวดเหล็ก (Steel wire) ลวดอัดแรง (Prestress wire) เส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic fibers) เส้นใยลวด (Steel fibers) หรือสตีลไฟเบอร์ หรือใยเหล็กเสริมคอนกรีต และ เหล็กเส้นใยสังเคราะห์ (Rebar fiber)

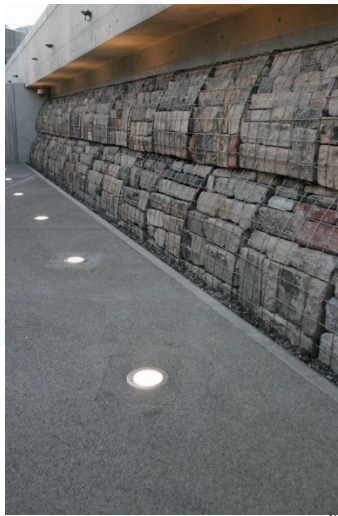


ที่มา : <https://civilstring.com/category/structural-engineering/>

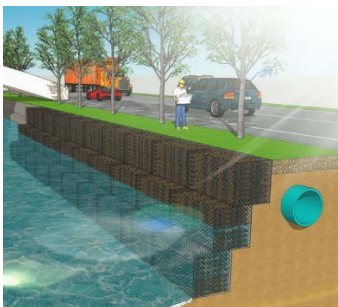
ภาพที่ 17 ปัจจุบันมีการใช้คอนกรีตเสริมไม้ไผ่กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ในงานโครงสร้างขนาดเล็ก โดยเลือกใช้ไม้ไผ่เป็นวัสดุเสริมแรง

### 3. โครงสร้างทางวิศวกรรมปฐพี

**3.1 ก่อสร้างลวดเรียงหิน (Gabion)** ก่อสร้างลวดตาข่ายที่ใช้ในโครงสร้างทางวิศวกรรม มีรูปทรงเป็นกล่องสี่เหลี่ยม สามารถนำมาเรียงซ้อนต่อกัน สำหรับงานป้องกันตลิ่งไหลทาง แม่น้ำ กำแพงกันดิน โดยกล่องจะมีโครงขนาด 3.4 มม. ลวดตาข่าย 2.7 มม. ลวดผูก 2.2 มม. ที่นิยมใช้มีขนาดความสูง 50 ซม. และ 100 ซม. โดยการวางเรียงซ้อนให้กล่องใหญ่อยู่ด้านล่าง โดยลวดเหล็กจะผ่านการชุบสังกะสี กันสนิม ถูกนำมาใช้ด้านวิศวกรรมอย่างแพร่หลาย เช่น โครงสร้างเพื่อป้องกันแผ่นดินไหว ป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง ป้องกันการกัดเซาะใต้สะพาน กันดินสไลด์ โครงสร้างถนน ฝาย เขื่อน ท่าเทียบเรือ ฯลฯ



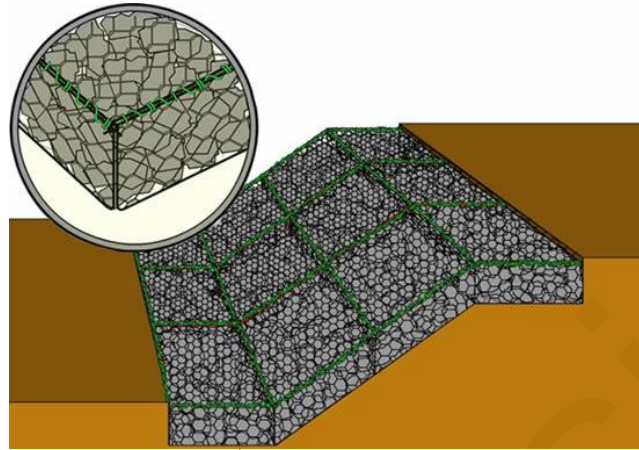
ภาพที่ 18 อาคารรัฐสภาของสกอตแลนด์ ปรับใช้กล่องลวดเรียงหินเกเป็นกำแพงได้อย่างน่าสนใจ



ที่มา : BangkokGabion

ภาพที่ 19 ลักษณะการวางกล่องเกเป็นในการเสริมการรับน้ำหนักดินตลิ่ง

**3.2 กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress boxes)** กล่องลวดตาข่ายแนวราบที่มีลักษณะทรงเหมือนฟูกที่เหมาะสมสำหรับป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน ในงานฐานเกเบียน งานป้องกันหน้าดิน กันตลิ่ง โครงลวดและตาข่ายจะสานกันเป็นขนาด 2.7 มม. ลวดฟูก 2.2 มม. ช่องตาข่าย 6×8 ซม. ที่นิยมใช้จะมีความสูงน้อยกว่ากล่องเกเบียน โดยสูงประมาณ 30 ซม. โดยจะใช้ปูกันแนวลาดตลิ่งหรือผิวดิน และจะไม่วางซ้อนกันแบบเกเบียน



ที่มา : gabionmattress.org

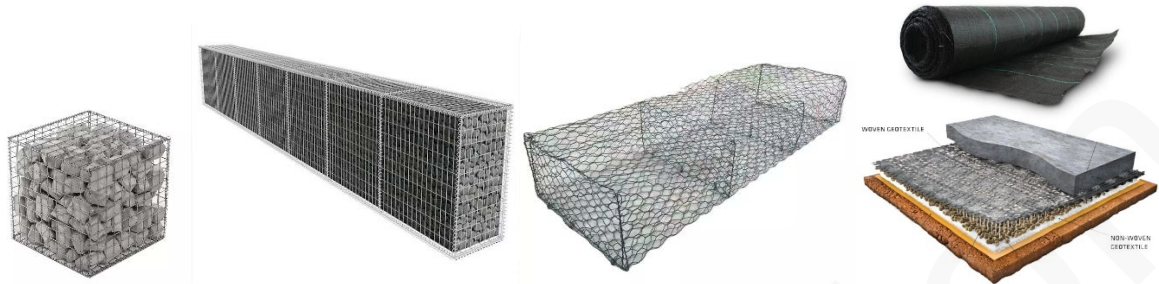
ภาพที่ 20 แสดงลักษณะการใช้กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส

**3.3 แผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile หรือ Geosynthetics)** ในทางวิศวกรรมปฐพีนิยมใช้แผ่นใยสังเคราะห์นี้ในการเสริมการรับน้ำหนักของดิน แต่แผ่นใยสังเคราะห์นี้สามารถนำไปใช้ในวิศวกรรมปฐพีได้อีกหลากหลายหน้าที่<sup>3</sup> ได้แก่

- 1) การเสริมกำลังในชั้นฐาน (Basal Reinforcement)
- 2) การระบายน้ำและการกรอง (Drainage / Filtration)
- 3) การเพิ่มเสถียรภาพในชั้นฐาน (Subgrade Stabilization)
- 4) การเสริมกำลังกำแพงและลาดดิน (Reinforced Walls and Slopes)
- 5) การทรุดตัวของฐานราก (Foundation consolidation)
- 6) การฟื้นฟูผิวถนน (Pavement rehabilitation)
- 7) เชื่อนริมทะเล (Revetments)
- 8) กำแพงกันคลื่น (Breakwaters)
- 9) คันกันน้ำ (Dykes)
- 10) รอดักตะกอน (Groynes)
- 11) การป้องกันการกัดเซาะใต้ฐาน (Scour Protection)
- 12) การควบคุมความขุ่น (Turbidity Control)
- 13) ระบบถูรีดตะกอน (Dewatering)
- 14) การปกคลุมบ่อ (Pond Capping)
- 15) การควบคุมการกัดเซาะ (Erosion control)

<sup>3</sup> TenCate Geosynthetics (Thailand) <https://www.tencategeo.asia/th/solutions>

- 16) การป้องกันวัสดุปกคลุม (Liner Protection)
- 17) การปูพื้นบ่อ (Lining)
- 18) การเสริมกำลังแบบประกบ (Veneer Reinforcement)



ภาพที่ 21 วัสดุทางวิศวกรรมปฐพี (จากซ้ายมาขวา) กล่องลวดเกเบียน กล่องลวดเกเบียนงานกำแพง เกเบียนแมทเทรส และแผ่นใยสังเคราะห์จีโอเทกซ์ไทล์

## 4. วัสดุทางชีววิศวกรรมปฐพี

### 4.1 วัสดุประเภทผ้าห่มดิน (Green mat) หมอนข้างดิน (Eco log)<sup>4</sup>

ผ้าห่มดิน ประกอบด้วย ตาข่ายพลาสติกโพลีพรอปไพลีน (PP) 2 ชั้น บรรจุด้านในด้วย โยมะพร้าวทอ ตลอดผืน มีคุณสมบัติ ป้องกันการพังทลายของหน้าดิน ที่ทำได้รวดเร็ว มีประสิทธิภาพสูง ติดตั้งง่าย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการทำงาน ประหยัดเวลาในการทำงาน ประยุกต์ใช้กับการปลูกพืชคลุมดิน ได้หลากหลายพันธุ์ และหลายวิธีปลูก เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ในระยะเวลา 2-3 ปี

หมอนข้างดิน เป็นตาข่ายโยมะพร้าวถัก (Coconut fiber mesh coverage) เป็นที่บรรจุ โยมะพร้าวภายในตลอดท่อน เพื่อใช้ในการกักเก็บตะกอนจากระดับที่สูงมิให้ไหลลงสู่ระดับต่ำ เพื่อป้องกันพืชที่ปลูกชำไว้ ในขณะที่รากยังไม่เดินดีพอ ไม่ให้หลุดไปตามพลังน้ำฝน ลดความเร็วของน้ำบนพื้นที่ลาดชัน หรือเป็นฝายกันน้ำ (Check dam) ในรางระบายน้ำทำให้อาณาการกัดเซาะ ของน้ำลดลง ทำหน้าที่ทดแทนคันดิน (Berm) เพื่ออนุบาลกล้าไม้ เช่น แผลที่จะปักชำให้เติบโต กลายเป็นแนวป้องกันที่ถาวร หลังการสลายตัวของหมอนกันดิน เก็บกักตะกอนบนพื้นที่ที่ลาดชัน ที่หน้าดินถูกเปิดออก หรือ หลังไฟป่า ป้องกันหน้าดินไหลตามแรงน้ำฝนสู่แหล่งน้ำเบื้องล่าง ผ่านการไหลของน้ำไปในทิศทางที่ต้องการเมื่อใช้ร่วมกับผ้าห่มดิน



ที่มา : บริษัท MD Pro Supply

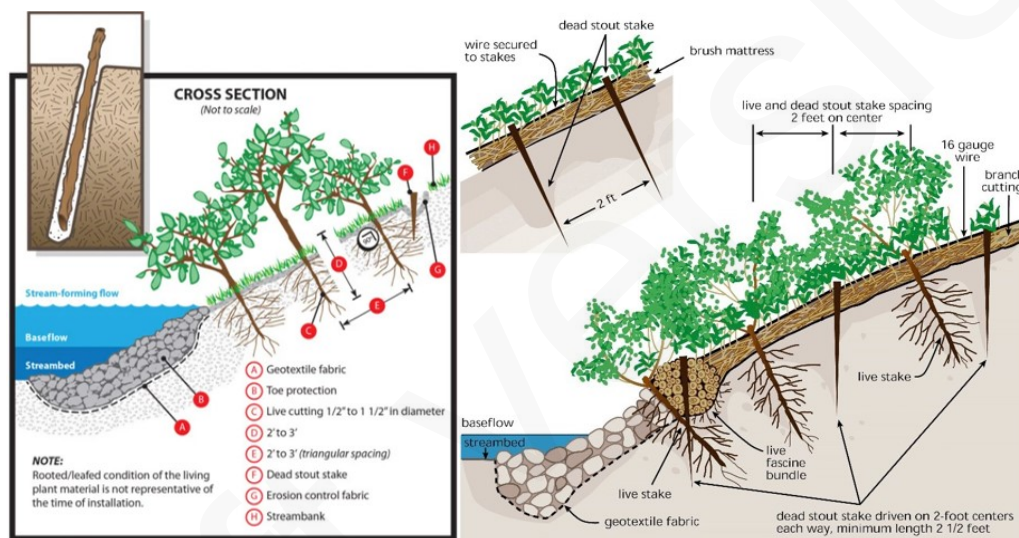
ภาพที่ 22 การใช้ผ้าห่มดิน และหมอนข้างดินเพื่อเสริมตลิ่ง

<sup>4</sup> กรีนอินสไพร์ด <http://www.greeninspired.co.th/products/>

**4.2 ไม้ปักชำ (Live stakes)** ท่อนไม้สด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ ถึง 1½ นิ้ว ความยาวประมาณ 60 ถึง 90 ซม. เป็นชนิดพืชซึ่งสามารถปักชำและเติบโตเกิดรากผลิใบขึ้นได้จากท่อนพันธุ์ (Mini soil nail) ที่ประหยัด รวดเร็ว และทำได้ง่าย โดยท่อนไม้ปักชำนี้เสริมแรงได้ทันทีภายหลังการติดตั้ง สามารถใช้ร่วมกับวัสดุชีววิศวกรรมปฐพีอื่นๆ<sup>5</sup> เช่น แบบที่ 1 ตารางไม้ไผ่ + แฝก + live stake สบู่ดำ แบบที่ 2 ผ้าห่มดิน หมอนก้นดิน + แฝก + รุชี่ หรือแบบที่ 3 แฝก + Brush layer สบู่ดำ

**4.3 ฟ่อนไม้สด (Live fascines) หรือลูกตะเข้** การมัดกิ่งไม้เล็กๆ หรือท่อนไม้สด รวมกันเป็นฟ่อนยาวๆ ปูยึดโดยหมุดไม้ ขวางแนวลาดของตลิ่ง ใช้เพื่อให้ฟ่อนไม้นั้นสามารถเติบโตขึ้น และป้องกันตลิ่งหรือลาดดินจากการกัดเซาะ อาจใช้ประกอบกับวัสดุชีววิศวกรรมปฐพีอื่นๆ รวมทั้งไม้ปักชำประเภทท่อนไม้สดได้

**4.4 ฟูกไม้สด (Brush Mattresses/Layers)** มีลักษณะคล้ายฟูกที่นอน ขนาดราว 1 x 1 ม. ที่ภายในบรรจุวัสดุทางชีววิศวกรรมปฐพีที่ย่อยสลายได้แบบผ้าห่มดิน และมีไม้ปักชำที่เพาะไว้เสียบยึดไว้กับฟูกนี้ เมื่อเวลาผ่านไปไม้ปักชำจะเติบโต งอกรากยึดฟูกไม้สดไว้กับลาดตลิ่งหรือลาดเนินนั้น



ที่มา : <https://megamanual.geosyntec.com>

ภาพที่ 23 การใช้ชีววิศวกรรมปฐพี เป็น “โครงสร้างที่มีชีวิต” เป็นการใช้พืชพรรณในการป้องกันกัดเซาะพังทลาย ได้แก่ การใช้ไม้ปักชำ (Live stakes) หรือผสมกับฟ่อนไม้สด (Live fascine) ในภาพขวา

## 5. เชื้อกันตลิ่ง กำแพงรับน้ำหนัก กำแพงกันดิน

### 5.1 เชื้อกันตลิ่ง

การรับน้ำหนักของดินนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานออกแบบภูมิทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมโยธามากมาย รูปแบบของเชื้อกันตลิ่ง (Embankment) และการรับน้ำหนักนั้นต้องเริ่มจากการทำความเข้าใจถึงสภาพปัญหาของพื้นที่ การรับน้ำหนัก ลักษณะการกัดเซาะพังทลาย แล้วจึงมาวิเคราะห์เลือกรูปแบบให้เหมาะสมกับลักษณะของโครงการ หากไม่มีการประสานความร่วมมือกันอย่างดีระหว่างวิศวกรและผู้ออกแบบตั้งแต่เริ่มโครงการ ผลลัพธ์ที่ได้อาจกลายเป็นเขื่อนที่แข็งแรงแต่ไม่มีความสวยงามทำลายทัศนียภาพและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ หรืออาจได้ตลิ่งที่สวยงามแต่เมื่อน้ำหลาก

<sup>5</sup> การประชุมคณะกรรมการดำเนินงาน มูลนิธิชัยพัฒนา โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการป้องกันแก้ไขดินถล่มบนที่สูงชัน ตามแนวพระราชดำริ ครั้งที่ 1/2557 [https://drought.gistda.or.th/drought/v2015/DR80\\_report/landslide/report/meeting1\\_2557.pdf](https://drought.gistda.or.th/drought/v2015/DR80_report/landslide/report/meeting1_2557.pdf)

เกิดการกัดเซาะพังทลายเกิดความเสียหายต่อมาได้ ในตอนนี้จึงมุ่งเน้นหลักทฤษฎีและตัวอย่างรูปแบบของเขื่อนกันตลิ่ง และกำแพงกันดิน โดยทำความเข้าใจเพื่อนำไปสู่การพัฒนาแนวความคิดในการออกแบบก่อสร้างต่อไป

กรมโยธาธิการและผังเมือง (2552) ได้แบ่งประเภทเขื่อนกันตลิ่งที่ได้ทำการก่อสร้างมาในประเทศไทย ออกเป็น 8 รูปแบบ ได้แก่

รูปแบบที่ 1 เขื่อนเรียงหินใหญ่แบบตลิ่งสูง

รูปแบบที่ 2 เขื่อนเรียงหินใหญ่แบบตลิ่งไม่สูง

รูปแบบที่ 3 เขื่อนเรียงหินใหญ่แบบบรรจุกล่องลวดตาข่าย

รูปแบบที่ 4 เขื่อนเรียงหินใหญ่แบบบรรจุกล่องลวดตาข่าย ผสมกำแพงกันดินบริเวณยอดเขื่อน

รูปแบบที่ 5 เขื่อนเรียงหินใหญ่ ผสมแบบตอกเสาเข็มและมีสมอบริเวณยอดเขื่อน

รูปแบบที่ 6 เขื่อนเรียงหินใหญ่ ผสมแบบตอกเสาเข็มและมีเสาเข็มเป็นสมอบริเวณยอดเขื่อน

รูปแบบที่ 7 เขื่อนแบบตอกเสาเข็ม ชนิดเสาเข็มเอียงเป็นสมอ

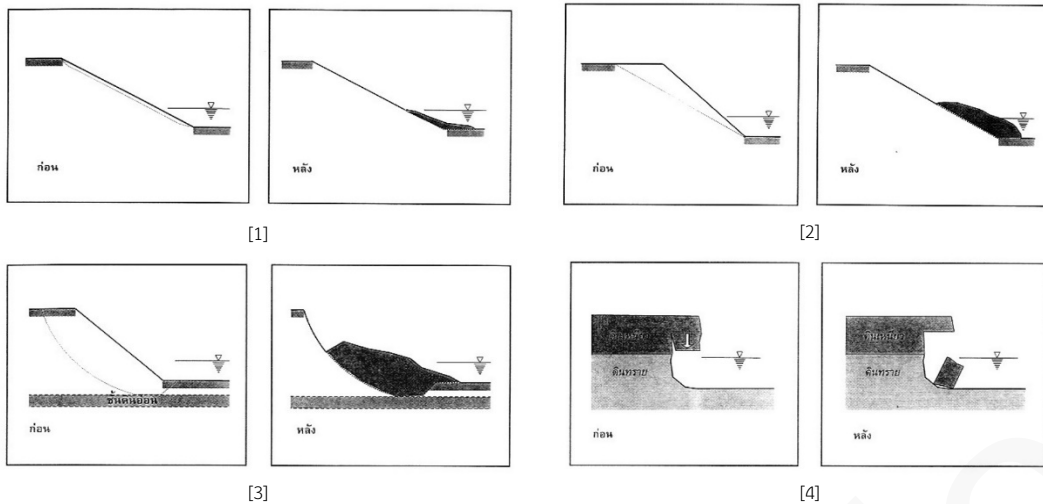
รูปแบบที่ 8 เขื่อนแบบตอกเสาเข็มเป็นขาโต๊ะ

จะเห็นได้ว่าการกรุหินหรือเรียงหิน (Rip-rap) เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของโครงสร้างกันตลิ่ง สามารถผสมผสานกับ โครงสร้างอื่นๆ หรือดัดแปลงจากการเรียงหินเป็นกระสอบปูนรูปทรงเลียนแบบหินได้เช่นกัน การเรียงหินโดยใช้ water break เช่น ก้อนคอนกรีตรูปทรงต่าง สามารถเกาะยึดและต้านน้ำหนักที่มากระทำโดยเฉพาะน้ำได้ดี มีรูปทรงต่างๆที่นิยม ได้แก่ แบบที่มีขา 5 แยก (tetrapod) เมื่อทิ้งลงตรงบริเวณใดจะยึดเกาะกันได้ดี ส่วนยอดเขื่อนที่มีการออกแบบตกแต่งให้ มีการใช้สอยต่างๆและมีความสวยงามเป็นธรรมชาติได้ เป็นต้น ปัจจุบันนี้นิยมใช้กล่องลวดตาข่ายประเภทเกเบียน และแมทเทรสมาขึ้น ซึ่งมีข้อดีดังต่อไปนี้

1. มีความอ่อนตัวไปตามสภาพพื้นที่ที่มีแรงกระทำต่างกัน แต่แข็งแรงในการรับแรงจากน้ำหนักดินและ กระแสน้ำ
2. สามารถซึมน้ำได้ ทำให้ไม่เกิดแรงดันจากน้ำใต้ดิน
3. มีความคงทนและประสิทธิภาพในการต้านแรงกระทำจะสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากการสะสมของดิน และทรายที่กล่องลวดตาข่ายมากขึ้น
4. ประหยัดกว่าโครงสร้างคอนกรีตหรือหินทั้ง
5. เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ต้นไม้สามารถขึ้นได้

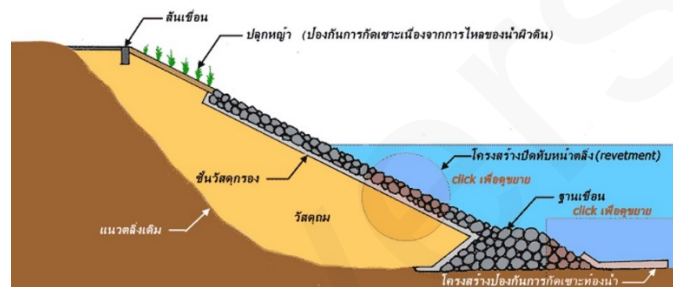
อย่างไรก็ดีการออกแบบก่อสร้างเขื่อนยังมีรูปแบบเขื่อนอื่นๆอีกที่ไม่ได้มีหลักการทางวิศวกรรมอย่างชัดเจนแต่ สามารถป้องกันการกัดเซาะพังทลายของตลิ่งริมน้ำได้ เช่น การผสมผสานแนวตลิ่งแบบธรรมชาติกับหินทิ้ง การใช้ กระสอบปูนทราย การใช้ซากต้นไม้เป็นตลิ่งธรรมชาติ การใช้เขื่อนแนวกำแพงกระเบื้องในกรณีระดับตลิ่งไม่สูงเกิน 2 เมตร

โครงสร้างเขื่อนที่สำคัญซึ่งมีผลต่อภาพรวมของงานออกแบบภูมิทัศน์ ที่ผู้ออกแบบพึงศึกษาเรื่องเขื่อนกันตลิ่ง และโครงสร้างกำแพงกันดิน ในรายละเอียดและวิธีก่อสร้าง เพื่อที่จะสามารถนำไปดัดแปลงออกแบบให้สอดคล้องกับ หลักการออกแบบอื่นๆได้



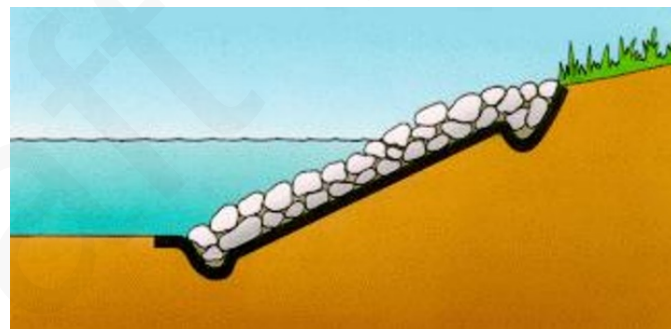
ที่มา : เอกสารการอบรมเขื่อนกันตลิ่ง กรมโยธาธิการและผังเมือง

ภาพที่ 24 รูปแบบการพังทลายของตลิ่งลักษณะต่างๆก่อนและหลังการวิบัติ ได้แก่ การวิบัติบริเวณผิวลาด [1], การวิบัติเป็นระนาบ [2], การวิบัติเป็นส่วนโค้งของวงกลม [3], และการวิบัติเป็นชั้นๆ [4]



ที่มา : เอกสารการอบรมเขื่อนกันตลิ่ง กรมโยธาธิการและผังเมือง

ภาพที่ 25 การออกแบบเขื่อนกันตลิ่ง โดยมีโครงสร้างปิดทับหน้าตลิ่ง ฐานเขื่อน สันเขื่อน (ล่าง)

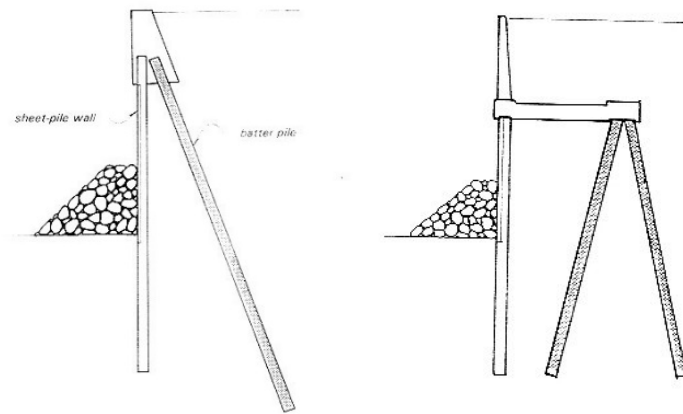


ที่มา : เอกสารการอบรมเขื่อนกันตลิ่ง กรมโยธาธิการและผังเมือง

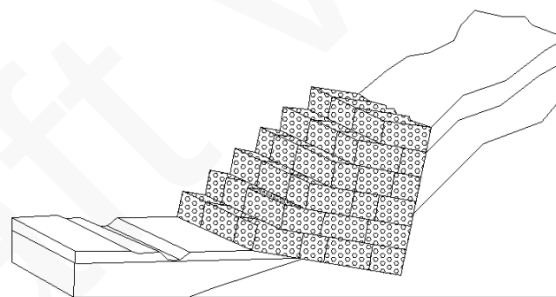
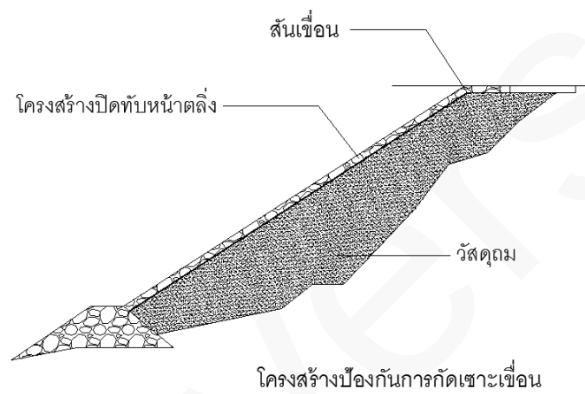
ภาพที่ 26 รูปแบบของเขื่อนกันตลิ่ง แบบเรียงหิน (rip-rap)



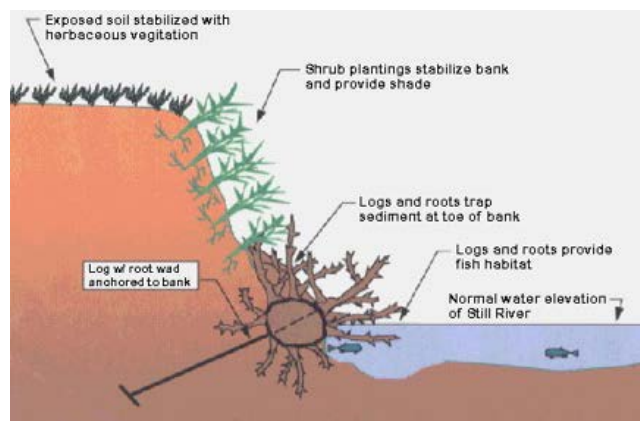
ภาพที่ 27 รูปแบบตลิ่งริมน้ำ แบบใช้กระสอบทรายผสมซีเมนต์แทนหิน (ซ่าย) ตลิ่งเชิงลาด สามารถให้คนและสัตว์ สามารถสัมผัสน้ำได้สะดวก (ขวา)



ที่มา : เอกสารการอบรมเขื่อนกันตลิ่ง กรมโยธาธิการและผังเมือง  
ภาพที่ 28 ตัวอย่างเขื่อนกันตลิ่งแบบมีเข็มเอียง (ซ้าย) และแบบมีขา Platform (ขวา)



กล่องลวดตาข่าย  
ภาพที่ 29 องค์ประกอบของโครงสร้างกันการกัดเซาะตลิ่งทั่วไป (บน) โครงสร้างกันการกัดเซาะแบบกล่องลวดเกเบียน (ล่าง)



ที่มา : โครงการ Still River Restoration Project, Danbury ประเทศแคนาดา

ภาพที่ 30 ตัวอย่างเขื่อนกันตลิ่งแบบจำลองธรรมชาติ

## 5.2 กำแพงรับน้ำหนัก และกำแพงกันดิน (Retaining wall)

กำแพงรับน้ำหนัก และกำแพงกันดิน (Retaining wall) นี้ควรศึกษาไปพร้อมๆกันกับเขื่อนกันตลิ่ง (Embankment) โดยมีรูปแบบต่างๆกันดังนี้

แบบที่ 1 กำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก (Masonry) , gravity, semi gravity (reinforce) wall

แบบที่ 2 กำแพงเรียงหิน (Dry Stone/boulder), Rock-filled buttress

แบบที่ 3 กำแพงเรียงโมดูล่า ต่างๆ (Cribbing) ; gabion box, ไม้ซุง, vertical interlocking block, metal bin, block wall ที่ใช้ waterbreak เช่น ก้อนคอนกรีตรูปทรงต่าง ๆ

แบบที่ 4 กำแพงแบบมีตีนเปิด (Cantilever wall)

แบบที่ 5 กำแพงแบบมีตีนเปิดและปกรับน้ำหนัก (Counterfort wall)

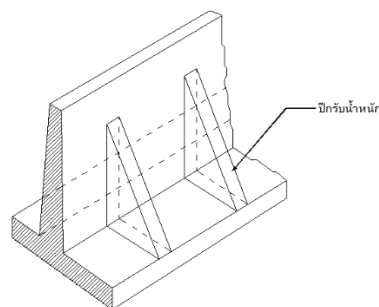
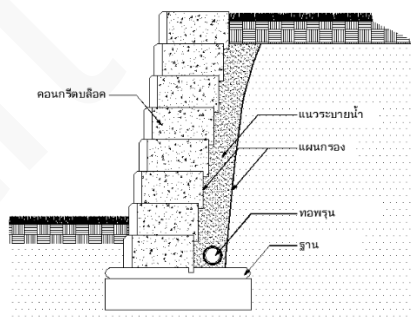
แบบที่ 6 กำแพงแนวตั้งฉากแบบมีสมอ (Anchored curtain wall)

แบบที่ 7 กำแพงแบบเข็มพืด (Sheet piles)

การรับแรงที่กระทำจากดินเพียงด้านเดียว อาจทำให้โครงสร้างบางส่วนแตกต่างไปบ้าง เช่น แบบมีครีบก้ำยัน (Counter fort) แบบค้ำยันจากทางด้านนอก (Buttress) แบบเข็มพืด (Sheet Pile) แบบเสาเข็มเอียง (Batter Pile) แบบมีสมอเหล็ก (Tie Rod and Anchorage) เป็นต้น

ลักษณะของกำแพงกันดินจะประกอบด้วย

- 1.) ฐานของกำแพง ส่วนฐานนี้มักยื่นออกมาอยู่ใต้ดินถม (Cantilever wall) และให้น้ำหนักของดินถมที่อยู่เหนือฐานนี้จะช่วยกันการพลิกคว่ำ
- 2.) วัสดุถมด้านหลังกำแพงกันดิน (Backfill) ซึ่งจะต้องเป็นวัสดุ เม็ดหยาบที่สามารถซึมน้ำได้ดี เช่น ทราย กรวด หรือหินบด
- 3.) ส่วนด้านหน้ามักมีความชันเอียงสอ (Batter)



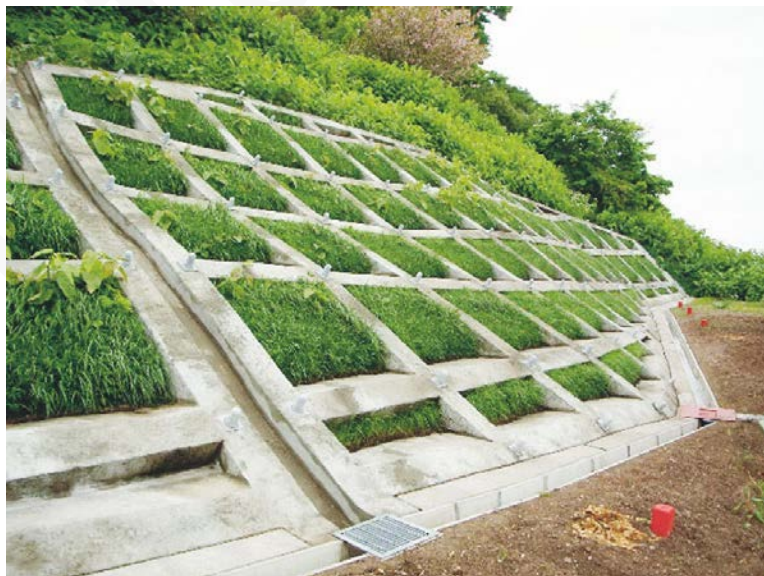
ภาพที่ 31 รูปแบบกำแพงกันดิน แบบคอนกรีตบล็อก (บน) แบบมีครีบก้ำยัน / ปกรับน้ำหนัก (ล่าง)



ภาพที่ 32 โครงสร้างกำแพงกันดินกันการพังทลายโดยใช้วัสดุผสมผสานกัน สามารถปล่อยให้พืชพรรณหรือวัชพืชขึ้นได้ง่าย (ซ้าย) โครงสร้างกำแพงคอนกรีตกันน้ำท่วม (กลาง) และโครงสร้างกันการพังทลาย การกัดเซาะแบบเข็มพืด (Sheet Pile) (ขวา)



ภาพที่ 33 ก้อนคอนกรีตรูปทรงต่างๆ ที่ใช้ทำกำแพงกันคลื่น (Sea-wall) ในต่างประเทศ เหมาะกับการใช้กันคลื่นในมหาสมุทร มากกว่าชายหาดเลนแบบไทย



ภาพที่ 34 โครงสร้างกำแพงกันดินในประเทศญี่ปุ่น คำนึงถึงการแทรกวัสดุพืชพรรณลงในโครงสร้างแข็ง

---

กิจกรรม 6.1.3

- 1.
- 2.
- 3.

---

แนวตอบกิจกรรม 6.1.3

- 1.
  - 2.
  - 3.
-

## ตอนที่ 6.2

### หลักการออกแบบงานโครงสร้างและการถอดแบบประมาณราคา

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 6.2 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

#### หัวเรื่อง

6.2.1 ข้อตระหนักในการออกแบบงานโครงสร้าง (เสถียรภาพของโครงสร้าง (Structural Stability), ความปลอดภัย, ความคงทน, การใช้ประโยชน์, ความงามหรืออื่นๆ)

6.2.2 การออกแบบงานโครงสร้าง (แปลนพื้น, แปลนรูปด้าน –รูปตัด-ขยายหรืออื่นๆ) และการถอดแบบประมาณการราคาโดยสังเขป

#### แนวคิด

- 1.
- 2.

#### วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 6.2 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

- 1.
- 2.
- 3.

## เรื่องที่ 6.2.1

### ข้อตระหนักในการออกแบบงานโครงสร้าง

ในตอนนี้จะอธิบายถึงข้อควรตระหนักในการออกแบบโครงสร้างในการออกแบบภูมิทัศน์ ซึ่งนอกจากจะเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงตลอดภัยของงานออกแบบภูมิทัศน์นั้นๆ ยังส่งผลต่อค่าประมาณทั้งค่าก่อสร้าง (Construction cost, Initial cost) แล้ว จะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา การซ่อมแซม และการใช้งาน (Maintenance cost, Operation cost) โดยเฉพาะเมื่อคนเข้ามาใช้งานภูมิทัศน์นั้นยังส่งผลความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินด้วย ซึ่งน่าจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้งานวิศวกรรมโครงสร้างจำเป็นต้องมีการควบคุมและมีการรับรองการออกแบบนั้นๆ โดยวิศวกรผู้ที่มีใบประกอบวิชาชีพตามลักษณะและประเภทงานก่อสร้าง นักออกแบบภูมิทัศน์จึงควรตระหนักในประเด็นต่อไปนี้

#### 1. การเลือกใช้ระบบหรือลักษณะโครงสร้างที่เหมาะสม

ด้วยหลักการตามกฎกระทรวงฯ ข้างต้น นักออกแบบภูมิทัศน์เมื่ออาจจะเกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างขนาดเล็ก พึงตระหนักว่าการออกแบบภูมิทัศน์ใดๆ ที่เกี่ยวกับโครงสร้าง ความปลอดภัยต่อผู้ใช้และสาธารณะมีความสำคัญสูงสุด และจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรึกษาวิศวกรที่มีใบประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมโยธาเสมอ

#### 2. ความสวยงามของโครงสร้าง

ความเข้าใจในธรรมชาติของโครงสร้างและการใช้งานโครงสร้างนั้น เป็นการทำให้เกิดจุดเด่นหรือความงามของการออกแบบภูมิทัศน์ เช่น การออกแบบรั้ว ที่ต้องการความโปร่งแต่แข็งแรง สามารถเลือกใช้เสาที่เป็นโครงเหล็กที่โปร่ง ไม่จำเป็นต้องใช้เสาคอนกรีตเสมอไป ในขณะที่ส่วนฐานราก และคานคอดินที่ไม่ได้โผล่ขึ้นมาให้เห็น ก็สามารถใช้คอนกรีตอย่างเหมาะสมกับการรับน้ำหนักได้ สะพานแขวนหรือสะพานซิง ในส่วนที่ย่อลักษณะของการแขวน หรือการซิง มาได้อย่างถูกต้องลงตัว จะแสดงเนื้อแท้ของงานวิศวกรรมที่สวยงามได้ ในทางตรงข้ามหากเราไม่เข้าใจโครงสร้างลักษณะพิเศษเหล่านี้ แต่เลือกหยิบมาใช้ เพราะเห็นว่าอยากจะได้สะพานแขวน แต่กลับใช้โครงสร้างที่ไม่เหมาะสมงานออกแบบนั้นจะไม่น่าดู ทึบตัน หรืออาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคง ปลอดภัยอีกด้วย



ภาพที่ 35 ความสวยงามของโครงสร้างที่ใช้เสาโปร่งรับน้ำหนักแทนเสาตัน



ที่มา : wiki common โดย Marin Headlands / Visanu Euarchukiati

ภาพที่ 36 สะพานโกลเดนเกต (ซ้าย) เป็นสะพานแขวน (suspension bridge) และสะพานพระราม 8 (ขวา) เป็นสะพานขึง (cable-stayed bridge)

### 3. การทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานฟิสิกส์ การสมดุลของแรงของโครงสร้าง

กลศาสตร์โครงสร้างได้แก่หลักการของแรง การรวมและแยกแรง โมเมนต์ของแรง (Moment of Force) ความสมดุล จุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity) จุดเซนทรอยด์ (Centroid หรือ Center of Mass) ความเค้นและความเครียด เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับความแข็งแรงของโครงสร้างในงานช่างก่อสร้างได้ ในงานออกแบบภูมิทัศน์ อาจพบได้ในการออกแบบกำแพงกันดิน เชือกกันตลิ่ง สะพาน โครงเหล็กถัก สวนบนหลังคา และโครงสร้าง ศาลา โครงสร้างให้ร่มเงา ที่อาจมีแรงมากระทำอื่นๆ เช่น แรงลม แรงน้ำ ที่มากระทำนอกจากน้ำหนักของโครงสร้างเอง โดยในเรื่องนี้นักออกแบบภูมิทัศน์ควรจะสามารถเข้าใจหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำหนักประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้ “น้ำหนักบรรทุกคงที่” (DL - Dead Load) ของตัวโครงสร้างนั่นเอง “น้ำหนักบรรทุกจร” (LL - Live Load) หมายความว่า น้ำหนักที่กำหนดว่าจะเพิ่มขึ้นบนอาคารนอกจากน้ำหนักของตัวอาคาร และ “น้ำหนักบรรทุกประลัย” (UL - Ultimate Load) หมายความว่า น้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่กำหนดให้ใช้ในการคำนวณตามทฤษฎีกำลังประลัย การประเมินผิดพลาดหรือการละเลยไม่ได้นำไปปัจจัยอื่นด้านการรับน้ำหนักมาประเมิน จะทำให้เกิดการพังถล่มของโครงสร้างได้ ในกรณีโครงสร้างที่ถูกใช้งานผิดประเภทในภายหลังอาจจะประเมินยาก แต่เมื่อเกิดเหตุอันตรายนั่น ผู้ออกแบบคงปฏิเสธความรับผิดชอบนั้นไม่ได้ ตัวอย่างเช่นในงานออกแบบภูมิทัศน์บนดาดฟ้า หรือสวนหลังคา จากกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 จะมีการกำหนดหน่วยน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับประเภทและส่วนต่าง ๆ ของอาคารไว้ เช่น กันสาดหรือหลังคาคอนกรีตทั่วไป หน่วยน้ำหนักบรรทุกจร เป็น 100 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ต่างจากหลังคาที่มี หน่วยน้ำหนักบรรทุกจร เพียง 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือหากมีการออกแบบภูมิทัศน์บนโครงสร้างอาคารเดิม การคำนวณออกแบบโครงสร้างสวนหลังคา ให้นิ่งถึงแรงลมด้วย หากจำเป็นต้องคำนวณ โดยกฎหมายกำหนดให้ใช้หน่วยแรงลมอย่างน้อยเป็นกิโลปาสกาล หรือ กิโลกรัมแรงต่อตารางเมตร ผันไปตามความสูงของอาคาร จึงจำเป็นต้องละเอียดลอบกับเรื่องเหล่านั้นเป็นอย่างมาก

ในกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น กฎหมายควบคุมอาคาร ยังมีการให้คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงเสา คาน หรือโครงที่รับเสาและฐานราก ให้ใช้น้ำหนักของอาคารเต็มอัตราส่วนหน่วยน้ำหนักบรรทุกจร ในแต่ละชั้นตามการใช้สอยอาคาร นอกจากนี้ยังมีการกำหนดน้ำหนักบรรทุกคงที่ของวัสดุไว้ มีหน่วยเป็นน้ำหนัก กก./ลบ.ม เช่น น้ำฝนหรือน้ำบริสุทธิ์ มีน้ำหนัก 1,000 กก./ลบ.ม ดินร่วน 1,200 กก./ลบ.ม ดินร่วนชื้น 1,280 กก./ลบ.ม ดินเหนียวเปียก 1,500-1,750 กก./ลบ.ม ผนังอิฐมวลเบาก่อครึ่งแผ่นอิฐ + ฉาบปูน 180 กก./ $\text{ม}^2$  ในขณะที่ผนังอิฐมวลเบาก่อเต็มแผ่นอิฐ + ฉาบปูน 360 กก./ $\text{ม}^2$  คอนกรีตเสริมเหล็ก 2,300- 2,400 กก./ลบ.ม. หรือในงานพื้นคimentมีหน่วยเป็น กก./ $\text{ม}^2$  พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 10 ซม. 240 กก./ $\text{ม}^2$  พื้นหินขัดหนา 2.5 ซม. รวมกันฝังเส้นทองเหลือง 80 กก./ $\text{ม}^2$  ฯลฯ นักออกแบบภูมิทัศน์จึงสามารถเลือกวัสดุให้เหมาะสมกับปัจจัยด้านสภาพพื้นที่ตามความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุก

#### 4. โครงสร้างและกระบวนการขั้นตอนก่อสร้าง

ขั้นตอนและเทคนิคการก่อสร้างโครงสร้างนั้นมีความแตกต่างกันไปตามชนิดงานโครงสร้างนั้นๆ ในงานโครงสร้างที่เกี่ยวกับดิน และธรณีเทคนิค เช่น การทำคันดิน ถนนในโครงการ จะมีการบดอัดเป็นชั้นๆ ตามรายการประกอบแบบก่อสร้างของงานวิศวกรรม มีหน่วยเป็นร้อยละของการทดสอบความหนาแน่นแบบมาตรฐาน (*standard proctor compaction test*) ที่เรียกว่าการบดอัดดินแบบมาตรฐาน ซึ่งก็คือการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความหนาแน่นของดิน ในขณะที่โครงการที่ทำฝาย เขื่อน อ่างเก็บน้ำ จำเป็นต้องใช้การบดอัดดินแบบ *โมดิฟายด์ (Modified Proctor test)* ที่มีมาตรฐานสูงกว่า การใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมเสริมความแข็งแรงในงานดิน เช่น การใช้แผ่นใยสังเคราะห์จีโอเทกซ์ไทล์ (Geo-Textile) ผ้าห่มดิน การใช้เข็มปูพรม กำแพงกันดินรูปแบบต่างๆ กล่องลวดกระจุกหิน (Gabion & Mattress)

นอกจากนี้ขั้นตอนก่อสร้างงานดินและการปรับระดับ ยังต้องมีขั้นตอนอื่นๆ ที่จำเป็นตามรายการประกอบแบบก่อสร้างของงานภูมิสถาปัตยกรรม เช่น การทำการลอกหน้าดิน (Topsoil Stripping) และการกองวัสดุหน้าดิน (Stockpiling of Topsoil) เก็บไว้เพื่อใช้เกลี่ยกลับไปเมื่อทำงานดินหยาบได้แก่การขุดถมแล้วเสร็จ เนื่องจากหน้าดินจะมีอินทรีย์วัตถุที่มีคุณค่าต่อพืชพรรณดีกว่า ไม่เหมาะสมที่จะถูกฝังกลบไปในระหว่างงานขุดและถมดิน

การดำเนินการก่อสร้างเพื่อปรับปรุงสภาพพื้นที่ที่มีปัญหา มีขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมต่างๆกันไป บางส่วนอาจต้องมีการพิจารณาแก้ปัญหาร่วมกันระหว่างผู้ออกแบบภูมิทัศน์และวิศวกรในการเลือกแนวทางการแก้ปัญหา วัสดุที่ใช้ และขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่งแต่ละแนวทางเลือกนั้นอาจทำให้ขั้นตอนรวมไปถึงราคาค่าก่อสร้างต่างกันไป

## เรื่องที่ 6.2.2

### การออกแบบงานโครงสร้าง และการถอดแบบประมาณราคา

#### โดยสังเขป

---

เช่นเดียวกับการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม การออกแบบงานวิศวกรรมระบบและโครงสร้างในงานภูมิทัศน์ จำเป็นต้องมีการถ่ายทอดออกมาเป็นแบบก่อสร้าง งานโครงสร้างส่วนใหญ่มักจะมองไม่เห็นจากภายนอกเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ เช่น เสาเข็ม ฐานราก โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กก็จะไม่เห็นเหล็กเส้น ฉะนั้นการเขียนแบบก่อสร้างจึงต้องแสดงตำแหน่งและระบุขนาด เลือกใช้วัสดุ และควบคุมการก่อสร้างให้ได้สอดคล้องตามที่ออกแบบไว้ วิธีการเขียนแบบก่อสร้างจึงมีวัตถุประสงค์ และเป้าหมายเพื่อให้การก่อสร้างงานโครงสร้างนั้นอย่างถูกขั้นตอน เหมาะสมกับการใช้งาน การรับแรง หรือแก้ปัญหาเชิงเทคนิคได้ตามที่ผู้ออกแบบได้วางแผนไว้ รวมทั้งการจัดทำรายการประกอบแบบก่อสร้าง การถอดแบบ และประมาณราคาก่อสร้าง เพื่อให้ทราบถึงสเปควัสดุ เทคนิควิธีการก่อสร้าง รายละเอียดอื่นๆ

งานเขียนแบบก่อสร้างจะมีการระบุขนาด ระยะ และแสดงโครงสร้างใต้ดิน หรือภายในเนื้อคอนกรีตไว้ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง เช่น การใช้ผังระยะในการระบุระยะห่าง การแสดงรูปตัดให้เห็นความหนาเนื้อคอนกรีตและการผูกเหล็ก การระบุรายละเอียดในรายการประกอบแบบ เช่น หน้าตัดเหล็ก หน้าตัดเสาเข็ม รายละเอียดด้านวัสดุต่างๆ เช่น ขนาดหิน ขนาดกล่องเกเบี้ยน ฯลฯ ในตอนนี้จึงขอยกตัวอย่างแบบก่อสร้างงานโครงสร้างมาเพื่อให้นักศึกษาสามารถเข้าใจ และสื่อสารกับวิศวกรได้ อ่านแบบเข้าใจ และสามารถแสดงแนวความคิดเชิงโครงสร้างให้นำไปสู่การก่อสร้างจริงได้ดังต่อไปนี้

- 1) แบบผัง (Plan)
- 2) แบบผังระยะ (Dimension plan) แสดงตำแหน่งโครงสร้างสำคัญ เช่น ฐานราก เสาเข็ม คานคอดิน
- 3) แบบรูปตัด – โปรไฟล์ แสดงค่าระดับ ความสูง วิธีการก่อสร้าง การปรับระดับ และงานดิน
- 4) แบบรายละเอียด (Detail design)
- 5) แบบสามมิติ แสดงรายละเอียดการก่อสร้าง
- 6) รายการประกอบแบบก่อสร้าง
- 7) การถอดแบบ และประมาณราคา

#### 1. แบบผัง (Plan) ผังพื้น

แบบผังพื้น (Plan) มีหลายมาตราส่วนตามความเหมาะสม เป็นแบบเริ่มต้นเพื่อใช้ในการอ้างอิงในแบบแผ่นอื่นๆต่อไป อาจเริ่มด้วย 1) ผังแสดงที่ตั้งโครงการ ที่เห็นถนนเข้าถึงโครงการ รูปแปลงที่ดิน และบริเวณข้างเคียง รวมทั้งจุดที่ระบบสาธารณูปโภค หรือทางน้ำสาธารณะ เชื่อมโยงกับพื้นที่ โดยอาจยังไม่มีงานออกแบบใดๆแสดงในนั้น 2) ผังแม่บท (Master Plan) หรือผังแสดงระยะการก่อสร้าง (Staging / Phasing Plan) ในผังนี้อาจแสดงโครงการขั้นสมบูรณ์ โดยที่โครงการที่จะดำเนินการอาจเป็นเพียงส่วนหนึ่งในนั้น 3) ผังบริเวณ (Site Plan) เป็นผังที่แสดงบริเวณที่ออกแบบทุกจุด อาจแสดงเฉพาะโครงสร้างหลักที่สำคัญ มักมีระบบตารางกริด ตำแหน่งต้นไม้ ถนน ระบบต่างๆ และสิ่งก่อสร้างเดิมและที่ออกแบบใหม่ แยกให้เห็นชัดเจน เพื่อใช้ในการอ้างอิงต่อไปได้

## 2. แบบผังระยะ (Dimension plan)

เป็นผังที่แสดงตำแหน่งโครงสร้างสำคัญ เช่น อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่เดิมและที่ออกแบบใหม่ ทั้งโครงสร้างใต้ดิน และเหนือดิน ได้แก่ แนวเสา คาน ฐานราก เสาเข็ม คานคอดิน พื้น ลาน ฯลฯ ประกอบกับแนวตารางกริดที่อ้างอิงได้จากผังบริเวณ ผังระยะมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเริ่มต้นงานปักผัง เพื่อกำหนดแนว และตำแหน่งโครงสร้างหลักๆในพื้นที่ออกแบบ เช่น ทางเดิน ตำแหน่งศาลา หากมีงานโครงสร้างใต้ดินรวมกันอยู่ในแผ่นเดียวกันแล้วให้อ่านยาก อาจแยกแผ่นให้อ่านง่ายขึ้น วัตถุประสงค์ของแบบผังระยะ แสดงระยะต่างๆต้องให้อ่านง่ายที่สุด และมีการระบุการอ้างอิงกับพื้นที่อย่างถูกต้อง

## 3. แบบรูปตัด – โปรไฟล์

แสดงค่าระดับ ความสูง วิธีการก่อสร้าง การปรับระดับ และงานดิน ในรูปตัดบางครั้งยังสามารถแสดงรูปด้านด้วย แต่ในแบบก่อสร้างงานโครงสร้าง ไม่นิยมแสดงรูปด้านอย่างเดียว

## 4. แบบรายละเอียด (Detail design)

ไม่ว่าจะแสดงเป็นแบบผัง (แปลน) รูปตัด หรือรูปตัดทั่วไป นอกจากนี้อาจยังสามารถแสดงรายละเอียดการก่อสร้างเฉพาะจุด เช่น รายละเอียดการผูกเหล็ก ข้อต่อ หรือทิศทางการเรียง การปู การวาง โครงสร้าง และวัสดุต่างๆ

## 5. แบบสามมิติ แสดงรายละเอียดการก่อสร้าง

แบบสามมิติที่ช่วยให้เข้าใจงานโครงสร้างมากขึ้น ได้แก่ ไอโซเมตริก(Isometric) แอกโซโนเมตริก(Axonometric) มักแสดงในระบบไฟฟ้า ระบบท่อน้ำ ที่มีความซับซ้อน ไม่สามารถแสดงแค่มิติแกน x แกน y ในแบบผังแผ่นเดียวได้ จำต้องมีแกน z (ความสูง) เพิ่มขึ้นมา หรือโครงสร้างสมัยใหม่ที่รูปทรงไม่แน่นอน เช่น โครงสร้างระบบแรงดึงสมบูรณ์ (Tensegrity)

## 6. รายการประกอบแบบก่อสร้าง (Specification)

รายการประกอบแบบก่อสร้าง คือรายละเอียดประกอบแบบด้านเทคนิค ได้แก่ รายละเอียดวัสดุ (คุณลักษณะของวัสดุ ขนาด ขั้นตอน วิธีการ และคุณภาพ) อุปกรณ์ ขั้นตอนติดตั้ง และวิธีการก่อสร้าง แบบก่อสร้างที่ดีรายการประกอบแบบจะมีรายละเอียดบรรยายไว้อย่างครบถ้วน เป็นเอกสารสำคัญหนึ่งในการก่อสร้างไม่น้อยไปกว่าแบบก่อสร้าง โดยมีความสำคัญต่อการถอดแบบและประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างมาก โดยจะมีการกำหนดกรอบเนื้องานต่างๆ แยกเป็นงานๆไป ได้แก่ งานทั่วไป งานก่อสร้างชั่วคราว งานสนาม ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวถึงว่าเมื่อไรจะต้องทำแบบเพิ่มเติมต่อไปนี้ เช่น การทำแบบใช้งาน (Shop Drawings) แบบก่อสร้างจริง (As-built Drawings) จากนั้นจะเป็นเนื้องานออกแบบภูมิทัศน์ แยกเป็นงานภูมิทัศน์แข็ง งานภูมิทัศน์นุ่ม เนื้องานส่วนงานโครงสร้าง งานระบบต่างๆ ขึ้นอยู่กับโครงการ เช่น 1) งานคอนกรีต งานไม้แบบ งานเหล็กเสริม 2) งานวัสดุก่อ 3) งานโลหะ 4) งานไม้ 5) งานวัสดุผิวสำเร็จ 6) งานระบบระบายน้ำ 7) งานระบบน้ำดี ระบบรดน้ำ 8) งานระบบน้ำเสีย 9) งานระบบไฟฟ้า

## 7. การถอดแบบและการประมาณราคา (Cost Estimation)

การถอดแบบและการประมาณราคา เป็นกระบวนการในการแยกงานก่อสร้างทั้งโครงการจากแบบก่อสร้าง และรายการประกอบแบบก่อสร้าง ออกมาเป็นปริมาณเนื้องานย่อยต่างๆ ลงในแบบฟอร์มประมาณราคา และเนื่องจากการเผื่อเปอร์เซ็นต์ต่างกัน การคิดปริมาณเนื้องานอาจไม่เท่ากัน การคิดปริมาณงานจึงมักกำหนดให้ผู้ถอดแบบใช้มาตรฐานการวัดเนื้องาน การแยกหมวด และเกณฑ์เปอร์เซ็นต์การเผื่อเป็นมาตรฐานเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน นักศึกษาสามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมการประมาณได้จากหน่วยที่ 11

ในส่วนของงานโครงสร้างและงานวิศวกรรมระบบมักมีรายการประกอบแบบก่อสร้าง แยกออกมาต่างหาก จึงทำให้ผู้กรอกแบบประมาณราคาจะต้องอ่านรายการประกอบแบบก่อสร้างในเนื้องานส่วนที่เกี่ยวข้องอย่างละเอียด เนื่องจากอาจมีเนื้องานเพิ่มเติมขึ้นมา เช่น งานสำรวจ หรืองานทดสอบวัสดุ นอกจากนั้นการกำจัดขยะจากการก่อสร้าง เช่น หากมีการรื้อถอนอาคาร รื้อย้ายต้นไม้ ดินที่ขุดออกมา เศษหิน ทราบ กรวด หรือเหล็กเส้น ที่ตัดแล้ว จะกำจัดด้วยวิธีใด รวมถึงการจัดทำแบบใช้งาน (Shop Drawings) เพื่อแก้ปัญหาเชิงโครงสร้างเฉพาะจุด ผู้ดำเนินงานทำแบบดังกล่าวคือใคร ในอัตราเท่าใด

ในส่วนงานก่อสร้างใต้ดิน จะมีการคำนวณหาปริมาณงานดินที่ต้องขุด ตามเนื้อที่ของฐานรากแต่ละขนาด วิธีการแก้ปัญหาเรื่องการเข้าพื้นที่ของรถขุด การขนส่งวัสดุก่อสร้างเข้าถึงพื้นที่ โดยเฉพาะในที่แคบ มีอาคารอยู่เต็ม อาจทำให้ประมาณราคาเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยยะสำคัญ

งาน ค.ส.ล. จะรวมไปถึงการคำนวณหาปริมาณเนื้อที่ไม้แบบ และเนื้อที่ไม้แบบที่รองรับ หรือห่อหุ้มคอนกรีตที่จะหล่อเป็นงานโครงสร้าง ค.ส.ล. ทั้งหมด และการคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีต ตามที่กำหนดในแบบแปลนตามชนิดขนาดและความยาวของเหล็กเสริม โดยคิดตามความกว้างหรือความยาวของโครงสร้างนั้น ๆ ในแนวเส้นตรง โดยไม่ต้องหักผิวคอนกรีตที่ห่อหุ้ม และไม่ต้องเผื่อความยาวในการทาบต่อ งอ ปลาย หรือตัดคอกม้า เช่น เหล็กเสริมของฐานราก คิดเหล็กเสริมตามขนาดและตามความกว้าง ยาว ของฐานราก คูณจำนวนเส้นตามแบบแปลน

นอกจากนี้ในงานระบบวิศวกรรมต่างๆ ยังมีมาตรฐานและราคาที่แตกต่างกันมาก การประมาณราคายังต้องดูในแง่รายการสเปคเชิงคุณภาพให้ดี เช่น ในระบบไฟฟ้าและการส่องสว่าง ดวงโคม หลอดไฟ และเสาไฟประดับ มีหลายเกรดและราคาต่างกันหลายเท่า ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต และแหล่งผลิต

## ตอนที่ 6.3

# ตัวอย่างการออกแบบงานโครงสร้างที่เกี่ยวกับงานภูมิทัศน์ลักษณะพิเศษ

ในตอนี่ 6.3 นี้จะนำเสนอตัวอย่างงานภูมิทัศน์ลักษณะพิเศษ ได้แก่ งานสวนหลังคา สะพาน สกายวอล์ค (Skywalk) พื้นทางเดินยกระดับ (Boardwalk) ทางลาด (Ramp) – บันไดต่างระดับ เชือกกันตลิ่ง กำแพงกันน้ำ – กำแพงดิน รั้ว ศาลา เฟอร์นิเจอร์สนาม (Site Furniture) ประกอบกับการอธิบายเบื้องต้นว่าเหตุใดการออกแบบและการก่อสร้างนั้น จึงควรมีความสัมพันธ์กัน มีหลักวิชา แนวคิด หรือเทคโนโลยีการก่อสร้างใดที่เกี่ยวข้องบ้าง การออกแบบที่ดีและการก่อสร้างที่เหมาะสมและลงตัวเหมาะกับเทคโนโลยีนั้นควรมีลักษณะอย่างไร และมีปัจจัยใดบ้างที่เป็นตัวชี้ว่างานออกแบบและการก่อสร้างนั้นมีความเหมาะสมกันแล้ว เพื่อใช้เป็นหลักให้นักออกแบบภูมิทัศน์สามารถใช้อ้างอิงในการออกแบบต่อไป

### หัวเรื่อง

6.3.1 ตัวอย่างการออกแบบสวนหลังคา หรือหลังคาเขียว

6.3.2 ตัวอย่างการออกแบบสะพาน - สะพานแขวน สกายวอล์ค ทางเดินยกระดับ (Boardwalk)

6.3.3 ตัวอย่างการออกแบบเชือกกันตลิ่ง กำแพงกันน้ำ – กำแพงดิน ทางลาด (Ramp) – บันไดต่างระดับ  
อัมพันท์ รั้ว ศาลา เฟอร์นิเจอร์สนาม (Site Furniture)

### แนวคิด

- 1.
- 2.

### วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 6.3 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

- 1.
- 2.
- 3.

## เรื่องที่ 6.3.1

### ตัวอย่างการออกแบบหลังคาเขียว หรือสวนหลังคา

เดิมนสวนหลังคา (Roof garden) เน้นเรื่องการใช้สอยและความสวยงาม ปัจจุบันเป็นส่วนหลังคาเป็นการแก้ปัญหาด้านพลังงาน และแนวทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหาภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ดังจะเห็นได้จากกระบวนในการรับรองอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา (US Green Building) และลีด (LEED - Leadership in Energy and Environmental Design) หรือจะเห็นได้จากการแก้ปัญหาการขยายตัวและการพัฒนาเมืองด้วยผังเมืองของสิงคโปร์ โดยหน่วยงานการพัฒนาเมือง (URA - Urban Redevelopment Authority) ระบุให้จัดทำ สวนระฟ้า (Skyrise Greenery) โดยมีนโยบายการให้โบนัส (Green roofs bonus gross floor area - GFA / LUSH - Landscaping For Urban Spaces And High-Rises) แก่อาคารที่ทำพื้นที่หลังคาเขียว ดังนั้นการออกแบบสวนหลังคา และสวนลอยฟ้ารูปแบบต่างๆไปพร้อมๆกับการออกแบบอาคารจึงเป็นที่นิยมมากในประเทศสิงคโปร์

ปัจจุบันหลังคาเขียว หรือมีการเรียกเสียใหม่ว่ากรีนรูฟ (Green Roof) จึงหมายรวมถึงสวนหลังคาและการออกแบบเสริมให้ส่วนบนของอาคารหรือโครงสร้างบางส่วนสามารถปลูกต้นไม้ได้ และทำหน้าที่ในการรวบรวมน้ำฝนเป็นแนวคิดที่ส่งเสริมด้านงานออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม ให้เมืองมีการบริหารจัดการน้ำอย่างมีคุณค่า ลดพื้นที่ที่บ่มน้ำ สร้างออกซิเจนและลดการปลดปล่อยคาร์บอน อีกทั้งลดการใช้พลังงานโดยไม่จำเป็นจากเครื่องปรับอากาศ

#### 1. ประโยชน์ของสวนหลังคาต่อระบบนิเวศเมือง

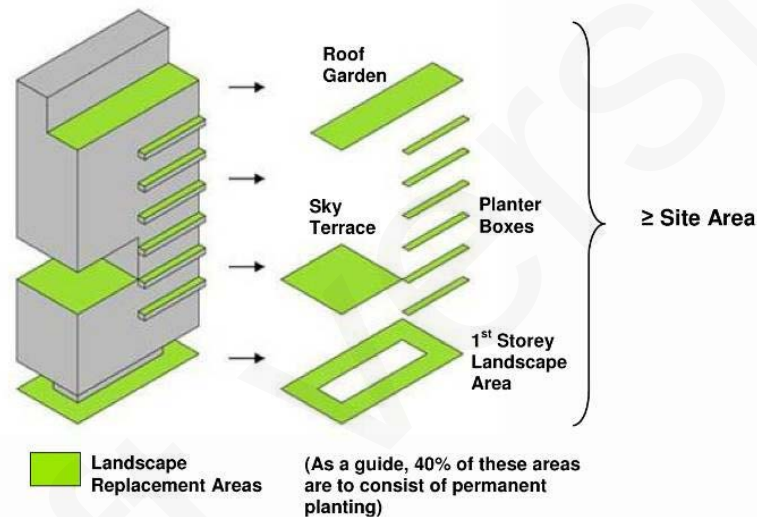
ประโยชน์ของสวนหลังคา นอกจากจะมีผลต่อประโยชน์ใช้สอยแล้วยังครอบคลุมถึงแนวทางการสร้างสภาพสิ่งแวดล้อมเมืองที่ดี และมีผลต่อระบบนิเวศของเมือง ประโยชน์ของสวนหลังคาสามารถรวบรวมได้ดังต่อไปนี้

1) ลดความร้อนที่เกิดจาก “ปรากฏการณ์เกาะร้อนของเมือง” (urban heat island effects) และปรากฏการณ์ระลอกและการดูดซับแสงอาทิตย์ที่เรียกกันว่า “ปรากฏการณ์หุบผา” (canyon effect) เนื่องจากในเขตชุมชนเมืองการปกคลุมพื้นที่ด้วยสิ่งก่อสร้างซึ่งลดทอนพื้นที่สีเขียวนั้นทำให้อุณหภูมิใกล้ผิวพื้นนั้นสูงขึ้นกว่าพื้นที่โดยรอบ โดยเฉพาะที่เป็นเขตที่ปกคลุมด้วยต้นไม้ ประมาณ 2-5 องศาเซลเซียสขึ้นกับประเภทของวัสดุสถานะของปรากฏการณ์เกาะร้อนของเมืองมีผลกับความสบายของคนเมือง เนื่องจากหลักการที่ว่าวัสดุต่างๆมีคุณสมบัติในการดูดซับและสะท้อนรังสีความร้อน (albedo) และการแผ่รังสีความร้อน (thermal radiation) ออกสู่บริเวณรอบๆต่างกัน ระบบการปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ในอาคารนั้นจะมีการระบายความร้อนออกมาสู่พื้นที่โดยรอบ อีกทั้งการก่อสร้างอาคารสูงๆในเขตเมืองทำให้เกิดการขัดขวางการระบายความร้อนโดยลมธรรมชาติ จนเกิดการสะสมของความร้อนในพื้นที่และกระจายตัวออกไปเป็นวงกว้าง ด้วยหลักการที่ว่าการระเหย และการระเหย/คายน้ำ (evapotranspiration) ของพืชในพื้นที่ป่าไม้ นั้นทำให้พื้นที่ป่ามีอุณหภูมิที่ลดลงนี้ได้นำมาใช้ในการออกแบบสวนหลังคาในยุคใหม่ เพื่อลดพื้นผิวอาคารที่ทำให้ความร้อนสูงเป็นพิษพรรณที่ก่อให้เกิดการระเหยคายน้ำซึ่งทำให้เกิดความเย็นขึ้นแทน

2) ช่วยลดปริมาณน้ำฝนที่จะระบายสู่พื้นที่ (Storm water run-off management) โดยสวนหลังคาช่วยซึมน้ำไว้ ในพื้นที่เมืองหากมีการปกคลุมด้วยสิ่งก่อสร้างและพื้นที่ลาดแข็งที่ไม่สามารถซึมน้ำได้ (Effective Impervious Areas) นอกจากจะเกิดปัญหาปรากฏการณ์เกาะร้อนแล้วอีกปัญหาหนึ่งซึ่งมีความสำคัญไม่ยิ่ง

หย่อนไปกว่ากันคือปัญหาปริมาณน้ำฝนที่ล้นเข้าสู่ระบบระบายน้ำของเมืองเกินกว่าขอบเขตการรองรับ อันก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วม การกัดเซาะพังทลายของตลิ่งและพื้นดิน ซึ่งหากไม่สามารถหลีกเลี่ยงการก่อสร้างอาคารได้แล้ว สวนหลังคาที่ออกแบบเพื่อจำลองระบบซึมน้ำที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

3) เพิ่มพื้นที่ใช้สอย (economic benefits) และสวยงาม ในกรณีหลังคาหรือดาดฟ้าที่ถูกทิ้งให้เป็นเหมือนหลังบ้านที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ การออกแบบภูมิทัศน์ที่ดียังช่วยให้เกิดพื้นที่ใช้สอยที่เพิ่มมากขึ้น เช่น อาจปลูกพืชที่ใช้เป็นอาหาร (Urban agriculture) เพื่อใช้บริโภค และเป็นที่พักผ่อนหย่อนใจได้อีกด้วย ในอาคารเชิงพาณิชย์ไม่ว่าคอนโดมิเนียมหรืออาคารสำนักงาน การออกแบบให้มีพื้นที่สีเขียวที่ดาดฟ้าหรือในบางชั้นที่เปิดโล่ง สามารถใช้เป็นจุดขายและสร้างมูลค่าเพิ่ม (value added) ให้กับพื้นที่ขายอีกทางหนึ่ง โดยเฉพาะในส่วนที่อยู่ติดหรือได้รับวิวจากพื้นที่ภูมิทัศน์ดังกล่าว นโยบายให้โบนัสเป็นพื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้น หากมีส่วนหลังคา หรือเรียกว่า Green roofs bonus gross Floor Area (GFA) ที่ใช้ในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ใช้หลักการนี้ในการเพิ่มพื้นที่ขายหรือพื้นที่ floor area ได้หากมีพื้นที่ภูมิทัศน์หลังคา



ที่มา : URA, Singapore

ภาพที่ 37 กฎหมายในสิงคโปร์ (LUSH - Landscaping For Urban Spaces And High-Rises Policy) เอื้อให้เกิดพื้นที่สีเขียวบนอาคารและหลังคาเขียว

ในประเทศไทยเพื่อใช้ควบคุมการออกแบบ กฎหมายพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 หรือข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ว่าด้วยเรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 ได้กำหนด "ค่าน้ำหนักบรรทุก" ขึ้นต่ำของดาดฟ้าไว้ที่ 100 กิโลกรัม/ตารางเมตร ซึ่งค่อนข้างจำกัดในการใช้พื้นที่เพื่อการทำสวนหลังคา

4) ลดการเสียงลงได้ราว 40dB เป็นที่ทราบกันดีว่าต้นไม้ช่วยในการเป็นตัวกันและกรองเสียงลงได้ กรณีที่เด่นชัดได้แก่ สวนสาธารณะ Freeway Park ในนคร Seattle ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ใช้พื้นที่ดาดฟ้าอาคารส่วนที่ติดกับ Freeway จัดทำเป็นสวนสาธารณะ ทำให้เสียงอีกทีจากจราจรเข้าถึงอาคารได้เพียงบางส่วนเท่านั้น นอกจากนี้ยังช่วยกรองมลพิษอีกด้วย

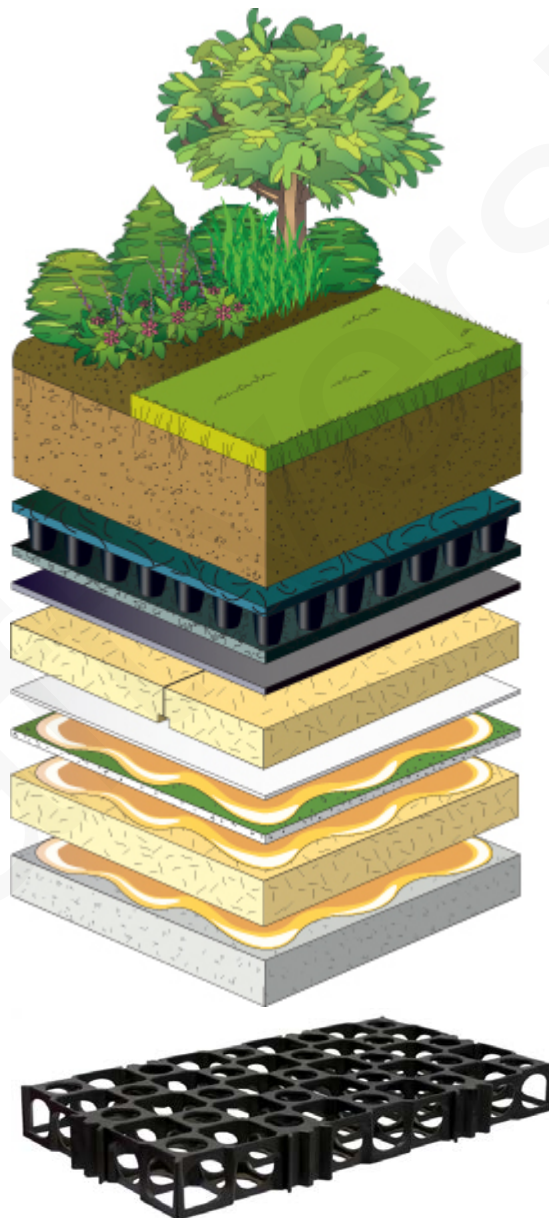
5) เป็นตัวช่วยกรองน้ำและอากาศเสีย (Air and water purification) และยังเป็นที่เก็บน้ำฝน (Rain harvesting) เพื่อนำกลับมาใช้ในอาคารได้ด้วย

6) เป็นการช่วยประหยัดการใช้พลังงาน (Energy efficiency) จากการใช้เครื่องปรับอากาศ ทำให้หลังคาที่รับและอมความร้อนไว้มีอุณหภูมิต่ำกว่าหลังคาที่ไม่มีต้นไม้ปกคลุม

## 2. ส่วนประกอบของสวนหลังคา

การออกแบบสวนหลังคามีสวนประกอบทั่วไปดังนี้ (ดูรูปประกอบจากล่างขึ้นบน)

- ชั้นรองพื้น (Sub grade)
- ชั้นกันชื้นกันซึม (Protection Fabric)
- ชั้นกันความร้อน (Insulation)
- ชั้นระบายน้ำ (Drain Boxes / Drainage Composite / Drainage Cell)
- ชั้นกันรากคอนกรีต (Edging / Root Barrier) หรือชั้นกรงเครื่องปลูก
- ชั้นเครื่องปลูก/วัสดุคลุมดิน (Growth Media / pavement / ground cover material)
- ส่วนประกอบอื่นๆ (Other Structure / furniture)



ที่มา : <http://www.carlisleroofgardens.com>

ภาพที่ 38 องค์ประกอบของสวนหลังคาแต่ละชั้น (บน) และลักษณะวัสดุชั้นระบายน้ำ (Drainage Cell) (ล่าง)

### 3. หลักเกณฑ์ในการออกแบบสวนหลังคา

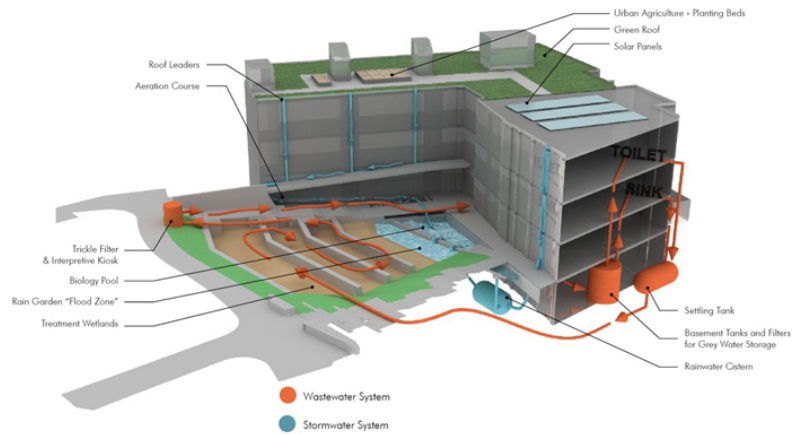
ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบสวนหลังคา ผู้ออกแบบต้องทำงานร่วมกับสถาปนิก วิศวกร ในประเด็นต่อไปนี้

- โครงสร้าง / การรับน้ำหนัก โดยเฉพาะน้ำหนักของเครื่องปลูกบริเวณต้นไม้ใหญ่ และสระน้ำ ภูมิสถาปนิกสามารถประเมินน้ำหนักของเครื่องปลูก (ดิน) และบ่อน้ำ ได้คร่าวๆ คือ ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีน้ำหนักกระทำต่อพื้นที่ลาดฟ้า 1 ตัน/ตารางเมตร
- ลม เนื่องจากบนชั้นสูงสุดของอาคารโดยเฉพาะอาคารสูงเป็นสภาวะที่มีลมแรงกว่าปรกติเป็นปัญหาในการออกแบบโครงสร้างบางประเภท และพืชพรรณบางชนิดอาจไม่สามารถทนต่อสภาวะดังกล่าวได้
- การระบายน้ำ / และการป้องกันการซึมน้ำ
- ลักษณะของพืชพรรณ : ดินปลูก, ระบบราก, การทนทานต่อลม
- ตำแหน่งช่องแสง (Skylight) / ช่องระบายอากาศ (Ventilation)
- ภูมิอากาศ : ความชื้นและความร้อน
- การเข้าถึง (Accessibility) / ลักษณะพื้นที่เพื่อการบำรุงรักษาและการกำหนดกิจกรรมการใช้สอย
- กระบะต้นไม้ แบ่งออกเป็น 3 ระดับขึ้นอยู่กับความลึกของเครื่องปลูกได้แก่ แบบตื้น (Shallow Assembly) มีความลึกระหว่าง 6.5-10 ซม., แบบปานกลาง (Medium Assembly) มีความลึกระหว่าง 12-20 ซม., แบบลึก (Deep Assembly) มีความลึกมากกว่า 20 ซม.

นอกจากนี้ยังมีแนวความคิดในการออกแบบสวนหลังคาอื่นๆอีก เช่น การใช้สวนหลังคาเป็นพื้นที่รับน้ำฝนและเก็บน้ำฝนไว้ใช้ (Rain garden / rain water harvesting), การใช้สวนหลังคาเพื่อปลูกพืชเพื่อใช้ประโยชน์อื่นๆ หรือที่เรียกว่าการเกษตรเมือง (Urban agriculture) เป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในขณะเดียวกันก็ยังใช้ประโยชน์ได้ เช่น การปลูกไม้ผล พืชผักสวนครัว เป็นต้น



ภาพที่ 39 ตัวอย่างภูมิทัศน์สวนหลังคา บนลาดฟ้าอาคารพักอาศัยเซนต์ลุ (Sentul) ออกแบบโดยสำนักงานภูมิสถาปนิก Seksan



ที่มา : <https://www.asla.org/sustainablelandscapes/>

ภาพที่ 40 สวนหลังคาที่สามารถเก็บกักน้ำฝนได้



ภาพที่ 41 สวนหลังคาที่สามารถเก็บกักน้ำฝนได้ โครงการโอเอซิส 21 (Oasis 21) ที่เมืองนาโงยา



ภาพที่ 42 หลังคาเขียวของอาคารมหาวิทยาลัย Ewha Women's University ในกรุงโซล ออกแบบโดยสถาปนิกชาวฝรั่งเศส Dominique Perrault



ภาพที่ 43 สวนหลังคาพริวพาร์ค เมืองซีแอตเติล มลรัฐวอชิงตัน



ภาพที่ 44 ตัวอย่างโครงการที่ใช้แนวคิดหลังคาเขียวในการออกแบบร้านอาหารที่การ์เดนบายเดอะเบย์ สิงคโปร์



ที่มา : LandProcess - Worldlandscapearchitect.com

ภาพที่ 45 แนวคิดการออกแบบ หลังคาเขียวของอุทยานเรียนรู้ป่าวัย 100 ปี

## เรื่องที่ 6.3.2

### ตัวอย่างการออกแบบสะพาน - สะพานแขวน สกายวอล์ค

การออกแบบงานภูมิทัศน์อาจมีความเกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างสะพานสำหรับคนข้ามบ้าง หรือโครงสร้างลักษณะยกลอยเหนือพื้นแบบสกายวอล์ค (Skywalk) ตอนที่ 6.3.3 นี้จึงมีวัตถุประสงค์ให้นักออกแบบภูมิทัศน์เข้าใจลักษณะเชิงโครงสร้าง เพื่อที่จะใช้ประโยชน์เชิงการใช้สอยและสะท้อนสัจธรรมของโครงสร้างออกมาได้อย่างลงตัวงดงาม โดยจะแยกแยะให้เห็นรูปแบบต่างๆของสะพานตามลักษณะการใช้งาน โครงสร้าง และวัสดุที่ใช้ และท้ายที่สุดจะเน้นที่ตัวอย่างการออกแบบสะพานคนเดิน และสะพานเขียว

#### 1. ประเภทของสะพานแบ่งตามสิ่งกีดขวาง/การใช้งาน

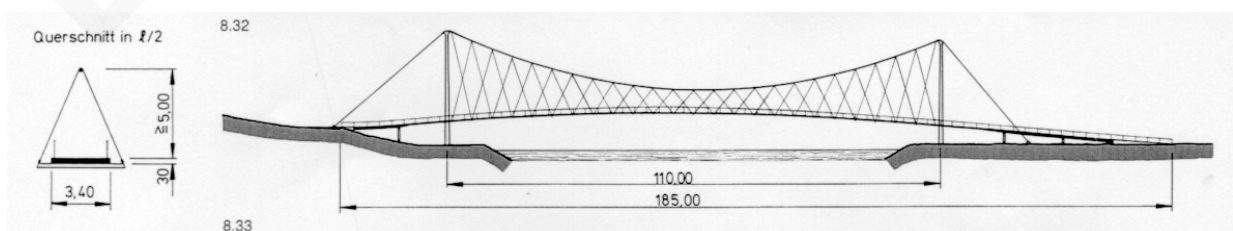
- 1) สะพานอาคารระบายน้ำ (drainage structure)
- 2) สะพานทางแยกต่างระดับ
- 3) สะพานรถ
- 4) สะพานรถไฟ
- 5) สะพานทางลำเลียง / สะพานลำเลียงน้ำ (Viaduct / Aqueduct)
- 6) สะพานคนเดิน (Pedestrian Bridge)
- 7) สะพานในสวน

#### 2. ประเภทของสะพานแบ่งตามอายุการใช้งาน

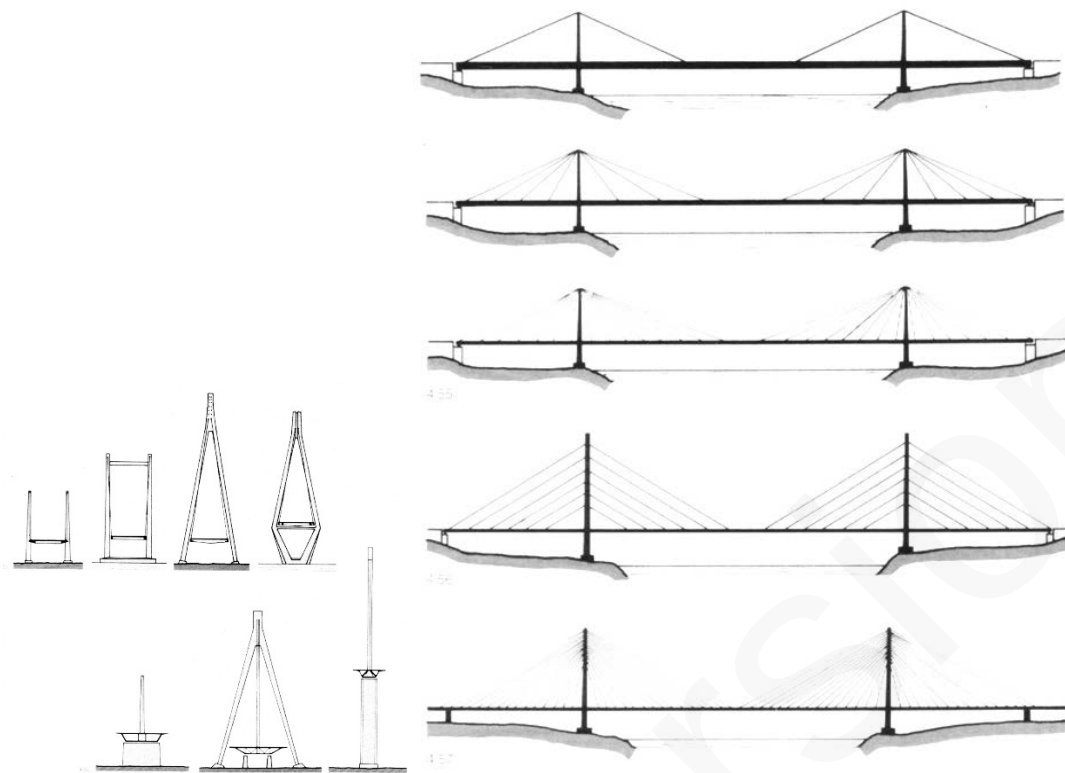
- 1) สะพานชั่วคราว
- 2) สะพานกึ่งถาวร
- 3) สะพานถาวร

#### 3. ประเภทของสะพานแบ่งตามลักษณะโครงสร้าง

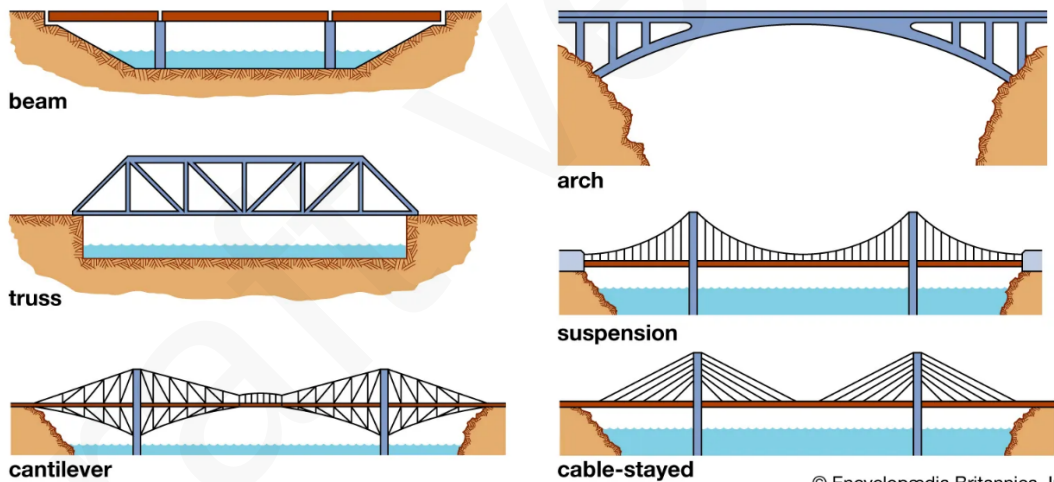
- 1) สะพานแบบแผ่นพื้น (Slab Type Bridge)
- 2) สะพานแบบคาน (Beam Bridge)
- 3) สะพานแบบโค้ง (Arch Bridge)
- 4) สะพานแบบโครงถัก (Truss Bridge)
- 5) สะพานแบบแขวน (Suspension Bridge)
- 6) สะพานแบบขึง (Cable Stayed Bridge)
- 7) สะพานโครงสร้างระบบแรงดึงสมบูรณ์ (Tensegrity)



ภาพที่ 46 แบบโครงสร้างสะพานแขวน (Suspension Bridge)



ภาพที่ 47 แบบโครงสร้างสะพานขึง (Cable Stayed Bridge)



© Encyclopædia Britannica, Inc.

ที่มา : Britannica Online Encyclopedia [www.britannica.com](http://www.britannica.com)

ภาพที่ 48 ประเภทของสะพานตามลักษณะโครงสร้าง

#### 4. ประเภทของสะพานแบ่งตามวัสดุก่อสร้าง

- 1) สะพานไม้
- 2) สะพานเหล็ก
- 3) สะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือคอนกรีตอัดแรง

#### 5. ปัจจัยในการจำแนกประเภทของสะพาน

- 1) ช่วงคาน (Span) แบ่งเป็นแบบช่วงเดียวหรือหลายช่วง (simple span), คานในแต่ละช่วงจะยึดติดกัน (continuous span), แบบโครงสร้างยื่น (cantilever span)

- 2) วัสดุ (Material) ได้แก่ หิน คอนกรีต โลหะ ฯลฯ
- 3) การวางผิวเส้นทางสัญจรลงบนโครงสร้าง ได้แก่ พื้นสะพาน (deck) ผ่านโครงสะพานที่เปิดด้านบน (pony) ผ่านโครงสะพานที่ปิดด้านบน (through)
- 4) ทางสัญจร (Travel surface)
- 5) รูปทรงโครงสร้าง ได้แก่ แบบคาน (beam) แบบโค้ง (arch) แบบถัก (truss) ฯลฯ

## 6. องค์ประกอบที่สำคัญของสะพาน

- 1) คาน (Beam)
- 2) คานพื้นสะพานคอนกรีต (Girder)
- 3) โครงถัก (Truss)
- 4) โครงสร้างทรงโค้ง (Arch)

### 6.1 คาน / คานพื้นสะพานคอนกรีต (Beam & Girder)

- 1) แบบแผ่นพื้น (Deck)
- 2) แบบแผ่นคานพื้น (Deck plate girder)
- 3) แบบโครงโพนี (Pony Plate Girder)
- 4) แบบแผ่นประกบ (Haunched Girder / Splice plates)
- 5) แบบคานสามระนาบหรือคานออร์โธโทรปิก (Orthotropic beam)

### 6.2 โครงสร้างโครงข้อแข็ง (Rigid Frame)

- 1) ขาเอียง (Inclined leg)
- 2) ขารูปตัววี (V-leg)
- 3) เป็นการผนวกโครงสร้างส่วนบน (superstructure) และโครงสร้างส่วนล่าง (substructure) เข้าด้วยกัน

### 6.3 ข้อต่อ/จุดหมุนของโครงสร้างโค้ง (Arch connection - Hinges)

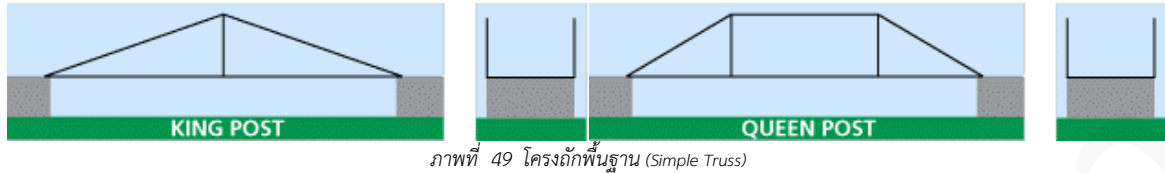
- 1) แบบยึดกับฐานรอง (Fixed หรือ 0 hinge arch)
- 2) แบบหนึ่งจุด (1 - hinged arch)
- 3) แบบสองจุด (2 - hinged arch)
- 4) แบบสามจุด (3 - hinged arch)

### 6.5 สันฐานของส่วนโค้ง (Configuration of the arch)

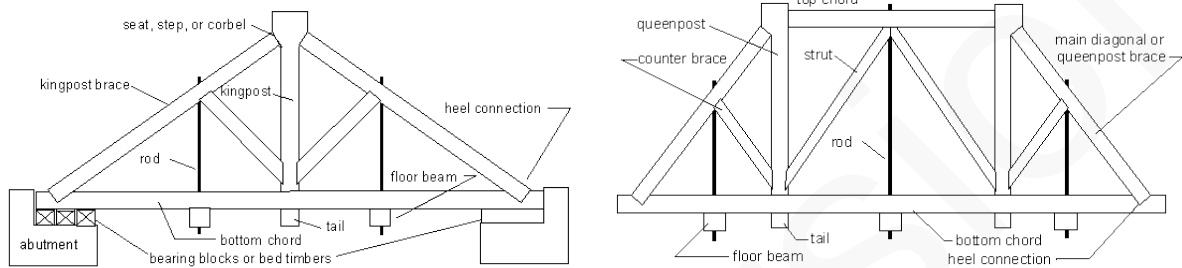
- 1) แบบทึบตัน (Solid ribbed)
- 2) แบบถัก (Braced ribbed หรือ trussed arch)
- 3) โค้งปล้องแบบขั้วสแปนเดรล (Spandrel braced)
- 4) โค้งพยุ่ง (Tied Arch) แบบแขวน (Suspension type)
- 5) โค้งยื่นไปรับ (Cantilever Arch)
- 6) โค้งโครงถัก (Trussed through Arch Bridge)
- 7) พื้นโครงถัก (Trussed deck)
- 8) สะพานโค้ง (Arch Bridges)

## 6.6 โครงถักพื้นฐาน (Trussed - Simple types)

- 1) แบบคิงโพสต์ (King Post Truss)
- 2) แบบควีนโพสต์ (Queen Post Truss)



ภาพที่ 49 โครงถักพื้นฐาน (Simple Truss)

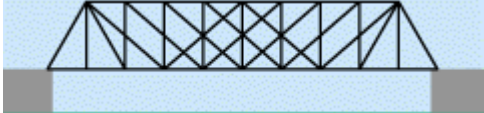


ที่มา : US Department of Transport

ภาพที่ 50 แบบสะพานที่ใช้โครงถักพื้นฐาน แบบคิงโพสต์ (ซ้าย) แบบควีนโพสต์ (ขวา)

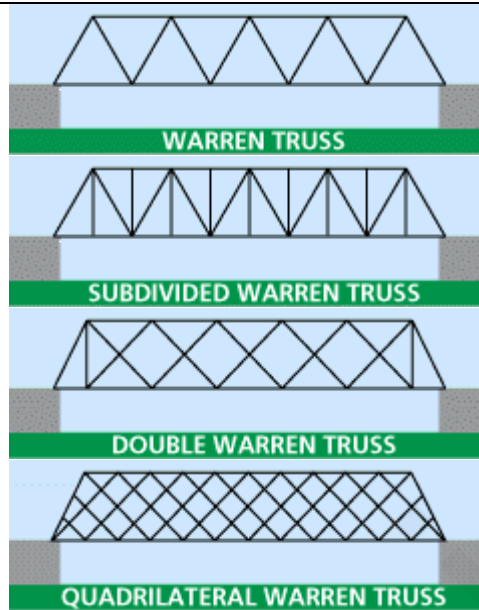
ตารางที่ 2 พัฒนาการของสะพานโครงถักรูปแบบต่างๆ

| รูปแบบ                                                  | ภาพประกอบ |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| Covered Bridge Types (Wood Truss)                       |           |
| 1) Multiple Kingpost Truss                              |           |
| 2) Howe Truss                                           |           |
| 3) Long Truss                                           |           |
| 4) Childs Truss (modified from Multiple Kingpost, 1846) |           |
|                                                         |           |

|                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Additional Covered Bridge Design (Truss)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Burr Arch Truss (1804)</li> <li>2) Town Lattice Truss (1820)</li> <li>3) Haupt Truss (1839)</li> </ol>                                                            |  <p><b>BURR ARCH TRUSS (covered)</b></p>  <p><b>BURR ARCH TRUSS (covered)</b></p>  <p><b>HAUPT TRUSS (covered)</b></p>                                                                                                                                     |
| <p>Additional Covered Bridge Design (Truss)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Smith Truss (1867-1869)</li> <li>2) Partridge Truss (modified from Smith's)</li> </ol>                                                                            |  <p><b>SMITH TRUSS (covered)</b></p>  <p><b>PARTRIDGE TRUSS (covered)</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>Truss - Pratt variations (มักใช้กับ Railways)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Simple Pratt Truss (1844)</li> <li>2) Parker 'Camelback' Pratt Truss</li> <li>3) Baltimore Pratt Truss</li> <li>4) Pennsylvania Petit Pratt Truss</li> </ol> |  <p><b>PRATT TRUSS</b></p>  <p><b>PARKER "CAMELBACK" (PRATT) TRUSS</b></p>  <p><b>BALTIMORE (PRATT) TRUSS</b></p>  <p><b>PENNSYLVANIA-PETIT (PRATT) TRUSS</b></p> |
| <p>Whipple Truss (Stronger version of Pratt Truss)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Trapezoidal form</li> <li>2) Bowstring form</li> </ol>                                                                                                     |  <p><b>WHIPPLE TRAPEZOIDAL TRUSS</b></p>  <p><b>WHIPPLE BOWSTRING TRUSS</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                          |

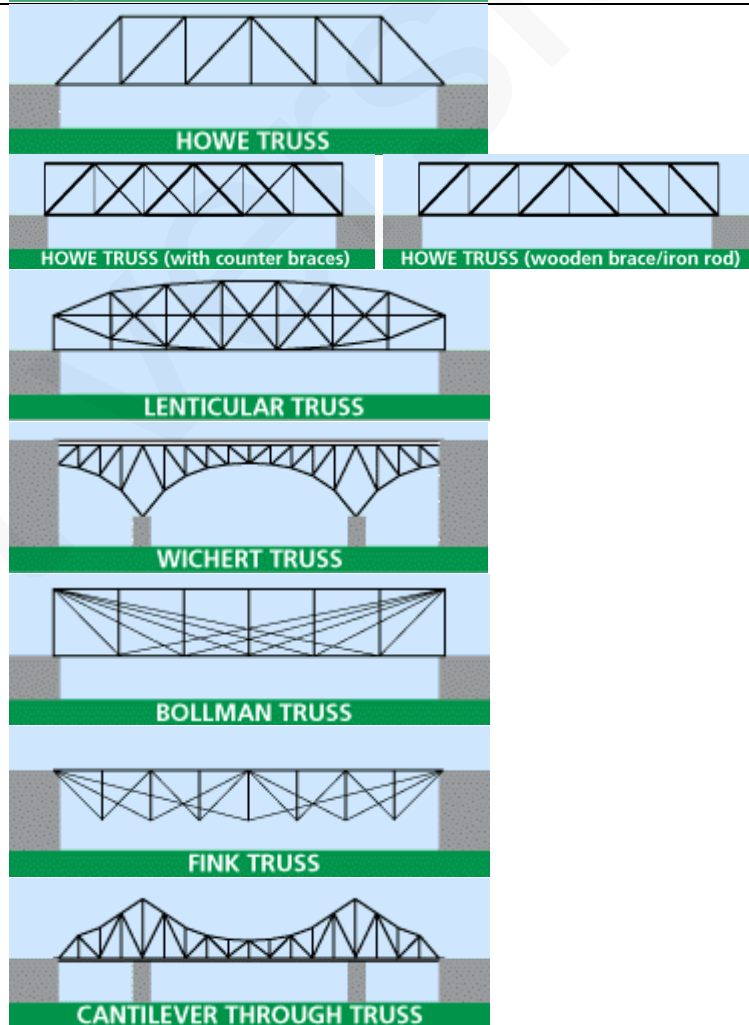
#### Truss - Warren variations

- 1) Warren Truss
- 2) Subdivided Warren Truss
- 3) Double Warren Truss
- 4) Quadrilateral Warren Truss



#### Truss - Other types

- 1) Howe Truss
  - Simple Howe Truss
  - With counter Braces
  - Wooden Brace/iron Rod
- 2) Lenticular Truss (Pauli Truss)
- 3) Wichert Truss
- 4) Bollman Truss
- 5) Fink Truss
- 6) Cantilever Types – Truss



## 7. สะพานคนเดิน (Pedestrian Bridge) และสกายวอล์ค

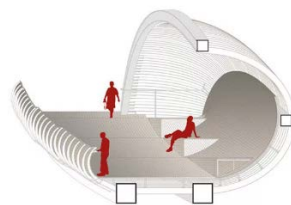
สะพานคนเดินเป็นโครงสร้างสะพานที่กำลังเป็นที่นิยมอย่างมาก ในต่างประเทศมีการประกวดออกแบบเพื่อให้กลายเป็นจุดสนใจของเมือง หรือใช้เป็นเส้นทางเดินท่องเที่ยวที่ได้มุมมองแปลกตา เชื่อมโยงอาคารหรือสถานที่ต่างๆ เข้าด้วยกัน



ภาพที่ 51 สะพานคนเดิน ที่ระลึกลัทธิสัจธรรม (Millennium Bridge) ที่กรุงลอนดอน (ซ้าย) และกรุงกลาสโกว์ (ขวา)



ภาพที่ 52 สะพานคนเดิน (Passerelle Solferino Pont) ที่กรุงปารีส



ภาพที่ 53 สะพานคนเดินที่ได้ชื่อว่าสวยที่สุด ([admiddleeast.com](http://admiddleeast.com)) ใช้โครงสร้างแรงดึง (Catenary) คือสะพานเอนเดอร์สันเวฟ (Henderson Wave Bridge) ในสิงคโปร์

## 8. สะพานเขียว (Eco-Bridge)

ทางหลวงที่มีความจำเป็นต้องตัดผ่านพื้นที่ป่าหรือพื้นที่นิเวศ ทำให้ความเชื่อมโยง 2 ฝั่งถูกตัดขาดลง วิศวกรทางหลวงมักมีทางเลือกที่จะต่อเชื่อมนิเวศหรือผืนป่า 2 ฝั่งเข้าด้วยกัน โดยใช้สะพานเขียวนี้



ที่มา : Urban Planning & Design Institute, Beijing Tsinghua University

ภาพที่ 54 สะพานเขียวที่เชื่อมพื้นที่อุทยานโอลิมปิก ที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนโดยถนนวงแหวน เข้าด้วยกัน

## 9. พื้นทางเดินยกระดับ (Boardwalk)

ทางเดินยกระดับ (Boardwalk) เป็นโครงสร้างที่ใช้ในการออกแบบภูมิทัศน์ในพื้นที่ที่ไม่ต้องการให้โครงสร้างประทับลงในพื้นที่ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากพื้นที่นั้นมีระดับต่ำ มีน้ำขัง หรือมีระบบนิเวศที่ควรเก็บรักษาไว้ มักพบเห็นได้ในอุทยานแห่งชาติ (National Parks) เส้นทางเดินท่องเที่ยวในพื้นที่ธรรมชาติ เช่น วนอุทยาน (Forest Parks) พิพิธภัณฑ์กลางแจ้ง ป่าชายเลน ฯลฯ



ภาพที่ 55 ทางเดินยกระดับและทางเดินชมยอดต้นไม้ (Canopy Boardwalk) ที่สวนเด็กเล่นจาคอบบาลาส (Jacob Ballas Children's Garden) ประเทศสิงคโปร์

## 10. หลักในการออกแบบสะพาน

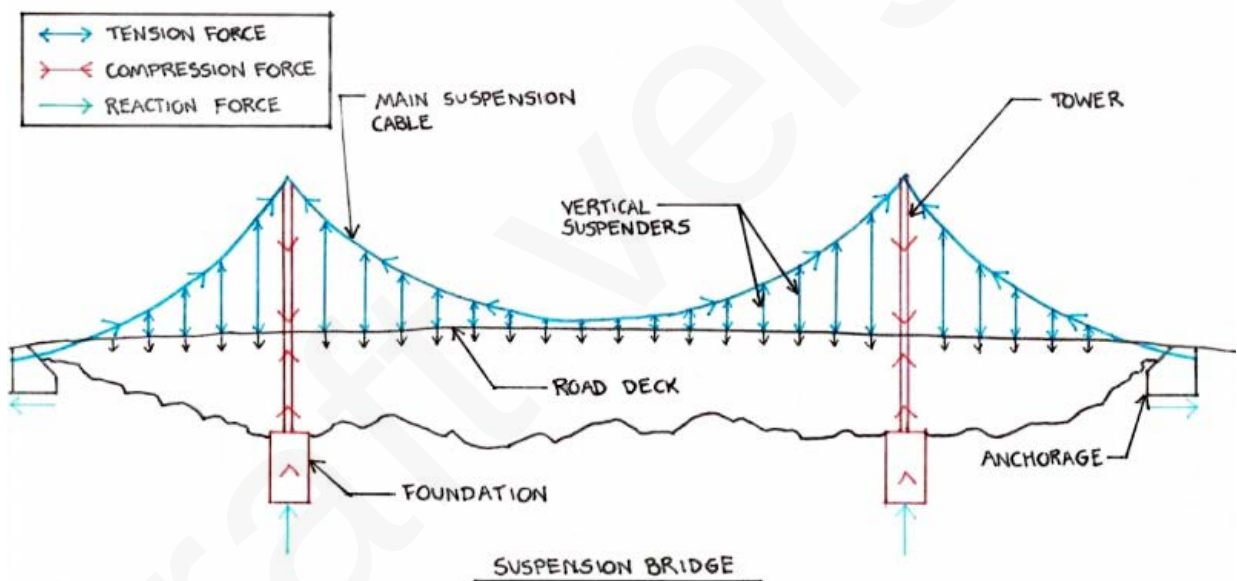
1. กำหนดความยาวสะพาน โดยควรเลือกช่วงที่สั้นที่สุดของสิ่งกีดขวางนั้นๆ
2. ในกรณีสะพานข้ามแม่น้ำ ให้สำรวจข้อมูลของทางน้ำ
  - 2.1 รูปตัดลำน้ำ แสดงความกว้างและลักษณะภูมิประเทศทั้ง 2 ฝั่ง
  - 2.2 ระดับน้ำสูง - ต่ำสุด
  - 2.3 สภาพดินท้องน้ำ

2.4 ลักษณะการสัญจรในทางน้ำ เช่น ขนาดเรือใหญ่ที่สุด ใช้ในการกำหนดช่วงลอดสะพาน (Span) ระดับความสูงจากผิวน้ำของพื้นสะพาน

2.5 ข้อมูลอื่น ๆ

## 11. ขั้นตอนในการออกแบบ

1. เขียนรูปตัดลำน้ำจากข้อมูลสำรวจ คำนวณปริมาณน้ำ โดยให้มีทางน้ำไหลอย่างน้อยเท่ากับ หน้าตัดของ ท้องลำน้ำหรือมากกว่า หรืออาจคำนวณจากข้อมูล อุทกวิทยา โดยใช้แผนที่ซึ่งกำหนดเส้นชั้นความสูง (Base Map Contour)
2. ลากเส้นลาดริมตลิ่ง ความชัน 1:2 (ตั้ง : ราบ)
3. กำหนดระดับพื้นสะพาน (จากข้อมูลที่ได้)
4. จากจุดที่เส้นลาดริมตลิ่งตัดกับเส้นระดับพื้นสะพาน วัดระยะ เข้ามาในแนวสะพาน 2 เมตร (Off-set) จะได้ ตำแหน่งของตอม่อช่วงแรก และช่วงสุดท้าย ซึ่งทำให้ทราบความยาวสะพาน
5. แบ่งส่วนสะพานตามความเหมาะสม แต่ไม่ควรให้ตำแหน่งของตอม่อช่วงกลางอยู่กึ่งกลางลำน้ำ
6. นำช่วงสะพานที่แบ่งได้มาพิจารณาออกแบบโครงสร้างสะพาน



ที่มา : เอกสารประกอบการสอน วิชา LA Con 3 รศ.ดร.เสวกชัย ตั้งอร่ามวงศ์

ภาพที่ 56 ภาพสเก็ตหลักการออกแบบโครงสร้างสะพานแขวนของวิศวกรโครงสร้าง

## เรื่องที่ 6.3.3

### ตัวอย่างการออกแบบเขื่อนกันตลิ่ง กำแพงกันน้ำ – กำแพงดิน ทางลาด บันได ต่างระดับ อัมจันทร์ ร้ว ศาลา เฟอร์นิเจอร์สนาม

การออกแบบก่อสร้างภูมิทัศน์นั้นเป็นศาสตร์และศิลป์ กล่าวคือเกี่ยวข้องกับความสุนทรีย์ของพื้นที่ ในขณะเดียวกันยังต้องสอดคล้องของระบบทางวิศวกรรมและโครงสร้าง นอกจากนี้ยังต้องเหมาะสมกับกิจกรรม ทำให้การใช้สอยและสัญจรอย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ส่งผลกระทบ หรือบรรเทาผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ระบบนิเวศในพื้นที่เดิม หรือพื้นที่เดิมอาจมีปัญหาในเชิงเทคนิค เช่น มีความชันเกินกว่าจะเกิดการสัญจรโดยสะดวกได้ หรืออาจไม่ราบเรียบพอจะเล่นกีฬาได้ งานออกแบบภูมิทัศน์ที่ได้นั้นจึงจำเป็นต้องผสมผสานความรู้ด้านวิศวกรรมและเทคนิคการก่อสร้างที่ดีพอที่จะสามารถปรับใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆได้ทั้งด้านระบายน้ำ มุมมอง และการใช้สอย การผสมผสานศิลป์ของศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมนี้เกี่ยวข้องกับการอยู่ตัวของแผ่นดิน สภาพและลักษณะทางธรณีวิทยาของดินและหินในพื้นที่ การออกแบบพืชพรรณเพื่อเสริมการอยู่ตัวของดินหรือป้องกันการกัดเซาะพังทลายอีกทั้งเกี่ยวข้องกับความสวยงามของพื้นที่ ในตอนนี้จะนำเสนอภาพตัวอย่างโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เขื่อนกันตลิ่ง กำแพงกันน้ำ – กำแพงดิน ทางลาด – บันไดต่างระดับ ร้ว ศาลา และเฟอร์นิเจอร์สนาม (Site Furniture)

#### 1. ตัวอย่างการออกแบบเขื่อนกันตลิ่ง

จากตัวอย่างงานออกแบบดังที่จะนำเสนอต่อไปนี้ จะเห็นได้ว่าผู้ออกแบบสามารถใช้หลักการทางด้านวิศวกรรมและโครงสร้างรับน้ำหนักในรูปแบบต่างๆ มาดัดแปลงออกแบบให้สอดคล้องกับการใช้สอยและให้ความสวยงาม ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด ได้แก่ กล่องลวดตาข่าย (Gabion baskets / Gabion box) ซึ่งมีลักษณะเป็นลวดตาข่ายทำด้วยเหล็กเคลือบที่นอกจากจะนำมาใช้ในโครงสร้างเขื่อนริมตลิ่งแบบที่ใช้กันอยู่เดิม ยังสามารถดัดแปลงมาใช้ในงานออกแบบภูมิทัศน์ได้อย่างหลากหลาย

ในทางวิศวกรรมเมื่อได้กล่าวถึงโครงสร้างเพื่อป้องกันการกัดเซาะของตลิ่งริมน้ำลักษณะต่างๆ รวมทั้งโครงสร้างกันการกัดเซาะของคลื่นลมชายฝั่งทะเล ก็มักจะโยงไปถึงโครงสร้างกำแพงกันดิน (Retaining Wall) ด้วย ซึ่งปัจจุบันจะเห็นว่ามีมีการนำเอาโครงสร้างที่ปกติใช้ในการทำเขื่อนริมตลิ่งเช่นกล่องลวดตาข่ายเกเบียนมาทำเป็นกำแพงกันดินด้วยเพิ่มเติมจากโครงสร้างคอนกรีต บล็อกคอนกรีต

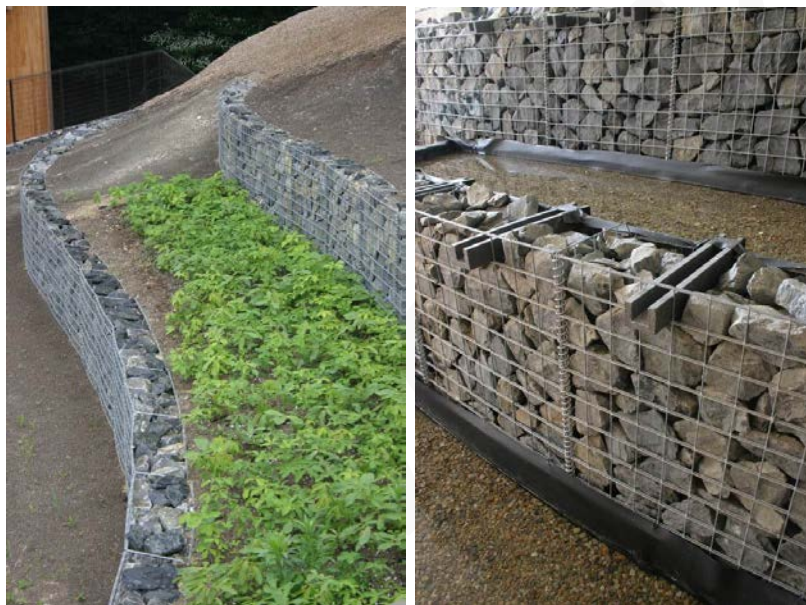
นอกจากนี้ทางด้านวิศวกรรมชายฝั่ง ยังมีโครงสร้างกันการกัดเซาะรูปแบบอื่นๆอีก เช่น คันหินแบบบรอดก์ทรายรูปตัวที (T-Groin) ก้อนคอนกรีตบล็อกแบบยึดสลัก (interlocking) กำแพงกันคลื่นได้ทะเลแบบก้อนคอนกรีตหลาย/ห้าขา (tetrapod) แนวเขื่อนสลวยคลื่นรูปทรงสามเหลี่ยมตั้งเรียงแถว 3 ชั้น “ขุนสมุทรจีน 49A2” (ออกแบบโดย ศ.ดร. ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล) แนวกันคลื่นแบบไส้กรอกทราย เป็นต้น



ภาพที่ 57 ภาพถ่ายดาวเทียม จากกูเกิลเอิร์ธ แสดงสภาพชายหาดรูปร่างแปลกตา ที่เกิดจากโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งโดยใช้หินรอกดักทรายรูปแบบต่างๆในจังหวัดเพชรบุรี (บน), แนวตลิ่ง แบบใช้ก้อนคอนกรีตบล็อกแบบยึดสลัก (interlocking) (แถวกลาง). การทำกำแพงกันคลื่นได้ทะเลในพื้นที่ถมทะเล โดยใช้ก้อนคอนกรีต5ขา (tetrapod) และ การใช้เสาไฟฟ้าและยางรถยนต์บรรเทาแรงปะทะกันแรงกันเซาะหาดโคลน ชายฝั่งทะเลบางปู (แถวล่าง)

## 2. ตัวอย่างการออกแบบกำแพงกันดินและกำแพงรับน้ำหนัก

ตัวอย่างงานออกแบบกำแพงที่ใช้แนวคิดทางโครงสร้างในด้านการรับน้ำหนักที่น่าสนใจนั้น น่าจะอยู่ที่การเลือกเทคนิคและวัสดุที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ เนื่องจากกำแพงเป็นโครงสร้างที่ใช้แก้ปัญหาการอยู่ตัวของดินคล้ายเขื่อน จึงต้องคำนึงถึงผลกระทบในเรื่องการระบายน้ำจากโครงสร้างที่เกิดขึ้นใหม่แทนที่สภาพพื้นที่เดิม ความสวยงามและมุมมองที่กำแพงนี้มีความสูงจนบดบังสายตา หรือจนเกิดทัศนอุจาดได้ นักออกแบบจึงพึงออกแบบและตรวจเช็คมุมมองอย่างรอบด้าน ทั้งจากภายในพื้นที่เอง ในระยะต่างๆ รวมทั้งจากภายนอกพื้นที่โครงการ ตัวโครงสร้างกำแพงเองยังช่วยโอบล้อมพื้นที่ว่างให้เป็นสัดส่วนเช่นเดียวกับรั้ว (ข้อ 4) แต่หากความสูงของกำแพงไม่เหมาะสม นอกจากการออกแบบเชิงโครงสร้างจะสิ้นเปลืองโครงสร้างเพิ่มขึ้นแล้ว ยังอาจส่งผลกระทบทางสายตาและความรู้สึกรับรู้อีกด้วย หลักการและเทคนิคเชิงโครงสร้างของการออกแบบกำแพงกันดินและกำแพงรับน้ำ ยังสามารถใช้ร่วมกับการออกแบบเฟอร์นิเจอร์สนาม (ข้อ 5) บันไดต่างระดับ อัจฉริยะ (ข้อ 3) ได้อีกด้วย



ภาพที่ 58 โครงสร้างกันการพังทลายโดยใช้กล่องลวดตาข่ายชุบสังกะสีที่แข็งแรงบรรจุหิน (gabion box) มาดัดแปลงใช้เป็นขอบกระยะกำแพงกันดิน และเป็นการแสดงความสวยงามตามลักษณะดั้งเดิมของโครงสร้าง



ภาพที่ 59 หมู่บ้านเครื่องปั้นดินเผาโทโกนาเมะ (Tokoname Pottery Village) ดัดแปลงใช้ผลิตภัณฑ์พื้นถิ่นมาวางซ้อนเป็นกำแพงกันดิน



ภาพที่ 60 การออกแบบป้องกันคลื่นแบบหินทิ้ง (Rip-rap) และกำแพงกันดินแบบก้อนอิฐสำหรับเรือรูป

### 3. ตัวอย่างทางลาด (Ramp) – บันไดต่างระดับ อัฒจันทร์

การออกแบบทางลาดหรือแรมพ์ (Ramp) และบันไดต่างระดับนั้น เป็นการออกแบบเชิงโครงสร้างที่ใช้โดยทั่วไปในการออกแบบภูมิทัศน์ โดยเฉพาะในงานออกแบบพื้นที่สาธารณะที่รองรับคนจำนวนมาก และเป็นอารยสถาปัตย์ (Universal Design) หรือการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล คือทุกคนรวมไปถึงเด็ก คนชรา หรือคนพิการ เพื่อให้เข้าใช้พื้นที่ได้โดยไม่เหลื่อมล้ำ โดยหลักการในเชิงโครงสร้างอาจไม่ได้ซับซ้อนมาก แต่ในเชิงเทคนิคและการใช้สอย อาจต้องมีการออกแบบให้ใช้งานได้ ได้แก่ เรื่องความลาดชันอยู่ในความสามารถที่รถเข็น ผู้สูงอายุ และผู้พิการสามารถใช้ได้ โดยสอดคล้องกับกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อ 8 ของกฎกระทรวงกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพ และคนชรา (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2564 ได้ระบุไว้เกี่ยวกับทางลาดดังนี้

ทางลาดให้มีลักษณะ ดังต่อไปนี้

(๑) พื้นผิวทางลาดต้องเป็นวัสดุที่ไม่ลื่น

(๒) พื้นผิวของจุดต่อเนื่องระหว่างพื้นกับทางลาดต้องเรียบไม่สะดุด

(๓) มีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า ๙๐ เซนติเมตร ในกรณีเป็นทางลาดแบบสองทางสวนกันให้มีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า ๑.๕๐ เมตร

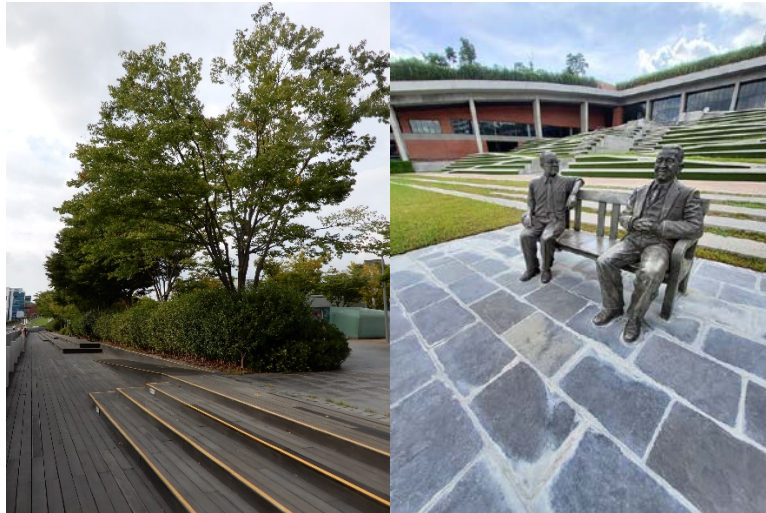
(๔) มีพื้นที่หน้าทางลาดเป็นที่ยาวไม่น้อยกว่า ๑.๕๐ เมตร

(๕) มีความลาดชันไม่เกิน ๑ : ๑๒ และมีความยาวช่วงละไม่เกิน ๖ เมตร ในกรณีที่ทางลาดยาวเกิน ๖ เมตร ต้องจัดให้มีบันทึกลูกเตี้ยไม่น้อยกว่า ๑.๕๐ เมตร คั่นระหว่างแต่ละช่วงของทางลาด

(๖) ทางลาดด้านที่ไม่มีผนังกันให้ยกขอบสูงจากพื้นผิวของทางลาดไม่น้อยกว่า ๑๐ เซนติเมตรและต้องมีราวจับและราวกันตก

(๗) ทางลาดที่มีความยาวตั้งแต่ ๑.๘๐ เมตรขึ้นไป ต้องมีราวจับทั้งสองด้าน และทางลาดที่มีความกว้างตั้งแต่ ๓ เมตรขึ้นไป ต้องมีราวจับห่างกันไม่เกิน ๑.๕๐ เมตร ทั้งนี้ กรณีที่ต้องติดตั้งราวจับเพิ่มเติม ทางลาดนั้นจะต้องเหลือพื้นที่เพียงพอสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพ หรือคนชราที่ใช้เก้าอี้ล้อสามารถเข้าออกได้อย่างสะดวก

นอกจากนี้ในการออกแบบอัฒจันทร์ จากกฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2565 ได้ระบุไว้ว่าอัฒจันทร์ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตรขึ้นไปต้องมีวิศวกรที่มีใบอนุญาตฯ ออกแบบมาตรฐานและกฎหมายดังกล่าว แม้จะมุ่งเน้นควบคุมการออกแบบสถาปัตยกรรมเป็นหลัก แต่ในการออกแบบภูมิทัศน์ในพื้นที่กลางแจ้งนี้ ผู้ออกแบบสามารถใช้กฎหมายดังกล่าวเป็นแนวทางในการออกแบบ แล้วจึงเลือกเทคนิคและการออกแบบเชิงโครงสร้างต่อไป



ภาพที่ 61 การเลือกแก้ปัญหาการเปลี่ยนระดับ ด้วยขั้นบันได (steps) และทางลาด (ramp) ในพื้นที่กลางแจ้ง โดยใช้ไม้ (ซ้าย) และผสมคอนกรีต หิน ภูเขา (ขวา)



ภาพที่ 62 สวนเบญจกิติใช้ขั้นบันได ออกแบบเป็นเวทีกลางแจ้ง อัฒจันทร์สำหรับกิจกรรมนอกประสงค์ และเป็นที่รองรับน้ำ



ภาพที่ 63 การเล่นระดับผสมผสานการใช้ขั้นบันได ทางลาด เนินดิน และบ่อน้ำพุ ได้อย่างลงตัว



ภาพที่ 64 โครงสร้างที่ผู้ออกแบบ ทำให้เกิดการใช้อย่างอเนกประสงค์ เช่น เป็นการเปลี่ยนระดับ กำแพงกันดินและเป็นที่นั่งที่เรียกว่าซีทวอลล์ (Seat-wall) ที่อุทยานจุฬาลงกรณ์ 100 ปี (ซ้าย) และทางเดินบันไดลอยฟ้าเป็นจุดชมวิว และเป็นศาลาพักผ่อนได้ ในสวนเบญจกิติ (ขวา)



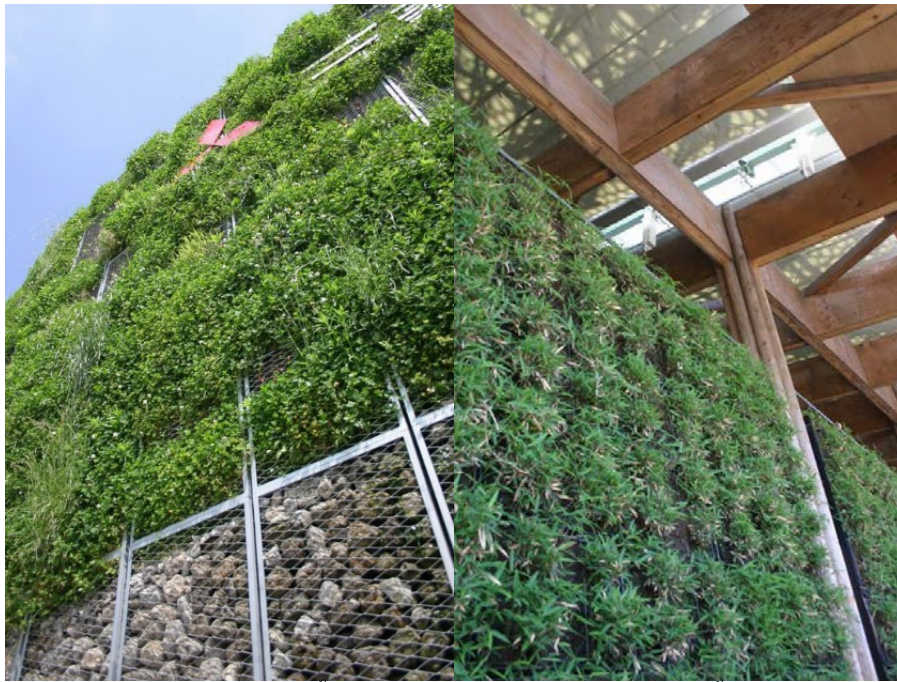
ภาพที่ 65 ที่นั่ง กำแพงกันดิน ที่เรียกว่า ซีทวอลล์ บริเวณลานจามจุรีทรงปลูก หลังพระรูป2รัชกาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



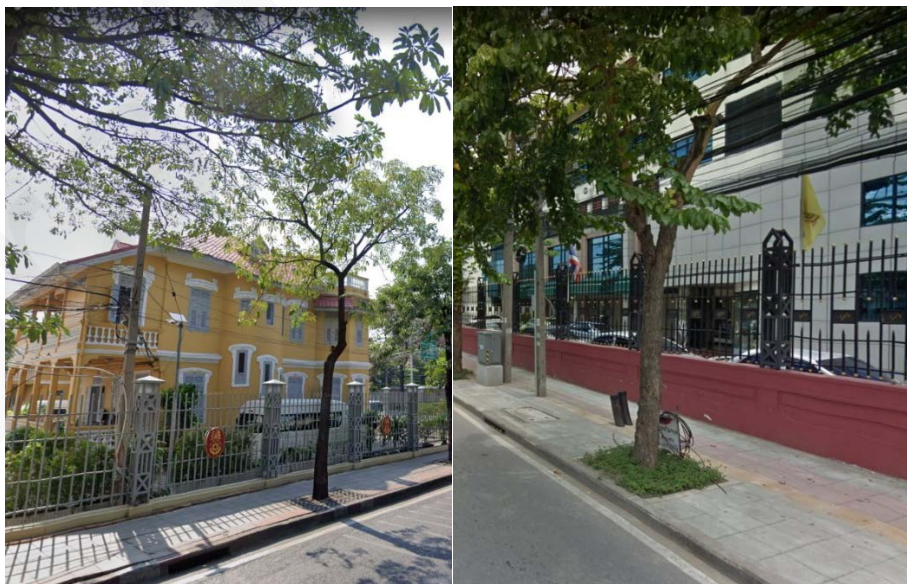
ภาพที่ 66 สวนรับน้ำฝนบริเวณริมถนน (ซ้าย) และสวนพืชน้ำบนหลังคาเขียว (ขวา)

#### 4. ตัวอย่างการออกแบบรั้ว

ตามที่ได้เกริ่นไว้ในข้อ 2 ตัวอย่างการออกแบบรั้ว มีความใกล้เคียงกับกำแพงอื่นๆ ในเชิงโครงสร้างอาจเกี่ยวข้องกับการรับน้ำหนักดินในอีกด้านหนึ่งของรั้วหรือกำแพง แต่หากรั้วตั้งอยู่ในพื้นที่ราบสม่ำเสมอ ทั้งภายในพื้นที่โครงการและนอกพื้นที่โครงการ การออกแบบรั้วอาจมีเพียงน้ำหนักตัวรั้วเอง และไม่มีแรงอื่นมากระทำมากนัก การออกแบบรั้วจึงสามารถออกแบบให้ดูโปร่ง สวยงาม หรือมีลักษณะอื่น เช่น รั้วต้นไม้หรือกำแพงเขียว (Green wall) ได้



ภาพที่ 67 ผืนหญ้าหรือรั้วที่ดัดแปลงใช้โครงสร้างที่แข็งแรงและยอมให้ต้นไม้ขึ้นได้



ภาพที่ 68 รั้วสำนักงานตรวจสอบภายในทหารบก (ซ้าย) และมหาวิทยาลัยสวนดุสิต (ขวา) เป็นแบบรั้วโปร่งจากต้นฉบับเดียวกัน ที่ อริยา อรุณินท์ ออกแบบไว้ที่ กรมบังคับคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ สำนักงาน ปปช. ถนนพิษณุโลก โดยจะเห็นได้ว่าไม่ปรากฏโครงสร้างคอนกรีตที่บดบังสายตา โครงสร้างรับน้ำหนักรั้วจะอยู่ใต้ระดับคานาคอดินลงมา

## 5. ตัวอย่างการออกแบบศาลา เฟอร์นิเจอร์สนาม (Site Furniture)

ท้ายสุดในหน่วยนี้จะกล่าวถึงตัวอย่างการออกแบบเชิงโครงสร้างอื่นๆ ซึ่งแท้จริงแล้วงานออกแบบภูมิทัศน์ยังสามารถออกแบบเฟอร์นิเจอร์สนาม ได้อีกหลากหลายมากกว่าที่ได้ยกตัวอย่างไปแล้ว ไม่ว่าจะเป็นศาลา ประติมากรรมรูปทรงต่างๆ ป้าย ป้ายนำทางและสื่อความหมาย ถังขยะ เก้าอี้นั่ง ฯลฯ และนักออกแบบสามารถประยุกต์ใช้หลักการเชิงโครงสร้างมาใช้ในการออกแบบรองรับน้ำหนักตามทฤษฎีและปัจจัยต่างๆ ที่ได้อธิบายไปในหน่วยที่ 6 นี้ ได้แก่ โครงสร้างใต้ดิน และส่วนที่อยู่เหนือนดิน แล้วนำไปปรับใช้วิศวกรโครงสร้างในการคำนวณเพื่อออกแบบโครงสร้างต่อไปได้ โดยสรุปนักออกแบบที่ดีย่อมสามารถออกแบบให้มีทั้งประโยชน์ใช้สอย ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งาน มีความสวยงาม ประหยัดแต่ทนทานยั่งยืน และไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ทั้งระบบนิเวศ และมลพิษ (ผลกระทบทางสายตาและมุมมอง) และควรให้ความสำคัญต่อการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศที่สูญเสียไปแล้วให้กลับมาสมบูรณ์มากขึ้น

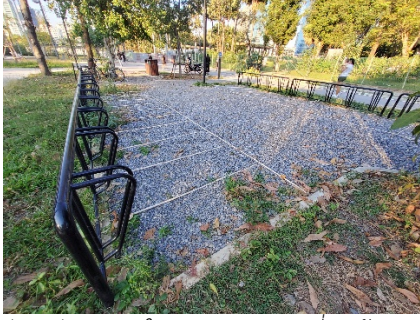
จึงควรตระหนักว่าการออกแบบภูมิทัศน์นี้เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (Creative Economy) ที่นำพาสิ่งดีๆ ต่อคุณภาพชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และเป็นการสร้างสรรค์และผสมผสานศาสตร์และศิลป์ได้อย่างลงตัว ท้นต่อสถานการณ์การคุกคามจากการแปรปรวนของภูมิอากาศและภัยพิบัติต่างๆ อีกทั้งยังมีส่วนในการอนุรักษ์ไว้ซึ่งภูมิทัศน์วัฒนธรรม (Cultural landscape) และมรดกทางวัฒนธรรมของชาติ มีบทบาทสำคัญในการสื่อสารต่อสังคมนำพาให้งานภูมิทัศน์และวิชาชีพที่เกี่ยวข้องได้ผลตอบรับในทางบวกกว่าที่เป็นอยู่ต่อไป



ภาพที่ 69 งานศิลปะ เช่น ประติมากรรม เป็นส่วนประกอบที่สามารถออกแบบติดตั้งบนฐานให้สอดคล้องกับพื้นที่



ภาพที่ 70 ประติมากรรมเด็กกระโดดน้ำ ที่คูเมืองโคราช (ซ้าย) และ ประติมากรรมค่ายพม่าจำลองประวัติศาสตร์ ที่พระราชานุสาวรีย์สมเด็จพระสุริโยทัย (ขวา)



ภาพที่ 71 เฟอร์นิเจอร์สนาม ภายในสวนเบญจกิติ เช่น ที่จอดรถจักรยานและเส้นแบ่ง บนพื้นที่กรวดซึ่งสามารถซึมน้ำได้ (ซ้าย) และจักรยานออกกำลังกายและช่วย  
บำบัดน้ำ ภายในอุทยานจุฬา100ปี



ภาพที่ 72 ศาลาริมน้ำ โครงสร้างไม้ไผ่

## บรรณานุกรม

อริยา อรุณินท์ การออกแบบและเทคโนโลยีการก่อสร้างภูมิสถาปัตยกรรม กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2559.

ดร.เสถียร เจริญเหรียญ. เอกสารประกอบการสอนวิชา LA Con III เชื้อกันตลิ่ง  
กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย, 2552 เทคนิคการควบคุมงานก่อสร้างเชื้อกันตลิ่ง  
เกียรติศักดิ์ จันทรา, ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเชื้อกันตลิ่ง. สำนักสนับสนุนและพัฒนาตามผังเมือง กรมโยธาธิการ  
และผังเมือง

อติพัทธ์ ศรีเกตุ และ Engfanatic Club. ข้อสอบภาคี/ข้อสอบสามัญฯ เอกสารการออกแบบสะพาน  
[https://engfanatic.tumcivil.com/engfanatic/article/1702-ตัวอย่างเอกสารการออกแบบสะพานพร้อม  
ตัวอย่างรายการคำนวณ](https://engfanatic.tumcivil.com/engfanatic/article/1702-ตัวอย่างเอกสารการออกแบบสะพานพร้อมตัวอย่างรายการคำนวณ)

Torres, Arcila Martha, 2002. Bridges. Ponts. [Barcelona]: Atrium

A Spotter's Guide to Bridge Design <http://www.pghbridges.com>

Virtual lab Truss structure design : <http://www.jhu.edu/~virtlab/bridge/truss.htm>

Historic Bridges for Trail : [http://www.indianatrails.org/historic\\_bridges.htm](http://www.indianatrails.org/historic_bridges.htm)

Modern Bridges over the River Severn : [http://brantacan.co.uk/modern\\_severn\\_bridges.htm](http://brantacan.co.uk/modern_severn_bridges.htm)

<http://www.carlisleroofgardens.com/>

URA Singapore Circulars 2009 <http://www.ura.gov.sg/circulars/text/dc09-09.htm>

เสวกชัย ตั้งอร่ามวงศ์, สะพาน. เอกสารประกอบการสอนวิชา LA Con 3, 2559.

อริยา อรุณินท์. แนวคิดในการพัฒนาโครงข่ายที่ว่างของเมืองและพื้นที่ที่ถูกปล่อยอย่างมีประสิทธิภาพ กรณีศึกษาใน  
กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 2543.

## เรื่องที่ 7.1.1

# แนวคิดการออกแบบงานระบบที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบภูมิทัศน์ขนาดเล็ก

ดังที่เคยเกริ่นไว้ในหน่วยที่ 6 ว่างานออกแบบภูมิทัศน์เป็นหนึ่งในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับภูมิสถาปัตยกรรม ซึ่งงานออกแบบวางผังทางภูมิสถาปัตยกรรมเป็นวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุม ภายใต้พระราชบัญญัติสถาปนิก พ.ศ. 2543 และเช่นเดียวกับงานภูมิสถาปัตยกรรมงานระบบที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบภูมิทัศน์นั้นยังเกี่ยวข้องกับวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ภายใต้พระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 โดยประเภทและขนาดของงานที่ระบุไว้โดยกฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมเช่นเดียวกับงานโครงสร้าง ซึ่งก่อนหน้านี้เราจึงต้องทราบงานออกแบบภูมิทัศน์นั้น เป็นงานประเภท และขนาด ที่ต้องมีภูมิสถาปนิกและวิศวกรที่ได้รับใบอนุญาตแต่แต่ละสาขาเป็นผู้ดำเนินการหรือไม่ โดยเฉพาะในหน่วยที่ 7 ของชุดวิชาการจัดภูมิทัศน์เชิงธุรกิจนี้ เพื่อให้เข้าใจหลักการสามารถออกแบบก่อสร้างส่วนประกอบสำคัญ ตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ต่างๆที่เป็นการออกแบบก่อสร้างงานภูมิทัศน์ขนาดเล็กด้วยตนเองได้ สามารถเข้าใจหลักการ องค์ประกอบ เพื่อออกแบบวางระบบเบื้องต้น และสามารถใช้พิจารณาในการเลือกวัสดุในงานก่อสร้างระบบต่างๆในงานภูมิทัศน์ หรือใช้ประสานงานที่เกี่ยวข้องกับภูมิสถาปนิกและวิศวกรระบบต่างๆต่อไปได้เป็นอย่างดี

### 1. ประเภทและขนาดงานออกแบบภูมิทัศน์ขนาดเล็ก

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ประเภทและขนาดของงานออกแบบภูมิทัศน์ขนาดเล็ก คือประเภทงานออกแบบที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยกฎกระทรวงกำหนดวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมและกฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม<sup>1</sup> โดยเฉพาะเกี่ยวกับวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ในสาขาดังต่อไปนี้ 1) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า 2) สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และ 3) สาขาวิศวกรรมโยธา โดยแต่ละสาขาเกี่ยวข้องกับงานระบบในงานออกแบบภูมิทัศน์ขนาดใด โดยสรุปคือ

**1.1 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า** ในเบื้องต้นนักออกแบบภูมิทัศน์ จะต้องเข้าใจศัพท์และหน่วยทางด้านไฟฟ้ากำลัง เพื่อใช้ประเมินกำลังไฟฟ้าคร่าวๆก่อน ดังต่อไปนี้ แรงดันไฟฟ้า = Voltage (V), กระแสไฟฟ้า = Ampere(A), วัตต์ = Watt (W), และ เควีเอ = Kilovolt x ampere (KVA)

**กำลังไฟฟ้า (Electric Power)** คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือจูลต่อวินาที

**แรงดันไฟฟ้า** คือ ความสามารถในการผลักดันให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำไฟฟ้า โดยปกติแรงดันไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปจะอยู่ที่ 220V (1เฟส)

**กระแสไฟฟ้า** คือ อิเล็กตรอนในตัวนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampere)

<sup>1</sup> ปัจจุบันกฎกระทรวงกำหนดวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุม ใช้ของปี พ.ศ. 2549 (กำลังปรับปรุงร่างใหม่) ส่วนกฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ล่าสุดคือของปี พ.ศ. 2565

วัตต์ คือ หน่วยวัดกำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนจากกำลังไฟฟ้าเป็นพลังงานอย่างอื่น(W)  
แควีเอ คือ หน่วยของกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายให้โหลด เป็นผลคูณของกิโลโวลท์

วิชาชีพวิศวกรรมควบคุมในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สำหรับในงานระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารสาธารณะ ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารที่มีขนาดการใช้ไฟฟ้ากำลังรวมกันตั้งแต่ 200 กิโลโวลต์แอมแปร์<sup>2</sup> หรือ 200,000 วัตต์ ( $2.0 \times 10^5$  W) ขึ้นไป ซึ่งเราจะต้องพิจารณาว่าระบบไฟฟ้ากำลัง ที่จะเปลี่ยนจากกำลังไฟฟ้าเป็นพลังงานอย่างอื่น สำหรับระบบไฟฟ้าและแสงสว่างในโครงการเป็นเท่าใด มีต้องมีการออกแบบโดยวิศวกรไฟฟ้าหรือไม่อย่างไร โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด เช่น หลอดไฟฟ้า จะมีตัวเลขกำกับไว้ เช่น 220 V 60 W ตัวเลข 220 V หมายถึงหลอดไฟฟ้านี้ใช้กับความต่างศักย์ 220 โวลต์ โดยใช้ให้ตรงกับค่าความต่างศักย์ที่กำหนดมา ส่วนตัวเลข 60 W เป็นค่าของพลังงานไฟฟ้าที่หลอดไฟฟ้าใช้ไปในเวลา 1 วินาที ซึ่งเรียกว่า กำลังไฟฟ้า โดยทั่วไปกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในงานภูมิทัศน์ไม่สูงนัก แต่เมื่อต่อเชื่อมกับภายในอาคารที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูง เช่น เครื่องปรับอากาศ จะเป็นการเพิ่มการใช้กำลังไฟฟ้า อย่างไรก็ตามภูมิทัศน์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าค่อนข้างสูง ได้แก่ เครื่องปั๊มน้ำ ปั๊มน้ำพุ ระบบไฟฟ้าของสระว่ายน้ำ สระน้ำพุ สระนวดตัว เป็นต้น ส่วนระบบชลประทานภูมิทัศน์ หรือระบบรดน้ำ แม้ไม่ได้ใช้กำลังไฟฟ้ามากนัก แต่มีการควบคุมและการเชื่อมต่อที่ค่อนข้างซับซ้อน และอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน เช่นเดียวกับระบบน้ำพุ ประกอบดนตรี หรือน้ำพุเต้นระบำ จึงต้องปรึกษาวิศวกรไฟฟ้าเสมอ

**1.2 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม** วิชาชีพวิศวกรรมควบคุมในสาขานี้สำหรับการออกแบบระบบระบายน้ำสำหรับ (ก) พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำรวมกันตั้งแต่ 10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไป (ข) พื้นที่จัดสรรที่ดินตามกฎหมายว่าด้วยการจัดสรรที่ดินทุกขนาดของพื้นที่จัดสรรที่ดิน การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับ (ก) ชุมชนหรืออาคารที่สามารถรองรับน้ำเสียในอัตราค่าสูงสุดตั้งแต่ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไป (ข) โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานทุกขนาดของระบบน้ำเสีย และ (ค) นิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายว่าด้วยการนิคมอุตสาหกรรมทุกขนาดของระบบน้ำเสีย รวมทั้งระบบการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ สำหรับ (ก) ชุมชนหรืออาคารที่สามารถรองรับน้ำทิ้งในอัตราค่าสูงสุดตั้งแต่ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไป (ข) โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานทุกขนาดของระบบการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ และ (ค) นิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายว่าด้วยการนิคมอุตสาหกรรมทุกขนาดของระบบการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่

**1.3 สาขาวิศวกรรมโยธา** ดังที่กล่าวในหน่วยที่ 6 ประเภทและขนาดของงานวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาวิศวกรรมโยธา มีถึง 30 ประเภทขนาดงาน ซึ่งไม่ใช่เพียงงานโครงสร้างเท่านั้นแต่เกี่ยวข้องกับงานระบบรดน้ำและชลประทานภูมิทัศน์ด้วย กล่าวคือประเภทของงานออกแบบระบบชลประทานหรือระบบระบายน้ำที่มีขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 500 ไร่ต่อโครงการขึ้นไป

<sup>2</sup> 1 กิโลโวลต์แอมแปร์ [kVA] = 1,000 วัตต์ [W]

## 2. งานระบบในงานออกแบบภูมิทัศน์ขนาดเล็ก

งานระบบหรืองานทางวิศวกรรม ในประเภทและขนาดของงานออกแบบก่อสร้างภูมิทัศน์ขนาดเล็ก ที่จะลงรายละเอียดในหน่วยที่ 7 นี้ต่อไป ได้แก่

**2.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง** ได้แก่ ดวงโคม (ไฟเสา ไฟผนัง ไฟส่องต้นไม้) การให้แสงสว่าง การเดินท่อฝังใต้ดิน ปลั๊กไฟกลางแจ้ง การใช้พลังงานทางเลือก เช่น แสงอาทิตย์

**2.2 ระบบระบายน้ำฝน การเก็บน้ำฝน** ได้แก่ แนวท่อ บ่อพัก ระดับ ตำแหน่งระบายออก ทั้งจากอาคาร และในสวน สนาม

**2.3 ระบบน้ำ ในสระว่ายน้ำ น้ำพุ น้ำตก สระน้ำประดิษฐ์ บ่อน้ำหรือบ่อปลาкарพ-ธารน้ำ**

**2.4 ระบบชลประทานภูมิทัศน์** ได้แก่ ระบบประปา รดน้ำต้นไม้ การเดินท่อ ระบบการรดน้ำ (หัวฉีด น้ำหยด เป็นต้น) การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่องานชลประทานภูมิทัศน์

**2.5 ระบบบำบัดน้ำเสีย** เป็นการพิจารณาเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่

---

### กิจกรรม 7.1.1

1. ....
- 2.

---

### แนวตอบกิจกรรม 7.1.1

1. ....
  - 2.
-

## เรื่องที่ 7.1.2

### ข้อควรพิจารณาในการออกแบบงานระบบที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบ ภูมิทัศน์ขนาดเล็ก

ปัญหาของสภาพพื้นที่ที่ก่อให้เกิดปัญหาในการใช้พื้นที่อย่างเต็มประสิทธิภาพมีมากมาย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาพื้นฐาน เช่น ปัญหาน้ำท่วม ระดับน้ำใต้ดินสูง ดินขาดสารอาหาร ฯลฯ ไปจนถึงปัญหาในเชิงเทคนิค เช่น ปัญหาการกัดเซาะพังทลายของชายตลิ่ง สารพิษตกค้างในดิน การขาดแคลนแหล่งน้ำ อากาศเสีย พื้นที่ที่มีปัญหาเหล่านี้มักถูกละเลยให้รกร้างเป็นปัญหาในการดำเนินการพัฒนา อริยา อรุณรัตน์ (2552) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับที่ดินรกร้างไว้ โดยจำแนกเป็นประเภทๆ โดยเฉพาที่มีปัญหาด้านการปนเปื้อนของสารพิษ เช่น ในที่ดินโรงงานอุตสาหกรรมเดิมหรือบราวน์ฟิลด์ (brownfield) ซึ่งล้วนเป็นปัญหาและอุปสรรคสำคัญในการพัฒนาฟื้นฟูเมือง และเป็นตัวบ่งชี้ความสัมพันธ์ของเมืองที่สำคัญ (Accordino & Johnson 2000) ซึ่งหน่วยงานทางด้านสิ่งแวดล้อมของสหราชอาณาจักร ใช้ที่ดินประเภทนี้เป็นดัชนีชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีความหมายถึงที่ดินที่ถูกทอดทิ้งเพราะเสียหายจากอุตสาหกรรมหรือการพัฒนาทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยไม่ได้มีการบำบัดเสียก่อน มักเป็นดินที่เคยเกี่ยวข้องกับการทำเหมืองและทางรถไฟ ในช่วงปี ค.ศ. 1988-1993 นั้นที่ดินประเภทนี้ถูกนำมาบำบัดและนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นพื้นที่นันทนาการและกีฬา (37%) ตามมาด้วยเพื่อการอุตสาหกรรม การค้า และเกษตรกรรม หรือ TOADs (ย่อมาจาก Temporarily Obsolete Abandoned Derelict Site) บัญญัติโดย Greenburg at el (1990, 1996, 2000) ครอบคลุมความหมายของที่ดินเก่าที่ถูกทอดทิ้งชั่วคราว หรือจากการเสียหายจากอุตสาหกรรม และที่นิยมใช้มากที่สุดคือบราวน์ฟิลด์ เป็นศัพท์ที่ใช้เรียกการใช้สอยที่ดินแบบหนึ่งเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่เคยทำให้เกิดการปนเปื้อน ทำให้ที่ดินถูกทิ้งไว้เพื่อรอวันที่จะนำกลับมาฟื้นฟูหรือใช้ใหม่ได้เพื่อกิจกรรมที่เหมาะสมอย่างใดอย่างหนึ่ง

เมื่อการเจริญเติบโตของเมืองสูงขึ้น ทำให้ที่ดินหายากและราคาแพง ในการออกแบบภูมิทัศน์และโครงการพัฒนาพื้นที่นั้น พื้นที่เหล่านี้จึงถูกฟื้นฟูขึ้นมากมายเป็นโครงการที่น่าสนใจต่างๆ เช่น ในกรุงโซลมีโครงการฟื้นฟูภูเขาขยะเป็นสวนสาธารณะได้แก่สวนสาธารณะเวิร์ลด์คัพ (World Cup Park) และโครงการเปลี่ยนพื้นที่โรงบำบัดน้ำเสียเป็นสวนสาธารณะซอนยูดอ (Seonyudo) หรือในสหรัฐอเมริกา มีโครงการสวนสาธารณะแก๊สเวิร์ค (Gas Work Park) ที่เปลี่ยนจากโรงผลิตแก๊ส เป็นต้น



ภาพที่ 1 สวนสาธารณะแก๊สเวิร์ค ภาพโดย : Ken Lambert / The Seattle Times



ภาพที่ 2 สวนสาธารณะซอนยูโด ปรับจากโรงบำบัดน้ำในอดีตมาเป็นสวนสาธารณะ

จึงควรมีการจำแนกปัญหาสภาพพื้นที่ของโครงการออกมาวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขให้ชัดเจน และออกแบบวางผังพื้นที่ให้สอดคล้องกันต่อไป ได้แก่

- 1) การเข้าถึง (accessibility) การจราจรและทางสัญจร (Transportation)
- 2) สภาพพื้นที่เดิม (Existing condition) ปัญหาและอุปสรรค (constraints) : ได้แก่ อาคาร, ต้นไม้, ฯลฯ
- 3) ระบบสาธารณูปโภค : น้ำประปา, ไฟฟ้า, โทรศัพท์, ระบบบำบัด/ระบายน้ำเสีย, ทางระบายน้ำสาธารณะ
- 4) น้ำท่วมขัง การระบายน้ำ
- 5) ปัญหาความสมบูรณ์/สภาพดินต่างๆ เพื่อการปลูกต้นไม้ : ดินเปรี้ยว ดินเค็ม ดินจืด ดินปนเปื้อนสารพิษ
- 6) การกัดเซาะ (Erosion) : ได้แก่ ปริมาณฝน, พืชพรรณ, ความลาดชัน, ชนิดดิน
- 7) การรับรู้เชิงนิเวศ (Ecology sensibility)
- 8) มลภาวะทางเสียง อากาศ ฝุ่น การสั่นสะเทือน และปัญหาด้านมุมมอง

ปัญหาทางกายภาพของที่ตั้งโครงการเป็นปัญหาหนึ่งซึ่งมีความสำคัญต่อการเลือกแนวทางการออกแบบมากที่สุด เมื่อเข้าใจปัญหาอย่างดีพอแล้วจะทำให้สามารถเลือกใช้เทคนิคก่อสร้างงานปรับปรุงบริเวณได้เหมาะสมขึ้น ตัวอย่างเทคนิคการแก้ปัญหาทางกายภาพของที่ตั้งโครงการ ได้แก่ ระบบป้องกันน้ำท่วม การถมที่ สร้างเนิน (Land form) การขุดสระและการปูพื้นบ่อ (lining) การติดตั้งและเดินระบบสาธารณูปโภค การแก้ปัญหาปรับปรุงดิน ด้านการ

รับน้ำหนักและคุณภาพดิน ปัญหาการรับน้ำหนักของดิน การแก้ปัญหาการกัดเซาะพังทลาย (erosion) การแก้ปัญหาที่ลุ่มต่ำ ดินอ่อน น้ำใต้ดินสูง น้ำขัง เป็นต้น

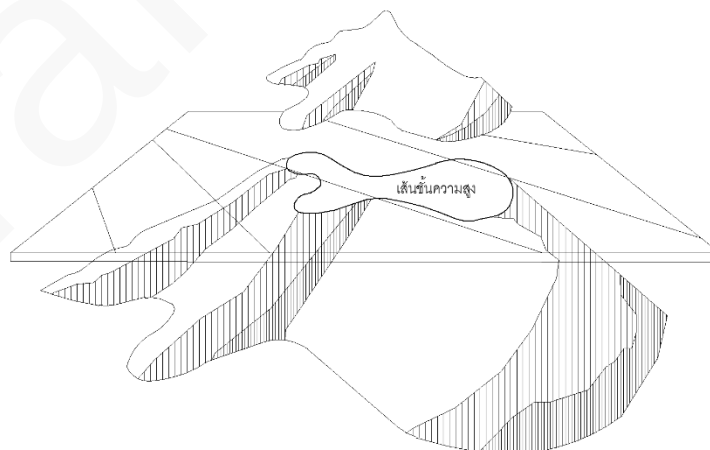
ในหน่วยนี้ในการออกแบบงานระบบที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบภูมิทัศน์ขนาดเล็ก มีข้อควรพิจารณาก่อนที่เราจะเลือกแนวทาง หรือตัดสินใจใช้เทคโนโลยีใดสำหรับโครงการ แยกตามงานระบบเช่นเดียวกับงานโครงสร้างอื่นๆ โดยเน้นที่การสำรวจและเก็บข้อมูลโครงข่ายระบบสาธารณูปโภคข้างเคียง ได้แก่ ระบบระบายน้ำ ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบประปา ระบบไฟฟ้า รายละเอียดข้อมูลจะถูกใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาด้านสภาพที่ตั้งเดิม และบริเวณโดยรอบ (surrounding) ซึ่งอาจต้องมีการวิเคราะห์ในระดับมหภาค (macro scale) นอกขอบเขตของพื้นที่ตั้งโครงการด้วย โดยเฉพาะในเรื่องระบบระบบการบริหารจัดการน้ำ (การระบายน้ำ การใช้น้ำ การบำบัดน้ำเสีย) เพื่อให้โครงการเกิดความยั่งยืน หัวข้อที่ควรนำมาสู่การพิจารณาในการออกแบบงานระบบ มีดังต่อไปนี้

- 1) สภาพที่ตั้งเดิมและพื้นที่ข้างเคียง
- 2) โครงข่ายระบบสาธารณูปโภคในพื้นที่

## 1. สภาพพื้นที่เดิม

### 1.1 สภาพภูมิประเทศ ค่าระดับเดิม เส้นระดับ ทางน้ำ

ในงานเขียนแบบสถาปัตยกรรมของอาคารหนึ่งๆ เมื่อจำเป็นต้องแสดงเป็นผังจากชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3... ไปจนถึงหลังคาจำเป็นต้องแสดงเป็นผังหลายๆแผ่น ระบุเป็นผังพื้น ผังชั้นที่ 2 ผังชั้นที่ 3... ผังหลังคา เป็นต้น เพื่อให้ผู้อ่านแบบสามารถเข้าใจมิติความกว้าง ยาว สูงของอาคารนั้นเพื่อนำไปสู่การก่อสร้างได้ แต่เนื่องจากการออกแบบภูมิทัศน์นั้นจะต้องนำข้อมูลสภาพที่ตั้งและภูมิประเทศจากได้นำ หุบเนิน ระดับสูง-ต่ำ ไปจนถึงยอดเนินมาพิจารณาพร้อมๆกัน ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องแสดงข้อมูลเกี่ยวกับภูมิประเทศให้ได้ถูกต้องเพียงพอต่อการออกแบบและก่อสร้างในผังหนึ่งๆ ได้แก่ ค่าระดับ ความลาดชัน ทิศทางการไหลของน้ำ และระดับน้ำท่วม เป็นต้น วิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการจำลองสภาพภูมิประเทศจึงใช้วิธีการถ่ายทอดข้อมูลลงในผังระดับ (Contour Map) และเมื่อมีการปรับค่าระดับหรือกำหนดการระบายน้ำขึ้นมาใหม่ ก็สามารถแสดงในผังระดับนั้นเป็นผังปรับระดับ (Grading Plan) ต่อไป โดยทั่วไปแล้วการเขียนแบบก่อสร้างผังระดับและผังปรับระดับนี้สามารถบรรจุเนื้อหารายละเอียดมิติ กว้าง ยาว และค่าระดับ (ความสูง) ต่างๆ ของพื้นที่ได้ในแผ่นเดียว



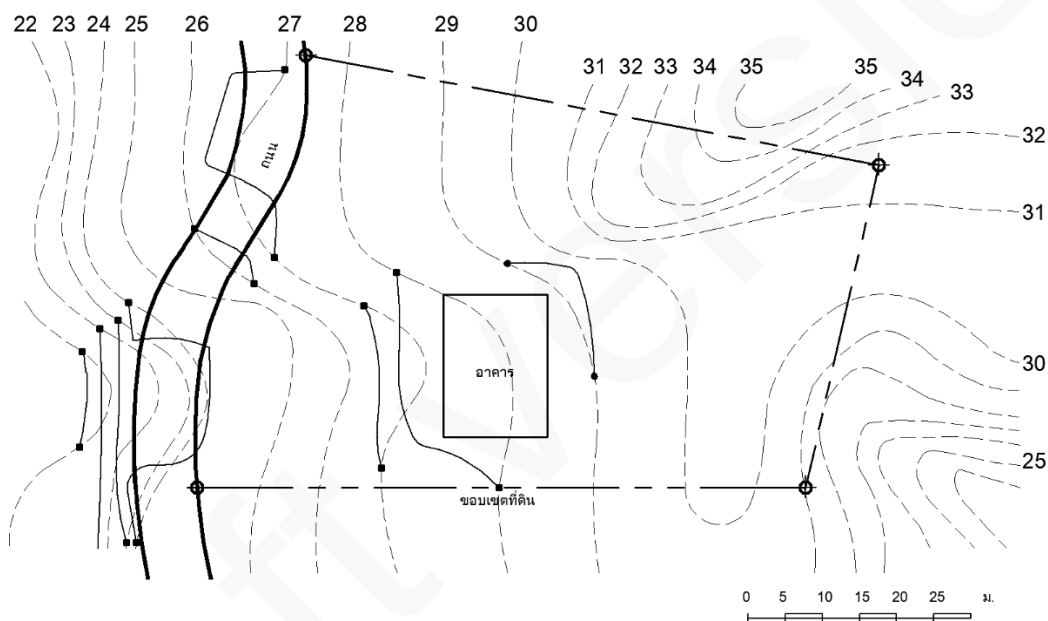
ภาพที่ 3 แนวคิดในการจำลองภูมิประเทศเป็นเป็นเส้นชั้นความสูงลงในผังระดับ

ในผังระดับและผังปรับระดับ จะมีการแสดงระดับโดยเส้นระดับ (Contours) และค่าระดับ (Elevation) เส้นระดับเป็นเส้นที่ลากโยงจุดที่มีค่าระดับเท่ากันในรูปแบบผัง (Plan) ผังที่กำหนดเส้นระดับ ทั้งเส้นเดิม และเส้นที่ออกแบบปรับระดับแล้ว ทำให้ทราบถึงจุดที่จะมีการเปลี่ยนค่าระดับจากระดับพื้นเดิม ทำให้สามารถคำนวณหาพื้นที่ที่มี

การปรับระดับ และปริมาตรของการปรับระดับได้ เส้นระดับจะต้องเป็นค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงในอัตราคงที่ทั้งผืน ซึ่งเรียกว่า ค่าต่างระดับ หรือ ความต่างระดับชั้น (Contour Interval) เส้นดรรชนีที่แบ่ง ค่าต่างระดับเป็นช่วงๆ ละเท่าๆ กันเรียกว่า เส้นดรรชนี (Index) ในกรณีที่ไม่สามารถเขียนทุกเส้นได้ เช่นในบริเวณที่มีความลาดชันสูงมาก สามารถเขียนเฉพาะเส้นดรรชนีนี้ได้ มาตรฐานในการเขียนแบบจะมีการระบุค่าต่างระดับไว้ให้ทราบเสมอ เพื่อให้ผู้อ่านแบบสามารถประมาณโดยสายตาได้ว่าพื้นที่นั้นๆ มีความสูงต่ำลาดชันมากน้อยเท่าใด

การเขียนตัวเลขระดับกำกับเส้นระดับ ควรใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งคงที่เหมือนกันทั้งหมดทุกผืนในงานเดียวกัน วิธีการเขียนตัวเลขมี 3 แบบคือ

- เขียนเหนือเส้น วิธีนี้เป็นที่นิยมมากที่สุด
- เขียนบนเส้น โดยเว้นระยะให้อ่านตัวเลขได้โดยง่าย
- เขียนบนเส้น โดยมีทิศทางเหมือนกับว่ากำลังเดินขึ้นเขา โดยหันทิศทางตัวหนังสือให้เลขมากอยู่บนเสมอ วิธีนี้ไม่นิยมและทำให้อ่านแบบลำบาก



ภาพที่ 4 ผังแสดงค่าระดับและการปรับระดับ

การแสดงรูปทรงของแผ่นดินวิธีที่สำคัญอีกวิธีหนึ่งคือ การแสดงโดยรูปตัด (cross section, profiles) เนื่องจากการแสดงเส้นระดับ โดยผังเส้นระดับนั้นแสดงเฉพาะระยะในแนวราบตามมาตราส่วนของผัง ส่วนค่าระดับนั้นต้องอ่านที่เส้นระดับหรือดูจากจุดระดับที่กำหนดขึ้น เฉพาะในบริเวณที่มีเส้นระดับผ่านหรือบริเวณที่กำหนดจุดระดับ ซึ่งบางตำแหน่งต้องการรายละเอียดมากขึ้น เช่นลักษณะของยอดเขา หรือหุบเหวว่ามีลักษณะมนหรือแหลม ไม่สามารถกำหนดได้โดยเส้นระดับหรือจุดระดับเพียงอย่างเดียว และในงานการออกแบบการปรับระดับ จึงมักนิยมใช้รูปตัดเป็นตัวช่วยในการบอกลักษณะรูปทรงของแผ่นดินที่เสนอปรับปรุง นอกจากนี้การเขียนรูปตัดยังช่วยในการหาปริมาณงานดินตัด/ถมเป็นอย่างดี โดยดูจากพื้นที่ของรูปเหลี่ยมที่อยู่ระหว่างเส้นระดับเดิม (เส้นประ) และเส้นระดับที่เสนอใหม่ (เส้นทึบ)

ทางด้านวิศวกรรมโยธา (Civil Engineering) มักเขียนรูปตัดที่สามารถแสดงให้เห็นลักษณะ/ทิศทางการลาดชันอย่างชัดเจนได้ โดยกำหนดมาตราส่วนทางราบ และทางตั้งคนละมาตราส่วนกัน แต่อาจทำให้เกิดความสับสนในการก่อสร้างได้ จึงควรกำหนดมาตราส่วนทั้ง 2 แกนให้ผู้อ่านแบบทราบเสมอ

การสร้างเส้นระดับเป็นความพยายามที่จะบันทึกสภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชันในสามมิติ ให้ปรากฏลงในแผ่นแบนราบ ในลักษณะสองมิติ เพื่อประโยชน์ในการนำภาพสองมิตินี้ไปใช้ในงานต่างๆ โดยเฉพาะในเรื่องการก่อสร้าง ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป และเพื่อให้มีความเป็นมาตรฐานสากล จึงได้มีการกำหนดนิยามศัพท์ในการปรับระดับไว้ใช้โดยทั่วกันดังต่อไปนี้

**เส้นระดับ** - คือเส้นที่ลากเชื่อมโยงจุดต่างๆ ที่ระดับเดียวกันในผิวดินอย่างมีระบบ โดยการให้เส้นระดับมีค่าต่างระดับ หรือ ความต่างระดับชั้น (Contour interval) เท่ากันทั้งผิวดิน

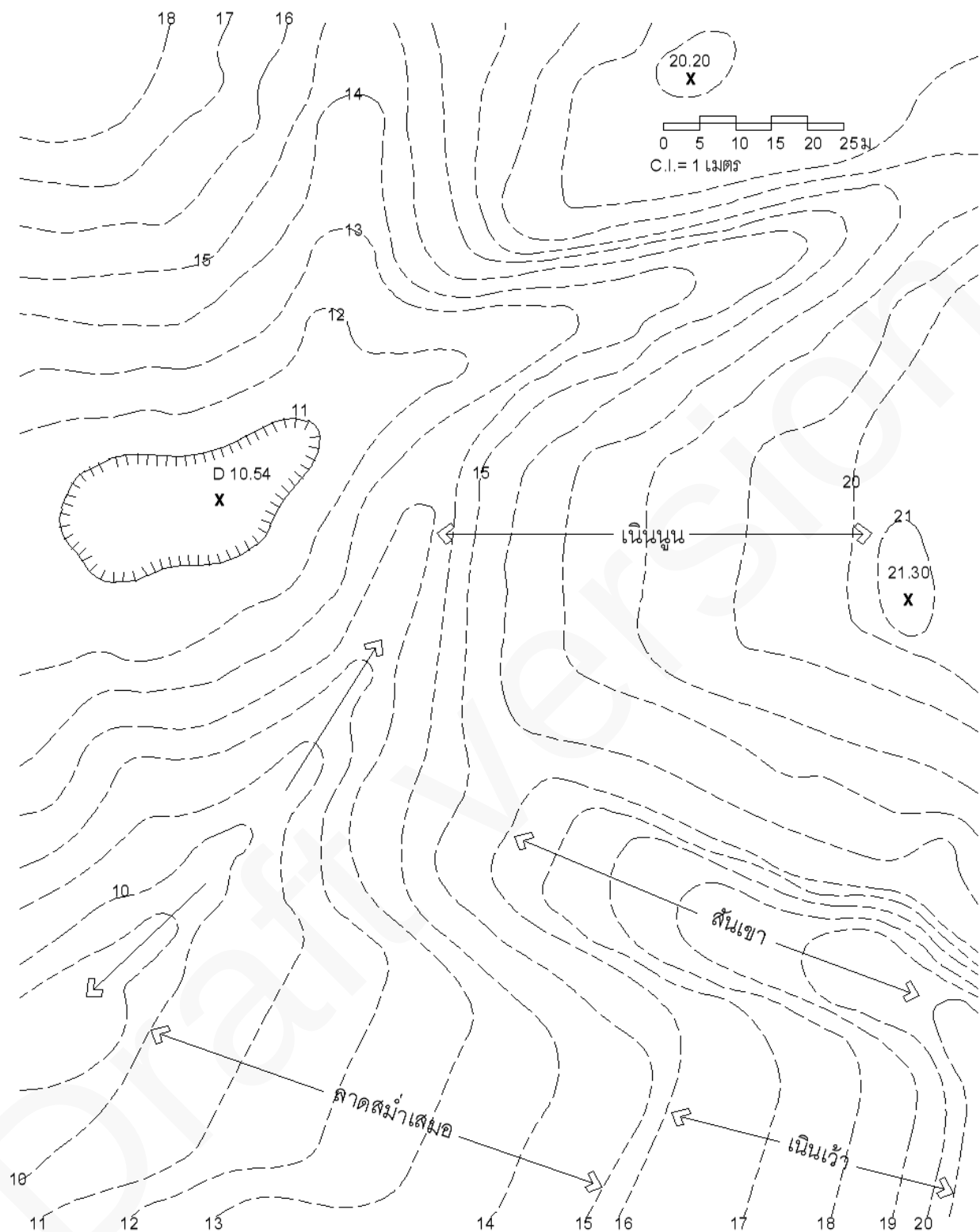
**จุดระดับ** (Spot Levels, Spot Elevations) - คือความสูงของจุดๆหนึ่ง แสดงเป็นหน่วยเมตร, เซนติเมตร, มิลลิเมตร โดยเทียบกับความสูงอ้างอิงใดๆ เช่น รทก. หรือ ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level), ระดับอ้างอิงของพื้นที่โครงการนั้นๆ ซึ่งอาจใช้ร่วมกันกับสถานีนัก วิศวกรโครงสร้าง หรือวิศวกรสุขาภิบาล เช่น ระดับพื้นอาคาร (FE - Finished Elevation) , ระดับลด (Reduced Levels, RL) เป็นต้น และในทางวิศวกรรมโดยทั่วไปมักนิยมระบุจุดระดับเป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง ดังนี้ +48.356 ม. จุดระดับจะใช้ในกรณีระบุระดับของจุดใดจุดหนึ่งในแบบก่อสร้างที่ต้องการความละเอียดสูง, รายการคำนวณระดับ, บอกตำแหน่งและระดับของจุดสูง หรือต่ำสุดของพื้นที่

**แผนที่เส้นระดับ** (Contour map) - คือแผนผังที่ปรากฏเส้นระดับหลายๆ เส้น แต่ละเส้นลากเชื่อมโยงจุดต่างๆ ที่ระดับเดียวกันในบริเวณนั้น โดยที่ระบุความต่างระดับชั้น ไว้ที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของผิวดินนั้นๆ ด้วย อาจมีการแสดงเส้นดรรชนี (Contour index) เพื่อช่วยให้อ่านง่ายขึ้น เช่น ความต่างระดับชั้น 1 เมตร มีเส้นดรรชนีทุกๆ 5 เมตร เป็นต้น

ลักษณะของผังระดับนอกจากที่กล่าวไปแล้ว ในเรื่องค่าความต่างระดับชั้นว่าต้องคงที่ทั้งผิวดิน ในกรณีที่พื้นที่มีความซับซ้อนสูง ให้กำหนดเส้นดรรชนีเพื่อช่วยให้อ่านค่าระดับง่ายขึ้น หากมีทางน้ำให้ใสแนวเส้นทางน้ำและทิศทางน้ำไหลด้วย ควรกำหนด HP., LP. หรือค่าจุดระดับในจุดที่จำเป็นแล้ว โดยปกติเส้นระดับจะไม่มีการตัดกัน นอกจากจะเป็นหน้าผายื่นหรือโกล่งออกมาหรือเป็นสะพานหินธรรมชาติ โดยการอ่านค่าความชันจะอ่านได้จากระยะห่างของเส้นระดับ โดยเส้นระดับที่ชิดติดกันมากแสดงถึงความลาดชันมาก เส้นระดับที่ห่างกันมากแสดงถึงความลาดที่ลาดมาก เส้นระดับที่ห่างเท่าๆ กัน บ่งบอกถึงความลาดชันที่สม่ำเสมอโดยตลอดสำหรับลาดเขาแบบนูนขึ้น (convex slope) เส้นระดับจะไล่จากระดับต่ำขึ้นสู่ระดับสูง และเส้นระดับจะไม่แตกแยกออกจากกัน ในกรณีที่เส้นระดับเท่ากันอยู่ใกล้กันหมายความว่า เป็นแนวสูงหรือแนวต่ำ ถ้าตัวเลขอยู่ข้างเดียวกันแสดงว่าเป็นแนวสูง ถ้าตัวเลขอยู่คนละข้างของเส้นระดับแสดงว่าเป็นแนวต่ำ โดยเส้นระดับสูง ๆ จะห่างกันมากกว่าเส้นระดับต่ำ สำหรับลาดเขาแบบเว้าลง (concave slope) เส้นระดับจะไล่จากระดับต่ำขึ้นสู่ระดับสูง โดยเส้นระดับต่ำจะห่างกันมากกว่าระดับสูง ๆ และลักษณะหุบเขาอ่านได้จากเส้นระดับที่ไล่ขึ้นไปทางเส้นระดับที่สูงขึ้นไป

เมื่อเราสามารถจำลองสภาพภูมิประเทศจากสามมิติมาลงบนผังระดับที่เป็นสองมิติในหนึ่งแผ่นได้แล้วนั้น ประโยชน์ของผังระดับอาจสรุปได้ดังต่อไปนี้

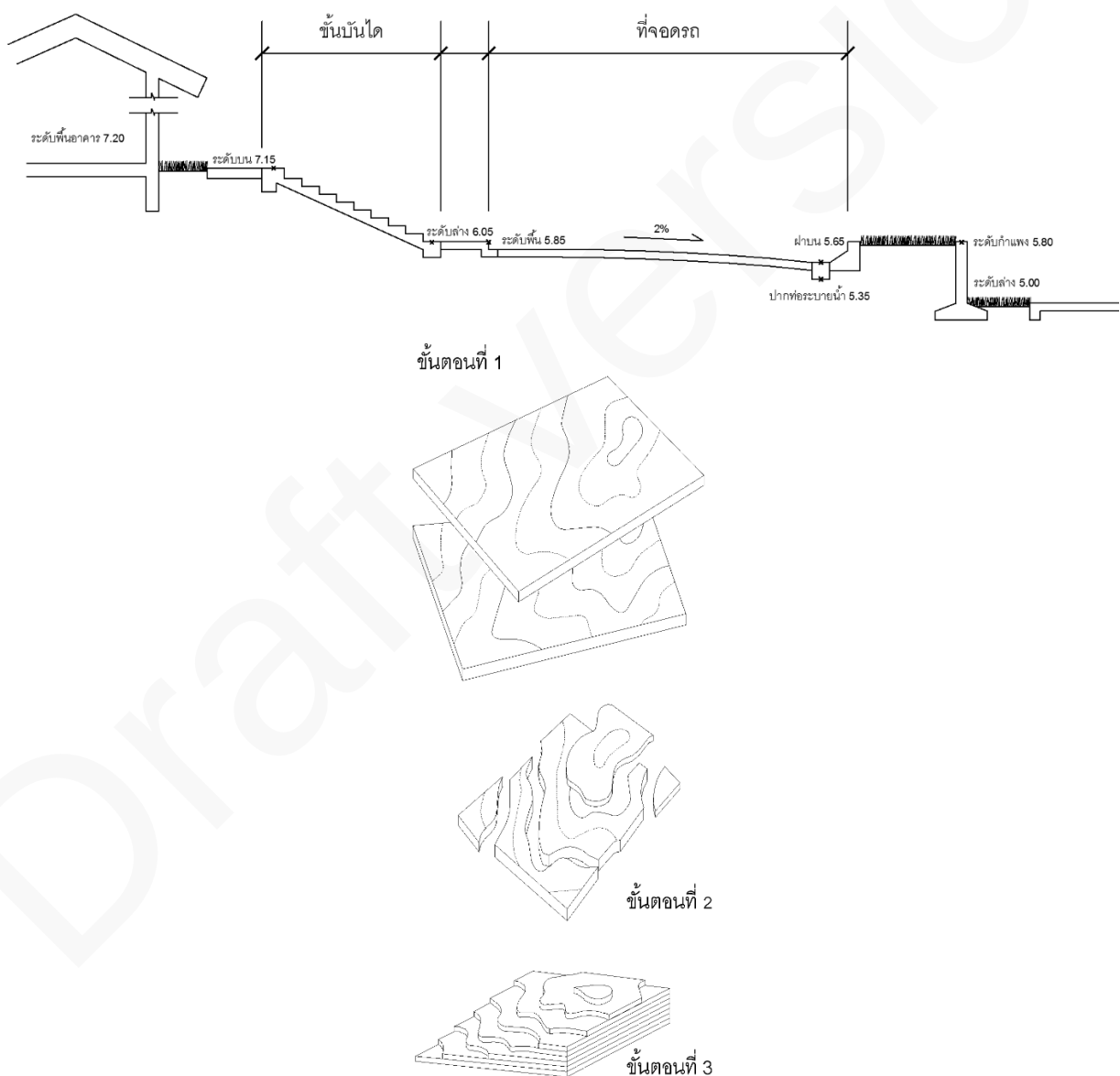
1. ทำให้รู้ลักษณะการระบายน้ำธรรมชาติบนพื้นผิวดิน
2. ทำให้ตำแหน่งที่มีข้อจำกัดในการวางผัง โดยการให้ผังระดับทำการวิเคราะห์ความสูงต่ำของพื้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ความลาดชัน (Slope Analysis) และคำนวณหาทิศทางการไหลของน้ำ (Drainage Pattern)
3. ใช้เป็นแผนผังพื้นฐานในการออกแบบจัดทำแบบก่อสร้างปรับสภาพภูมิประเทศ (Grading Plan)
4. เพื่อการวางแผนการใช้พื้นที่การคำนวณงานดิน (Earth Work)



ภาพที่ 5 การแสดงสภาพภูมิประเทศแบบต่างๆ ลงในผังระดับ

การปรับระดับเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศเดิมให้มีความเหมาะสมต่อการใช้พื้นที่หรือเพื่อความสวยงาม นับเป็นงานที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งในการออกแบบภูมิทัศน์ตลอดจนการวางผังบริเวณ โดยการปรับระดับนั้นๆ จะต้องคำนึงถึงกฎเกณฑ์ทางธรรมชาติบางประการ เช่น มุมอยู่ตัวของดิน (Repose angle) ความสามารถในการระบายน้ำออกจากพื้นที่ การไม่สร้างความกระทบกระเทือนในด้านไม้ดีต่อพื้นที่ข้างเคียง เป็นต้น ในการออกแบบสำหรับพื้นที่ที่มีรูปร่างภูมิประเทศสูงๆ ต่ำ การปรับระดับจะต้องเริ่มตั้งแต่การทำการวิเคราะห์โครงการไปสู่ขั้นการกำหนด

แนวความคิดในการออกแบบ โดยผู้ออกแบบจะต้องออกแบบให้สอดคล้องและใช้ประโยชน์จากสภาพภูมิประเทศเดิมให้มากที่สุดแต่พยายามรบกวนสภาพภูมิประเทศเดิมให้น้อยที่สุด เพื่อให้ได้งานที่มีความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมและเป็นการประหยัดเวลาและงบประมาณในการปรับระดับอีกด้วย การทำความเข้าใจสภาพเดิมเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการออกแบบวางแผนอยู่แล้ว แต่หากพื้นที่โครงการมีสภาพเป็นภูมิประเทศต่างระดับกันก็จะต้องให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจในสภาพพื้นที่มากขึ้น นักออกแบบภูมิทัศน์พึงจัดทำผังวิเคราะห์ความลาดชันและชั้นความสูง อีกทั้งการวิเคราะห์อื่นที่เกี่ยวข้องอื่น เช่น การวิเคราะห์ทางน้ำไหลและรูปแบบการระบายน้ำ การวิเคราะห์มุมมองอันเกิดจากสภาพภูมิประเทศต่างระดับ การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศเฉพาะที่ (Micro climate) อาทิ ลมระหว่างช่องเขา หรืออากาศเย็นในพื้นที่หลังเขาด้านที่ไม่ได้แสงแดดตลอดวัน การจัดทำรูปตัดตามยาวและตามขวางพื้นที่โครงการ (profile) หรือการสร้างรูปตัดเฉพาะที่ (section) หรือการจัดทำหุ่นจำลองเพื่อให้เห็นลักษณะพื้นที่ชัดเจนขึ้นจึงมีความสำคัญที่จะต้องจัดทำเพิ่มเติมขึ้นเพิ่มเติมจากกระบวนการออกแบบโดยทั่วไป



ภาพที่ 6 นอกจากผังระดับแล้วยังสามารถแสดงค่าระดับโดยรูปตัด และการทำหุ่นจำลองแบบแกนกลวง (Hollow core model)

เมื่อการจัดทำการวิเคราะห์ข้างต้นสิ้นสุดลงและนักออกแบบภูมิทัศน์จะทำการออกแบบพื้นที่โครงการที่มีความต่างระดับกันนั้น การออกแบบระบบระบายน้ำของพื้นที่โครงการประเภทนี้นักออกแบบภูมิทัศน์ยังคงต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับสภาพพื้นที่เดิม และจัดทำผังปรับระดับเพื่อให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์พื้นที่ พร้อมการประเมินแนวทางเลือก (Schematic Design) อย่างเหมาะสม

ในอดีตที่ผ่านมาความมุ่งหมายของการปรับระดับมีวัตถุประสงค์ที่เน้นการระบายน้ำและการใช้สอยพื้นที่เป็นหลัก ได้แก่

1. เพื่อสร้างพื้นที่ที่เหมาะสมกับกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น เช่น อาคาร การสัญจร การเล่นกีฬา ฯลฯ พื้นที่กิจกรรมต่างๆต้องการสภาพพื้นที่ไม่เหมือนกัน เช่นสนามกีฬาประเภทคอร์ทหรือสนามต้องการพื้นที่ค่อนข้างราบ เพื่อไม่ทำให้เกิดการเสียเปรียบ-ได้เปรียบกัน ในขณะที่ทางสัญจรนั้นมักจะอยู่ได้ทั้งในที่ราบและที่ชัน แต่ความชันสูงสุดที่ทำให้สัญจรได้ขึ้นอยู่กับประเภทของทางสัญจรนั้นๆ นอกจากนี้ถนนสำหรับรถยนต์นั้นจะชันได้มากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับประเภทถนนและยานพาหนะอีกด้วย ทางลาดสำหรับรถเข็นคนพิการกำหนดให้มีความชันไม่เกิน 8 % เป็นต้น ส่วนอาคารที่สามารถอยู่บนพื้นที่ลาดชันสูงๆได้มักเป็นอาคารขนาดเล็กหรืออาคารที่มีลักษณะลดหลั่นเป็นขั้นๆได้

2. เพื่อการระบายน้ำออกจากพื้นที่และป้องกันการเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดิน เป็นที่ทราบกันมาแต่เดิมว่าการระบายน้ำออกจากพื้นที่เป็นวัตถุประสงค์หลักที่สำคัญ และการปรับระดับนั้นจะชะลอความเร็วของน้ำที่ระบายผ่านในพื้นที่ จึงลดปัญหาการกัดเซาะพังทลายของผิวดินด้วย นอกจากความลาดชันของพื้นที่จากการปรับระดับจะส่งผลต่อลักษณะการเสียหายของผิวดินยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น พืชคลุมดิน ประเภทของดิน ปริมาณน้ำและความเร็วของน้ำ

3. เพื่อแก้ไขสภาพภูมิประเทศที่อาจจะเกิดอันตรายต่อกิจกรรมที่จะมีขึ้น พื้นที่ที่มีความลาดชันย่อมเป็นพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการพังทลายและดินถล่ม อีกทั้งเป็นอุปสรรคต่อการใช้พื้นที่และการสัญจร และอาจร้ายแรงถึงทำให้เกิดอุบัติเหตุเป็นอันตรายต่อสาธารณชน การปรับระดับให้ได้เนินลาดที่เหมาะสมจะแก้ปัญหการพังทลายได้

4. เพื่อกันเสียง กันลม หรือบังการมองเห็น เช่นในกรณีการปรับพื้นที่ราบให้เป็นเนินดินเพื่อปิดบังมุมมองในส่วนที่ไม่น่าดูเช่นมุมมองจากอาคารสโมสรไปยังลานจอดรถ เป็นต้น

5. เพื่อเพิ่มความลึกของดิน เพื่อการปลูกต้นไม้ใหญ่ ในกรณีที่ดินชั้นล่างมีปัญหาต่อการปลูกต้นไม้ เช่นในกรณีที่ดินระดับน้ำใต้ดินสูง การยกแนวร่องสวน

6. เพื่อเน้นสภาพภูมิประเทศหรือเพื่อการเน้นเส้นทางสัญจร การปรับพื้นที่โดยการยกเป็นเนินหรือกดเป็นร่องนั้น สามารถใช้เพื่อกำหนดเส้นทางสัญจร หรือควบคุมมุมมองไปยังส่วนที่ต้องการ เพื่อให้เกิดบรรยากาศหรือมุมมองที่สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ ตัวอย่างในการปรับพื้นที่ประเภทนี้ใช้ประกอบกับการออกแบบแนวเส้นทางสัญจร (Road Alignment) ในงานภูมิทัศน์ทางหลวงประเภทเส้นทางท่องเที่ยว (Scenic route) เป็นต้น

7. เพื่อความสวยงามของบริเวณ ที่ต้องการเล่นระดับเพื่อทัศนียภาพที่มีภูมิประเทศที่ลดหลั่นกลมกลืนกัน ประกอบกับการออกแบบพืชพรรณและไม้ดอกไม้ประดับในบริเวณ เช่น ในกรณีการออกแบบวางภูมิทัศน์โรงแรม บังกะโลรีสอร์ท เป็นต้น

เดิมนั้นการปรับระดับจึงมีเพื่อวัตถุประสงค์หลักในการระบายน้ำ (Surface drainage) เพื่อสร้างเนินดิน (Berm) สำหรับกันเสียง ลม หรือเพิ่มชั้นดินปลูก ในที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง/ที่ลุ่ม เพื่อปรับให้เกิดพื้นที่ราบพอสำหรับกิจกรรมต่างๆ เช่น ลาน/สนามกีฬา พื้นที่จอดรถ ฯลฯ เพื่อเน้นหรือควบคุมการสัญจร เพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้กับ

บริเวณ เพื่อเปิดมุมมองสู่วิวที่น่าสนใจหรือน่าดูและเพื่อปิดบัง (Screen) มุมมองที่ไม่น่าดู และเพื่อความเหมาะสมในการจัดวางอาคารบางประเภท



ภาพที่ 7 การออกแบบโดยใช้การปรับระดับในกิจกรรมและอาคารบางประเภท

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้แนวคิดเรื่องการระบายน้ำได้เปลี่ยนไป จากเดิมที่เน้นการระบายน้ำออกจากพื้นที่สู่ทางระบายน้ำสาธารณะ มาเป็นเพื่อรับหรือหน่วงน้ำไว้ในพื้นที่ก่อนจะเก็บไว้บริหารการใช้น้ำอย่างมีระบบภายในพื้นที่โครงการ หรือระบายออกสู่สาธารณะในเวลาที่เหมาะสม โดยพึงระลึกไว้ว่าการเพิ่มปริมาณน้ำในพื้นที่สาธารณะในช่วงเวลาที่น้ำมาก อาจก่อให้เกิดปัญหาอุทกภัยหรือน้ำท่วมรุนแรงในระดับกว้างได้ ฉะนั้นปัจจุบันแนวคิดในการปรับระดับจึงพยายามเน้นที่การปรับระดับเพื่อการบริหารจัดการน้ำอย่างบูรณาการ เช่น วิธีบริหารจัดการอันเป็นเลิศ (BMP-Best Management Practice) ในประเทศสหรัฐอเมริกา และนโยบาย การบูรณาการการบริหารจัดการน้ำในเมือง (IUWM - Integrated Urban Water Management) และการออกแบบเมืองเพื่อสนองตอบต่อน้ำ (WSUD - Water-sensitive urban design) ของประเทศออสเตรเลีย

ปัจจัยทางธรณีวิทยาทั้งบนบกและใต้ดิน เช่น หินโผล่ (Rock outcrops) น้ำใต้ดินบริเวณที่แฉะ ชนิดของดินที่ยากในการปรับระดับเช่นดินที่ไม่อยู่ตัวมีลักษณะเหลว ดินตะกอนใหม่ พื้นที่ชุ่มน้ำ เหล่านี้ควรหลีกเลี่ยงเว้นแต่จะพิจารณาความเป็นไปได้ทางเทคนิคแล้ว ในกรณีศึกษาการสร้างสนามบิณสุวรรณภูมิ มีการก่อสร้างบนพื้นที่ต่ำและดินอ่อน มีการปรับพื้นที่โดยการถมโดยเทคนิคพิเศษและมีการรื้อน้ำออกระหว่างการถมซึ่งใช้งบประมาณสูง เสี่ยงต่อการทรุดตัวในเวลาต่อมา

รูปทรงเดิมของแผ่นดิน จะเปลี่ยนแปลงรูปทรงของแผ่นดินซึ่งเป็นของเดิมได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับพิจารณาณ เช่นรูปทรงเดิมสวยงามมีคุณค่าจะต้องเก็บรักษาไว้ หรือขั้นเกินไปที่จะปรับระดับได้หรืออาจทำให้เกิดการ

พังทลาย โดยสรุปในการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมนั้นสิ่งที่เป็นหลักในการออกแบบที่สำคัญที่สุดคือการออกแบบโดยคำนึงถึงสภาพภูมิประเทศ และพยายามที่จะรบกวนสภาพเดิมให้น้อยที่สุด ในกรณีที่สภาพพื้นที่เดิมมีปัญหาการจะฟื้นฟูสภาพพื้นที่เพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้นก็ต้องคำนึงว่าสภาพพื้นที่เดิมมีสภาพปัญหาอย่างไรและจะปรับปรุงพื้นที่เป็นอย่างไรถึงจะเหมาะสมที่สุด ซึ่งงานปรับระดับมีความจำเป็นโดยเฉพาะโครงการที่เกี่ยวข้องกับการเก็บกักน้ำ พื้นที่รับและระบายน้ำ โครงการในพื้นที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมขัง และโครงการในพื้นที่ลาดชัน เกี่ยวข้องกับหลักการทั้งวิศวกรรมโครงสร้างในหน่วยที่ 6 และวิศวกรรมระบบระบายน้ำฝน ในหน่วยที่ 7 นี้

## 1.2 โครงสร้าง อาคาร และถนน

โครงการประเภทปรับปรุงภูมิทัศน์หรือออกแบบภูมิทัศน์มักเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีโครงสร้างและอาคารเดิมอยู่แล้ว การสำรวจหรือจัดทำผังโครงการปัจจุบัน (As-built drawing) ที่แสดงงานโครงสร้าง งานสถาปัตย์ งานระบบเมื่องานเสร็จสมบูรณ์ตรงตามที่สร้างหรือที่ได้ติดตั้งไปแล้ว เพื่อให้เจ้าของงานหรือฝ่ายซ่อมบำรุงใช้อ้างอิงเมื่อมีการปรับปรุง ต่อเติม ทុบรีอ หรือใช้ตรวจสอบเมื่อมีปัญหา เช่น มีท่อร้อยสายไฟ ท่อน้ำ บริเวณขุดดินหรือไม่ หรือถ้าจะมีการปรับภูมิทัศน์ในบริเวณนั้น จะเชื่อมต่อกับบริเวณเดิมได้อย่างไร หรือต้องระวังเรื่องใดหรือจุดไหนบ้าง โดยเฉพาะในเรื่องระบบสาธารณูปโภคต่างๆ ได้แก่ ท่อน้ำ สายไฟ ซึ่งจะกล่าวต่อไปในข้อ 2

ในด้านโครงสร้าง อาคาร และถนน ที่เข้าถึงโครงการมักเกี่ยวข้องกับกฎระเบียบด้วย เช่น พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พระราชบัญญัติผังเมือง กฎหมายจัดสรรที่ดิน เทศบัญญัติ ข้อกำหนดเกี่ยวกับเขตทาง การใช้ที่ดิน ระยะถอยร่น ถนนระดับเพลิง (fire lane) สำหรับระงับเหตุการณ์ฉุกเฉิน โดยมีถนนที่มีผิวการจราจรกว้างไม่น้อยกว่า 6.00 เมตร ที่ ปราศจากสิ่งปกคลุมโดยรอบอาคาร เพื่อให้รถดับเพลิงสามารถเข้ามาดับไฟได้ นักออกแบบภูมิทัศน์จึงควรศึกษากฎหมายดังกล่าวไว้บ้าง เพื่อการจัดภูมิทัศน์ในกลุ่มอาคารประเภทที่กฎหมายกำหนด สามารถทำได้อย่างสอดคล้อง

อายุของอาคาร เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญ อาคารที่มีสภาพทรุดโทรม ควรรื้อถอน หรืออาคารบางหลังมีอายุมาก แต่มีคุณค่าด้านการอนุรักษ์ อาจต้องมีมาตรการในการก่อสร้างที่สถาปนิกหรือวิศวกรจะช่วยยืดอายุอาคารออกไปร่วมด้วย ในด้านการออกแบบภูมิทัศน์จะเป็นปัจจัยในการกำหนดตำแหน่งพืชพรรณ หรือระบบไฟฟ้า เพื่อเสริมให้การอาคารมีความโดดเด่น สวยงามขึ้น

ระดับสำเร็จพื้นชั้นล่างของอาคารเดิมซึ่งเป็นตัวคงที่ เปลี่ยนแปลงได้ยาก ดังนั้นระดับใหม่ที่จะทำขึ้นจะต้องเข้ากันได้กับระดับเดิม และออกแบบเตรียมไว้เพื่อปกป้องอาคารเดิมจากการถูกน้ำท่วม หรือเบียดบังจากการออกแบบปรับพื้นที่ใหม่ ระดับสำเร็จของถนนเดิมก็เช่นเดียวกับระดับของพื้นอาคารเดิมเปลี่ยนแปลงได้ยาก โดยเฉพาะถนนสาธารณะจะเปลี่ยนแปลงโดยเอกชนไม่ได้

สภาพพื้นที่บริเวณที่ดินข้างเคียงก็มีความสำคัญ เนื่องจากในการออกแบบอาจจะต้องกระทำไปจนขีดเขตที่ดิน กรณีดินที่เกิดจากการปรับระดับด้วยการถมอาจไหลทลายลงไปในพื้นที่ข้างเคียงที่ต่ำกว่า และที่สำคัญที่สุดจะต้องไม่ปรับระดับให้น้ำในบริเวณระบายทิ้งไปบริเวณที่ดินของคนอื่นโดยเด็ดขาด เว้นแต่เป็นทางระบายน้ำหรือแหล่งน้ำสาธารณะ

ในเชิงโครงสร้างและเทคนิคก่อสร้างการออกแบบในพื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างเดิมอยู่หนาแน่น จะยากกว่าการออกแบบในพื้นที่โล่ง แต่นักออกแบบที่ดีควรตระหนักในการสำรวจและวิเคราะห์พื้นที่เป็นอย่างดี และจัดทำผังสำรวจ มีการกำหนดตำแหน่ง และแนวทางในการดำเนินการก่อสร้างให้สอดคล้องกับสภาพที่ตั้งเดิมต่อไป

### 1.3 ต้นไม้และพืชพรรณ

ในการออกแบบภูมิทัศน์การสำรวจพืชพรรณโดยเฉพาะต้นไม้ใหญ่ในพื้นที่ที่มีความสำคัญมาก เพื่อที่จะได้ออกแบบปรับภูมิทัศน์เพื่อให้เกิดการใช้สอยพื้นที่ และแก้ไขปัญหาพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์ระบบนิเวศของโครงการให้สอดคล้องกัน หรือหากการออกแบบก่อให้เกิดผลกระทบต่อต้นไม้และพืชพรรณเดิม ก็ให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุด หรืออาจจำเป็นต้องหามาตรการในการจัดการอนุรักษ์ รักษา ต้นไม้ใหญ่ไว้ หรือดำเนินการทางรุกรขรรณเพื่อบรรเทาผลกระทบ หรือเคลื่อนย้ายต้นไม้และดูแล (nursery) ต้นไม้นั้นระหว่างการก่อสร้าง

การพิจารณาพืชพรรณเดิมโดยเฉพาะไม้ยืนต้นและกลุ่มของพืชพรรณที่มีความสมบูรณ์เชิงนิเวศ โดยหลักการจะต้องทำการเก็บรักษาสภาพพืชพรรณเดิมไว้ให้มากที่สุด หากมีต้นไหนจะต้องขุดย้ายหรือโค่นทิ้งต้องประเมินคุณค่าในแง่ของสภาพของต้นไม้นั้น ในด้านรูปทรง ขนาด ความสมบูรณ์ ประโยชน์ในด้านต่างๆ (เช่น การให้ร่มเงา การให้ดอกหรือผล) ราคาค่าปลูกทดแทน ตำแหน่งของต้นไม้ที่มีผลต่อผังใหม่ โดยปกติแล้วเราจะประเมินค่าปลูกทดแทนซึ่งจะแพงมากถ้าจะให้ได้ต้นไม้ที่มีสภาพเดิม ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาต้นไม้เดิมไว้ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ทั้งนี้การรักษาพืชพรรณเดิมต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ที่เกิดจากการปรับระดับพื้นที่ด้วย เช่น เรื่องระดับน้ำใต้ดินว่าเหมาะสมหรือไม่ ระดับดินโคนต้นจะต้องไม่สูงหรือต่ำกว่าเดิมเกินไป ระยะห่างจากโครงสร้างระบายน้ำ พื้นลาดแข็ง หรืออาคารที่จะเกิดขึ้นใหม่ นักออกแบบภูมิทัศน์พึงตระหนักว่าในกรณีต้นไม้ใหญ่มีความสำคัญอย่างมากในแง่ความรู้สึก แม้ว่าเป็นต้นไม้ที่ปลูกอยู่ในที่ส่วนบุคคล ได้มีกรณีที่เกิดการรณรงค์โดยกลุ่มองค์กรเครือข่ายต่างๆ เช่น กลุ่มบิ๊กทรีส์ (Big Trees)ต่อต้านการโค่นต้นไม้โดยเฉพาะในพื้นที่ก่อสร้าง

การสำรวจพืชพรรณควรทำควบคู่ไปกับการตรวจสอบสภาพภูมิประเทศข้างต้น พร้อมทำบันทึกรายการต้นไม้เดิมไว้ โดยระบุตำแหน่งลงในผังสำรวจ ชื่อสามัญ ชื่อวิทยาศาสตร์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ที่ตำแหน่ง 1.30 ม. จากระดับดิน หรือความสูงเพียงอก (Breast height) ความสูงถึงยอดไม้ ขนาดทรงพุ่ม (Crown cover) และอาจบันทึกลักษณะปัญหาอื่นๆร่วมไปด้วย เช่น การเอียง โรคพืช ระดับน้ำท่วมโดยดูจากรอยคราบน้ำ (water mark) เช่นเดียวกับการสำรวจอาคารและโครงสร้างอื่นๆ

### 1.4 ดินและปัญหาเกี่ยวกับดิน

ปัญหาของดินต่อการปรับปรุงพื้นที่ ได้แก่ ที่ดินเปรี้ยว ดินเป็นด่าง ที่ดินเลวขาดธาตุอาหาร ที่ลุ่มต่ำ ดินอ่อน น้ำใต้ดินสูง การแก้ปัญหาที่ดินเค็ม ปัญหาของดินต่อการปรับปรุงพื้นที่แบ่งตามหมวดของกรมพัฒนาที่ดินที่ใช้ระบุในแผนที่สภาพดินไว้ดังนี้

1. s (sandy) หมายถึง เนื้อดินไม่ค่อยเหมาะสม เช่น เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย เป็นทรายจัด และขาดธาตุอาหารพืชอย่างรุนแรง
2. g (gravel) หมายถึง ดินมีเศษหิน หรือลูกรังปะปนมาก
3. o (organic matter) หมายถึง ดินอินทรีย์
4. a (acidity) หมายถึง ดินเป็นกรดจัด หรือเปรี้ยวจัด
5. k (calic) หมายถึง ดินมีก้อนปูนปะปนมาก
6. w (water) หมายถึง ดินที่มักขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูก
7. d (drainage) หมายถึง ดินมีการระบายน้ำไม่ดี หรือมีน้ำแช่ขัง
8. t (topography) หมายถึง ดินที่มีสภาพพื้นที่ลาดชัน พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน เสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดิน หรือสภาพพื้นที่ยากต่อการกักเก็บน้ำ

9. f (flood) หมายถึง การมีน้ำท่วม หรือน้ำแช่ขัง
10. x (salinity) หมายถึง ดินที่มีเกลือ หรือดินเค็ม
11. อื่นๆ ได้แก่ ดินด่าง (Alkaline soils) ดินต้น ดินพรุ ดินที่มีโลหะหนักมีพิษ (Contaminated) เช่น ในพื้นที่โรงงานเก่า (Brownfield site)

www.mcc.cmu.ac.th/dinThai/distribute\_s.asp

☐ ชุดดินจัดตั้งในประเทศไทย

☐ ภาคเหนือ

☐ ภาคกลาง

☐ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

☐ ภาคใต้

**การจำแนกดินในประเทศไทย**

☐ ทำไม่ต้องการจำแนกดิน

☐ วิธีการจำแนกดิน

**อนุกรมวิธานดินในประเทศไทย**

☐ อันดับดิน

☐ อันดับย่อย

☐ กลุ่มดินใหญ่

☐ กลุ่มดินย่อย

☐ วงศ์ดิน

🔍 สืบค้นอนุกรมวิธานดิน

**สมบัติชุดดิน**

☐ สมบัติทั่วไปของโปรไฟล์ดิน

☐ สมบัติของแต่ละชั้นดิน

**ระดับความเหมาะสม**

☐ ทางเกษตรกรรม

☐ ทางวิศวกรรม

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดดิน**

**สารสนเทศกลุ่มชุดดิน (WebGIS)**

ระดับความเหมาะสม: **ทุกการ (ใช้ประโยชน์)**

ชุดบ่อน้ำ

ใช้เป็นดินถมหรือทำคันกั้น

ใช้เป็นที่ลาดน้ำดิน

ใช้เป็นแหล่งทรายและกรวดในการก่อสร้าง

ใช้ขนพูนดินในสวน

ทำบ่อน้ำทิ้งหรือบ่อเกรอะ

เป็นรากฐานอาคารไม่สูง

สร้างคันดินกั้นน้ำ

สร้างทางระบายน้ำ

สร้างโรงงานขนาดเล็ก

สร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก

โปรดเลือกวิธีที่ต้องการ

| พืชไร่                           | พืชผัก                           | ไม้ผล                                 | ไม้ยืนต้น                       | พืชอื่นๆ                           |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ไร่     | <input type="checkbox"/> ไร่     | <input type="checkbox"/> ปาล์ม/น้ำมัน | <input type="checkbox"/> ไม้    | <input type="checkbox"/> ไม้ดง     |
| <input type="checkbox"/> ไร่หวาน | <input type="checkbox"/> ไร่พริก | <input type="checkbox"/> ยูคาลิปตัส   | <input type="checkbox"/> ไม้ยาง | <input type="checkbox"/> ไม้ยืนต้น |
|                                  | <input type="checkbox"/> ไร่พริก |                                       | <input type="checkbox"/> ไม้ยาง | <input type="checkbox"/> ไม้ยืนต้น |

**สืบค้นระดับความเหมาะสมทางการเกษตร**

ชื่อชุดดิน:

ระดับความเหมาะสม:

ภูมิภาค:

ภาคเหนือ

ภาคกลาง

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาคใต้

ภาพที่ 8 เว็บไซต์ดินไทย แสดงชุดดิน สภาพดิน ปัญหาเกี่ยวกับดิน และความเหมาะสมในด้านต่างๆ

- 1) ดินทรายจัด (Sandy soil) หมายถึงดินที่มีเนื้อดินเป็นทรายหรือทรายปนดินร่วนเป็นชั้นหนากว่า 100 ซม. ทำให้ดินยากแก่การดูดซับน้ำและแร่ธาตุ ไม่มีความสมบูรณ์เพียงพอแก่การเจริญเติบโตของพืช มีโครงสร้างดินแน่นทึบยากแก่การซึมน้ำของรากพืช ในพื้นที่ที่มีดินเป็นทรายจัดจะทำให้พืชขาดแร่ธาตุ และน้ำอย่างรุนแรง แก้ปัญหาโดยปลูกพืชด้วยระยะห่างที่เหมาะสม และใช้ปุ๋ยคอกเสริม จัดหาแหล่งน้ำเสริมเพื่อให้น้ำแก่พืช หากเป็นดินทรายที่มีชั้นดินดาน (sandy soil with spodic horizon) ทำให้น้ำระบายยากในชั้นดินดานในฤดูฝนแต่ขาดน้ำในฤดูแล้ง มีความสมบูรณ์ต่ำมาก เหมาะกับทำพื้งปลูกเลี้ยงสัตว์และปลูกพืชประเภทมะม่วงหิมพานต์
- 2) ดินอินทรีย์ (organic soil) หมายถึงดินที่มีอินทรีย์วัตถุปนอยู่ในดินมาก มีเศษพืชที่ยังสลายตัวไม่หมด ปะปนอยู่ทั่วไป ในชั้นความหนากว่า 40 ซม. มักเกิดในที่ที่มีน้ำขังและมักมีสภาพเป็นกรดจัด มีกำมะถันสูง การปลูกพืชในดินประเภทนี้จะต้องยกร่องและแก้ความเป็นกรด
- 3) ปัญหาดินตื้น ให้ดูจากความตื้น/ลึกของดิน ดูจากการพบชั้นลูกรัง ชั้นกรวด หรือชั้นเศษหินเป็นอุปสรรคต่อการซึมน้ำของรากพืช ในการดูแลรักษาอาหาร ยากต่อการไถพรวน ทำให้พืชเติบโตช้า มักพบมากแถบภาคอีสานและกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยดินตื้น (ความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร) ใช้ปลูกไม้ยืนต้นเป็นหลักผสมกับพืชไร่ (alley cropping) พื้งปลูกเลี้ยงสัตว์ หรือปล่อยทิ้งไว้ตามธรรมชาติ ปลูกป่า, ดินลึกปานกลาง 50-100 เซนติเมตร ใช้ได้ทุกมาตรการ ยกเว้นชั้นบ้นไคดิน, และดินลึก มากกว่า 100 เซนติเมตร ใช้ได้ทุกมาตรการ แต่ควรคำนึงถึงมาตรการที่ประหยัดและคุ้มค่า
- 4) ที่ดินเลวขาดธาตุอาหาร / ดินจืด (Non-fertile soils) ได้แก่ดินทราย ดินตะกอนเหมือนแร่ ดินลูกรัง กัดเซาะง่าย หรือเกิดจากการปลูกพืชบางชนิด พบที่จันทบุรี ฯลฯ แก้ไขได้โดยเพิ่ม คอลลอยด์ดิน (soil colloid) และปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมีแก้ดิน, เพิ่มความสามารถอุ้มน้ำ
- 5) ดินเค็ม (Saline soils) เป็นดินที่มีเกลือที่ละลายน้ำได้สะสมมากเกินไป เค็มมาก-พืชดูดน้ำได้น้อยลง น้ำที่ดูดไปใช้ประโยชน์ได้น้อย เค็มมาก-พืชดูดน้ำไม่ได้ เหี่ยวตาย วัดจากค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity)  $EC > 2 \text{ mS/cm}$  หรือ microSiemens per cm. (mS/cm) หรือ micromho, mho. พบที่น้ำทะเลเคยท่วมถึง, ภาคอีสาน พัฒนาโดยเลือกพืชชนิดทนเค็ม เช่น ปาล์มน้ำมัน มะพร้าวมะขามเทศ สะเดา แสม โกโก้ ลำพู ชะคราม, ล้างด้วยการรดน้ำจืด
- 6) ดินเป็นด่าง (Alkaline soils) ได้แก่ดินที่มีค่า  $pH > 7$  ดินด่างเพราะหินปูนหรือ Calcareous soils มีค่า  $pH < 8$  มักขาดธาตุอาหารบางตัว เมื่อขึ้นมี  $pH$  ลดลง, ดินด่างเพราะ Na มากหรือ Sodic (Saline) soils มีค่า  $pH > 8.5$  มีลักษณะเป็นดินอัดแน่น อาจมีพิษจากธาตุบางตัว มีธาตุอาหารหลายตัวแต่พืชดูดกินไม่ได้ แก้ไขโดยใส่ยิปซัม (Gypsum) แล้วชะล้างดินด้วยน้ำจืด
- 7) ดินเปรี้ยว (Acid soils) ได้แก่ดินที่มีค่า  $pH < 7$  ( $pH$  ที่เหมาะสมกับพืช ~5.5-7) มีกรดเข้มข้นสูง โดยเฉพาะ  $H_2SO_4$  (กรดกำมะถัน) ทำให้ละลายสารประกอบที่เป็นพิษต่อพืชในดิน พบที่สมุทรปราการ, สมุทรสงคราม, ชะอำ, บางปะกง, บางน้ำเปรี้ยว, องค์รักษ์, รังสิต, ธัญบุรี, อโยธยา วิธีแก้ไขโดย ใช้วัสดุปูน (Liming material), พรวนดินและใช้ทรายหยาบคลุกปรับปรุงดินชั้นบนให้น้ำระบายดีขึ้น, ปรับปรุงเติมปุ๋ยอินทรีย์ผิวดินบน สาเหตุที่ดินในพื้นที่พุ่มแปรสภาพเป็นดินเปรี้ยวจัดสืบเนื่องมาจากดินในพื้นที่พุ่มมีลักษณะเป็นอินทรีย์วัตถุหรือซากพืชที่เน่าเปื่อยอยู่ข้างบน และช่วงระดับลึกประมาณ 1-2 เมตรมีลักษณะเป็นดินเลนสีเทาปนน้ำเงินซึ่งมีสารประกอบกำมะถันที่เรียกว่าสารประกอบไพไรท์อยู่มาก ดังนั้นเมื่อดินแห่งสารประกอบไพไรท์ ( $FeS_2$ ) จะทำปฏิกิริยากับอากาศปลดปล่อยกรดกำมะถันออกมาทำให้ดินดังกล่าว

แปรสภาพเป็นกรดจัดหรือเปรี้ยวจัด ผลของการเป็นกรดจัดของดินจะทำให้จุลินทรีย์ไม่ย่อยสลายแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อต้นไม้และยังทำให้ธาตุบางชนิดที่อยู่ในดิน เช่น เหล็ก อลูมิเนียม กลายเป็นพิษต่อต้นไม้

โครงการแก้มลิงดิน ในพระราชดำริเป็นการแก้ปัญหาดินเปรี้ยววิธีหนึ่ง

## 2. ระบบสาธารณูปโภคในพื้นที่

โครงข่ายระบบสาธารณูปโภคในพื้นที่ที่สำคัญที่จะต้องต่อเชื่อมได้แก่ ระบบไฟฟ้า และประปา ส่วนระบบวิศวกรรมอื่นๆ ตามที่กล่าวไปแล้วในตอนต้น ได้แก่ ระบบระบายน้ำเดิม ควรปล่อยให้เป็นไปตามธรรมชาติเดิมให้มากที่สุด การปรับระดับใหม่จะต้องให้การระบายน้ำสอดคล้องกับสภาพเดิมและสภาพธรรมชาติของพื้นที่ให้มากที่สุด โดยเฉพาะลักษณะระบบระบายน้ำในระดับเมือง นักออกแบบภูมิทัศน์พึงมีจิตสำนึกในการออกแบบไม่ให้กระทบกระเทือนส่วนรวม เช่น ไม่ปิดกั้นทางระบายน้ำ ส่วนระบบสาธารณูปโภคเดิมทั้งบนดินและใต้ดินไม่ควรไปแก้ไขเปลี่ยนแปลง เพราะจะทำให้เกิดความเสียหายหรือต้องใช้งบประมาณให้สิ้นเปลืองไปโดยไม่สมควรแก่เหตุ โดยผู้ออกแบบต้องตรวจสอบระบบสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานระบบ ได้แก่ การไฟฟ้า(นครหลวง/ภูมิภาค) และการประปา(นครหลวง/ภูมิภาค)



ภาพที่ 9 ทากาโน่ ภูมิสถาปนิกผู้ออกแบบโรงเรียนอนุบาลแห่งนี้ อนุรักษ์ทางน้ำเดิมที่ไหลผ่านพื้นที่ไว้

---

### กิจกรรม 7.1.2

- 1.
- 2.

---

### แนวตอบกิจกรรม 7.1.2

- 1.
  - 2.
-

## ตอนที่ 7.2

# หลักการออกแบบงานระบบที่เกี่ยวข้องในงานออกแบบภูมิทัศน์ขนาดเล็ก

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 9.2 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

### หัวเรื่อง

7.2.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง - ดวงโคม (ไฟเสา ไฟผนัง ไฟส่องต้นไม้) การให้แสงสว่าง การเดินท่อฝังใต้ดิน ปลั๊กไฟกลางแจ้ง การใช้พลังงานทางเลือก เช่น แสงอาทิตย์

7.2.2 ระบบระบายน้ำฝน การเก็บน้ำฝน - แนวท่อ บ่อพัก ระดับ ตำแหน่งระบายออก ทั้งจากอาคารและในสวน สนาม

7.2.3 ระบบน้ำ ในสระว่ายน้ำ น้ำพุ น้ำตก สระน้ำประดิษฐ์ บ่อน้ำหรือบ่อปลาкарพ-ธารน้ำ

7.2.4 ระบบชลประทานภูมิทัศน์ - ระบบประปา รดน้ำต้นไม้ การเดินท่อ ระบบการรดน้ำ (หัวฉีด น้ำหยด เป็นต้น)

7.2.5 ระบบบำบัดน้ำเสีย - การพิจารณาเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่

### แนวคิด

1. ระบบไฟ การให้แสง การควบคุม
2. ระบบที่เกี่ยวข้องกับน้ำฝน การระบายน้ำ แนวคิดเกี่ยวกับการหนองน้ำ และแก้ปัญหาหน้าท่วม
3. ระบบที่เกี่ยวข้องกับน้ำดี น้ำเสีย

### วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 7.2 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

- 1.
- 2.
- 3.

## เรื่องที่ 7.2.1

### ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เดิมการวางระบบไฟฟ้าเป็นหน้าที่ของวิศวกรไฟฟ้าโดยตรง โดยผู้ออกแบบภูมิทัศน์อาจเป็นผู้เลือกแบบดวงโคมเท่านั้น แต่ในปัจจุบันนี้ระบบไฟฟ้าบริเวณและการให้แสงสว่างเกี่ยวข้องกับการออกแบบภูมิทัศน์อย่างไม่สามารถแยกออกจากกันได้ กล่าวคืองานออกแบบภูมิทัศน์นั้นจะสวยงามและมีประสิทธิภาพหรือไม่เพียงไร ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบไฟฟ้าบริเวณ การเลือกแสงสว่างที่เหมาะสม เสริมบรรยากาศให้กับบริเวณและสอดคล้องกับการใช้สอย การดูแลรักษา และแนวคิดด้านการประหยัดพลังงาน ซึ่งต้องเรียนรู้ศัพท์เทคนิคเกี่ยวกับไฟฟ้าไว้และทำความเข้าใจถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละประเภทเพื่อที่จะสามารถเลือกสรรมาใช้ได้อย่างเหมาะสม ระบบไฟฟ้าบริเวณจึงมีความสำคัญมากและเป็นต้นทุนที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นค่าก่อสร้างและการบำรุงรักษา อีกทั้งทำให้โครงการมีบรรยากาศที่ดี ให้แสงสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรม ให้ความปลอดภัยสูงสุดต่อผู้ใช้งานที่ และยังส่งเสริมด้านการออกแบบลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีอีกด้วย

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าบริเวณในส่วนที่นักออกแบบภูมิทัศน์เข้าไปมีส่วนร่วม มีเนื้อหาที่ควรทราบประกอบด้วยเรื่องแสง การส่องสว่าง การกำหนดตำแหน่งดวงโคมไฟฟ้า การเดินสายไฟ และการกำหนดการควบคุม

#### 1. แสงและการส่องสว่าง

หลักการออกแบบการส่องสว่างเพื่อให้ใช้งานได้นั้น หมายถึงต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่ทำงานได้โดยไม่ต้องทำให้เพ่งสายตามากเกินไป ส่วนการส่องสว่างให้เกิดความสวยงามนั้นก็ต้องอาศัยความมีศิลป์เพื่อพิจารณาในแง่การให้แสงแบบเอฟเฟค (Effect Lighting) หรือการให้แสงแบบส่องเน้น (Accent Lighting) ระบบการให้แสงสว่างนั้นยังขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน การมองเห็น บรรยากาศ และสอดคล้องสัมพันธ์กับการตกแต่งบริเวณอื่นๆ



ภาพที่ 10 การออกแบบไฟฟ้าและการให้แสงสว่างในย่านเมืองเก่าเอเดินบอร์

**1.1. การให้แสง** การออกแบบการให้แสง และความส่องสว่างของแสงในงานภูมิทัศน์ การให้แสงสว่างโดยพื้นฐานประกอบด้วยการให้แสงหลัก และการให้แสงรอง

**1.1.1 ระบบการให้แสงหลัก (Primary Lighting System)** คือ การออกแบบระบบแสงสว่างให้มีความส่องสว่างเพียงพอตามมาตรฐานเพื่อการใช้งานในแต่ละพื้นที่นั้นๆ ซึ่งหมายถึงแสงสว่างพื้นฐานที่ต้องใช้เพื่อการใช้งานซึ่งแยกออกได้เป็นระบบต่างๆดังนี้

- แสงสว่างทั่วไป (General Lighting) คือ การให้แสงกระจายทั่วไปเท่ากันทั้งบริเวณพื้นที่ใช้งาน ซึ่งใช้กับการให้แสงสว่างไม่มากเกินไป แสงสว่างดังกล่าวไม่ได้เน้นเรื่องความสวยงามมากนัก ดังนั้นการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานสามารถทำได้ในแสงสว่างทั่วไปนี้
- แสงสว่างเฉพาะที่ (Localized Lighting) คือ การให้แสงสว่างเป็นบางบริเวณเฉพาะที่เท่านั้น ซึ่งมักใช้กับงานที่ต้องการความส่องสว่างสูง ซึ่งไม่สามารถให้แสงแบบแสงสว่างทั่วไปได้เพราะทำให้สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า จึงไม่ต้องให้แสงสม่ำเสมอทั่วไปเหมือนแบบแรก

**1.1.2. ระบบการให้แสงรอง (Secondary Lighting System)** - หมายถึงการให้แสงนอกเหนือจากการให้แสงหลักเพื่อให้เกิดความสวยงามเพื่อความสบายตา การให้แสงรองสามารถทำได้โดย

- แสงสว่างแบบส่องเน้น (Accent Lighting) เป็นการให้แสงแบบส่องเน้นที่วัตถุใดวัตถุหนึ่งเพื่อให้เกิดความน่าสนใจ โดยทั่วไปแสงประเภทนี้ได้มาจากแสงสปอตไลท์
- แสงสว่างแบบเอฟเฟค (Effect Lighting) หมายถึงแสงเพื่อสร้างบรรยากาศที่น่าสนใจ แต่ไม่ได้ส่องเน้นวัตถุ เช่น โคมที่ติดตั้งที่เพดานเพื่อสร้างรูปแบบของแสงที่กำแพง เป็นต้น
- แสงสว่างตกแต่ง (Decorative Lighting) เป็นแสงที่ได้จากโคมหรือหลอดที่สวยงาม เพื่อสร้างจุดสนใจในการตกแต่งภายใน หรือในงานออกแบบภูมิทัศน์ อาจให้แสงโดยแสงจากไฟเบอร์ออปติกหรือไฟประดับแบบต่างๆ
- แสงสว่างงานสถาปัตยกรรม (Architectural Lighting) บางทีก็เรียก Structural Lighting ให้แสงสว่างเพื่อให้สัมพันธ์กับงานทางด้านสถาปัตยกรรม เช่น การให้แสงไฟจากหลัง การให้แสงจากบังตา หรือการให้แสงจากที่ซ่อนหลอด หรือการส่องแสงย้อนอาคารให้เห็นเด่นชัดในเวลากลางคืน
- แสงสว่างตามอารมณ์ (Mood Lighting) แสงสว่างประเภทนี้ไม่ใช่เทคนิคการให้แสงพิเศษแต่อย่างใด แต่อาศัยการใช้สวิตช์ หรือตัวหรี่ไฟเพื่อสร้างบรรยากาศของแสงให้ได้ระดับความส่องสว่างตามการใช้งานที่ต้องการ

ความส่องสว่างของแสงในงานภูมิทัศน์ก็เช่นเดียวกับการให้แสงสว่างในงานทั่วไปดังกล่าวไปแล้วข้างต้น แต่เนื่องจากการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมเป็นงานออกแบบระบบการให้แสงสว่างในพื้นที่กลางแจ้งและมักเป็นที่สาธารณะ ฉะนั้นนักออกแบบภูมิทัศน์จะต้องตระหนักถึงเรื่องความปลอดภัยทั้งในตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าเองต้องได้มาตรฐานกับงานกลางแจ้ง นอกจากนี้การส่องสว่างที่มากพอก็เป็นตัวช่วยให้เกิดความปลอดภัยของบริเวณเองด้วย นอกจากนี้ความเป็นระเบียบเรียบร้อยของระบบการเดินสาย

เพื่อให้เกิดความสวยงาม อีกทั้งการคำนึงถึงการบำรุงรักษา การควบคุม และการใช้สอยของคนหมู่มาก โดยเฉพาะเด็กและผู้พิการ (Universal design) เป็นสำคัญ



ภาพที่ 11 การให้แสงสว่างในพื้นที่สาธารณะ เพื่อความสวยงามและปลอดภัย โดยเลือกให้แสงและใช้ดวงโคมแบบและระดับความสูงต่างๆ

## 1.2. ประเภทของดวงโคม

มีทั้งแบบใช้งานในอาคารและนอกอาคาร ที่พบเห็นทั่วไปได้แก่ โคมฟลูออเรสเซนต์ โคมไฟส่องขึ้น โคมไฟโรงงานหลอดปล่อยประจุความดันไอสูง โคมไฟส่องลง (Downlight) มีทั้งแบบที่ใช้กับหลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ และหลอดปล่อยประจุความดันไอสูง โคมไฟเสา เป็นต้น โคมไฟส่องลง เป็นโคมไฟที่ให้แสงลงด้านล่าง เหมาะสำหรับใช้งานส่องสว่างทั่วไปอาจจะเป็น ชนิดฝัง ติดลอย แขนง หรือกิ่งฝังกิ่งลอย ส่วนโคมไฟเสา โดยทั่วไปใช้สำหรับงานส่องเน้นสถาปัตยกรรมตัวอาคาร หรือเพื่อการส่องสว่างสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น สนามกีฬา ลานจอดรถ สถานที่ก่อสร้าง บริเวณขนถ่ายสินค้า เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีดวงโคมประเภทแอลอีดี (LED-Light Emitting Diode) ซึ่งใช้อุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง เพื่อให้แสงผ่านเข้าไปในท่อนำแสงหรือเส้นใยนำแสงไฟเบอร์ออปติก (Optical Fiber) และดวงโคมประเภท LED Flood Light ใช้หลอด LED ที่ประหยัดพลังงาน ให้ความสว่างสูง มีการกระจายตัวของแสงเป็นบริเวณกว้าง และยังมีอายุการใช้งานได้ยาวนานกว่า สามารถใช้ย้อมเปลี่ยนสีผนังอาคารได้ เหมาะกับพื้นที่งานที่ต้องการแสงสว่างเป็นบริเวณกว้าง



ภาพที่ 12 ไฟ LED แบบฝังไว้ที่พื้น

### 1.3. ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกดวงโคมและหลอดไฟฟ้า

ในการเลือกดวงโคมไฟฟ้าและหลอด ในการออกแบบภูมิทัศน์พิจารณาปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ความปลอดภัยของโคม
2. ประสิทธิภาพของโคมไฟฟ้า (Luminaire efficiency)
3. ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟฟ้า (Coefficients of Utilization)
4. แสงบาดตาของโคม (Glare)
5. กราฟการกระจายแสงของโคม (Distribution Curve)
6. การระบายความร้อนของโคม
7. อายุการใช้งาน
8. สถานที่ติดตั้ง
9. มาตรฐานการป้องกันฝุ่นและความชื้น (IP - Ingress Protection)

ค่ามาตรฐาน IP นี้อยู่ในเอกสารหมายเลข 60529 ที่ออกโดยคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์ (IEC) โดยตัวเลข IP มักจะแสดงเป็นตัวเลข 2 ตัว ตัวเลขตัวแรก คือ ความสามารถในการป้องกันวัตถุขนาดเล็ก (หมายถึงฝุ่นละออง) ค่าจะเริ่มต้นที่ 0-6

- 0 ไม่สามารถป้องกันฝุ่นได้เลย
- 1 ป้องกันวัตถุที่เล็กกว่า 50 มม. เข้าไปได้ เช่น มืออาจจะเข้าไปสัมผัสตัวโคม
- 2 ป้องกันวัตถุที่เล็กกว่า 12 มม. อย่างเช่น นิ้วมือเข้าไปสัมผัสตัวโคม
- 3 ป้องกันวัตถุที่เล็กกว่า 2.5 มม. อย่างเช่น พวงกุญแจหรือสายไฟต่างๆ
- 4 ป้องกันวัตถุที่เล็กกว่า 1 มม. อย่างเช่น อุปกรณ์หรือสายไฟขนาดเล็ก
- 5 ป้องกันฝุ่นละอองได้บางส่วน
- 6 ป้องกันฝุ่นได้ทั้งหมด

ตัวเลขที่สอง จะหมายถึงความสามารถในการป้องกันความชื้นหรือน้ำ ค่าจะเริ่มต้นที่ 0-8

- 0 ป้องกันละอองน้ำไม่ได้เลย
- 1 ป้องกันหยดน้ำหรือน้ำฝนได้
- 2 ป้องกันละอองน้ำที่พ่นเข้ามาในมุม 15 องศาจากแนวดิ่ง
- 3 ป้องกันละอองน้ำที่พ่นเข้ามาในมุม 60 องศาจากแนวดิ่ง
- 4 ป้องกันน้ำละอองน้ำได้จากทุกทิศทาง
- 5 ป้องกัน หัว jet แรงดันต่ำได้ทุกทิศทาง
- 6 โดนน้ำได้บ้าง แต่แค่ชั่วคราวชั่วคราว เช่น ฝนตก หรือโคมที่ใช้กันบนเรือที่อาจจะโดนคลื่นละอองคลื่น
- 7 แช่น้ำที่ระดับความลึก 15 ซม.-1 ม.ได้
- 8 สามารถติดตั้งใต้น้ำได้

บางครั้งอาจพบว่าตัวเลข IP มี 3 ตัวๆ ที่ 3 หมายถึงการป้องกันการกระแทกจากภายนอก (Impact Protection) ซึ่งปกติจะไม่ค่อยได้ใช้ นอกจากนี้อาจพบอุปกรณ์ที่มีการกำหนดตามมาตรฐานอื่นเช่น NEMA ซึ่งเป็นมาตรฐานของสมาคมผู้ประกอบการไฟฟ้าสหรัฐอเมริกาโดยระบุชนิดเครื่องห่อหุ้ม (Enclosure)

## 2. การเดินสายไฟฟ้า / เคเบิลต่างๆ สามารถเลือกเดินได้หลายวิธีได้แก่

2.1. การเดินสายบนผิวอาคาร - ใช้เดินสายระบบแรงต่ำทั่วไปภายในอาคาร

2.2. การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวน - เป็นการเดินสายแบบเปิดโล่ง โดยใช้ดัม ลูกรอก หรือลูกถ้วยเพื่อการจับยึด สายไฟฟ้าที่ใช้ต้องเป็นสายเดี่ยว และต้องไม่ถูกปิดบังด้วยโครงสร้างของอาคาร

2.3. การเดินสายในท่อร้อยสายชนิดท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit) ท่อโลหะหนานปานกลาง (Intermediate Metal Conduit) และท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing) - ใช้กับงานเดินสายทั่วไป ทั้งในสถานที่แห้ง ชื้น และเปียก นอกจากนี้จะได้มีกำหนดไว้เฉพาะในเรื่องนั้น ๆ โดยต้องติดตั้งให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน

2.4. การเดินสายในท่อร้อยสายชนิดท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit) - การใช้งานใช้ในสถานที่แห้งและเข้าถึงได้ เพื่อป้องกันสายจากความเสียหายทางกายภาพ หรือเพื่อเดินซ่อนสาย

2.5. การเดินสายในท่อร้อยสายชนิดท่อโลหะอ่อนกันของเหลว (Liquid Tight Flexible Metal Conduit) - การใช้งานใช้ในสภาพการติดตั้ง การใช้งาน และการบำรุงรักษาที่ต้องกาความอ่อนตัวของท่อ หรือเพื่อป้องกันสายไฟฟ้าชำรุดจากไอ ของเหลวหรือของแข็งหรือในที่อันตราย

2.6. การเดินสายในท่อร้อยสายชนิดท่อโลหะ (Nonmetallic Conduit) - ท่อร้อยสายชนิดท่อโลหะและเครื่องประกอบการเดินท่อต้องใช้วัสดุที่เหมาะสมทนต่อความชื้น สภาพอากาศ และสารเคมี สำหรับท่อที่ใช้เหนือดินต้องมีคุณสมบัติทนแรงกระแทกและแรงอัด ไม่บิดเบี้ยว เพราะความร้อนภายใต้สภาวะที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใช้งาน ทนต่อผลจากแสงอาทิตย์ สำหรับท่อที่ใช้ใต้ดิน วัสดุที่ใช้ต้องทนความชื้น ทนสารที่ทำให้ผุกร่อนและมีความแข็งแรง เพียงพอที่จะทนแรงกระแทกได้โดยไม่เสียหาย ถ้าใช้ฝังดินโดยตรงโดยไม่มีคอนกรีตหุ้ม วัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนน้ำหนักกดที่อาจเกิดขึ้นภายหลังการติดตั้งได้

2.7. การเดินสายในท่อร้อยสายชนิดท่อโลหะอ่อนกันของเหลว (Liquidtight flexible nonmetallic conduit) - ท่อโลหะอ่อนกันของเหลวเป็นท่อกลมไม่มีตะเข็บ ทำด้วยวัสดุต้านทานเปลวไฟ และต้องเป็นชนิดที่ผลิตเพื่อใช้เป็นท่อร้อยสายไฟฟ้า

2.8. การเดินสายในช่องเดินสายโลหะแบบติดพื้นผิว (Surface metal raceways) - การใช้งานใช้ในสถานที่แห้ง

2.9. การเดินสายในช่องเดินสายโลหะแบบติดพื้นผิว (Surface nonmetallic raceways) - คุณสมบัติของช่องเดินสายโลหะแบบติดพื้นผิว ต้องทำด้วยวัสดุทนความชื้น ทนบรรยากาศที่

มีสารเคมี ไม่ติดไฟ ทนแรงกระแทก ไม่บดเปี้ยวจากความร้อนในสภาวะการใช้งานและสามารถใช้งานในที่อุณหภูมิต่ำได้

2.10. การเดินสายในรางเดินสายโลหะ (Metal wireways) - การใช้งานใช้กับการเดินสายแบบเปิด รางเดินสายที่ติดตั้งในสถานที่เปียกต้องเป็นแบบกันฝน

2.11. การติดตั้งบัสเวย์ (Busways) - การใช้งานบัสเวย์ต้องติดตั้งในที่เปิดเผย มองเห็นได้และสามารถเข้าถึงได้เพื่อการตรวจสอบบำรุงรักษาตลอดความยาวทั้งหมด

2.12. การเดินสายในรางเคเบิล (Cable Trays) - การใช้งาน สาย และอุปกรณ์ที่ยอมให้ติดตั้งในรางเคเบิลได้ แต่ต้องเป็นไปตามวิธีการที่กำหนดของการเดินสายหรือของอุปกรณ์นั้นๆ

| วิธีที่ | วิธีการติดตั้ง                                                             | รูปแสดง |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1       | การเดินสายบนผิวของอาคาร                                                    |         |
| 2       | การเดินสายเปิดบนวัสดุทนความร้อนในอาคาร                                     |         |
| 3       | การเดินสายในท่อสายบนผิวภายในอาคาร หรือในท่อ สายฝังในพื้นคอนกรีต ผนังปูนฉาบ |         |
| 4       | การเดินสายในท่อฝังดิน                                                      |         |
| 5       | การเดินฝังดินโดยตรง                                                        |         |
| 6       | การเดินสายในรางเดินสาย (wireways)                                          |         |
| 7       | การเดินสายในรางเคเบิลแบบบันได (cable ladder)                               |         |

ภาพที่ 13 แสดงการเดินสายไฟแบบต่างๆ ที่มา : เอกสารออนไลน์วิชาไฟฟ้า <http://www.nectec.or.th/courseware/electrical>

### 3. การควบคุมระบบไฟฟ้าและการส่องสว่าง

การควบคุมระบบไฟฟ้าและการส่องสว่างในงานออกแบบภูมิทัศน์ เป็นสิ่งหนึ่งที่นักออกแบบต้องให้ความสนใจ เพื่อให้การควบคุมระบบไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และเหมาะสม การควบคุมเปิด-ปิดดวงโคม และระบบต่างๆ สอดคล้องกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ และพื้นที่ส่องสว่าง มีแผงสวิตช์บอร์ดที่แบ่งเป็นช่วงเวลาหรือโซนการเปิด-ปิด สัมพันธ์กับกิจกรรม โดยผู้ออกแบบควรร่างแบบการควบคุมไว้เป็นรายการกลุ่มของสวิตช์ ตามประเภทกิจกรรม หรือดวงโคม เช่น ชุดไฟสนาม ดวงโคมส่องทางเดิน ไฟฟ้าใต้สะพาน น้ำพุ ศาลาพักผ่อน ควรมีการแบ่ง

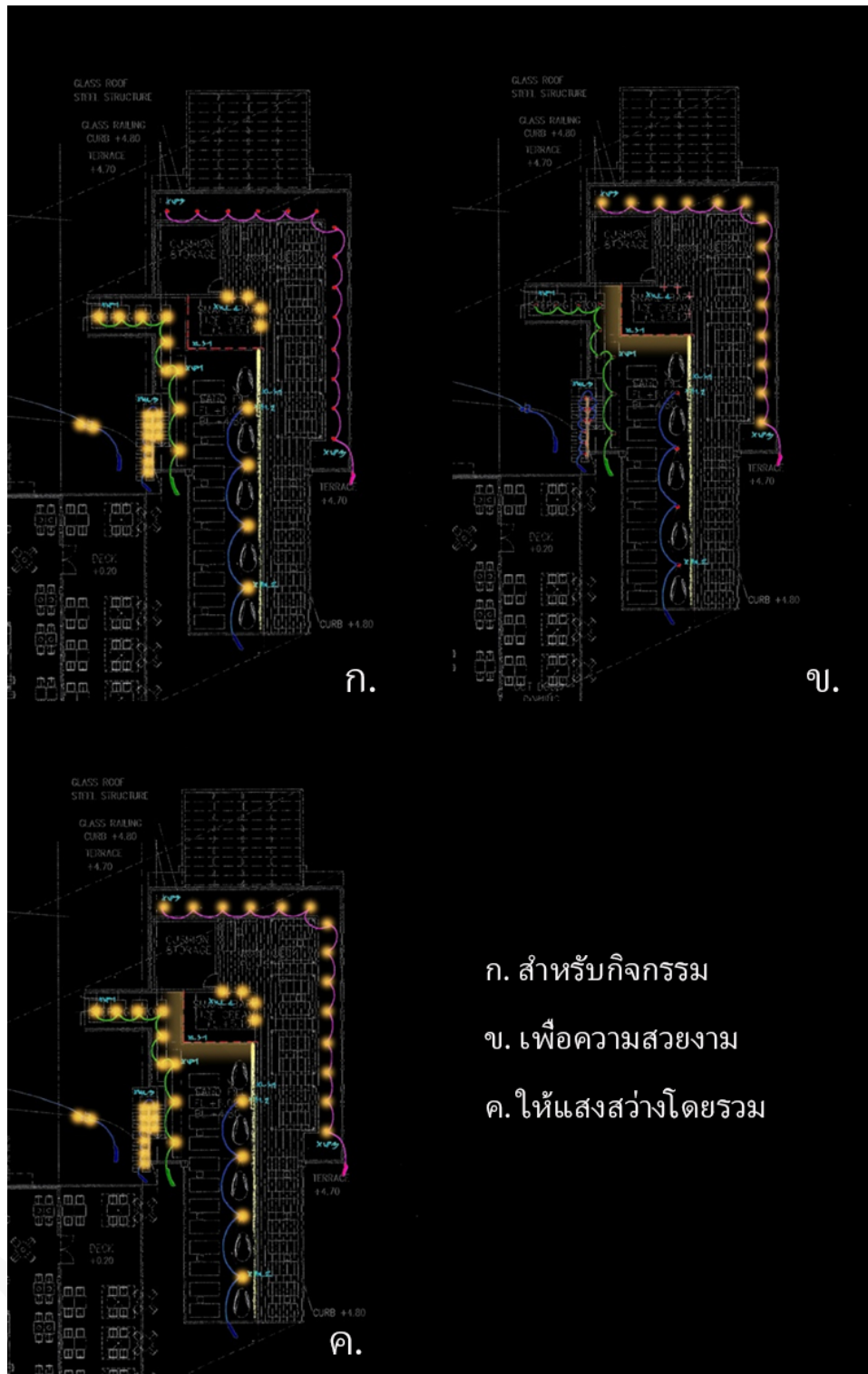
การควบคุมเป็นช่วงเวลาสถานการณ์ดังนี้ ช่วงเวลาใช้งานปกติ ช่วงเวลาพักผ่อน หรือต้องการไฟฟ้าสว่างเป็นพิเศษ และช่วงเวลาวิกฤต คือเวลาที่ไม่มีใครใช้กิจกรรม แต่ยังต้องการแสงไฟเพื่อความปลอดภัย การร่างแบบการควบคุมดังกล่าวอาจมีการเชื่อมโยงการควบคุมสวิตช์แบบดวงวันดวง หรือแยกควบคุมเป็นหลายสวิตช์เพื่อให้ไม่จำเป็นต้องเปิดทุกสวิตช์ในยามวิกฤต ตำแหน่งห้องควบคุมควรอยู่ในตำแหน่งที่สามารถรับรู้ได้ว่าไฟฟ้านั้นมีปัญหาหรือไม่

จากนั้นจะต้องประสานกับวิศวกรไฟฟ้า ติดตั้งเมนสวิตช์ หรือตู้ MDB (Main Distribution Board) ตู้ MDB นี้ส่วนมากมีขนาดใหญ่จึงมักวางบนพื้น มีหลายแบบให้เลือกใช้ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต ทั้งนี้ควรพิจารณาจากระดับแรงดัน พิกัดกระแส และพิกัดกระแสลัดวงจรด้วยเพื่อปลดวงจรทุกวงจร ออกจากสายเมนได้ เมนสวิตช์จะประกอบด้วย เครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสเกิน ซึ่งอาจติดตั้งเป็นส่วนร่วมอยู่ในเครื่องเดียวกัน หรือเครื่องป้องกันกระแสเกินอาจมีคุณสมบัติเป็นเครื่องปลดวงจรได้ด้วย

นอกจากนี้ระบบวิศวกรรมต่างๆ ในงานออกแบบภูมิทัศน์นั้นจำเป็นต้องมีห้องควบคุม จึงจะต้องประสานงานกับสถาปนิกผู้ออกแบบอาคารเพื่อกำหนดพื้นที่สำหรับเป็นห้องบำรุงรักษางานระบบ ในห้องบำรุงรักษานี้ประกอบด้วยแผงควบคุมระบบไฟฟ้า/น้ำพุ (ถ้ามี) และแผงสวิตช์ควบคุมระบบน้ำพุ ไฟฟ้าส่องสว่าง ระบบควบคุมระบบรดน้ำ หรือเก็บเครื่องมือให้น้ำ (หากใช้วิธีคนรด) และ ท่อระบายน้ำ โดยมีขนาดอย่างน้อยราว 2 เมตร x 4 เมตร ซึ่งจำเป็นต้องออกแบบให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม มีพื้นที่เก็บอุปกรณ์บำรุงรักษา และจะต้องเตรียมคนผู้รับผิดชอบ และงบประมาณเพื่อไว้และแจ้งให้เจ้าของสถานที่ทราบ



ภาพที่ 14 ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง และระบบน้ำพุที่ประกอบไปด้วยกัน



ออกแบบโดย : คุณประภัศร ติรณรัตน์ PWL - Planning Workplace Limited  
 ภาพที่ 15 ผังไฟฟ้าและดวงโคม ที่แสดงแนวความคิดในการออกแบบการให้แสง



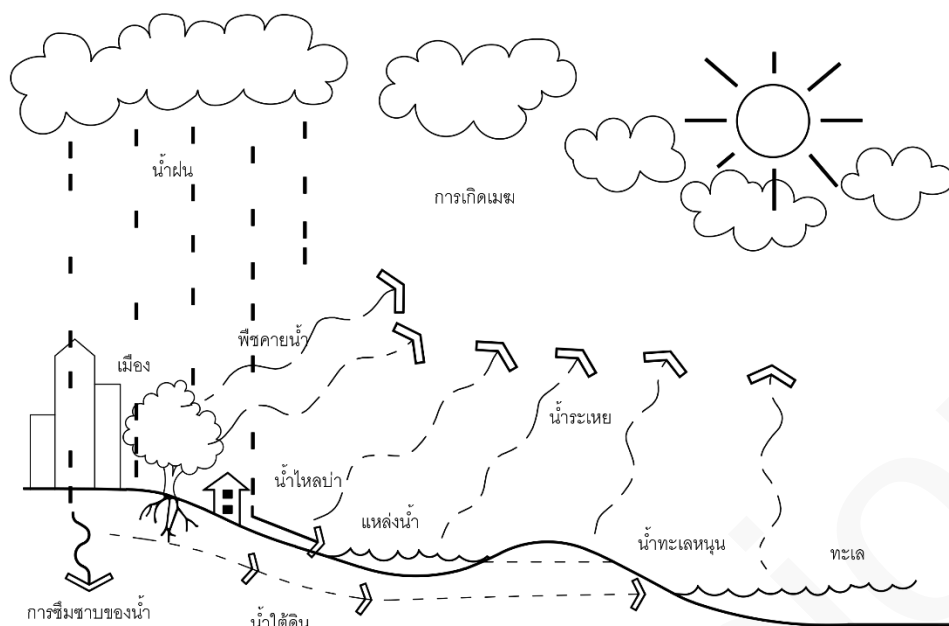
## เรื่องที่ 7.2.2

### ระบบระบายน้ำฝน การเก็บน้ำฝน

การออกแบบระบบระบายน้ำในอดีตนั้น มักมีแนวความคิดแบบเดิมที่เน้นการปกป้องพื้นที่ไม่ให้ท่วม อาจโดยการระบายน้ำจากพื้นที่ออกสู่ทางระบายน้ำสาธารณะที่อยู่ใกล้ที่สุด แต่ในปัจจุบันเชื่อว่าการหน่วงน้ำไว้ในพื้นที่เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เพื่อลดภาระการรับน้ำของพื้นที่ในระดับจุลภาคโดยรอบโครงการและระดับมหภาคของพื้นที่เมือง ซึ่งแนวความคิดและวัตถุประสงค์ในการระบายน้ำนั้นมีพลวัตและเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา เมื่อราวกว่าสามทศวรรษมาแล้ว วัตถุประสงค์หลักในการระบายน้ำคือการนำน้ำออกจากพื้นที่ให้พื้นที่แห้งสนิท ไม่มีน้ำท่วมขัง สูตรการคำนวณระบบระบายน้ำทางวิศวกรรมจึงมุ่งเน้นการระบายน้ำออกจากพื้นที่อย่างรวดเร็วและคุ้มค่าที่สุด ดังที่กล่าวมาแล้วว่าปัจจุบันนี้ปัจจัยแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปทำให้แนวคิดในการระบายน้ำนั้นมุ่งเน้นให้สามารถหน่วงน้ำไว้ในพื้นที่ โดยไม่ทำให้ส่งผลกระทบหรือภาระเกินควรต่อทั้งตัวพื้นที่โครงการเองและพื้นที่โดยรอบ ด้วยการออกแบบที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อมและการพัฒนาที่ยั่งยืน ปัจจุบันการคำนวณระบบระบายน้ำทางวิศวกรรมจึงต้องประสานและสอดคล้องกับแนวความคิดในการออกแบบการใช้สอยพื้นที่และการบริหารจัดการโครงการมากขึ้น เช่น พื้นที่ใดถูกออกแบบให้เป็นพื้นที่หน่วงน้ำได้ รับน้ำและหน่วงน้ำได้เป็นเวลาเท่าไรปริมาณเท่าไร ในฤดูแล้งจะใช้สอยอย่างไรและในฤดูฝนจะต้องงดใช้พื้นที่ในช่วงไหนเป็นเวลาเท่าใด การออกแบบจะต้องคำนวณการระบายน้ำออกให้สัมพันธ์และสอดคล้องกับการหน่วงน้ำของพื้นที่และสภาพภูมิประเทศอย่างไร เป็นต้น

#### 1. วงจรของน้ำ

ก่อนที่จะเริ่มศึกษารายละเอียดของเทคนิคและการออกแบบระบบระบายน้ำ จะต้องทำความเข้าใจใน “วงจรของน้ำ” หรือ “วงจรของน้ำ” (Water Cycle, hydrologic cycle) ก่อน โดยวงจรของน้ำสามารถอธิบายตั้งแต่ การเกิดฝน (Precipitation) การที่น้ำซึมลงสู่ใต้ดิน (infiltration) การไหลของน้ำผิวดิน (runoff) การระเหยเป็นไอสู่บรรยากาศ (evaporation) การหายใจและการคายน้ำของพืช (transpiration) หรือการระเหยและการคายน้ำของพืช (evapotranspiration) แหล่งน้ำใต้ดิน (Sub surface water, Groundwater Flow) และแหล่งน้ำผิวดิน (Ground water, Stream Flow) รวมทั้งการเกิดน้ำใต้ดิน (Aquifers) ที่เกิดจากปรากฏการณ์การซึมน้ำของดินที่เกี่ยวข้องกับช่องว่างระหว่างเนื้อดินที่ยอมให้น้ำซึมผ่านไปสะสมที่ระดับน้ำใต้ดิน โดยทั้งหมดหมุนเวียนสู่วัฏจักรอย่างดูเหมือนไม่มีที่สิ้นสุด แต่เมื่อเกิดปรากฏการณ์โลกร้อน (Global warming) หรือภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate Change) ทำให้เรารู้ได้ว่าวงจรของน้ำเริ่มเกิดความผิดปกติเกิดขึ้น เนื่องจากต้นไม้น้อยลงจากการเติบโตและการพัฒนาเมือง เกิดพื้นที่ที่บดบังน้ำ (Impervious Surface) ทำให้การซึมน้ำน้อยลง ระดับน้ำใต้ดินลดลงเกิดความแห้งแล้งรุนแรงเป็นภัยแล้ง บ้างก็เกิดปรากฏการณ์ที่ปริมาณน้ำฝนมีมากและผิดปกติก่อให้เกิดแผ่นดินและโคลนถล่ม แต่ภัยพิบัติเหล่านี้ดูเหมือนมีความรุนแรงและเกิดขึ้นถี่กว่าเดิม



ภาพที่ 17 แผนภาพแสดง “วัฏจักรของน้ำ” หรือ “วงจรของน้ำ”

## 2. วัตถุประสงค์ในการระบายน้ำ

จากที่เกริ่นมาแล้วว่าเดิมวัตถุประสงค์หลักในการระบายน้ำนั้นเป็นไปเพื่อการปกป้องรักษาไม่ให้พื้นที่โครงการนั้นเกิดความเสียหายจากน้ำท่วมขัง ทำให้ไม่สามารถประกอบกิจกรรมตามที่กำหนดไว้ได้ จึงมีแนวความคิดที่จะระบายน้ำออกจากพื้นที่โดยเร็ว แต่ทั้งนี้เป็นการระบายน้ำออกไปสู่ระบบสาธารณะหรือแหล่งน้ำที่รองรับอยู่นอกโครงการ ไม่ใช่ระบายน้ำออกสู่พื้นที่ข้างเคียงและทำความเดือดร้อนสู่พื้นที่อื่น หลักการระบายน้ำจึงเป็นวิธีการที่เน้นถึงการเก็บรวบรวมน้ำ (Collection), การกำจัด (Disposal) และการนำพา (Conduction) น้ำไปเพื่อบรรล่วัตถุประสงค์ข้างต้น แต่ปัจจุบันนี้วัตถุประสงค์ของการระบายน้ำเปลี่ยนไปจากการพยายามที่จะระบายน้ำออกจากพื้นที่เป็นการพยายามออกแบบระบบรับน้ำ ระบายน้ำ และ บริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งเป็นการช่วยหน่วงน้ำในพื้นที่ของตนเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ส่วนรวม โดยสรุปวัตถุประสงค์ในการระบายน้ำแบ่งเป็นแนวทางในแต่ละช่วงเวลาดังต่อไปนี้

การที่เดิมเราเคยคำนึงถึงการนำน้ำออกจากพื้นที่ให้เร็วที่สุด เพื่อป้องกันให้พื้นที่นั้นๆสามารถใช้สอยได้ โดยใช้ระบบระบายน้ำฝน (storm sewers) ทางระบายน้ำเปิด (swales) รางระบายน้ำ (gutters) และช่องทางน้ำไหล (channels) สู่ทางน้ำสาธารณะที่ใกล้ที่สุด โดยระบบการระบายน้ำฝนมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ป้องกันการกัดเซาะและพังทลายพื้นผิวที่น้ำหลากผ่านไป โดยการลดอัตราการไหลและปริมาณของน้ำลง
2. ป้องกันปัญหาจากน้ำท่วมขังและเป็นการช่วยให้การใช้บริเวณมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยการระบายน้ำที่มากเกินไปและป้องกันน้ำขังอันจะก่อให้เกิดการเน่าเสียและเป็นแหล่งเพาะยุง
3. ทำให้การเจริญเติบโตของต้นไม้ดีขึ้นโดยการระบายน้ำที่อึดตัวอยู่ในดินมากเกินไป
4. ทำให้ลดการชุ่มน้ำของดิน ทำให้ดินรับน้ำหนักได้ดีขึ้นและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย

ปัจจุบัน มีการคำนึงถึงผลกระทบกับบริเวณอื่นรอบโครงการและในระดับเมือง (Off-site impacts) โดยการลดการท่วมพื้นที่ท้ายน้ำ (downstream flooding) โดยใช้การหน่วงน้ำ (Detention facilities) ลดปริมาณน้ำหลาก

(runoff) ลดการทำลายอันเกิดจากน้ำท่วม โดยการวางแผนพื้นที่น้ำท่วม (Flood plain development) และควบคุมอัตราการไหลก่อนและหลังการพัฒนา ในอนาคตมีแนวโน้มที่จะบูรณาการเชิงปริมาณและคุณภาพของน้ำในระดับเมืองเข้ากับแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องปริมาณและอัตราการเก็บ หน่วง และรองรับน้ำฝน ด้วยการผสมผสานแนวความคิดพื้นที่หน่วงน้ำ (detention, storage), การซึมซับน้ำ (infiltration), และใช้วิธีการต่างๆในการใช้ประโยชน์จากน้ำฝน (Rain harvesting) โดยลดค่าใช้จ่ายในการใช้ท่อและโครงสร้างระบายน้ำให้น้อย ใช้ร่วมกับหลักการป้องกันการกัดเซาะ (erosion) และควบคุมการสะสมตะกอน

### 3. ปัจจัยในการกำหนดระบบระบายน้ำ

ในการกำหนดระบบการระบายน้ำมีปัจจัยสำคัญที่จะต้องทำความเข้าใจก่อน เพื่อนำไปสู่แนวทางเลือกที่เหมาะสม และพึงปฏิบัติ ปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดระบบการระบายน้ำได้แก่

3.1. การใช้ที่ดิน - ตามที่กล่าวมาแล้วถึงพื้นที่ที่รับน้ำจากการพัฒนาซึ่งมีผลต่อปริมาณน้ำฝนหลากของพื้นที่เมือง และจะเห็นได้ชัดเจนขึ้นเมื่อเปรียบเทียบการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมหรือพื้นที่สีเขียว กับการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรมในเขตเมือง จะพบว่าพื้นที่เมืองมีความทึบแน่นสูงอันเกิดจากหลังคาและพื้นที่ลาดผิวของการใช้ที่ดินประเภทถนน ที่จอดรถ ลานต่างๆ ปัจจัยด้านการใช้ที่ดินมีผลทำให้การไหลหลากของน้ำฝนเกิดขึ้นบนผิวพื้นแล้วสะสมเพิ่มปริมาณน้ำมีผลให้ระบบการรองรับและนำพาน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้นตามไปด้วย อันส่งผลต่ออุบัติเหตุร้ายแรงได้ เช่น กรณีการเกิดธรณีวิบัติที่ทำให้เกิดการเลื่อนไหลของแผ่นดินเมื่อฝนตกลงมาเป็นปริมาณมาก มักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการรื้อล้างพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plain) หรือจากการทำเกษตรบนพื้นที่ลาดเนินโดยการปลูกพืชจากต้นกล้าหรือพืชล้มลุกซึ่งไม่สามารถยึดดินไว้ได้

3.2. สภาพภูมิประเทศ - สภาพภูมิประเทศราบ ลาดชัน และเป็นหุบเขานั้นเป็นอีกปัจจัยที่ก่อให้เกิดทิศทางและความเร็วของการระบายน้ำที่ต่างกัน พื้นที่ชันทำให้เกิดการระบายน้ำที่แรงและเร็วเกิดการกัดเซาะมาก ปริมาณตะกอนที่พัดพามากับน้ำจึงมากตามไปด้วย ระบบระบายน้ำจึงต้องมีขนาดกว้างและแข็งแรง ในขณะที่ภูมิประเทศที่เป็นพื้นที่ราบและพื้นที่หุบมีแนวโน้มที่จะเกิดการท่วมขังตัวของน้ำ การออกแบบระบบระบายน้ำจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านภูมิประเทศเพื่อออกแบบการใช้ที่ดินและเลือกระบบระบายน้ำให้เหมาะสม

3.3. ขนาดของบริเวณที่จะทำการระบายน้ำ - หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่สุดที่นำไปใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำในระบบระบายน้ำคือขนาดพื้นที่ อันหมายถึงพื้นที่ที่มีการรับน้ำฝนที่ตกลงมาซึ่งในเบื้องต้นรวมถึงพื้นผิวทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่สนาม ผิวถนน ลาน ทางเท้า และอาคาร พื้นที่ที่กว้างใหญ่ปริมาณน้ำก็มากขึ้น ในพื้นที่ลุ่มน้ำและหุบเขาแม้ว่าพื้นที่โครงการจะมีขนาดเล็ก แต่การประมาณการพื้นที่ที่มีการรับน้ำฝนจำเป็นต้องประเมินไปถึงแนวสันปันน้ำที่ทำให้น้ำไหลผ่านพื้นที่โครงการด้วย ไม่ใช่ประเมินเฉพาะในขอบเขตพื้นที่โครงการเพียงอย่างเดียว

3.4. ชนิดของดิน - ปัจจัยที่สำคัญต่อมาคือชนิดของดินที่มีผลต่อการอุ้มน้ำและซึมซับน้ำ เนื้อดินที่ละเอียดและมีช่องอากาศน้อยยึดตัวกันมากย่อมเกิดการซึมซับน้ำได้ยาก ในขณะเดียวกันทรายทำให้เกิดการซึมซับน้ำได้มากเพราะมีช่องอากาศระหว่างกันมาก นอกจากนี้ชนิดของดินยังทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะพังทลายหากไม่มีการปลูกพืชหรือมีวัสดุคลุมดินไว้ และเกิดมูลดินเข้าสู่ระบบระบายน้ำทำให้เกิดความเสียหายได้

3.5. พืชพรรณที่คลุมดิน - เช่น หญ้าที่ตัดเรียบเช่นในสนามกีฬา และหญ้าที่ขึ้นตามธรรมชาติมีค่าสัมประสิทธิ์ที่มีผลต่อการระบายน้ำที่ต่างกัน โดยสรุปพืชพรรณที่คลุมดินทำให้เกิดการอุ้มน้ำและชะลอการไหลของน้ำได้แตกต่างกัน

3.6. ปริมาณและความถี่ของฝน - เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด นักออกแบบภูมิทัศน์พึงอาศัยข้อมูลสถิติเกี่ยวกับปริมาณฝนในการออกแบบ ปริมาณของฝนมีผลต่อปริมาณน้ำโดยขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ตกด้วย การออกแบบระบบระบายน้ำที่สามารถรองรับฝนตกต่อเนื่องจำนวนมากเป็นเวลานานนั้นต้องมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลืองสูง นักออกแบบภูมิทัศน์ต้องประเมินถึงความเหมาะสมและความเสี่ยงต่อความเสียหายหากจะเกิดขึ้นเมื่อระบบระบายน้ำไม่สามารถรองรับสถานการณ์นั้นได้

#### 4. ข้อปฏิบัติที่ดีในงานระบายน้ำ

จากปัจจัยในการกำหนดระบบระบายน้ำข้างต้นทำให้นักออกแบบภูมิทัศน์สามารถประเมินเพื่อกำหนดแนวความคิดในการออกแบบระบบระบายน้ำร่วมกับงานระบบวิศวกรรมได้ สอดคล้องกับหนังสือการวางผังบริเวณและงานบริเวณ (เดชา บุญค้ำ, 2552) ซึ่งมีการกล่าวถึง ข้อปฏิบัติที่ดีในงานระบายน้ำ ไว้ว่ามีหลักยึดดังต่อไปนี้

##### ข้อปฏิบัติที่ดีในงานระบายน้ำ (เดชา บุญค้ำ, 2552)

1. แรงดึงดูดของโลกเป็นเครื่องมือสำคัญอันดับแรกในการทำให้น้ำไหลไปได้ ดังนั้นการทำความเข้าใจอย่างเพียงพอ ให้แก่ทางระบายน้ำจึงมีความสำคัญ
2. น้ำจะไหลเป็นแนวตั้งฉากกับเส้นระดับเสมอ
3. การทำให้น้ำผิวดินไหลช้าๆ จะมีผลดีในแง่ของนิเวศวิทยาโดยน้ำจะมีโอกาสซึมลงไปในดินได้มาก การขจัดน้ำโดยให้ไหลซึมลงไปในดินมีผลดีกว่าการปล่อยให้ไหลไปตามผิว
4. น้ำผิวดินอันเกิดจากระบบระบายน้ำใหม่ที่ทำขึ้นถือเป็นจรรยาหรือศีลธรรมที่จะไม่ระบายลงไปในที่ดินของผู้อื่นเว้นแต่น้ำที่ไหลอยู่เดิมตามธรรมชาติและภูมิสถาปนิกพึงงดเว้นในการเพิ่มปริมาณน้ำลงไปตามทางน้ำเดิมอีก
5. การกัดเซาะเป็นปัญหาใหญ่ที่สุดในงานระบายน้ำ ดังนั้นควรคำนวณอัตราความลาดอย่างระมัดระวังมิให้ชันเกินไปแต่ก็ไม่ให้น้อยเกินไปจนน้ำขัง ควรปลูกพืชบนไหล่เนินคลุมดินทันทีเมื่อมีการปรับระดับแล้วเสร็จ
6. น้ำที่ไหลช้าจะก่อให้เกิดที่แฉะ และน้ำที่ไหลเร็วจะก่อให้เกิดการกัดเซาะเป็นร่องน้ำที่ไม่ต้องการ
7. การระบายน้ำไปตามผิวดินย่อมดีกว่าการใช้ระบบฝังท่อใต้ดินเพราะท่ออาจตันได้ง่ายนอกจากนี้ระบบท่อใต้ดินยังแพงกว่าและไม่เปิดโอกาสให้น้ำไหลซึมลงไปในดินอีกด้วย
8. ควรเลียนแบบระบบระบายน้ำของธรรมชาติเดิมที่มีอยู่ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
9. บริเวณลาดผิวแข็งจะดูน่าเกลียดถ้าลาดมากเกินไป ดังนั้นจึงไม่ควรทำผิวลาดแข็งให้มีความลาดมากโดยไม่จำเป็น
10. น้ำปริมาณมากๆ เช่นน้ำจากลานจอดรถหรือลานอื่นๆไม่ควรปล่อยให้ไหลข้ามทางเดินเท้าไปลงถนน ควรมีบ่อดักก่อนถึงทางเท้า
11. ในการออกแบบระบบระบายน้ำฝนในบริเวณควรคำนึงถึงว่าเมื่อทางระบายที่ก่อให้เกิดอุทกดัน น้ำจะระบายไปทางใดได้บ้าง นั่นคือการทำทางระบายน้ำสำรองไว้รองรับเสมอ

## 5. การแก้ปัญหาการระบายน้ำฝนของพื้นที่อันเนื่องมาจากน้ำท่วมขัง

เมื่อมีปริมาณน้ำฝนจำนวนมาก หรือผนวกกับน้ำหลาก หรือน้ำหนุนจากทะเล หรือน้ำขึ้นน้ำลงนั้น ก่อให้เกิดปัญหาต่อการออกแบบพัฒนาพื้นที่ การแก้ปัญหาพื้นที่น้ำท่วมด้วยการระบายน้ำมีข้อควรคำนึงถึงระบบระบายน้ำภายนอกโครงการ ที่จะเชื่อมต่อกับระบบระบายน้ำภายในโครงการ อีกทั้งให้สอดคล้องกับระบบระบายน้ำเสียและระบบสาธารณูปโภคอื่นๆ กฎหมายข้อบังคับต่างๆที่เกี่ยวข้องในท้องถิ่นนั้นๆ นักออกแบบภูมิทัศน์ยังพึงประเมินความเหมาะสมของรูปแบบระบบระบายน้ำที่เลือกใช้และการบำรุงรักษา อีกทั้งการเตรียมการสำหรับการพัฒนาพื้นที่ในอนาคตให้สอดคล้องกับการใช้ที่ดินและกิจกรรมในพื้นที่ที่ออกแบบ หากพื้นที่โครงการเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่และดำเนินการออกแบบเพียงบางส่วนของพื้นที่นักออกแบบภูมิทัศน์ร่วมกับภูมิสถาปนิกจะต้องนำเสนอกรอบแนวคิดในการออกแบบระบบต่างๆโดยเฉพาะภาพรวมของระบบระบายน้ำโดยจัดทำผังแม่บท (Master Plan) หรือแผนระยะ (Phasing Plan) ไว้ด้วย ไม่ใช่ทิ้งไว้ให้ก่อปัญหาในอนาคต

## 6. องค์ประกอบของระบบระบายน้ำ

การออกแบบระบบระบายน้ำเป็นการออกแบบจัดระบบขององค์ประกอบของระบบระบายน้ำอันประกอบด้วย

6.1. ช่องหรือบ่อท่อระบายน้ำ (Manholes) เป็นช่องที่สร้างอยู่ในระบบระบายน้ำควบคู่ไปกับท่อระบายน้ำ ที่เรียกว่า manholes เพราะมักจะทำให้ช่องหรือบ่อมีบันได ขนาดใหญ่พอที่คนลงไปบำรุงรักษาหรือตรวจสอบท่อระบายน้ำได้ มีทั้งแบบรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมและวงกลม มีฝาปิดโดยการออกแบบเป็นช่องเป็นวงกลมฝาปิดจะตกลงไปในช่องได้ยากกว่าแบบสี่เหลี่ยม มักติดตั้งทุกๆระยะ 8 ม.

6.2. ระบายน้ำฝน (Storm-water drain inlets) ระบายน้ำจะติดตั้งอยู่ที่ต่ำ (LP) ของพื้นที่หรือติดตั้งเป็นระยะตามแนวนอนหรือทางเดิน มักมีขนาดไม่ใหญ่นักมักมีหลายจุด ทำหน้าที่รับน้ำที่ระบายลงสู่จุดหนึ่งเข้าสู่ระบบท่อ ไม่มีบ่อรับน้ำ

6.3. ตะแกรงช่องรับน้ำของบริเวณ (Area drain) ใช้ในบริเวณพื้นที่ขนาดใหญ่ที่ระบายน้ำอาจไม่พอเพียงที่จะระบายน้ำอย่างทันท่วงที มักใช้กับพื้นที่ที่มีการลาดผิว รวบรวมน้ำจากพื้นที่ 1 จุดต่อพื้นที่ประมาณ 90-180 ตรม. มีลักษณะเป็นตะแกรงเพื่อกรองเศษขยะและก้นยานพาหนะหรือคนสะดุดตกลงไป

6.4. ร่องระบายน้ำ (Trench drain/French drain) ได้แก่โครงสร้างรับน้ำที่ระบายมาแบบเป็นผืน (Sheet flow) ตามแนวยาวมักอยู่ตามพื้นที่ลานคอนกรีต มีลักษณะเป็นร่องแนวทางยาวที่สามารถรับน้ำที่ระบายมาลงได้ และยังช่วยนำพาน้ำออกไปจากพื้นที่ได้ มี 3 ลักษณะ คือแบบขอบลานจอดรถ, แบบรางรอบอาคาร, แบบราง(กรวด)ซึม

6.5. บ่อพัก/บ่อดักน้ำ (Catch Basins) ได้แก่โครงสร้างรับน้ำและรวบรวมสู่ระบบท่อระบายน้ำ ทำหน้าที่เป็นทั้งช่องรับน้ำของบริเวณและใหญ่พอที่จะพักน้ำไว้ในช่วงเวลาหนึ่งๆก่อนที่จะนำพาออกไป อาจเป็นจุดที่จะมีการเปลี่ยนระดับของท่อระบายน้ำโดยใช้ระดับน้ำที่สูงขึ้นในบ่อเป็นตัวเปลี่ยนระดับ โดยทั่วไปออกแบบเป็นบ่อคอนกรีตหล่อสำเร็จขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800-1200 mm. จำนวน 1 จุด : พื้นที่ประมาณ 930 ตรม.

6.6. ท่อ(ระบาย)น้ำ (Pipes/conduits) เป็นตัวนำพาน้ำจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ทั้งนี้ท่อน้ำจะต้องมีการจัดวางอยู่บนค่าระดับที่ทำให้เกิดการระบายน้ำได้ ท่อระบายน้ำมีหลายชนิดทำจากวัสดุต่างๆ ได้แก่ ดินเคลือบ (ใช้ใน ต่างประเทศ ทนกรดได้ดี แต่เปราะ), คอนกรีตเสริมเหล็ก (ไม่ทนกรด), คอนกรีตอัดแรง (ไม่ทนกรด แต่มีขนาดที่ยาว), PVC (แข็ง,เบา และทนกรด), เหล็กเหนียว (ductile iron ใช้ข้ามคลองไม่ทนดินเค็ม), กระเบื้องกระดาซ (Asbestos cement, Fibre cement ไม่นิยม เปราะ ไม่ทนกรด)

6.7. บ่อหน่วง/รับน้ำ (Detention/Retention basin) เป็นบึงน้ำหรือพื้นที่แห้งใดๆที่อยู่ในจุดที่สามารถรับน้ำไว้เมื่อน้ำมาก

6.8. บ่อตกตะกอน/บ่อซึม (Sediment / Infiltration basin) เป็นบ่อแห้งที่มีไว้เพื่อรับน้ำไว้และปล่อยให้ซึมลงสู่ใต้ดินต่อไปโดยไม่จำเป็นต้องนำพาน้ำออกจากพื้นที่

6.9. จุดระบายน้ำทิ้ง (Storm sewer outfalls) ได้แก่จุดระบายน้ำทิ้งออกจากพื้นที่สู่ระบบระบายน้ำสาธารณะต่อไป ที่จุดนี้อาจมีอาคารสูบน้ำหรือตะแกรงดักขยะติดตั้งอยู่

6.10. ทางระบายน้ำล้น (Overflow Run-off Channel, spillway) ใช้ควบคุมระดับน้ำให้อยู่ในระดับน้ำควบคุม

6.11. ทางระบายน้ำเปิด (open channels) เป็นทางระบายน้ำขนาดใหญ่แทนการใช้ท่อ รับน้ำได้มาก ดูแลรักษาง่าย

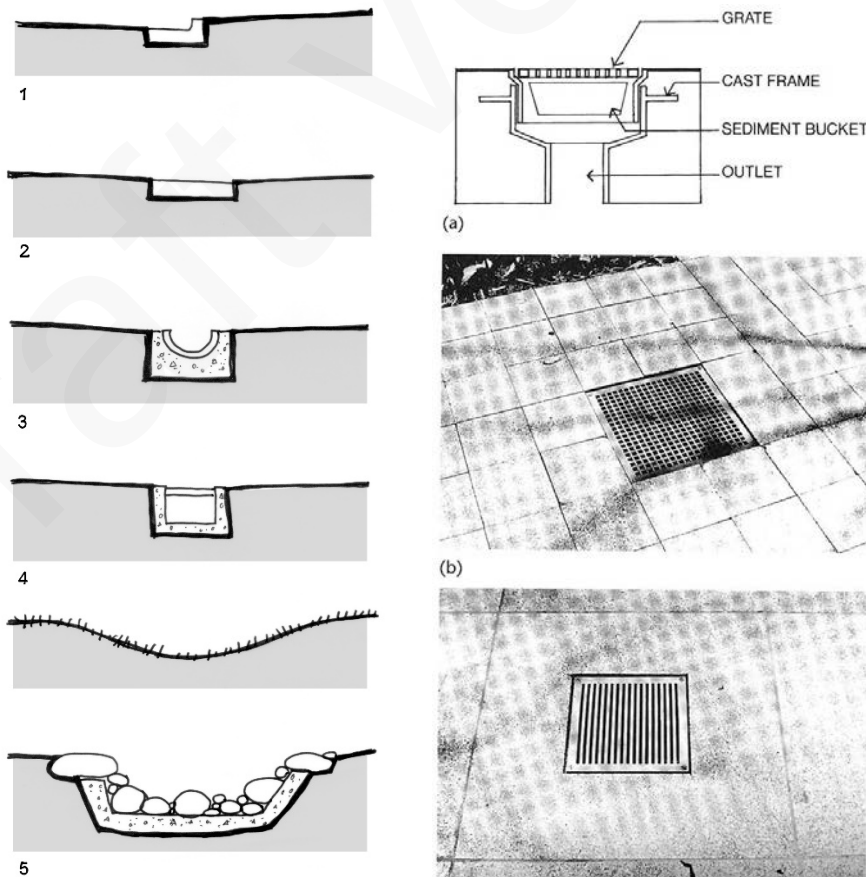
6.12. แผ่นกันกระเซ็น (Splash blocks) ใช้ติดตั้งใต้รางระบายน้ำส่วนที่ก่อนที่จะลงดิน เพื่อลดแรงกระเซ็นที่กัดเซาะดิน

6.13. รางรับน้ำฝนและรางกรวดรับน้ำ (Soakaway&Catch pit) กรวดทำหน้าที่ในการกันกระเซ็นเช่นเดียวกัน

6.14. บ่อพักน้ำ (Sump) ใช้พักน้ำรอไว้จนกว่าจะมีปริมาณพอและง่ายต่อการสูบน้ำออกไปแต่ละครั้ง มักอยู่ใกล้สถานีสูบ

6.15. ท่อลอด (Culvert) เป็นท่อคอนกรีตกลมหรือสี่เหลี่ยม (box culvert) ใช้สร้างลอดถนนหรือทางรถไฟหรือคลองส่งน้ำ

6.16. รางลาดส่งน้ำ (Chute) รางลาดเปลี่ยนระดับใช้ส่งน้ำจากที่สูงไปยังที่ต่ำกว่า



ภาพที่ 18 แสดงโครงสร้างระบายน้ำ ได้แก่ รางระบายน้ำแบบต่างๆ ทั้งแบบโครงสร้าง มีหน้าตัดต่างๆกัน (1-3) แบบเป็นธรรมชาติ (4) และแบบแต่งผิวให้เป็นธรรมชาติ (5) และตะแกรงช่องรับน้ำของบริเวณ (Area drain) ภาพตัด (a), ตำแหน่งการจัดวางให้สอดคล้องกับลายพื้น (b), (c)

## 7. วิธีการระบายน้ำ

ขั้นตอนการออกแบบระบบระบายน้ำมีขั้นตอนที่สำคัญ เริ่มจากวิเคราะห์สภาพพื้นที่เพื่อหาแหล่งน้ำที่จะระบายน้ำ และประเมินพื้นที่ที่ต้องการระบายน้ำ กำหนดรูปแบบ Pattern ของการระบายน้ำ กำหนดตำแหน่ง Inlets และระดับขอบ กำหนดแนวท่อ ดูโครงสร้างรูปตัดการระบายน้ำ และกำหนดรายละเอียดเรื่องระดับ/ขนาดท่อ

ระบบระบายน้ำยังแบ่งเป็นระบบเปิด ระบบปิด และแบบผสม(ทั้งระบบเปิด และระบบปิดเข้าด้วยกัน) โดยระบบปิดมีข้อดีคือใช้พื้นที่น้อย แต่ดูแลรักษายากและใช้งบก่อสร้างสูงกว่าระบบเปิด ระบบระบายน้ำที่สามารถเลือกใช้แบ่งเป็น 5 ระบบใหญ่ๆดังต่อไปนี้

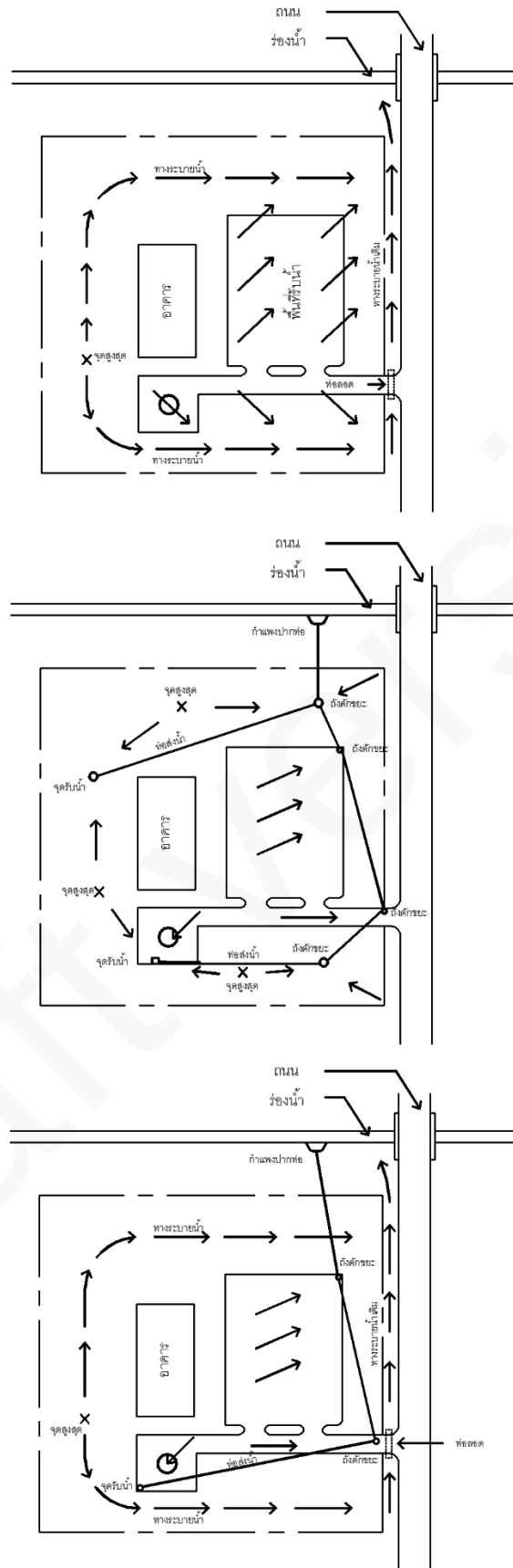
7.1. ระบบระบายน้ำผิวพื้น (Surface drainage system) เป็นวิธีการระบายน้ำในที่ราบ สามารถระบายได้ทั้งแบบระนาบเอียง (Sloping Plane) ระนาบเอียงและแอ่ง (Sloping Plane with Valley) ระบบกรวย (Funnel System) รูปแบบและทิศทางสามารถออกแบบได้หลากหลาย (ดูรูปภาพ 4-10) ทางระบายน้ำมักใช้เป็นร่องระบายน้ำเปิด (swale) ซึ่งง่ายต่อการบำรุงรักษาและราคาก่อสร้างถูกกว่าระบบฝังใต้ดิน โครงสร้างในระบบนี้ทางระบายน้ำมีหลายรูปแบบ เช่น มีตะแกรง ไม่มีตะแกรง บ่ออิฐหัก ทางน้ำที่มีห้วยาคูลม เป็นต้น (รูป 4-13)

7.2. ระบบระบายน้ำแบบปิดฝังอยู่ใต้พื้น (Enclosed underground drainage system) เป็นการรวมน้ำผิวดิน แล้วนำน้ำไปตามท่อซึ่งฝังไว้ใต้ดินสู่รางระบายน้ำสาธารณะ โครงสร้างที่จำเป็นของระบบนี้ได้แก่ ตะแกรงช่องรับน้ำของบริเวณ (Area drain) บ่อพัก/บ่อดักน้ำ (Catch Basins) ร่องระบายน้ำ (Trench drain/French drain)

7.3. ระบบระบายน้ำแบบปิดอยู่ใต้พื้นและมีที่เก็บน้ำในพื้นที่ (Enclosed underground drainage system with on-site storage) เป็นระบบคล้ายระบบในข้อ 2 แต่ใช้กับบริเวณพื้นที่โครงการที่ใหญ่พอจะเก็บน้ำไว้ในพื้นที่ ก่อนที่จะปล่อยให้ซึมในพื้นที่ หรือระบายออกสู่ภายนอกหากเกินกำลังรับน้ำในพื้นที่

7.4. ระบบผสมผสาน (Combination system with enclosed drainage for paved areas and surface drainage for unpaved areas) มักใช้ในพื้นที่ที่มีทั้งพื้นที่ลาดผิวและพื้นที่โล่งไม่ลาดผิว โดยพื้นที่ลาดผิวเช่น ลานจอดรถ สนามกีฬาประเภทสนามบาส สนามเทนนิส ใช้ระบบระบายน้ำแบบฝังอยู่ใต้ดิน ส่วนสนามหญ้าใช้การระบายน้ำผิวพื้น

7.5. ระบบระบายน้ำบนไหล่เนินนั้นมีรูปแบบที่ต่างไปโดยสิ้นเชิง มักทำเป็นขั้นบันได โดยลดความเร็วและกำหนดทิศทางการไหลของน้ำไม่ให้เกิดความเสียหายแก่พื้นที่ และจำเป็นต้องมี ร่องดักน้ำ (Interceptor ditch) และ ตะพัก (Terrace) ไว้รองรับน้ำเป็นขั้นๆไปเพื่อลดปริมาณและความเร็วของการไหลของน้ำที่สะสมหากไหลมาจากที่สูง หรือจากพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ บริเวณร่องดักน้ำหรือตะพักอาจปลูกพืชคลุมดิน ใช้ตาข่ายหรือผ้าห่มดินหรือลาดผิวเพื่อกันการกัดเซาะพังทลาย



ภาพที่ 19 แสดงแนวคิดการระบายน้ำ แบบผิวพื้น (บน) แบบใต้ดิน (กลาง) และแบบผสมผสาน (ล่าง)

## 8. การป้องกันน้ำท่วม

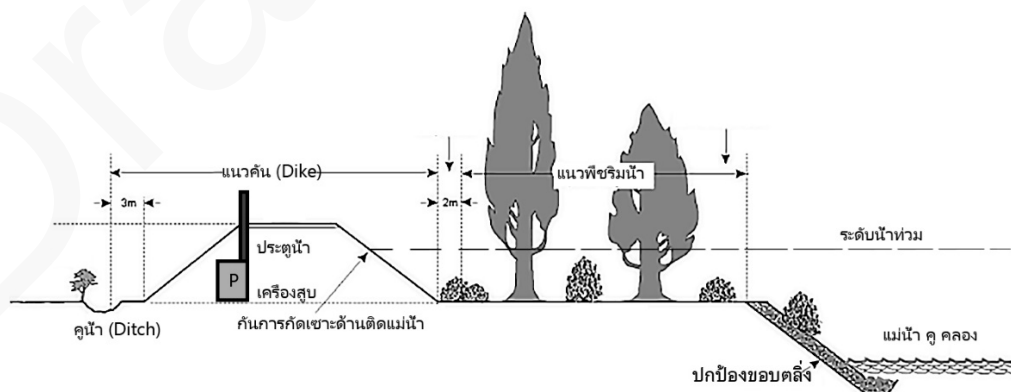
หลายๆพื้นที่ในประเทศไทยมีชุมชนมาตั้งถิ่นฐานบริเวณริมแม่น้ำ โดยเฉพาะที่ราบภาคกลางนั้นแต่โบราณดำรงชีพจากการเกษตร โดยการทำไร่ ทำนา ทำสวนเป็นหลัก น้ำท่วมเป็นปรากฏการณ์ประจำปีตามฤดูกาล โดยเฉพาะช่วงปลายฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำสะสมมาก เกิดน้ำหลากจากภาคเหนือจากที่ราบภาคกลาง ปริมาณน้ำฝนที่ตก ประจวบกับน้ำทะเลหนุนสูงทำให้การระบายน้ำสู่ทะเลได้ช้า จนเป็นที่ทราบกันว่า “สามน้ำ” อันหมายถึง 3 น้ำ ได้แก่ น้ำฝน (Precipitation) น้ำเหนือ (Run-off) และน้ำทะเลหนุน (Tides, ระดับน้ำทะเล) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมที่ลุ่มภาคกลางของไทย

แต่ปัจจัยหลักของปัญหาน้ำท่วมไม่ได้มาจากน้ำเท่านั้น การพัฒนาและการเจริญเติบโตของเมืองทำให้จากเดิมที่พื้นที่สามารถทำหน้าที่เป็นฟองน้ำดูดซับน้ำลงไว้ในดินได้บ้างกลายเป็นสภาพพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยอาคารและพื้นผิวลาดแข็งเช่นถนนและลาน ภาระหนักในการรองรับน้ำจึงตกเป็นของแม่น้ำลำคลองเพียงอย่างเดียว ซึ่งปัจจุบันสองฝั่งแม่น้ำลำคลองโดยเฉพาะส่วนที่ไหลผ่านเมือง มักมีการก่อสร้างเขื่อนกันไม่ให้น้ำเอ่อท่วมเข้ามาด้วยเหตุจากความต้องการใช้พื้นที่อย่างเต็มที่ ผิดจากในสมัยก่อนที่พื้นที่เมืองและการตั้งถิ่นฐานอยู่ริมน้ำ และอยู่ร่วมกันได้โดยการปลูกสร้างบ้านเรือนยกขึ้นสูง ในขณะที่ท้องทุ่งไร่นายอมให้น้ำท่วมได้ในช่วงหน้าน้ำ

ในต่างประเทศการวางแผนและบริหารจัดการในพื้นที่ลุ่มน้ำมีความสำคัญมาก ได้แก่ การกำหนดพื้นที่ที่ยอมให้น้ำท่วมได้ในฤดูน้ำ การจัดทำพื้นที่หนองน้ำ การเบี่ยงน้ำออกจากบริเวณเศรษฐกิจไปสู่บริเวณอื่นที่สามารถยอมให้น้ำท่วมกันได้ การเตรียมรับมือในพื้นที่เสี่ยงต่อน้ำท่วม เช่น การพร่องน้ำเพื่อเตรียมรับน้ำให้ได้สูงสุด ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลทางสถิติ ร่วมกับแผนการพัฒนาพื้นที่อย่างเป็นระบบในระดับมหภาค

การป้องกันน้ำท่วมยังสามารถเลือกทำได้หลายวิธีการ เช่น

8.1 วิธีปรับพื้นที่ (Land Treatment) วิธีแก้ปัญหาเบื้องต้นที่เป็นที่นิยมกันคือการถม (fill) ด้วยดิน หินทราย ขยะ (garbage) และถมด้วยขยะก่อสร้าง (Construction waste open dump) / ขยะสุขาภิบาล หรือการถมพื้นที่ด้วยวิธีการฝังกลบแบบสุขาภิบาล (sanitary landfill) อาจมีการเสริมการรับน้ำหนักด้วยโครงสร้างและวัสดุเสริมอื่นๆ เช่น แผ่นใยสังเคราะห์ (geotextile) ในกรณีโครงการมีน้ำหนักสูงแต่ดินไม่สามารถรับน้ำหนักได้ หรือการระบายน้ำใต้ดิน (Sub-drain) ในกรณีที่น้ำใต้ดินสูงด้วยเช่นที่ลุ่มต่ำ ดินอ่อน มีปัญหาการรับน้ำหนักของดิน

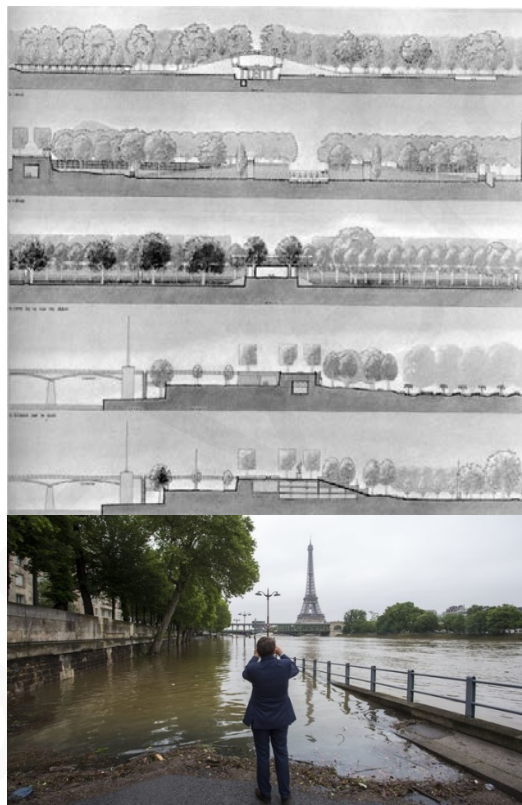


ภาพที่ 20 แสดงระบบคุรับน้ำและคันกันน้ำ (Ditch and Dike)

การป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธีการปรับพื้นที่ที่ประหยัดที่สุดคือการใช้ระบบ ditch and dike หรือระบบคุรับน้ำและคันกันน้ำ และติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ประตุน้ำ อาจมีบ่อหน่วงน้ำ (detention pond) ร่วมกับเครื่องสูบน้ำ

น้ำในพื้นที่ร่วมด้วย ซึ่งประหยัดกว่าการถมดินให้ได้เกินกว่าระดับน้ำท่วม นอกจากนี้ยังใช้วิธีการถมดินเสริม กระสอบทรายแบบชั่วคราวและถาวร ซึ่งโดยทั่วไปจะออกแบบคันกันน้ำให้สูงกว่าระดับน้ำท่วม 100 ปี ราว 0.50 ม. การป้องกันน้ำท่วมอีกแบบหนึ่งที่ใช้กันมากในประเทศไทยคือระบบคันกันน้ำประเภทชั่วคราวโดยใช้ ถุงทราย (Sandbags dike) ร่วมกับการสูบน้ำ

8.2 จัดเตรียมพื้นที่ที่ยอมให้น้ำท่วมในบางช่วงของฤดูกาล (Floods and floodplains) เป็นการวางแผนโดย อาศัยสภาพภูมิประเทศและข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาพื้นที่รับน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำ แนวสันปันน้ำ ทิศทางการไหล ของน้ำ และปริมาณน้ำฝน การออกแบบก่อสร้างพื้นที่รับน้ำในต่างประเทศ เช่น แม่น้ำ Seine ในกรุงปารีส และแม่น้ำ Han ในกรุงโซล จะออกแบบให้ขอบตลิ่งมีหลายระดับ ในฤดูแล้งสามารถใช้สอยพื้นที่ได้เป็น บริเวณกว้าง แต่เมื่อฝนตกในปริมาณมาก พื้นที่บางส่วนยอมปล่อยให้ท่วมได้



ที่มา : AFP-Geoffrey Van Der Hasselt

ภาพที่ 21 รูปตัดพื้นที่รับน้ำหลายระดับเพื่อรองรับน้ำท่วมและกิจกรรมในแต่ละฤดูกาล (บน) และเมื่อน้ำท่วมใหญ่เมื่อปี ค.ศ. 2016 (ล่าง)

ในอดีตการใช้พื้นที่รับน้ำในบริบทแบบไทย เช่น บริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยานั้น บ้านเรือนจะปลูกบน เสา ขอบชายตลิ่งปล่อยให้เป็นไปตามธรรมชาติไม่มีการสร้างเขื่อน เมื่อน้ำหลากมาในฤดูฝนพื้นที่บางส่วน ตลอดแนวแม่น้ำได้ช่วยรับน้ำไว้ตั้งแต่ต้นน้ำ ทำให้ปริมาณของน้ำหลากถูกกระจายออกไป ปัจจุบันมีความ จำเป็นที่ต้องใช้พื้นที่รับน้ำมากขึ้น จากการขยายตัวของเมือง จึงได้มีการก่อสร้างเขื่อนริมตลิ่งตลอดแนวลำน้ำ ปริมาณน้ำจึงถูกรวบรวมมายังลำน้ำซึ่งความกว้างของลำน้ำถูกจำกัดด้วยแนวเขื่อนทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วม ตามมา

8.3 เขื่อน (Dams and reservoirs) ร่วมกับประตูกันน้ำ โดยทั่วไปโครงสร้างประเภทเขื่อนขนาดใหญ่จะออกแบบควบคู่ไปกับสภาพแวดล้อมที่เน้นมีศักยภาพที่ใช้เก็บกักน้ำได้ แต่เขื่อนก็ยังมิประโยชน์ในการป้องกันน้ำท่วมได้ด้วย ในการที่จะรับน้ำไว้และบริหารการปล่อยหรือกักน้ำไว้ผ่านประตูระบายน้ำในเวลาที่เหมาะสม

8.4 กำแพง/คัน/ทำนบกั้นน้ำ (Levees-walls) ได้แก่การกั้นน้ำท่วมโดยใช้ทำนบหรือคันเป็นกำแพงกั้นไม่ให้น้ำท่วมจากแนวตลิ่งของทางน้ำท่วมเข้ามาในบริเวณที่ต้องการจะปกป้อง ในพื้นที่ทางน้ำที่เกิดน้ำท่วมบ่อยๆอาจเกิดการสะสมของตะกอนที่มาขณะน้ำท่วมพอกนูนมากขึ้นเกิดเป็นทำนบธรรมชาติขึ้นได้ หากพื้นที่ตลิ่งจำกัด ปัจจุบันมีเทคโนโลยีกำแพงกั้นน้ำชั่วคราวเกิดขึ้น เช่นการใช้กำแพงกั้นน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา



ภาพที่ 22 กำแพงกั้นน้ำชั่วคราว ริมแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณวัดไชยวัฒนาราม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

8.5 คลองระบายน้ำ (Channel alterations) เป็นแนวทางปฏิบัติในการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำผ่าน การจัดการคลองระบายน้ำ ได้แก่การหมายรวมถึงการขุดลอก (dredge) การขยายหรือทำให้ทางระบายน้ำธรรมชาติที่คดเคี้ยวให้ตรง การสร้างคันดินขนานทางน้ำเพื่อให้ทางรับปริมาณน้ำได้มากขึ้น การทำให้ความลาดของท้องน้ำชันขึ้นหรือตาดผิวด้วยคอนกรีตเพื่อให้เร่งความเร็วในการระบายน้ำ ผลทางเสียของระบบคลองระบายน้ำประเภทนี้มักไม่สร้างสิ่งแวดลอมที่ดี ทำให้ไม่เกิดระบบนิเวศที่ดีแก่พืชชายน้ำและสัตว์น้ำ ในปัจจุบันจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงคลองระบายน้ำเดิมๆที่มีสภาพไม่เหมาะสมให้มีความเป็นธรรมชาติมากขึ้น แต่ยังสามารถใช้เป็นทางระบายน้ำในฤดูน้ำได้อยู่และแก้ปัญหาวัชพืชที่ขวางทางน้ำโดยการเลี้ยงปลุสัตว์เพื่อให้เล็มหญ้าหมุนเวียนในพื้นที่ เป็นการดูแลไม่ให้วัชพืชขึ้นรกเกินไปจนทำให้ทางระบายน้ำตื้นเขิน

8.6 เบี่ยงน้ำ (Diversion) ตัวอย่างเช่นในกรณีสนามบินสุวรรณภูมิที่สร้างปิดแนวทางระบายน้ำจากด้านเหนือกรุงเทพสู่อ่าวไทยนั้น ทำให้สูญเสียพื้นที่ที่เคยรองรับน้ำได้กว่า 20,000 ไร่ และปริมาณน้ำมีมากเกินไปที่จะ

ไหลผ่านคลองที่ขนาด 2 ข้างของสนามบิณสุวรรณภูมิได้ ดังนั้นจึงมีการออกแบบเส้นทางเบี่ยงน้ำออกไปยังด้านตะวันออกสู่อ่างน้ำบางประกง ก่อนระบายลงอ่าวไทย ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา

การเบี่ยงน้ำมักประเมินให้ใช้ในกรณีที่ลุ่มน้ำหรือทางน้ำผ่านพื้นที่เศรษฐกิจ การเบี่ยงน้ำสามารถทำได้โดยทางน้ำหรืออุโมงค์ระบายน้ำ ในประเทศไทยใช้แนวคิดเบี่ยงน้ำในโครงการพระราชดำริ ? คลองลัดโพธิ์? ซึ่งเป็นการเบี่ยงน้ำให้น้ำทะเลหนุนต่ำลง และเมื่อระบายน้ำเบี่ยงไปที่คลองลัดโพธิ์เพื่อให้ระบายน้ำให้ลงทะเลที่อ่าวไทยเร็วขึ้น โดยสรุปบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ได้มีพระราชดำรัสครั้งน้ำท่วมปี พ.ศ. 2548 ถึงการบริหารจัดการน้ำของคลองลัดโพธิ์ว่า

“ที่พระประแดง ที่มีอุปกรณ์ที่เวลาน้ำขึ้น กักเอาไว้ แล้วเวลาน้ำลง ปลอยให้ลง คือ ที่คลอง คนแก่จำไม่ได้แล้ว และได้ทำโครงการที่จะปลอยน้ำไปได้ เวลาน้ำลง แล้วก็เวลาน้ำขึ้นก็ปิดเอาไว้ ดังนั้น คลอง 600 เมตร ถ้าเปิดมัน ก็ทะลักเข้ามาในแม่น้ำเจ้าพระยา ถ้าปิดน้ำจะอ้อมไป นี้อธิที่จะบริหารน้ำให้ดี ก็คือ วิธีการให้ทราบว่าเวลาไหน น้ำกำลังขึ้น ปลอยให้ออกไป พอไปทางคลองเตย กว่าจะถึงตรงปลาย น้ำก็ลง...” [พระราชดำรัส พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ วันที่ 4 ธันวาคม 2549 ณ ศาลาดุสิดาลัย สวนจิตรลดา]

8.7 การหน่วงน้ำ (Detention-retention) โดยใช้พื้นที่หน่วงน้ำ สามารถแบ่งเป็นพื้นที่หน่วงน้ำที่เป็นแบบเปียกคือเป็นอ่างเก็บน้ำเดิม ที่มีระดับน้ำเก็บกักในปริมาณมากกว่าระดับน้ำปกติ หรือแบบแห้งได้แก่พื้นที่ที่เดิมไม่มีน้ำเก็บกักแต่สามารถใช้เป็นพื้นที่รับน้ำและหน่วงไว้ก่อนที่จะระบายออกทางน้ำหรือซึมลงดินในเวลาต่อมา ในประเทศไทยหลักแนวคิด ? แก้มลิง? เป็นหลักการเกี่ยวกับการหน่วงน้ำ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ได้มีพระราชกระแสอธิบายว่า

“ลิงโดยทั่วไปถ้าเราส่งกล้วยให้ ลิงจะรีบปอกเปลือก เอาเข้าปากเคี้ยว แล้วนำไปเก็บไว้ที่แก้มก่อนลิงจะทำอย่างนี้ จนกล้วยหมดหัวหรือ เต็มกระพุ้งแก้ม จากนั้นจะค่อยๆ นำออกมาเคี้ยวและกลืนกินภายหลัง” [พระราชดำรัส พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ วันที่ 4 ธันวาคม 2538 ณ ศาลาดุสิดาลัย สวนจิตรลดา]

8.8 การถมที่ด้วยขยะสุขาภิบาล (sanitary landfill) การถมที่ด้วยขยะสุขาภิบาลที่ถูกต้อง มีข้อคำนึงถึงดังนี้

1. เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำใต้ดินได้รับการปนเปื้อนจากการน้ำเสียจากขยะ
2. เพื่อป้องกันมลพิษจากกลิ่นและเปลี่ยน จากขยะให้เป็นพลังงาน
3. เพื่อลดผลกระทบต่อพื้นที่ชุ่มน้ำใกล้เคียงจากระบายน้ำผิวดิน
4. เพื่อลดระยะเวลา
5. เพื่อให้สามารถใช้พื้นที่โครงการเป็นประโยชน์ต่อไปได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสุขอนามัยของผู้ใช้พื้นที่



ภาพที่ 23 การวางระบบ subdrain เพื่อช่วยระบายน้ำใต้ดิน บริเวณสนามหญ้าหน้าหอประชุมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำให้น้ำระบายได้ดี ไม่ท่วมขัง

### เรื่องที่ 7.2.3

## ระบบน้ำ ในสระว่ายน้ำ น้ำพุ น้ำตก สระน้ำประดิษฐ์ บ่อน้ำหรือบ่อปลา คาร์พ-ธารน้ำ

การใช้รูปแบบหัวน้ำพุแบบต่างๆมาใช้สร้างบรรยากาศในการออกแบบภูมิทัศน์ในพื้นที่ เป็นศาสตร์และศิลป์ในการออกแบบที่น่าสนใจอีกงานหนึ่ง กล่าวคือผู้ออกแบบนอกจากการเรียนรู้ธรรมชาติของน้ำ แดด และลมในพื้นที่ จะต้องทำความเข้าใจกับระบบน้ำ หัวน้ำพุ และมีแนวความคิดด้านความงามและสุนทรีย์เพื่อให้เกิดบรรยากาศที่จะได้จากการผสมผสานรูปแบบน้ำพุลักษณะต่างๆ ตัวอย่างที่น่าสนใจได้แก่ สวนในบริเวณปราสาทอัลนวิค (Alnwick Castle) ที่นำน้ำพุแบบต่างๆมาติดตั้งในพื้นที่ ทำให้เกิดบรรยากาศที่เชื้อเชิญด้วยน้ำพุประกอบดนตรีที่มีการแสดงเป็นรอบๆ บริเวณทางเข้าสวน และดึงดูดความสนใจของผู้คนด้วยน้ำพุ น้ำไหล น้ำตก ในมุมต่างๆของสวน บ้างให้เสียงน้ำหยดเบาๆ บ้างเป็นเสียงน้ำไหล บ้างเป็นเสียงน้ำพุอีกทีกริกโครมน่าตื่นเต้น และเป็นเสียงธรรมชาติที่แปรเปลี่ยนไป เป็นต้น นอกจากนี้การเลือกใช้เอฟเฟกต์ที่ได้จากน้ำนั้นจะถูกนำมาใช้สร้างความน่าสนใจได้หลายแบบดังเช่นการออกแบบภูมิทัศน์ประกอบบริเวณ หรือทำกำแพงน้ำพุแบบต่างๆ (รูปที่ 19)

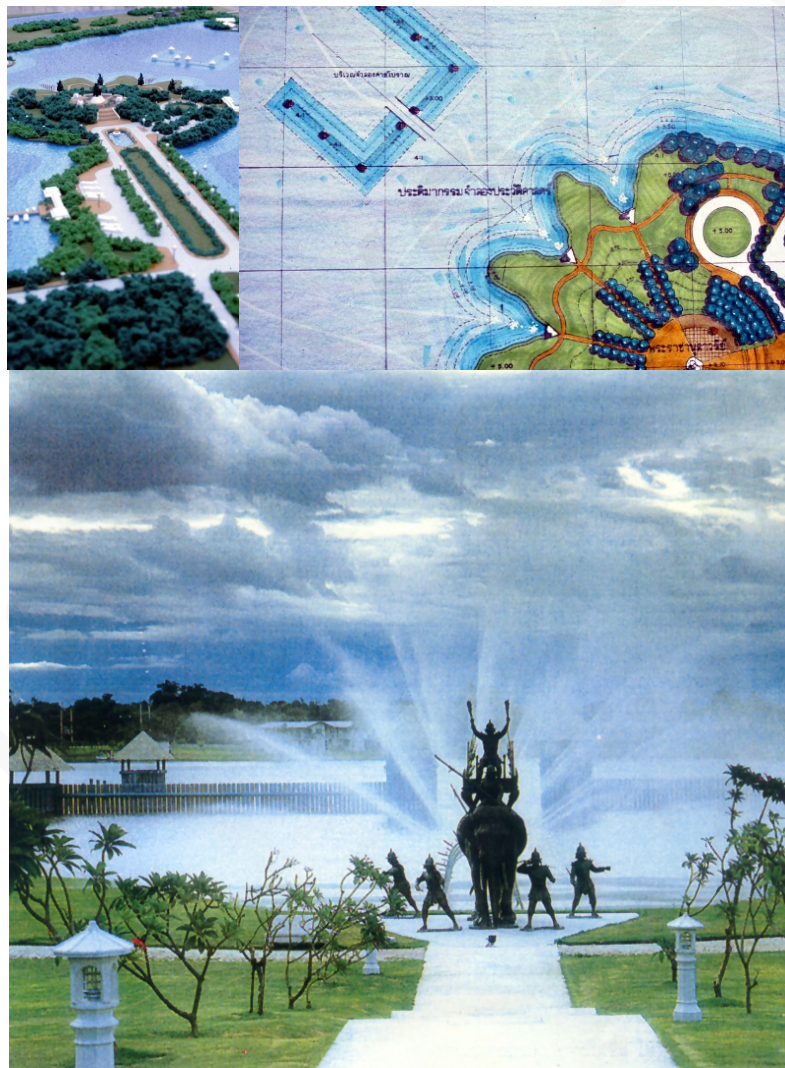
อีกตัวอย่างของการออกแบบเอฟเฟกต์จากหัวน้ำพุ ได้แก่ การใช้น้ำพุในการออกแบบอนุสรณ์สถาน เช่น อนุสรณ์สถานของเลดี้ไดอาน่า (Princess Diana's memorial) โดยภูมิสถาปนิกแคธริน กุสตาฟสัน (Kathryn Gustafson) และนิล พอร์เตอร์ (Neil Porter) ซึ่งได้ใช้รูปแบบน้ำพุแบบต่างๆแทนช่วงชีวิตของเลดี้ไดอาน่า (รูปที่ 20) หรือผลงานการออกแบบพระราชานุสาวรีย์สมเด็จพระสุริโยทัยที่ใช้กลุ่มน้ำพุแทนกองทัพข้าศึก และการเล่นระดับ การขึ้นลงของน้ำในพื้นที่หนองน้ำแสดงสภาพจริงในประวัติศาสตร์ที่สนามรบแห่งนี้มีช่วงฤดูน้ำหลากทำให้ข้าศึกถอยไป (รูปที่ 21)



ภาพที่ 24 สวนน้ำในบริเวณปราสาทอัลนวิค (Alnwick Castle) มีหัวน้ำพุแบบต่างๆ ติดตั้งอยู่ทั่วบริเวณให้มีบรรยากาศ และเอฟเฟกต์ต่างๆกันไป



ภาพที่ 25 ผังอนุสรณ์สถานของเลดี้ไดอาน่ามีรูปร่างคล้ายหัวใจ ล้อมรอบด้วยทางน้ำรูปแบบต่างๆ (ซ้าย) ซึ่งการออกแบบหัวน้ำรูปแบบต่างๆ เป็นส่วนประกอบภูมิทัศน์ของอนุสรณ์สถานแห่งนี้ แทนความหมายช่วงชีวิตของเลดี้ไดอาน่า (ขวา) ออกแบบโดยภูมิสถาปนิกแคธริน กุสตาฟสัน (Kathryn Gustafson) และนิล พอร์ตเตอร์ (Neil Porter)



ภาพที่ 26 หุ่นจำลองโครงการพระราชานุสาวรีย์สมเด็จพระสุริโยทัยใช้การเล่นระดับ ความแตกต่างของระดับน้ำแต่ละฤดูกาล (ภาพบน) และน้ำพุสื่อความหมายถึงเหตุการณ์ตามประวัติศาสตร์ ที่ใช้น้ำพุจำลองกองทัพข้าศึกที่บุกล้อมกรุงศรีอยุธยา โดยเข้ามา 4 ทิศ (ภาพล่าง) ออกแบบโดย อริยา อรุณินท์ ภูมิสถาปนิก กรมโยธาธิการ (และผังเมือง)

เทคโนโลยีเกี่ยวกับสระน้ำประดิษฐ์ น้ำพุ น้ำตกมีพัฒนาอย่างก้าวกระโดดในช่วงไม่เกิน 30 ปีที่ผ่านมา เริ่มจากการริเริ่มนำน้ำพุต้นระดับมาใช้ในสวนสนุกเอพคอตเซนเตอร์ (Epcot Center) ในดิสนีย์เวิลด์ในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา จากนั้นเกิดกลุ่มศิลปินที่ทำเน้นกลุ่มน้ำพุโดยเฉพาะ สร้างผลงานออกแบบรูปแบบหัวน้ำพุแบบต่างๆ รวมไปถึงอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวสปาและรีสอร์ทเพื่อสุขภาพได้นำระบบการบำบัดน้ำในสระน้ำแบบใหม่ๆที่ทดแทนสารเคมีประเภทคลอรีน รวมทั้งการออกแบบสระน้ำที่มีความเป็นธรรมชาติมากขึ้น ตอนที่ 7.2.3 นี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอรวบรวมรูปแบบและเทคโนโลยีใหม่ๆของระบบน้ำพุ น้ำตก และสระน้ำประดิษฐ์ประเภทต่างๆไว้ จากการศึกษาสระน้ำประดิษฐ์รูปแบบต่างๆที่เป็นรูปแบบในปัจจุบันให้แก่ออกแบบเลือกใช้ ได้แก่ สระว่ายน้ำ บ่อนวดตัว (Jacuzzi) แบบวาริบำบัด (Hydrotherapy) มีการใช้หัวพ่นน้ำและอากาศเกิดเป็นฟอง สระลุยน้ำ (wading pond) สระน้ำพุ บ่อปลา บ่อประดับ สระว่ายน้ำแบบธรรมชาติ (Natural swimming pond/pool) เป็นต้น

## 1. ประเภทของสระว่ายน้ำ

อย่างไรก็ตามประเภทของสระว่ายน้ำ มักแบ่งตามการใช้งาน เป็นสระสาธารณะ สระว่ายน้ำในบ้านพักอาศัย สระว่ายน้ำในโรงแรม รีสอร์ท และสระเพื่อแข่งขัน สระว่ายน้ำ หรืออาจแบ่งตามลักษณะการก่อสร้างได้แก่

1. ระบบน้ำล้น (Overflow) คือน้ำจะไหลจากสระว่ายน้ำมาลงที่รางน้ำขอบสระ จากนั้นไหลลงสู่ถังหรือบ่อพักน้ำ (Surge tank) เข้ามาผ่านถังกรอง แล้วจึงไหลกลับเข้าไปในสระอย่างเดิม มีรางน้ำ (Grating/Gutter) อยู่รอบขอบสระว่ายน้ำ ระดับน้ำจะอยู่ปริ่มขอบสระพอดี มีบ่อพักน้ำมีขนาดไม่น้อยกว่า 10 % ของสระว่ายน้ำ รูปแบบสระจะดูสวยงามกว่าระบบสกิมเมอร์ (Skimmer)
2. ระบบสกิมเมอร์ (Skimmer) คือน้ำจะไหลจากสระผ่านช่องสี่เหลี่ยมตรงผนังสระ (Skimmer) เข้ามาผ่านถังกรอง แล้วจึงกลับเข้าสระเหมือนเดิม ระดับน้ำจะอยู่ต่ำกว่าขอบสระว่ายน้ำ 10-20 ซม. ราคาจะถูกกว่าระบบน้ำล้น
3. สระสำเร็จรูป (Preformed pool) มีหลายขนาดและใช้วัสดุต่าง ๆ กัน ไม่นิยมใช้ในสระสาธารณะ หรือสระขนาดใหญ่
4. ระบบท้องทราย (Sand bottom pool) จะมีท้องสระเป็นท้องกระทะ ไม่สามารถใช้เครื่องดูดตะกอน (Vacuum host) ได้ ต้องทำความสะอาดโดยพ่นน้ำกำจัดสิ่งสกปรกไปยังระบบน้ำล้น แล้วส่งต่อไปยังบ่อพักน้ำ

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบสระว่ายน้ำ 2 ระบบระบบสกิมเมอร์ และระบบน้ำล้น

|                            | ระบบสกิมเมอร์                                 | ระบบน้ำล้น                                        |
|----------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1. งบประมาณ                | น้อยกว่า                                      | มากกว่า                                           |
| 2. งานระบบ                 | น้อยกว่า                                      | มากกว่า ยากกว่า                                   |
| 3. การออกแบบ               | ง่าย                                          | ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ                             |
| 4. ความสวยงามของสระว่ายน้ำ | น้ำหมุนเวียนอยู่ภายในใต้ขอบสระว่ายน้ำเท่านั้น | น้ำล้นขอบของสระไหลเข้าถังแล้วหมุนเวียนกลับเข้าสระ |
| 5. ปริมาณรวมของน้ำ         | น้อยกว่า                                      | มากกว่า                                           |
| 6. ขนาดของสระว่ายน้ำ       | เหมาะกับสระขนาดเล็ก                           | เหมาะกับสระทุกขนาด                                |
| 7. ระยะเวลาก่อสร้าง        | สั้นกว่า                                      | นานกว่า                                           |
| 8. การบำรุงรักษา           | ใช้เวลาหมุนเวียนบำบัดน้ำนานกว่า               | หมุนเวียนน้ำได้เร็วและทั่วทั้งสระมากกว่า          |

## 2. เกณฑ์ในการออกแบบสระน้ำต่างๆ

ผู้ออกแบบพึงคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้

- 1) ความปลอดภัย - เป็นเรื่องสำคัญมากที่สุดในการออกแบบสระน้ำ นักออกแบบภูมิทัศน์ต้องรับผิดชอบตามกฎหมายในกรณีที่มีปัญหาด้านการออกแบบอันส่งผลเป็นอันตรายต่อผู้ใช้สระน้ำ ไม่ว่าจะเป็นการเลือกใช้วัสดุ การติดตั้งอุปกรณ์เสริมหรือประดับตกแต่ง ขนาดความลึกของสระ รวมทั้งการบำรุงรักษาให้สระสะอาดถูกสุขอนามัย
- 2) วัสดุ - การเลือกใช้วัสดุ โดยดูถึงผิวสัมผัส (texture) สี ให้เหมาะสมและไม่ก่อให้เกิดอันตราย เช่น ไม่มีผิวสัมผัสที่ลื่นเมื่อถูกน้ำ หากเป็นสระว่ายน้ำการเลือกใช้สีที่สามารถประมาณความลึกขึ้นได้ดี
- 3) แสง - การให้แสง และระบบไฟส่องสว่างที่เสริมเรื่องความปลอดภัย การเดินระบบไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน
- 4) โครงสร้าง - ออกแบบโดยใช้โครงสร้างที่เหมาะสมกับขนาดของสระและสภาพพื้นที่ ระวังไม่ให้เกิดการซึมรั่ว หากอยู่บนอาคารต้องเผื่อการรับน้ำหนักให้กับโครงสร้างอาคารด้วย
- 5) ขนาด - ขนาดของสระที่สอดคล้องกับการประโยชน์ใช้สอย โดยเฉพาะสระว่ายน้ำสำหรับการแข่งขัน รูปร่าง ความลึก การวางตำแหน่งต้องได้มาตรฐาน สระว่ายน้ำสำหรับเด็กต้องออกแบบขนาด รูปร่าง ความลึก เพื่อความปลอดภัยสูงสุด
- 6) ประโยชน์ใช้สอย - ประโยชน์ใช้สอยของสระว่ายน้ำในปัจจุบันมีมากกว่าการใช้ว่ายน้ำ นอกจากการออกแบบสระว่ายน้ำสำหรับเด็ก สระผู้ใหญ่ สระเพื่อการพักผ่อน สระเพื่อการแข่งขัน แล้วปัจจุบันสระว่ายน้ำในโรงแรมยังใช้เป็นบริเวณรับประทานอาหารด้วย
- 7) บรรยากาศ - โดยเฉพาะในสระน้ำเพื่อการพักผ่อน บรรยากาศมีความสำคัญมาก ควรให้เกิดความหลากหลายเช่นมุมที่มีความเป็นส่วนตัว ส่วนที่รับแดด ส่วนที่ร่ม ต้นไม้และวัสดุพืชพรรณเป็นส่วนหนึ่งที่เป็นตัวสร้างบรรยากาศแต่อาจก่อให้เกิดปัญหาด้านการดูแลรักษาเก็บเศษใบไม้ได้
- 8) อุปกรณ์ประกอบ/เฟอร์นิเจอร์ - เช่น สไลเดอร์ น้ำพุ น้ำตก รม ที่นั่ง น้ำล้างตัว ฯลฯ เป็นสิ่งที่เสริมบรรยากาศแต่ขณะเดียวกันการเลือกจัดวางลงบนส่วนต่างๆของสระน้ำมีความสำคัญเช่นกัน บริเวณสระเด็กควรมีที่ให้ผู้ปกครองเฝ้าดูได้ และควรอยู่ห่างจากส่วนที่ลึกของสระผู้ใหญ่ให้มากที่สุด เป็นต้น
- 9) งบประมาณ/การบำรุงรักษา - งบประมาณทั้งการก่อสร้างและการบำรุงรักษา โดยเฉพาะในส่วนของการบำบัดน้ำและปริมาณน้ำหมุนเวียน
- 10) ระบบกรองน้ำ ระบบกรองน้ำและระบบบำบัดน้ำเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ทำให้การออกแบบสระว่ายน้ำแตกต่างจากการก่อสร้างสระทั่วไป ระบบกรองน้ำของสระว่ายน้ำ ปัจจุบันมี 3 ระบบ ได้แก่
  1. ระบบกรองทราย (Sand Filter) ใช้ทรายเป็นตัวกรอง สามารถกรองอนุภาคสิ่งสกปรก ขนาด 25 ไมครอน ปัจจุบันมีการนำ สารประกอบอะลูมิโนซิลิเกต ซีโอไลท์ (zeolite) มาใช้แทนทราย ซึ่งทำให้กรองได้ละเอียดมากขึ้น เทียบเท่าระบบผ้ากรอง
  2. ระบบผ้ากรอง (D.E. Filter) มีผ้าคอยจับผงกรองให้ยึดติด เป็นระบบที่กรองอนุภาคสิ่งสกปรกได้ละเอียด 3-5 ไมครอน
  3. ระบบแผ่นกรองคาร์ทริดจ์ (Cartridge Filter) มีไส้กรองเป็นผ้า 3-4 ชั้น กรองอนุภาคสิ่งสกปรก ขนาด 5-10 ไมครอน นิยมใช้น้อย

11) ระบบบำบัดน้ำในสระว่ายน้ำ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน มี 6 ระบบ แต่ที่เป็นที่นิยมได้แก่ 3 ระบบแรก คือ

1. ระบบคลอรีน ปัจจุบันนำคลอรีนมาฆ่าเชื้อโรคในรูปของ ของเหลว ผง เกล็ด หรือน้ำมาอัดเป็นก้อน โดยคลอรีนจะเป็นตัวฆ่าเชื้อโรค โดยจะทำการฆ่าเชื้อโรคได้ก็ต่อเมื่อน้ำมีค่า พีเอช อยู่ระหว่าง 7.2-7.8 ซึ่งหากน้ำมีค่าเป็นต่างก็จะเติมกรดเกลือลงไป หรือหากน้ำมีค่าเป็นกรดก็จะเติมโซดาแอชลงไป เพื่อปรับสมดุลน้ำให้มีค่าเป็นกลาง ระบบคลอรีนมีทั้งแบบเติมอัตโนมัติ และแบบเติมเอง ซึ่งอาจทำให้มีปัญหาการควบคุมปริมาณคลอรีนในน้ำได้ สระในระบบเติมคลอรีนเองจึงมักมีคลอรีนเข้มข้นเกินไป
2. ระบบเกลือ เป็นระบบที่ใช้เกลือธรรมชาติ (โซเดียมคลอไรด์ , NaCl) มาผ่านกระบวนการแตกประจุ (Electrolytic Process) โดยเครื่องสร้างเกลือคลอรีน (Salt Chlorinator) ทำให้กลายเป็นคลอรีนเหลว หรือโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และไฮโดรเจน ซึ่งจะช่วยฆ่าเชื้อโรค เช่นเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา ทำให้น้ำบริสุทธิ์ ใสสะอาด และน้ำในสระจะไม่มีกลิ่นคลอรีน ทำให้ไม่แสบจมูก และตา หรือระคายเคืองต่อผิวหนังแถมยังเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิวหนังอีกด้วย ระบบนี้มักเป็นแบบอัตโนมัติ
3. ระบบโอโซน (Ozone) เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูงมาก การผลิตโอโซนจะใช้กรรมวิธีคายประจุไฟฟ้า โดยจะเกิดอิเล็กตรอน ซึ่งตัวอิเล็กตรอนนี้จะกระทำปฏิกิริยากับออกซิเจนของออกซิเจน ทำให้เกิดปฏิกิริยาและอนุของออกซิเจนขึ้น และปฏิกิริยาและอนุของออกซิเจนจะทำให้เกิดโอโซน (O3)
4. ระบบโบรมีน (Bromine) มักใช้ร่วมกับระบบคลอรีน โดยใช้เครื่องจ่ายอัตโนมัติไปในส่วนที่คำนวณไว้แล้ว โบรมีนจะมีเสถียรภาพและผันผวนน้อยกว่าคลอรีน ถูกนำมาใช้เป็นยาฆ่าเชื้อในสระว่ายน้ำสปาและอ่างน้ำร้อน ร่วมกับคลอรีน โบรมีนเองไม่ทำให้เกิดความระคายเคืองผิว อย่างไรก็ตามหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปสามารถเป็นอันตรายต่อสุขภาพและอาจทำให้เกิดการระคายเคืองตาได้ จึงต้องมีการตรวจสอบความเข้มข้นรายวัน เพื่อป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์และก่อให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการบำบัดน้ำเพื่อความปลอดภัยยิ่งขึ้น
5. ระบบยูวี (UV Sterile) จะใช้โคมไฟอัลตราไวโอเลตที่ผลิตรังสีคลื่นสั้น ใช้หลักการนำน้ำผ่านเซลล์กำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตสามารถฆ่าเชื้อโรค แบคทีเรีย ไวรัส และจุลินทรีย์อื่นๆที่อยู่ในน้ำภายใน 1- 2 วินาที โดยไม่ต้องใช้สารเคมีอันตราย แม้ว่าจะสะอาดมากในทันทีที่ผ่านรังสี แต่มีความผันผวนสูงโดยเฉพาะในสระสาธารณะที่มีคนเล่นจำนวนมาก มักใช้ร่วมกับระบบอื่น
6. ระบบไอออนทองแดง (Copper Ionization & Electronic Oxidation) โดยระบบการสร้างออกซิเจนและไอออนไนซ์จากแผ่นทองแดง ให้เกิดประจุละลายในน้ำเพื่อฆ่าเชื้อโรค ทั้งแบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา และยับยั้งการเกิดของตะไคร่น้ำได้ไม่มีสารเคมีที่ทำให้แสบตาและระคายเคืองต่อผิว

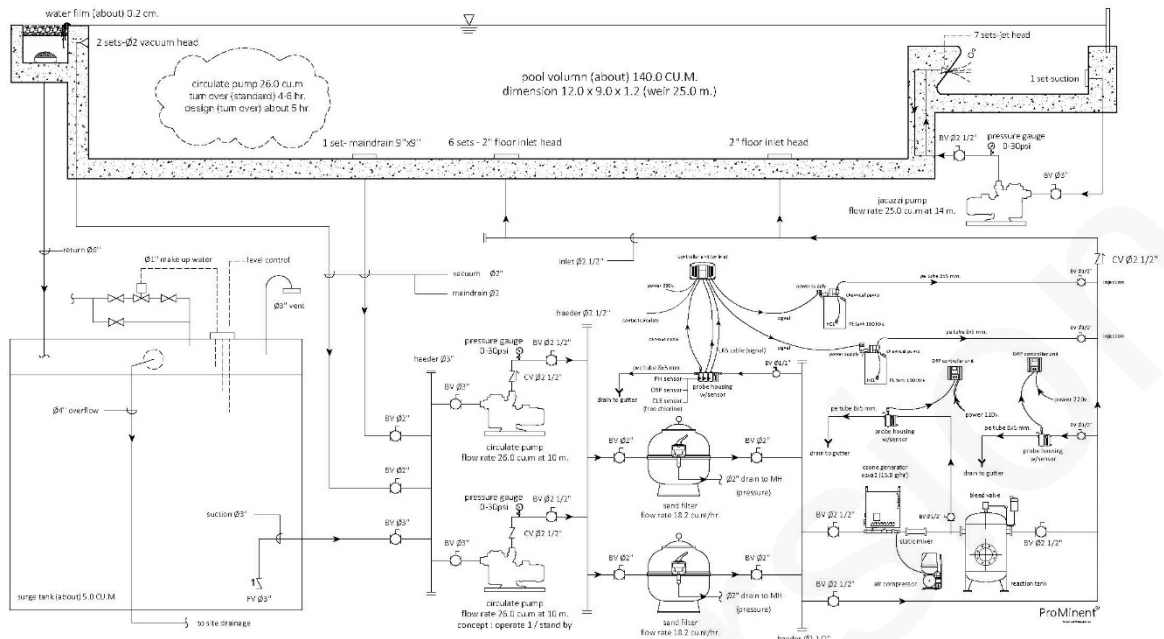
นอกจากนี้การดูแลสระน้ำยังต้องใช้สารเคมีอื่นๆ ร่วมกันในระบบบำบัดน้ำในสระว่ายน้ำ เช่น โซดาแอส ใช้ในการปรับสภาพน้ำในกรณีที่น้ำเป็นกรด, กรดเกลือแห้ง ใช้ในการปรับสภาพน้ำในกรณีที่น้ำเป็นด่าง, น้ำยาควบคุมตะไคร่น้ำ, น้ำยาเร่งตกตะกอน, น้ำยาปรับสภาพน้ำใส เป็นต้น



ภาพที่ 27 สระว่ายน้ำแบบต่างๆ บนชายฝั่ง สระน้ำระบบสก็มเมอร์ซึ่งสามารถตกแต่งขอบสระให้ดูธรรมชาติได้ (บน) สระน้ำแบบลุยเล่น (Wading pool) และมีเครื่องเล่นให้ใช้บริการฟรี ที่สวนสาธารณะเคแอลซีซี กัวลาลัมเปอร์ (ล่าง)



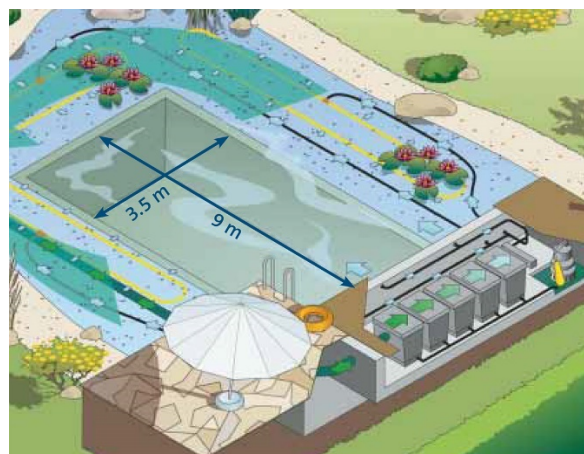
ภาพที่ 28 สระว่ายน้ำระบบสก็มเมอร์ ระดับน้ำจะอยู่ต่ำกว่าขอบสระ เป็นระบบที่ใช้ดั้งเดิมในสโมสรว่ายน้ำเก่าแก่ ชื่อเซอร์เพนไทน์ (Serpentine) ในสาธารณะไฮด์ปาร์ค ในกรุงลอนดอน(ซ้าย) สระว่ายน้ำแบบธรรมชาติของสโมสรว่ายน้ำเซอร์เพนไทน์ ใช้ส่วนหนึ่งของสระในสวนสาธารณะเป็นสระว่ายน้ำ (ขวา)



ภาพที่ 29 ตัวอย่างแบบก่อสร้างการเชื่อมระบบสระว่ายน้ำ แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ระบบสระว่ายน้ำแบบน้ำสั่น และระบบสระน้ำวน ประกอบด้วยระบบควบคุม และเติมคลอรีน และโซโซนเป็นอุปกรณ์ในการรักษาคุณภาพน้ำ (วางระบบโดย ProMinent Fluid Controls (Thailand) Co., Ltd.)

### 3. สระว่ายน้ำแบบธรรมชาติ (Natural swimming pond/pool)

ปัจจุบันนี้สระว่ายน้ำที่มีรูปแบบธรรมชาติเป็นแนวคิดใหม่ที่กำลังเริ่มเป็นที่นิยม สระว่ายน้ำประเภทนี้เหมือนว่ายน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติแต่น้ำมีความสะอาด แต่ปราศจากสารเคมี และได้รับการดูแลผ่านการพึ่งพาธรรมชาติและระบบที่ซ่อนไว้เป็นอย่างดี สามารถออกแบบให้เข้ากับภูมิทัศน์โดยรอบที่เป็นธรรมชาติได้ดี สระว่ายน้ำแบบธรรมชาตินี้มีข้อดีเช่นเดียวกับสระว่ายน้ำโดยทั่วไปกล่าวคือมีระบบกรองและบำบัดน้ำที่อาศัยเทคโนโลยีชีวภาพ (bio-technology) แต่ดูจากภายนอกจะกลมกลืนกับธรรมชาติได้ดีกว่า สามารถออกแบบให้มีวัสดุพืชพรรณประกอบในบริเวณสระได้ ข้อเสียคือไม่เหมาะกับสระขนาดใหญ่ที่มีคนใช้หนาแน่น



ภาพที่ 30 ระบบสระว่ายน้ำแบบธรรมชาติ ที่มา: oase-livingwater.com

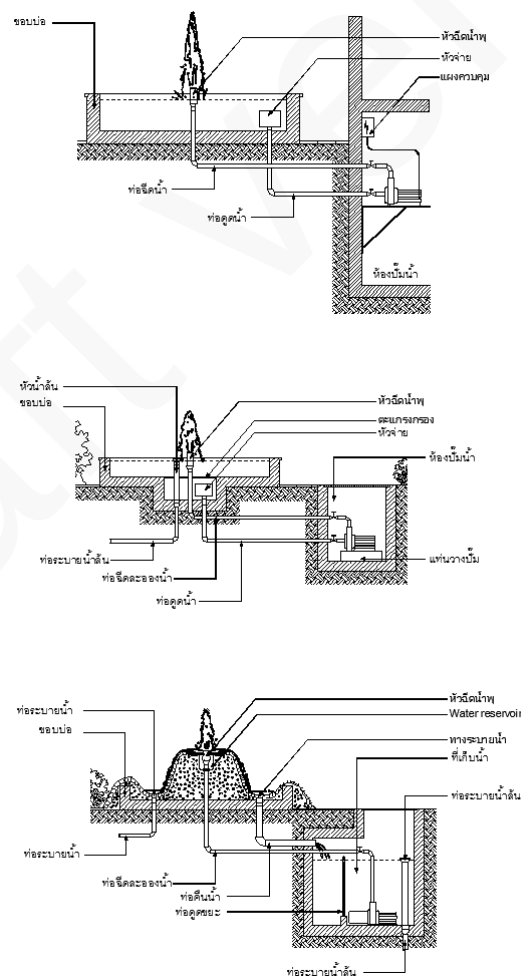
#### 4. บ่อปลา/บ่อน้ำประดับ

นอกจากสระว่ายน้ำบ่อปลาและบ่อประดับเป็นงานออกแบบอย่างหนึ่งที่มักเป็นส่วนหนึ่งของงานภูมิทัศน์ รูปแบบของการก่อสร้างบ่อปลามีรูปแบบโดยสังเขปดังนี้

รูปแบบที่ 1 ระบบแยกส่วน (Skimmer/Waterfall External Pond Filtration) เหมาะกับบ่อขนาดกลางไปถึงขนาดใหญ่ที่จำเป็นจะต้องเลี้ยงปลาประดับด้วย งบประมาณหลักจะอยู่ที่ระบบกรองและ pump การติดตั้งและดูแลรักษาทำได้ง่าย แต่จำเป็นต้องออกแบบเพื่อซ่อนระบบให้ดี ราคาการก่อสร้างปานกลางค่อนข้างสูง

รูปแบบที่ 2 ระบบอยู่ในบ่อ (Submersible Pond Filtration) เหมาะกับบ่อขนาดเล็กไปถึงขนาดกลางที่อาจไม่มีหรือมีปลาไม่กี่ตัวและมีพื้นที่ไม่มาก จะใช้ระบบกรองและ pump สำเร็จรูปติดตั้งได้ง่าย การบำรุงรักษาปานกลางขึ้นอยู่กับตำแหน่งเครื่องกรองว่าเข้าไปดูแลได้ง่ายหรือไม่ ระบบนี้มีข้อดีคือระบบทั้งหมดจะอยู่ใต้น้ำมองเห็นได้ยากและไม่ต้องออกแบบเพื่อบดบัง ราคาการก่อสร้างถูกกว่าระบบอื่น

รูปแบบที่ 3 ระบบเครื่องกรองแยกส่วน (External Pond Filtration) เหมาะกับบ่อขนาดเล็กไปถึงขนาดใหญ่ที่ไม่มีปลา ราคาการก่อสร้างขึ้นอยู่กับขนาดของสระ สระใหญ่จะราคาสูง การติดตั้งค่อนข้างยาก กล่าวคือจำเป็นต้องมีการออกแบบเพื่อบดบังเครื่องกรอง แต่การบำรุงรักษาทำได้โดยง่าย เหมาะกับบ่อที่มีขนาดใหญ่และรูปร่างไม่แน่นอนเพราะสามารถออกแบบเลือกติดตั้งตำแหน่งระบบต่างได้หลากหลายเป็นที่นิยมใช้ในการออกแบบภูมิทัศน์ของโรงแรมและรีสอร์ท



ภาพที่ 31 แบบก่อสร้างการติดตั้งหัวน้ำพุและระบบหมุนเวียนน้ำ 3 รูปแบบ

## 5. สระน้ำพุ

องค์ประกอบของสระน้ำพุที่สำคัญ ได้แก่ บ่อน้ำ ป้อน้ำ ป้อน้ำอากาศ เครื่องกรอง ระบบน้ำล้น (drain overflow) ระบบจ่ายน้ำ หัวน้ำพุ/น้ำตก ระบบควบคุมน้ำพุ ระบบไฟฟ้า (สำหรับระบบปั๊ม แสงไฟ ระบบควบคุมน้ำพุ) โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาออกแบบเช่นเดียวกับออกแบบสระน้ำที่กล่าวมาข้างต้นไม่ว่าจะเป็นเรื่องความปลอดภัย วัสดุ ผิวสัมผัส สี แสงสว่าง (ไฟฟ้า) โครงสร้าง การรับน้ำหนัก การซึมรั่ว ขนาด รูปร่าง ความลึก การใช้สอย บรรยากาศ/เอฟเฟกต์ที่ต้องการ ประติมากรรม อุปกรณ์ประกอบ/เฟอร์นิเจอร์ งบประมาณ แต่มีปัจจัยที่สำคัญมากเพิ่มเติมในการออกแบบสระน้ำพุ ได้แก่ เรื่องปริมาณและคุณภาพของน้ำ เนื่องจากการใช้งานของหัวน้ำพุที่ขึ้นอยู่กับระดับน้ำ และเนื่องจากสระน้ำพุอาจไม่มีเครื่องกรองน้ำเช่นสระว่ายน้ำการดูแลรักษาสภาพน้ำก็เป็นการยืดอายุหัวน้ำพุส่วนหนึ่ง เรื่องสภาพที่ตั้ง และทิศทางลม การเลือกใช้หัวน้ำพุและสภาพที่ตั้งมีความสำคัญมาก ในบริเวณกลางแจ้ง ลมแรง ไม่เหมาะที่จะเลือกใช้หัวน้ำพุที่พ่นน้ำสูง โดยทั่วไปขนาดของสระจะต้องกว้างกว่าความสูงของน้ำที่พ่นขึ้นไป เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำกระเด็นออกนอกบ่อ ทำให้บริเวณรอบๆเปียกและลื่นเป็นอันตรายได้ บริเวณที่แจ้งมีข้อดีคืออาจไม่มีปัญหาเรื่องเสียงมากเท่าที่แคบๆ ที่ถูกโอบล้อม หรือภูมิทัศน์ภายในอาคาร ผู้ออกแบบจะต้องประเมินด้วยว่าหัวน้ำพุรูปแบบใดก่อให้เกิดเสียงดังเกินไปหรือไม่

นอกจากนี้ผู้ออกแบบควรแจ้งให้ทราบเรื่องประมาณการงบประมาณที่ใช้ในการเปิดหัวน้ำพุให้ทำงานในแต่ละครั้งแก่เจ้าของสถานที่ทราบ หลายครั้งที่มีการออกแบบติดตั้งน้ำพุไว้ แต่ไม่ได้เปิดใช้งานเนื่องจากใช้งบค่าไฟฟ้าสูงและไม่ได้เตรียมการไว้

### 5.1 ขั้นตอนการออกแบบสระน้ำพุ

1. กำหนดเอฟเฟกต์หรือลักษณะที่ต้องการของลักษณะน้ำพุ
2. เลือกรูปแบบหัวน้ำพุ จำนวน และขนาด การจัดวาง
3. ระบุขนาด รูปร่าง และความลึกของสระน้ำพุให้สอดคล้องกับรูปแบบและขนาดของน้ำพุ โดยดูประกอบกับทิศทางลม
4. เลือกขนาดของเครื่องปั๊มน้ำและระบบท่อที่เหมาะสม
5. เลือกระบบกรองน้ำ
6. เลือกตำแหน่งที่ตั้งห้องเครื่องที่ติดตั้งระบบกรอง ระบบปั๊ม
7. พิจารณาเรื่องระบบแสง
8. พิจารณาเรื่องระบบควบคุม
9. เลือกตำแหน่งที่ตั้ง สวิตช์ ระบบควบคุม ให้สอดคล้องกันกับระบบน้ำพุ

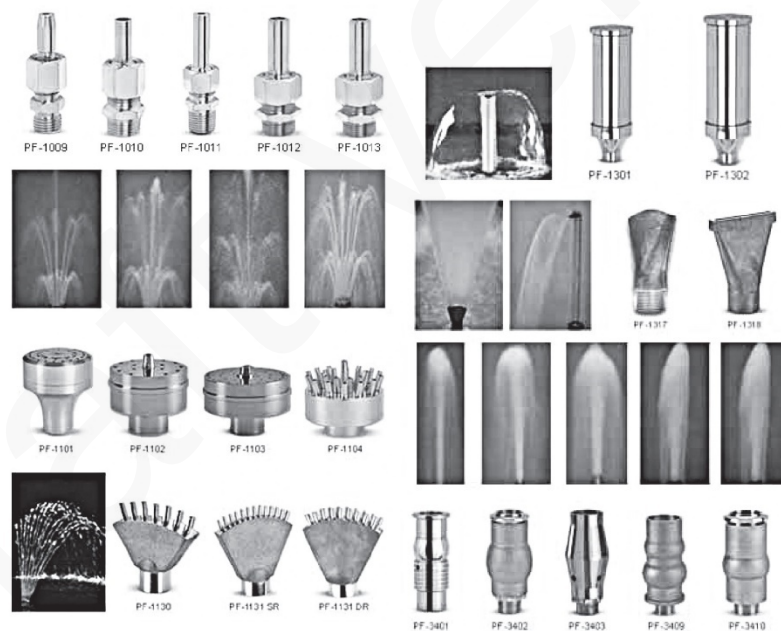
**5.2 รูปแบบของหัวน้ำพุ** หัวน้ำพุมีส่วนทำให้งานออกแบบสระน้ำพุสามารถสื่อแนวความคิดในการออกแบบได้ชัดเจนขึ้น ในอดีตหัวน้ำพุอาจยังมีให้เลือกไม่มากนัก การออกแบบสระน้ำพุจึงเป็นการออกแบบจัดองค์ประกอบน้ำพุเสียมากกว่า ปัจจุบันได้มีการประดิษฐ์คิดค้นหัวน้ำพุออกมาอย่างหลากหลายประกอบกับเทคโนโลยีการควบคุมหัวน้ำพุทำให้การออกแบบสระน้ำพุหรือการนำน้ำพุไปใช้ในการออกแบบมีความน่าสนใจมากขึ้น รูปแบบต่างๆของหัวน้ำพุพอจะสรุปได้ดังนี้

แบบที่ 1 แบบหัวพ่นเรียบ เดี่ยว ปรับได้ (Adjustable Clear Stream Single Jet Nozzles)

แบบที่ 2 แบบหัวภูเขาไฟ/หัวพ่นหลายหัว (Vulcan Fix Jets / Multi Jet Nozzles)

- แบบที่ 3 แบบหัวพ่นรูปนิ้ว (Finger Jet / Multi Jet Nozzles)  
 แบบที่ 4 แบบแผ่นน้ำรูปประฆัง (Bell / Water Film Nozzles)  
 แบบที่ 5 แบบแผ่นน้ำรูปพัด (Fan Jet / Water Film Nozzles)  
 แบบที่ 6 แบบแผ่นน้ำรูปดอกทิวลิป (Tulip jet)  
 แบบที่ 7 แบบหัวพ่นหลายชั้น (Water Castle Jets)  
 แบบที่ 8 แบบหัวพ่นฟอง (Foam Nozzles / Foam Effect Nozzles)  
 แบบที่ 9 แบบรูปทรงกลม (Dandelion(sphere) / Sphere Effect Nozzles)  
 แบบที่ 10 แบบม่านน้ำ (Rain curtain)  
 แบบที่ 11 แบบม่านละอองน้ำ (Fog curtain)  
 แบบที่ 12 แบบน้ำกระโดด (Jumping water)

ที่หัวพ่นแต่ละหัวผู้ผลิตยังมีการออกแบบให้น้ำที่พ่นออกมามีลักษณะต่างๆ เช่น พ่นเป็นสายเรียบๆ (Bore jets) พ่นผสมอากาศทำให้เกิดฟอง (aerator jets, Foam jet) พ่นเป็นแผ่นรูปต่างๆ (V-jet, Film Nozzles) การติดตั้งหัวน้ำพุจึงมีความซับซ้อนมากขึ้น เกี่ยวข้องกับการควบคุมระดับน้ำให้สม่ำเสมอเพื่อให้ได้รูปแบบตามที่ต้องการ ผู้ออกแบบจึงต้องมีความพิถีพิถันกับการติดตั้งระดับของหัวน้ำพุ การควบคุมระดับน้ำด้วย นอกจากนี้ในปัจจุบันมีการออกแบบระบบควบคุมหัวพ่นน้ำด้วยคอมพิวเตอร์สามารถกำหนดการเปิดปิดปรับเอียงหัวพ่นแบบตั้งเวลาหรือประกอบเพลงได้



ที่มา : แคตตาล็อกหัวน้ำพุ ของบริษัท Acuascape

ภาพที่ 32 ส่วนหนึ่งของลักษณะหัวน้ำพุ ที่จะให้เอฟเฟกต์แบบต่างๆ เช่น รูปพัด รูปนิ้วมือ เป็นช่อ รูปกระดิ่ง เป็นต้น



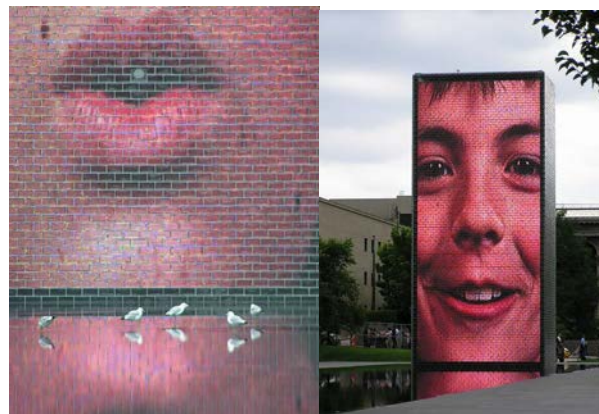
ภาพที่ 33 สระน้ำพุ สามารถออกแบบให้มีเอฟเฟกต์ต่างๆ เช่น น้ำพุคึกกัม (Buckingham Fountain) น้ำพุประดับไฟที่ เมืองชิคาโก, รูปแบบหลากหลายของสวนน้ำพุที่ปราสาทอัลนวิกค์ (Alnwick Castle Garden) ที่สก็อตแลนด์, และน้ำพุที่งานพืชสวนโลก (Royal Flora Expo) จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 34 น้ำตกที่สกายไลน์พลาซ่า (Skyline Plaza) ในนครเดนเวอร์ ออกแบบโดยฮาลพรีน (Lawrence Halprin)



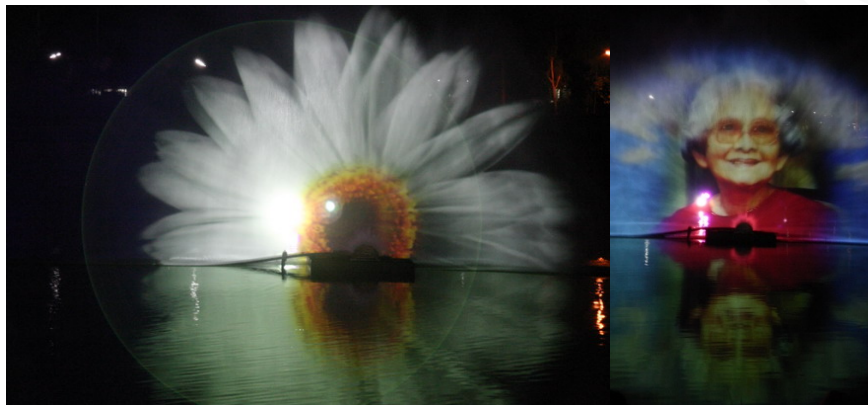
ภาพที่ 35 น้ำพุประกอบกับประติมากรรมลานม้าป่า (Mustang Plaza) ที่เมืองลาสโคลินา (Las Colinas) รัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา ออกแบบโดยฌูมิสลาปนิกลาลพรีน (Halprin)



ภาพที่ 36 คราวนัฟ้าวเท่น (Crown fountain) ในสวนสาธารณะมิลเลเนียม (Millenium) เมืองชิคาโก ใช้เทคโนโลยีจอ LCD และระบบจับเวลา มาประกอบกับน้ำพุ



ภาพที่ 37 อนุสรณ์สถานเลดี้ไดอาน่า (Diana Memorial) ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการควบคุมหัวน้ำพุแบบต่างให้สอดคล้องกับแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของเลดี้ไดอาน่า ออกแบบโดย ภูมิสถาปนิก กุซตาฟสัน (Gustafson)



ภาพที่ 38 น้ำพุประกอบดนตรี โดยน้ำพุเป็นม่านน้ำ ใช้เป็นเป็นฉากสำหรับการยิงแสงเลเซอร์และฉายภาพยนตร์



ภาพที่ 39 สวนน้ำพุระดับไฟ ชั้นล่างของอาคารสำนักงาน ในเมือง ดัลลัส มลรัฐเทกซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา ออกแบบโดยภูมิสถาปนิกแดน ไคเลย์ (Dan Kiley)

## เรื่องที่ 7.2.3

### ระบบชลประทานภูมิทัศน์

งานออกแบบภูมิทัศน์นั้นมีลักษณะพิเศษ คือมีส่วนประกอบหลักเป็นงานซอฟต์แวร์ (softscape) ได้แก่ วัสดุพืชพรรณ ซึ่งจะสามารถอยู่ได้ด้วยอาหาร(ปุ๋ย) แสง และน้ำที่เหมาะสม แตกต่างจากงานที่เป็นโครงสร้าง งานฮาร์ดสเคป (hardscape) ทำให้จำเป็นต้องมีระบบชลประทานภูมิทัศน์อันหมายถึงระบบน้ำและการให้น้ำ (irrigation) ระบบน้ำและการให้น้ำนี้จึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยผู้ออกแบบพึงเตรียมการเพื่อจัดหาแหล่งน้ำภายในพื้นที่เพื่อใช้ในการชลประทานภูมิทัศน์อย่างเหมาะสมเพียงพอและอย่างยั่งยืน ไม่เช่นนั้นแล้วส่วนประกอบหลักประเภทงานซอฟต์แวร์จะไม่อาจสวยงามอยู่ได้ ระบบน้ำและการให้น้ำนี้ควรมีการออกแบบให้สอดคล้องกับภูมิประเทศและภูมิอากาศของที่ตั้งโครงการ และสัมพันธ์กับการออกแบบวัสดุพืชพรรณ ผู้ออกแบบจึงจะต้องเรียนรู้หลักการออกแบบระบบน้ำและการให้น้ำไว้ด้วย

#### 1. ประเภทหลักๆของระบบการให้น้ำ

นอกจากการให้น้ำเพื่อเกษตรกรรม (Agricultural Irrigation) สำหรับพืชสวน พืชไร่ ไม้ดอก ไม้ประดับ ยังมีระบบการให้น้ำงานภูมิทัศน์ (Landscape Irrigation) สำหรับงานภูมิทัศน์ประเภทต่างๆ เช่น ภูมิทัศน์บ้านพักอาศัย ย่านการค้า สำนักงาน สวนสาธารณะ สนามกีฬา โรงแรม โรงเรียน/วิทยาเขต ฯลฯ และระบบการให้น้ำสนามกอล์ฟ (Golf Course Irrigation) ระบบการให้น้ำแบบประหยัดน้ำ (Drip Irrigation : Low-Volume, Water Conserving Xerigation Solutions) และระบบการให้น้ำภูมิทัศน์ภายในอาคาร (interior Landscape Irrigation)

#### 2. การประมาณการความต้องการน้ำ

สามารถประมาณการได้จากชนิดพืชที่ในการเพาะปลูก โดยควรประเมินความต้องการใช้น้ำสูงสุด/วัน และความต้องการน้ำเฉลี่ยตลอดปี ของพืชพรรณแต่ละชนิดที่ออกแบบในโครงการ เช่น สนามหญ้า 5-7 ม.ล./ตร.ม. หรือ 8.0-11.2 ล.บ.ม./ไร่/วัน (3,504 ล.บ.ม./ไร่/ปี) ไม้ประดับ 2-5 ม.ล./ตร.ม. หรือ 3.2-8.0 ล.บ.ม./ไร่/วัน (2,044 ล.บ.ม./ไร่/ปี) การประมาณการความต้องการน้ำของโครงการให้คำนึงถึงพืชพรรณในโครงการเป็นหลัก ในปัจจุบันมีแนวคิดในการสงวนรักษาแหล่งน้ำและการใช้น้ำอย่างประหยัด จึงอาจมีการคัดเลือกพืชพรรณที่ใช้น้ำน้อย โดยขึ้นอยู่กับสภาพที่ตั้ง ภูมิประเทศ และภูมิอากาศ โดยสรุปการเลือกใช้พืชพรรณท้องถิ่นและหลีกเลี่ยงพืชพรรณจากถิ่นอื่น เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้ประหยัดน้ำได้ เพราะพืชมีแนวโน้มที่จะสามารถเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติของท้องถิ่นนั้นๆได้

#### 3. ขั้นตอนการออกแบบระบบรดน้ำ การเลือกอุปกรณ์ การวางตำแหน่ง

การวางระบบรดน้ำจะต้องทำความเข้าใจในอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบรดน้ำได้แก่หัวรดน้ำ (sprinkler heads) ประกอบด้วยอุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ หัวรดน้ำแบ่งออกเป็น

- 1) หัวฉีดแบบตายตัว (Fixed Spray-Type : Nozzle)
- 2) หัวหมุน (Rotor-Type)
- 3) หัวกระแทก (Impact Sprinkler)

- 4) หัวฉีดหมุน (Rotary Nozzle)
- 5) หัวฉีดป๊อปอัพ (Pop-up spray)
- 6) หัวให้น้ำราก (Root watering)
- 7) หัววาล์ว หัวหยด หัวประหยัดน้ำ (Valves : Low volume, drip, Xerigation)

ส่วนตัวรองรับหัวฉีดของระบบรดน้ำ แบ่งเป็น

- 1) แบบป๊อปอัพ (Pop-Up Style Sprinklers)
- 2) แบบไม้พุ่ม (Shrub Style Sprinklers)

การติดตั้งวาล์วระบบรดน้ำและการต่อระบบ มีการติดตั้งได้ดังต่อไปนี้

- 1) วาล์วประจำแต่ละหัว (VIH - Valve-in-head)
- 2) วาล์วอยู่ใต้หัวฉีด (VUH - Valve-under-head System)
- 3) วาล์วรวมในแต่ละแนว (In-line system, One control valve)

การเลือกหัวรดน้ำจากผู้ผลิต จะมีข้อมูลต่างๆได้แก่ ขนาดรัศมี, ความดัน (มีหน่วยเป็นบาร์หรือ psi), และอัตราการไหล (มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง หรือ ลิตร/วินาที) ทั้งนี้ผู้ผลิตมีให้เลือกลักษณะของการกระจายน้ำมีรูปแบบเต็มวง (F-Full circle) ครึ่งวงกลม (H-Half circle) เศษหนึ่งส่วนสี่ของวงกลม (Q-Quarter) และเศษสามส่วนสี่ของวงกลม (TQ-Tri quarter circle)

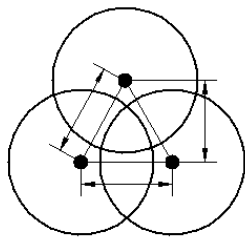
#### 4. ขั้นตอนการออกแบบระบบรดน้ำ

ผู้ออกแบบควรดำเนินการเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

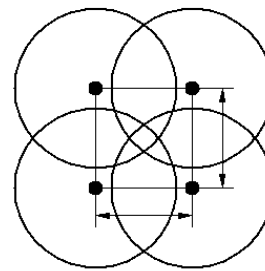
- 1) เก็บข้อมูล : ผัง พท., ข้อมูลระบบประปา ซึ่งประเทศไทยจะใช้ข้อมูลน้ำประปาในระบบเมตริก มีหน่วยเป็น Gallons per Minute (GPM) แต่ในการคำนวณอาจพบหน่วยที่ใช้ในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ใช้หน่วยเป็น Pounds per Square Inch (PSI) ให้คำนวณเทียบกลับมาเป็นระบบเมตริก
- 2) เลือกอุปกรณ์
- 3) วางตำแหน่ง
- 4) เขียนแนวให้น้ำและพื้นที่ให้น้ำ (Hydro-Zones and Valve Zones)
- 5) กำหนดขนาดท่อ



ภาพที่ 40 หัวรดน้ำแบบป๊อปอัพ

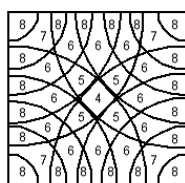


ระยะ 60-75%



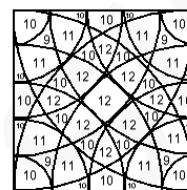
ระยะ 50-65%

พื้นที่สี่เหลี่ยม  
ระยะ 60%



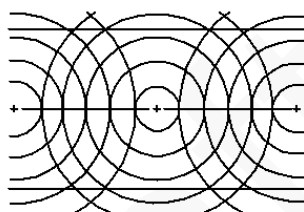
ภายในพื้นที่สามเหลี่ยม  
ใช้ระยะ 60%

พื้นที่สี่เหลี่ยม  
ระยะ 50%



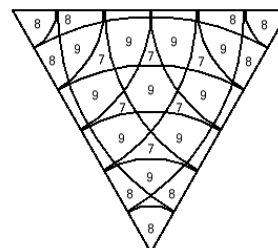
ภายในพื้นที่สามเหลี่ยม  
ใช้ระยะ 50%

แถวเดี่ยว  
ระยะ 60%



ระยะครอบคลุม 70%

พื้นที่สามเหลี่ยม  
ระยะ 60%



## 5. ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการวางระบบรดน้ำ

โดยมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการวางระบบรดน้ำได้แก่

- 1) ประเภทของดิน
- 2) ลักษณะและการซึมซับน้ำของดิน (Soil texture and infiltration)
- 3) ลม มีผลต่ออัตราการให้น้ำตำแหน่งหัวรดน้ำจะอยู่ใกล้ขึ้น
- 4) ให้หลีกเลี่ยงปัญหาแรงดันน้ำ โดยไม่ควรผสมผสานหัวหลายๆประเภทในแต่ละวาล์ว

ระยะห่างระหว่างหัวรดน้ำแต่ละหัวจะทำให้เกิดการกระจายตัวของน้ำ โดยทั่วไปมักจะใช้ระยะห่างเท่ากับรัศมีการจ่ายน้ำของหัวรดน้ำ หรืออย่างน้อยเท่ากับ 60% (คือมีพื้นที่ซ้อนทับกัน 40%) เพื่อประสิทธิภาพการรดน้ำสูงสุด

## 6. แนวคิดการให้น้ำแบบใช้น้ำน้อย (Xerigation)

ปัจจุบันมีแนวคิด งานภูมิทัศน์ที่ใช้น้ำน้อย (Xeriscape) ได้แก่ ภูมิทัศน์ที่อนุรักษ์น้ำจากการเลือกวัสดุพืชพรรณที่ใช้น้ำน้อย เพื่อประหยัดการให้น้ำหรือใช้ระบบให้น้ำที่มีค่าน้ำน้อย (run off) ต่ำ จากการเลือกกระบอกให้น้ำที่ไม่เกินความจำเป็นจนเกิดน้ำนองระบายออกจากพื้นที่ ในต่างประเทศมีความตระหนักถึงเรื่องน้ำนองที่ระบายจากพื้นที่งานภูมิทัศน์ ซึ่งอาจจะละลายยาฆ่าแมลงและปุ๋ยเคมี อันส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะที่น้ำนองไหลไปรวม จึงได้มีการนำเสนอระบบการให้น้ำสำหรับงานภูมิทัศน์ที่ใช้น้ำน้อย เรียกว่า ซีริเกชัน (Xerigation) ในสหรัฐอเมริกามีการวิจัยพบว่าในพื้นที่เมือง ร้อยละ 25 ของน้ำถูกใช้เพื่อการให้น้ำพืชพรรณ โดยเฉพาะในฤดูร้อนโดยเฉลี่ยร้อยละ 60 ของน้ำใช้ในแต่ละครัวเรือนถูกใช้ไปในการให้น้ำงานภูมิทัศน์ เนื่องจากการออกแบบระบบให้น้ำแบบเดิมนั้นใช้น้ำมากและใช้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ ซีริเกชันนั้นมีหลัก 7 ประการคือ

- 1) การออกแบบและวางแผน จัดกลุ่มพืชพรรณที่ใช้น้ำใกล้เคียงกันไว้ด้วยกัน
- 2) การวิเคราะห์ดินและการเตรียมดินที่มีซึบน้ำได้ดี เช่น การเติมอินทรีย์วัตถุหรือปุ๋ยคอกเพื่อปรับสภาพดินให้รักษาความชื้นได้ดีขึ้น
- 3) พื้นที่หญ้าที่แท้จริง หลีกเลี่ยงการมีพื้นที่สนามหญ้ามักเกินจำเป็น จะต้องการน้ำมากเพื่อให้สภาพสนามสมบูรณ์
- 4) การเลือกพืชพรรณอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะพืชพรรณพื้นถิ่น ที่สามารถเติบโตได้ดีตามธรรมชาติของพื้นที่นั้นๆ
- 5) ระบบให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยยึดหลักการให้พืชได้รับน้ำอย่างพอเพียงและเต็มประสิทธิภาพ
- 6) การใช้วัสดุคลุมดิน (mulches) เพื่อรักษาความชื้นในดินและป้องกันการระเหยของน้ำ
- 7) การดูแลรักษางานภูมิทัศน์อย่างเหมาะสม เช่น การดูแลสนามหญ้าและตัดหญ้าเพื่อให้น้ำซึมลงที่ดินได้ง่าย

โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบการให้น้ำนั้น ได้มีการพัฒนาให้สอดคล้องกับแนวคิดนี้ โดยการเปลี่ยนหัวรดน้ำให้เน้นการให้น้ำปริมาณน้อย กระจายตรงลงไปบริเวณรากเพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง หากมีน้ำที่เหลือจะอยู่ใต้ดิน ทำให้ดินชุ่มชื้นและไม่เจิ่งนอง หรือหากจำเป็นต้องใช้หัวรดน้ำแบบฉีด จะต้องปรับให้ฉีดเป็นเม็ดใหญ่ๆแทนที่จะเป็นละออง เพราะหากละอองเป็นฝอยเล็กเท่าใด น้ำจะสูญหายไปโดยการระเหยก่อนพืชจะได้นำไปใช้ นอกจากนี้ยังมีการผนวกแนวคิดสถาปัตยกรรมสีเขียว โดยการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ (Greywater) ในระบบให้น้ำ การให้น้ำโดยระบบเก็บกักน้ำฝนเพื่อนำมาใช้ (Rain Water Harvesting)

## 7. การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการชลประทานภูมิทัศน์

เมื่อได้ประมาณความต้องการใช้น้ำ จากชนิดพืชที่ในการเพาะปลูก โดยควรประเมินความต้องการใช้น้ำสูงสุด/วัน และความต้องการน้ำเฉลี่ยตลอดปีของพืชพรรณแต่ละชนิดที่ออกแบบในโครงการไว้ แล้วต่อมาจะเป็นการจัดหาหรือในโครงการขนาดใหญ่จะเรียกว่าการพัฒนาแหล่งน้ำ โดยทั่วไปการพัฒนาแหล่งน้ำนั้นแบ่งตามวัตถุประสงค์ได้ดังต่อไปนี้

1. ประเภทแหล่งน้ำเพื่อการชลประทาน ได้แก่ น้ำผิวดิน (โดยการสร้างอ่างเก็บน้ำ), น้ำจากแม่น้ำลำธาร, น้ำใต้ดิน (บ่อบาดาล), และ น้ำเสียที่บำบัดแล้ว ซึ่งมีค่า BOD ไม่เกิน 20 มก./ลิตร
2. ประเภทแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคเทียบเท่าประปา
3. ประเภทแหล่งน้ำเพื่อการอื่น มีคุณภาพใกล้เคียงน้ำเพื่อการชลประทาน

ขั้นตอนการพัฒนาแหล่งน้ำในงานภูมิทัศน์ขนาดใหญ่เป็นการวางแผนพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับหลายบริบท การวางแผนและเตรียมข้อมูล รวมทั้งการคาดการณ์ที่เหมาะสมจะส่งผลต่อความสำเร็จในการพัฒนานั้นๆ โครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่องานภูมิทัศน์มีลำดับขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การศึกษาลักษณะภูมิประเทศ และลำน้ำบริเวณรอบโครงการ จากแผนที่ 1:50,000 ดูที่ตั้งของโครงการ โดยประมาณ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed) สภาพภูมิประเทศ ปริมาณและตำแหน่งแหล่งน้ำธรรมชาติ แล้วพิจารณาแนวทางเลือก และตำแหน่งคร่าวๆ

สำรวจพื้นที่จริง เพื่อกำหนดตำแหน่งแนวเขื่อน ฝาย อ่างเก็บน้ำโดยละเอียด

ขั้นที่ 2 การประเมินปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ

ขั้นที่ 3 การคำนวณด้านอุทกวิทยา - ปริมาณน้ำรวมเฉลี่ยทั้งปี น้ำหลากสูงสุด เพื่อการระบายน้ำออก

ขั้นที่ 4 การศึกษาและตรวจสอบสภาพการรับน้ำหนักของดิน การซึมผ่าน

ขั้นที่ 5 การคำนวณการออกแบบและประมาณราคาก่อสร้าง - คุ่มหรือไม่

### 6.1 เขื่อนเก็บกักน้ำ (dam)

เขื่อนเก็บกักน้ำคือเขื่อน/ทำนบดินที่ก่อสร้างปิดทางน้ำธรรมชาติระหว่างหุบ/ลูกเนิน เพื่อกักน้ำเหนือเขื่อนมาเก็บไว้ระหว่างหุบ เรียกว่า อ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำลักษณะนี้ควรสร้างในทำเลที่มีลูกเนินทั้งสองฝั่งน้ำและอยู่ใกล้กันตรงบริเวณที่จะสร้างเขื่อน ก่อนจะก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำจะต้องประเมินความเสียหายของพื้นที่ที่จะถูกน้ำท่วม วางแผนการใช้พื้นที่ทำเลสร้างเขื่อนให้สัมพันธ์กับพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed) เพื่อที่จะมีน้ำเก็บได้เมื่อต้องการ แต่ไม่ควรเป็นที่รับน้ำฝนขนาดใหญ่เพราะทำให้สั่นเปลี่ยงกับการสร้างอาคารระบายน้ำล้น และจะทำให้มีตะกอนคั่งมาก และต้องสำรวจสภาพดินท้องเขื่อนว่ารับน้ำหนักได้ การทรุดตัวไม่มาก และสามารถเก็บกักน้ำได้ ควรอยู่ที่สูง เพื่อให้ให้น้ำออกจากเขื่อนโดยไม่ต้องสูบ

การคำนวณน้ำเก็บกักสามารถทำได้ในเบื้องต้นโดยอ่านจากเส้นระดับของภูมิประเทศบริเวณนั้น โดยครอบคลุมพื้นที่ตามแนวสันปันน้ำของลุ่มน้ำย่อยนั้น และประมาณการน้ำฝนจากสถิติฝนตามคาบอุบัติในแต่ละปี ที่ตกลงในพื้นที่นั้นๆ เช่น พื้นที่ภายในสันปันน้ำ 100 ไร่ หรือ 160,000 ตารางเมตร x น้ำฝน 1,000 มม./ปี หรือ 1 ม. = ปริมาณน้ำฝน 160,000 x 1 = 160,000 ลบ.ม. ปริมาณน้ำโดยประมาณนี้จะต้องหาพื้นที่ที่จะเก็บกักน้ำไว้เผื่ออย่างน้อยเท่าใด จะต้องประเมินความเสี่ยงให้ดี

## 6.2 ฝาย (weir)

ฝายเป็นอาคารที่สร้างปิดกั้นทางน้ำไหล แล้วสามารถปล่อยให้น้ำไหลล้นข้ามสันของอาคารฝายไปได้ มีหน้าที่กักน้ำที่ไหลมาตามลำธารให้มีระดับสูงพอที่จะสามารถไหลเข้าคลองหรือคูส่งน้ำได้ตามที่ต้องการ หรือเพื่อเก็บน้ำให้ได้มากพอที่จะให้ความชุ่มชื้นในพื้นที่ ฝายแบ่งออกเป็นหลายรูปแบบ เช่น ฝายเฉาะฤๅญ ใช้กิ่งไม้มาปักในฤๅญน้ำหลาก, ฝายกึ่งถาวร (ฝายคอกหมู) ใช้เสาไม้และหินมาประกอบกัน, ฝายถาวร ใช้หิน กร่องหิน (gabion) หรือคอนกรีตเสริมเหล็ก, ฝายชะลอน้ำ (Check weir หรือ Check dam), ฝายแม้ว เป็นต้น

หนึ่งในโครงการพระราชดำริเกี่ยวกับการฟื้นฟูสภาพป่าเสื่อมโทรมโดยใช้ฝายแม้วหรือฝายกะเหรี่ยง ซึ่งเป็นการสร้างเขื่อนกั้นน้ำแบบง่ายๆ โดยวัสดุธรรมชาติคือจะใช้ต้นไม้หรือลำไม้ไผ่ก็ได้ทำเป็นโครงสร้างแล้วกั้นด้วยก้อนหินหรือสำหรับท้องถื่นบ้านเราก็คือใช้กระสอบบรรจุดินกั้นทางน้ำวางทับถมเรียงกันลงไปเป็นชั้นๆตามขนาดและระดับที่ต้องการกักเก็บน้ำ ขนาดจะเล็กหรือจะใหญ่ก็แล้วแต่ความกว้างของทางน้ำหรือความสามารถของชุมชนหรือกลุ่มเกษตรกรนั้นๆ ไม่ได้จำกัดขนาด ไม่จำเป็นต้องใช้นักวิชาการมาคำนวณความสูงและขนาดของฝายขึ้นอยู่กับประสบการณ์และภูมิปัญญาของชุมชนนั้นๆ มีวัตถุประสงค์เพื่ (Check weir หรือ Check dam) ใช้ดักตะกอน บรรเทาความแห้งแล้งเพื่อการเกษตร และเพื่อการฟื้นฟูป่าเป็นหลัก

เกณฑ์การพิจารณาในการสร้างฝายนั้น ต้องประเมินว่าทางน้ำมีน้ำไหลมาพอในเวลาที่ต้องการ และอยู่ในบริเวณที่มีค่าระดับที่สามารถทดน้ำได้ (หากต้องการทดน้ำเข้าคลอง) ควรมีตลิ่งสูงพอที่จะไม่ทำความเสียหายหากเกิดน้ำหลากเกิน ทางน้ำควรเป็นเส้นตรงทำให้ไม่เกิดการกัดเซาะ ดินท้องฝายต้องแข็งแรงพอที่จะไม่เกิดการทรุด เกิดโพรง ให้น้ำลอดตัวฝาย และควรเลือกสร้างฝายในฤๅญแล้ง



ภาพที่ 42 ฝายชะลอน้ำ บริเวณหอนิอุทยานสามเหลี่ยมทองคำ มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

## 6.3 น้ำใต้ดิน

การขุดบ่อบาดาลเพื่อน้ำใต้ดินสามารถทำได้โดย

- 1) แบบท่อกรู (Casing) ท่อเหล็กที่ใส่ลงในบ่อ สำหรับเก็บน้ำ และกันการพังทลายของดิน กรวด ทรายเข้ามาในบ่อ ท่อกรูจะมีขนาด 20 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลาง 4-24 นิ้ว ขนาดท่อกรูจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่สูบได้

สูงสุด เช่น ขนาดท่อกร 4 นิ้วได้ปริมาณน้ำ 30 แกลลอน/นาที, ขนาดท่อกร 16 นิ้วได้ปริมาณน้ำ 3,000 แกลลอน/นาที เป็นต้น ประเภทของท่อกร จะใช้ท่อเหล็กเหนียว (Line pipe), ท่อมาตรฐาน, ท่อเหล็กอาบสังกะสี ซึ่งไม่ทน

- 2) แบบท่อกรอง (Screen) ท่อที่ใส่ในชั้นน้ำใต้ดิน มีช่องให้น้ำใต้ดินไหลเข้ามาได้ หากอยู่ใกล้ชั้นน้ำเค็มต้องมีการป้องกันน้ำเค็มไม่ให้เข้ามาในบ่อ ประเภทของท่อกรอง จะเป็นโลหะผสม (พวก red brass, stainless steel, everdur metal) ระหว่างผนังบ่อกับท่อกรองให้กรูกรวด (Gravel packing)
- 3) แบบบ่อเปิด (open hole) บ่อที่ไม่มีท่อกร เนื่องจากผนังเป็นหินแข็งไม่พังทลายลงมา

การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (well development) เป็นการป้องกันไม่ให้ทรายเข้าไปในบ่อ เพื่อให้อายุการใช้งานนานขึ้น ทำได้โดย

- 1) วิธีการดักน้ำ (Bailing) - การใช้กระบอกตักน้ำที่กั้นบ่อ เพื่อให้เกิดแรงกระเพื่อมที่จะดึงทรายละเอียดหลุดออกมา
- 2) วิธีการกวนน้ำ (surging) - ใช้อุปกรณ์ plunger/swab มีลักษณะคล้ายลูกสูบ ขนาดพอดีกับท่อกร แล้วดึงขึ้นลงเร็วๆ
- 3) วิธีการสูบน้ำ (Pumping) - ใช้ท่อดูด (suction pipe) ของเครื่องสูบลงไปกึ่งกลางของท่อกรอง แล้วสูบน้ำจนกระทั่งน้ำใส
- 4) วิธีเป่าล้างด้วยลม (airlift) - ใช้ท่อ airline ต่อกับ ท่อสูบน้ำ (drop pipe) ให้ลมผสมกับน้ำล้างทราย เหมาะกับทำในช่วงแรกๆของการสร้างบ่อ แต่ต้องตักเอาทรายออก
- 5) วิธี Backwashed - เป็นการเป่าลมอีกประเภทหนึ่ง แต่ไม่ต้องการตักทรายออก
- 6) วิธี Jetting - ฉีดล้างด้วยน้ำแรงดันสูง

เรื่องที่ 7.2.4

ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่

ทรัพยากรธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ ทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป (ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และแร่) ทรัพยากรทดแทนได้ที่ใช้แล้วสามารถฟื้นคืนสภาพได้ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (ได้แก่ ป่าไม้ สัตว์ป่า พืช ดิน และน้ำ) ส่วนน้ำในวัฏจักรน้ำนั้นเป็นทรัพยากรธรรมชาติประเภททรัพยากรหมุนเวียนหรือทรัพยากรที่ใช้ไม่หมดสิ้นอื่นๆ ได้แก่ แสงอาทิตย์ อากาศ จึงเป็นสิ่งที่มวลมนุษย์จำเป็นต้องใช้สอยโดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษ หรือดูแลให้ทรัพยากรนี้มีคุณสมบัติคุณภาพคงเดิมให้คนรุ่นหลังใช้สอยต่อไป น้ำที่เราใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมมีปริมาณความต้องการใช้ต่างๆไป คุณสมบัติของน้ำเมื่อใช้แล้วมีค่ามลพิษแตกต่างกันไป การจะบำบัดน้ำในระดับแรกก่อนที่จะปล่อยให้ธรรมชาติฟื้นฟูตัวเอง จึงต้องทำความเข้าใจคุณสมบัติต่างๆของน้ำเสีย เพื่อนำเสนอวิธีการบำบัดที่ตรงจุดและสอดคล้องเหมาะสมกับเทคโนโลยีต่อไป

งานออกแบบภูมิทัศน์อาจมีบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงการวางผังออกแบบทางด้านภูมิสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นการวางแผนการใช้พื้นที่และการจัดการกับทรัพยากรต่างๆในพื้นที่ น้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญที่นักออกแบบภูมิทัศน์จะต้องคำนึงถึงประโยชน์และใช้สอยอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งเมื่อน้ำถูกใช้เพื่อกิจกรรมต่างๆภายในพื้นที่ แล้วรวมกับสิ่งปฏิกูลอื่นๆและน้ำฝน จำเป็นต้องมีการออกแบบระบบเพื่อจัดการกับน้ำนั้นอย่างไร นักออกแบบภูมิทัศน์จึงควรมีความรู้เบื้องต้นในเรื่องระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ด้วย

1. ความหมายและประเภทของน้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำนํ้าธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้ ประเภทของน้ำเสียมักแบ่งตามแหล่งกำเนิด ได้แก่ น้ำเสียชุมชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากการเกษตร

น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมที่สุด ชุมชนก่อให้เกิดน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนและกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่าง ๆ เป็นต้น

2. การประเมินอัตราการเกิดน้ำเสีย

ปริมาณน้ำเสีย ที่ปล่อยทิ้งจากบ้านเรือน อาคาร จะมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ หรืออาจประเมินได้จากจำนวนประชากรหรือพื้นที่อาคาร ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2 ปริมาณการอัตราการเกิดน้ำเสียในแต่ละภูมิภาคของไทย

| ภาค   | อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/คน-วัน) |         |         |         |         |         |
|-------|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | 2530                              | 2540    | 2545    | 2550    | 2555    | 2560    |
| กลาง  | 160-214                           | 165-242 | 170-288 | 176-342 | 183-406 | 189-482 |
| เหนือ | 183                               | 200     | 225     | 252     | 282     | 316     |
| อีสาน | 200-253                           | 216-263 | 239-277 | 264-291 | 291-306 | 318-322 |
| ใต้   | 171                               | 195     | 204     | 226     | 249     | 275     |

ที่มา : โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญการจัดการน้ำเสียชุมชน, สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม 2538

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่าง ๆ

| ประเภทอาคาร        | ต่อหน่วย  | ลิตร/วัน |
|--------------------|-----------|----------|
| อาคารชุด / บ้านพัก | ยูนิต     | 500      |
| โรงแรม             | ห้อง      | 1,000    |
| หอพัก              | ห้อง      | 80       |
| สถานบริการ         | ห้อง      | 400      |
| หมู่บ้านจัดสรร     | คน        | 180      |
| โรงพยาบาล          | เตียง     | 800      |
| ภัตตาคาร           | ตารางเมตร | 25       |
| ตลาด               | ตารางเมตร | 70       |
| ห้างสรรพสินค้า     | ตารางเมตร | 5        |
| สำนักงาน           | ตารางเมตร | 3        |

ที่มา : ข้อมูลปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่าง ๆ ข้อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย, เอกสารประกอบการประชุม สวสท'36, สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2536

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำเสีย - เขตพักอาศัย

| ต้นกำเนิด                  | ลิตร/คน-วัน |           |
|----------------------------|-------------|-----------|
|                            | ช่วง        | เกณฑ์ปกติ |
| อพาร์ทเมนต์ / คอนโดมิเนียม | 200-340     | 260       |
| บ้านพักอาศัย               |             |           |
| - ทวีป                     | 190-350     | 280       |
| - ระดับดี                  | 250-400     | 310       |
| - มีฐานะ                   | 300-550     | 380       |
| - บ้านพักตากอากาศ          | 100-240     | 190       |

ที่มา : ข้อมูลปริมาณน้ำเสีย - เขตพักอาศัย ข้อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย, เอกสารประกอบการประชุม สวสท'36, สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2536

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำเสีย - เขตพาณิชย์กรรม

| ต้นกำเนิด | หน่วย     | ลิตร/หน่วย-วัน |           |
|-----------|-----------|----------------|-----------|
|           |           | ช่วง           | เกณฑ์ปกติ |
| สนามบิน   | ผู้โดยสาร | 8-15           | 10        |
| อู่ซ่อมรถ | คันรถ     | 30-50          | 40        |
|           | พนักงาน   | 35-60          | 50        |
| บาร์      | ลูกค้า    | 5-20           | 8         |
|           | พนักงาน   | 40-60          | 50        |
| โรงแรม    | ห้องพัก   | 500-1,200      | 800       |
|           | พนักงาน   | 30-50          | 40        |

ที่มา : ข้อมูลปริมาณน้ำเสีย - เขตพาณิชย์กรรม ข้อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย, เอกสารประกอบการประชุม สวสท'36, สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2536

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำเสีย - เขตพาณิชย์กรรม

| ต้นกำเนิด                             | หน่วย      | ลิตร/หน่วย-วัน |           |
|---------------------------------------|------------|----------------|-----------|
|                                       |            | ช่วง           | เกณฑ์ปกติ |
| โรงงาน (ยกเว้นกระบวนการผลิต/โรงอาหาร) | พนักงาน    | 30-65          | 55        |
| โรงซักผ้า                             | เครื่อง    | 1,800-2,600    | 2,200     |
|                                       | การซักล้าง | 180-200        | 190       |
| สำนักงาน                              | พนักงาน    | 50-100         | 80        |
| ภัตตาคาร                              | มือ-คน     | 8-15           | 10        |
| ห้างสรรพสินค้า                        | ห้องน้ำ    | 1,600-2,400    | 2,000     |
|                                       | พนักงาน    | 30-50          | 40        |
| ศูนย์การค้า                           | คันรล      | 2 - 8          | 4         |
|                                       | พนักงาน    | 30-50          | 40        |

ที่มา : ข้อมูลปริมาณน้ำเสีย – เขตพาณิชย์กรรม ข้อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย, เอกสารประกอบการประชุม สวสท36, สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2536

### 3. คุณสมบัติของน้ำเสีย

เราถือเอาคุณสมบัติของน้ำเสียเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสีย ระดับความเน่าเสียของแม่น้ำลำคลองในกรุงเทพฯอยู่ในระดับน่าวิตก ค่าตรรกนชีวัดน้ำเสีย เช่น บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ที่วัดได้ในแม่น้ำลำคลองในกรุงเทพฯ สูงเกินกว่ามาตรฐานที่จะให้ควมสุนทรีย์น่ารื่นรมย์ หากเปรียบเทียบกับภาพาง่าย ๆ ก็คือเรื่องสีและกลิ่นของน้ำสามารถตีค่าเทียบเคียงกับค่าบีโอดีได้ดังต่อไปนี้ :

ตารางที่ 7 ลักษณะน้ำเสีย

| สี                              | ค่าบีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร) |
|---------------------------------|----------------------------|
| เขียว หรือ น้ำตาล               | น้อยกว่า 15                |
| ดำ หรือ เทาเข้ม                 | มากกว่า 20                 |
| กลิ่น                           |                            |
| ไม่มีกลิ่น หรือกลิ่นเพียงอ่อน ๆ | น้อยกว่า 15                |
| กลิ่นแรงมาก                     | มากกว่า 20                 |

### 4. ลักษณะของน้ำเสีย

แต่หากจะพิจารณาในเชิงวิชาการลักษณะน้ำเสียแยกได้เป็น ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมี และลักษณะทางชีววิทยา

#### 4.1 ลักษณะทางกายภาพ ดูจากปริมาณของแข็งและตะกอน แบ่งเป็น

- 1) ของแข็งทั้งหมด (Total Solids) ได้แก่ ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids) และ ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)
- 2) ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)

#### 4.2 ลักษณะทางชีววิทยา ใช้เครื่องมือตรวจหาปริมาณแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม หรือ Total Coliform (MPN/100ml)

**4.3 ลักษณะทางเคมี** ตรวจจากปริมาณไขมัน (Grease), ค่าความเป็นกรดต่าง(pH), ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD), ค่าซีโอดี (chemical Oxygen Demand; COD), ไนโตรเจนทั้งหมด (Total as N) ได้แก่ อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic) แอมโมเนีย (Free ammonia) ไนไตรท์ (Nitrites) ไนเตรท (Nitrate), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as P) ได้แก่ สารอินทรีย์ (Organic) สารอนินทรีย์ (Inorganic), คลอไรด์ (Chloride), ซัลเฟต (Sulfate), และ สภาพด่าง (Alkalinity as CaCO<sub>3</sub>)

## 5. ดรรชนีชี้วัดความเป็นน้ำเสีย

ตัวชี้วัด หรือ ดรรชนีชี้วัดความเป็นน้ำเสีย ที่ใช้ทั่วไปได้แก่

- 1) ค่าบีโอดี - ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (Biochemical Oxygen Demand : BOD)
- 2) ค่าซีโอดี - ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (Chemical Oxygen Demand : COD)
- 3) ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS) - ของแข็งที่มีขนาดเล็กแขวนลอยอยู่ในน้ำ
- 4) ค่าดีโอ - ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO) หมายถึงปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ
- 5) ค่าไนโตรเจน (TKN) - ปริมาณไนโตรเจนในรูปแบบของแอมโมเนียไนโตรเจนรวมกับอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen)
- 6) ค่าฟอสฟอรัส (Total Phosphorous) - ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำ จะวัดออกมาในรูปแบบฟอสเฟตทั้งหมด (Total Phosphorous)
- 7) ค่าน้ำมัน และค่าไขมัน (Fat Oil and Grease :FOG) - ค่าน้ำมัน และค่าไขมัน ปริมาณ ไขมันและน้ำมันที่ปนอยู่ในน้ำ
- 8) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (Mixed Liquor Suspended Solids : MLSS) - ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่เลี้ยงไว้ในบ่อเติมอากาศ เพื่อใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์ในน้ำเสีย

## 6. การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียนั้นจะบำบัดตามคุณสมบัติของน้ำเสีย แบ่งออกเป็น 1) การบำบัดทางกายภาพ 2) การบำบัดทางเคมี และ 3) การบำบัดทางชีวภาพ

**6.1 การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) :** เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวด ทราย ไขมันและน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังตกตะกอน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก

**6.2 การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) :** เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ ค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป และมีเชื้อโรค ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

**6.3 การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) :** เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพหรือจุลินทรีย์ ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกตกลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบคทีเรียใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักการทางชีวภาพ ได้แก่ ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activate Sludge, AS) ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC) ระบบคลอง วนเวียน (Oxidation Ditch, OD) ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Stabilization Pond) ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) และ ระบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter, AF) เป็นต้น

## **7. การเลือกใช้ระบบบำบัด และรูปแบบของระบบบำบัด**

ระบบบำบัดน้ำเสียมีให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ ลักษณะโครงการ และงบประมาณ ได้แก่

### **7.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite Treatment) มีหลายแบบได้แก่**

- บ่อดักไขมัน (Grease Trap)
- ระบบบ่อกะอระ (Septic Tank)
- ระบบบ่อกกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)
- ระบบกรอง (Mound Filtering, Trench filter)
- ระบบซึม ได้แก่ เนินซึม/ลานร่องซึม (Mound /Trench Filtering)

### **7.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) ประกอบด้วย**

- บ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic Pond)
- บ่อฝักรวมชาติ (Facultative Pond)
- บ่อแอโรบิก (Aerobic Pond)
- หากมีบ่อหลายบ่อต่อเนื่องกัน บ่อสุดท้ายจะทำหน้าที่เป็นบ่อบ่ม (Maturation Pond)

### **7.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ประกอบด้วย**

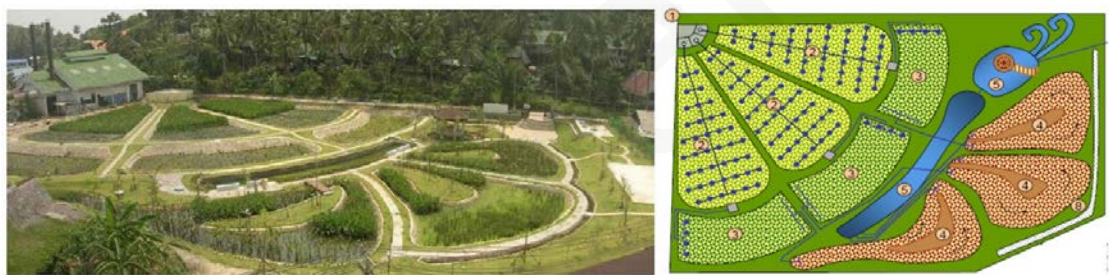
- บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)
- บ่อบ่ม (Polishing Pond)
- บ่อเติมคลอรีน

### **7.4 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) ประกอบด้วย**

- ระบบบึงประดิษฐ์แบบซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับบึงธรรมชาติ (Free Water Surface Wetland ; FWS)
- ระบบบึงประดิษฐ์แบบซึ่งจะมีชั้นดินปนทรายสำหรับปลูกพืชน้ำและชั้นหินรองก้นบ่อเพื่อเป็นตัวกรองน้ำเสีย (Vegetated Submerged Bed ; VSB)



ภาพที่ 43 ระบบบำบัดน้ำเสียในอุทยานโอลิมปิก ในกรุงปักกิ่ง เป็นแบบบึงประดิษฐ์ สามารถพัฒนาเป็นพื้นที่พักผ่อนได้



ภาพที่ 44 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ บนเกาะพีพี มีรูปร่างคล้ายดอกไม้ผีเสื้อ<sup>3</sup>

#### 7.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge, AS) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

- ถังเติมอากาศ (Aeration Tank)
- ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank)

#### 7.6 ระบบบำบัดน้ำเสียคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) เป็นระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) ประเภทหนึ่ง ที่ใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ประกอบด้วย

- รางคัดกรวดทราย (Grit Chamber)
- บ่อปรับสภาพการไหล (Equalizing Tank)

<sup>3</sup> Hans Brix, Thammarat Koottatep, Ole Fryd, Carsten H. Laugesen, The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi—System design and lessons learned during implementation and operation, Ecological Engineering, Volume 37, Issue 5, 2011, Pages 729-735,. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.035>

- บ่อเติมอากาศแบบคลองวนเวียน
- ถังตกตะกอนชั้นสอง (Sedimentation Tank)
- บ่อสูบลบตะกอนหมุนเวียน
- บ่อเติมคลอรีน (Chlorine Contact Tank)

#### 7.7 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC) ประกอบด้วย

- ถังตกตะกอนชั้นต้น (Primary Sedimentation Tank)
- ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor)
- ถังตกตะกอนชั้นสอง (Sedimentation Tank)
- บ่อเติมคลอรีน (Chlorine Contact Tank)

7.8 บ่อบำบัดทางชีวภาพแบบบ่อเติมอากาศฟิล์มตรึง (Fixed Film Aeration) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบหนึ่ง จะอาศัยเชื้อจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสิ่งสกปรกในน้ำเสีย ซึ่งจุลินทรีย์ที่เลี้ยงไว้ในบ่อเติมอากาศจะเป็นจุลินทรีย์หลายชนิดทำงานร่วมกันได้แก่ แบคทีเรีย (Bacteria) มีมากที่สุดในระบบบำบัดน้ำเสีย คือประมาณ 95%, สาหร่าย (Algae), ราและโปรโตซัว (Fungi & Protozoa) ประกอบด้วย

- บ่อหมักไร้อากาศ
- บ่อเติมอากาศแบบมีตัวกลางยึดเกาะ (ตัวกลางพลาสติก /Plastic Media/Biofilm)
- บ่อตกตะกอน
- เครื่องเป่าอากาศ
- เครื่องสูบลบตะกอน (Air Lift Pump)

### 8. ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียจะกระทำเป็นขั้นตอนลดความสกปรกและความปนเปื้อนไปเป็นลำดับ จนถึงสามารถเป็นที่ยอมรับได้ อาจเป็นไปตามมาตรฐาน หรือกฎหมาย หรือเพื่อนำไปใช้หรือระบายลงแหล่งน้ำต่อไป ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

**8.1 การบำบัดขั้นต้น (Preliminary Treatment) และการบำบัดเบื้องต้น (Primary Treatment) :** เป็นการบำบัดเพื่อแยกทราย กรวด และของแข็งขนาดใหญ่ ออกจากของเหลวหรือน้ำเสีย โดยเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) ตะแกรงละเอียด (Fine Screen) ถังดักกรวดทราย (Grit Chamber) ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation Tank) และเครื่องกำจัดไขมัน (Skimming Devices) การบำบัด น้ำเสียขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 50 - 70 และกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของบีโอดีได้ ร้อยละ 25 - 40

**8.2 การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) :** เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้น และการบำบัดเบื้องต้นมาแล้ว แต่ยังคงมีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กและสารอินทรีย์ทั้งที่ละลายและไม่ละลายใน น้ำเสียเหลือค้างอยู่ โดยทั่วไปการบำบัดขั้นที่สองหรือเรียกอีกอย่างว่าการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) จะอาศัยหลักการเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกินสารอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำ

ทั้งโดยใช้ถังตกตะกอน (Secondary Sedimentation Tank) ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น จากนั้นจึงผ่านเข้าระบบฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อน ก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือนำกลับไปใช้ประโยชน์ (Reuse) การบำบัดน้ำเสียในขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของ บีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 80

**8.3 การบำบัดขั้นสูง (Advance Treatment หรือ Tertiary Treatment) :** เป็นกระบวนการกำจัดสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) สี สารแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก และอื่นๆ ซึ่งยังไม่ได้ถูกกำจัดโดยกระบวนการบำบัดขั้นที่สอง ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้นเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้ นอกจากนี้ยังช่วย ป้องกันการเติบโตผิดปกติของสาหร่ายที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเน่า แก้ไขปัญหาความน่ารังเกียจของแหล่งน้ำอันเนื่องมาจากสี และแก้ไขปัญหาคืออื่นๆ ที่ระบบบำบัดขั้นที่สองสามารถกำจัดได้ เช่น

**การกำจัดฟอสฟอรัส** ซึ่งมีทั้งแบบใช้กระบวนการทางเคมีและแบบใช้กระบวนการทางชีวภาพ

**การกำจัดไนโตรเจน** ซึ่งมีทั้งแบบใช้กระบวนการทางเคมีและแบบใช้กระบวนการทางชีวภาพ โดยวิธีการทางชีวภาพนั้นจะมี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนให้เป็นไนเตรต ที่เกิดขึ้นในสภาวะแบบใช้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่า "กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification)" และขั้นตอนการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นไนโตรเจน ซึ่งเกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่า "กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)"

การกำจัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจนร่วมกันโดยกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งเป็นการใช้ทั้งกระบวนการแบบใช้และไม่ใช้อากาศในการกำจัดไนโตรเจนโดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน และกระบวนการดีไนตริฟิเคชันร่วมกับกระบวนการจับใช้ฟอสฟอรัสอย่างฟุ่มเฟือย (Phosphorus Luxury Uptake) ซึ่งต้องมีการใช้กระบวนการแบบไม่ใช้อากาศต่อด้วยกระบวนการใช้อากาศด้วยเช่นกัน ทั้งนี้จะต้องมีการประยุกต์ใช้โดยผู้มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการดังกล่าวเป็นอย่างดี

**การกรอง (Filtration)** ซึ่งเป็นการกำจัดสารที่ไม่ต้องการโดยวิธีการทางกายภาพ อันได้แก่ สารแขวนลอยที่ตกตะกอนได้ยาก เป็นต้น

**การดูดซับ (Adsorption)** ซึ่งเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสียโดยการดูดซับบนพื้นผิวของของแข็ง รวมถึงการกำจัดกลิ่นที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการเดียวกัน



ภาพที่ 45 ผังศูนย์การเรียนรู้และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมบางซื่อ (ซ้าย) ตั้งอยู่ด้านบนของโรงบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ ใช้น้ำที่บำบัดแล้วมาทำเป็นม่านน้ำตก (ขวา)

## 9. ระบบระบายน้ำเสีย

การระบายน้ำเสียจากจุดกำเนิดน้ำเสีย สามารถแบ่งเป็น 2 ระบบคือ ระบบระบายน้ำแบบท่อแยก (Separate Sewer System) และ ระบบระบายน้ำแบบท่อรวม (Combine Sewer System) เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของระบบระบายน้ำเสียทั้ง 2 แบบได้ดังนี้

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของระบบระบายน้ำเสีย ระบบระบายน้ำแบบท่อแยก (Separate Sewer System) และแบบท่อรวม (Combine Sewer System)

| รายละเอียด                                      | แบบท่อแยก           | แบบท่อรวม              |
|-------------------------------------------------|---------------------|------------------------|
| อาคารดักน้ำเสีย (CSO - Combined Sewer Overflow) | ไม่จำเป็น           | จำเป็น                 |
| ขนาดของระบบบำบัดน้ำเสีย                         | เล็กกว่า            | ใหญ่กว่า               |
| ขนาดของสถานีสูบน้ำ                              | เล็กกว่า            | ใหญ่กว่า               |
| การล้างท่อของระบบ (Self cleansing)              | วันละครั้ง          | ระหว่างฝนตก            |
| ความแปรผันของปริมาณและความเข้มข้นของน้ำเสีย     | เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย | เปลี่ยนแปลงมาก         |
| ตะกอน หินทรายปน                                 | ปริมาณน้อย          | ปริมาณมาก              |
| กรณีน้ำท่วม                                     | น้ำที่ท่วมคือน้ำฝน  | น้ำที่ท่วมคือน้ำเสีย   |
| พื้นที่ก่อสร้าง                                 | ต้องการพื้นที่มาก   | ต้องการพื้นที่น้อยกว่า |
| ราคา                                            | แพงกว่า             | ถูกกว่า                |

#### 10. การกำจัดกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Sludge Disposal / Sludge treatment) เป็นการกำจัดกากของเสียจากการบำบัดน้ำเสีย มีหลายกรรมวิธี ได้แก่

**10.1 การทำชั้น (Thickener)** โดยใช้ถังทำชั้นซึ่งมีทั้งที่ใช้กลไกการตกตะกอน (Sedimentation) และใช้กลไกการลอยตัว (Floatation) ทำหน้าที่ในการลดปริมาณสลัดจ์ก่อนส่งไปบำบัดโดยวิธีการอื่นต่อไป

**10.2 การทำให้สลัดจ์คงตัว (Stabilization)** โดยการย่อยสลัดจ์ด้วยกระบวนการใช้อากาศ หรือ ใช้กระบวนการไร้อากาศ เพื่อทำหน้าที่ในการลดสารอินทรีย์ในสลัดจ์ ทำให้สลัดจ์คงตัวสามารถนำไปทิ้งได้โดยไม่เน่าเหม็น

**10.3 การปรับสภาพสลัดจ์ (Conditioning)** เพื่อให้สลัดจ์มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป เช่น ทำปุ๋ย การใช้ปรับสภาพดินสำหรับใช้ทางการเกษตร เป็นต้น

**10.4 การรีดน้ำ (Dewatering)** เพื่อลดปริมาณสลัดจ์ที่จะนำไปทิ้งโดยการฝังกลบ การเผา หรือนำไปใช้ประโยชน์อื่น ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการขนส่ง โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการรีดน้ำ ได้แก่ เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum filter) เครื่องอัดกรอง (Filter press) หรือเครื่องกรองหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) รวมถึงการลานตากสลัดจ์ (Sludge drying bed)

**10.5 การกำจัดกากตะกอน (Sludge Disposal)** ทำได้โดย

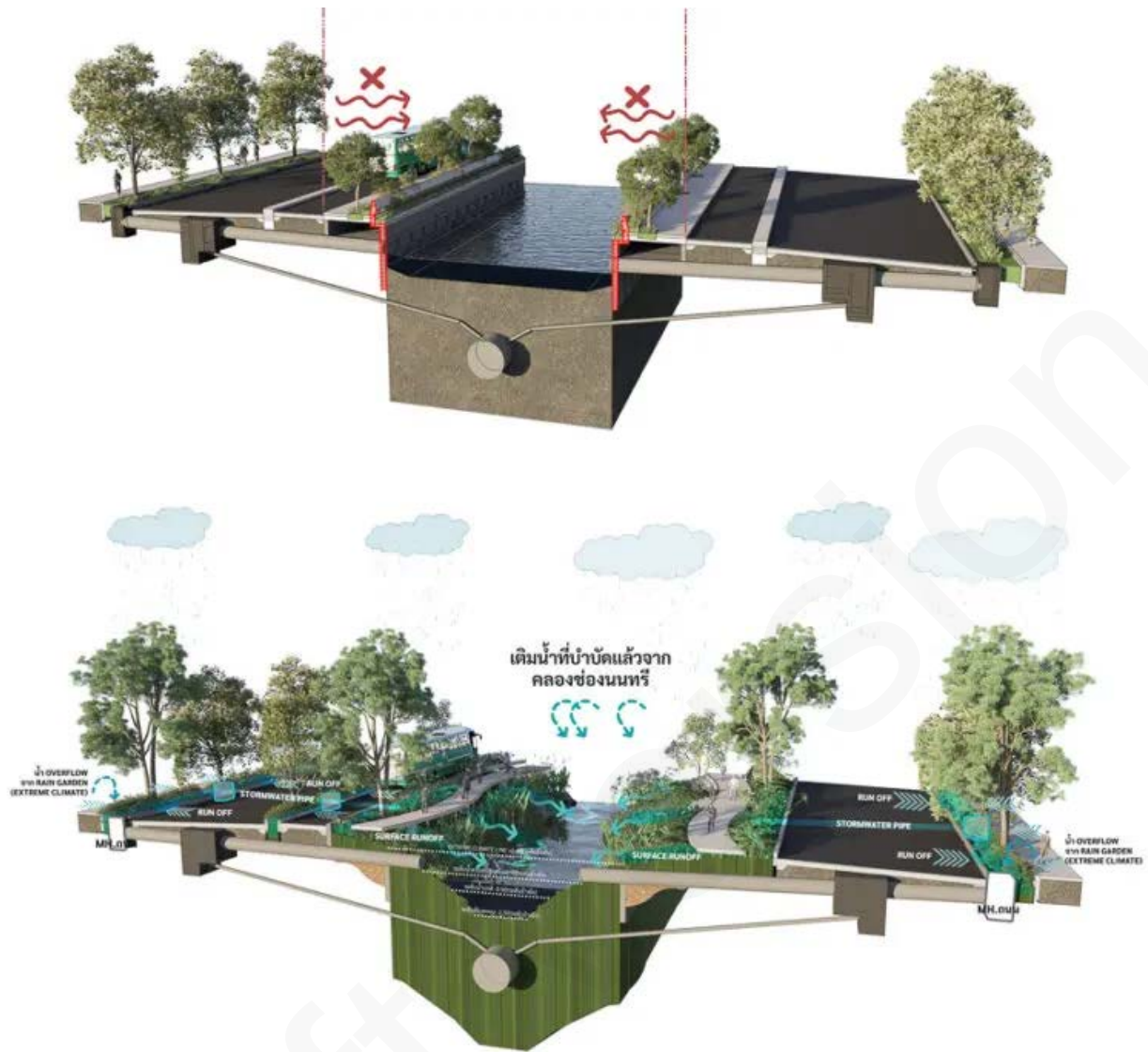
- การฝังกลบ (Landfill) : เป็นการนำสลัดจ์มาฝังในสถานที่ที่จัดเตรียมไว้และกลบด้วยชั้นดินทับอีกชั้นหนึ่ง

- การหมัก (Composting) : เป็นการนำสลัดจ์มาหมักต่อเพื่อนำไปใช้เป็นปุ๋ย ซึ่งเป็นการนำสลัดจ์กลับมาใช้ประโยชน์ในการเป็นปุ๋ยสำหรับปลูกพืช เนื่องจากในสลัดจ์ประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุต่างๆ
- การเผา (Incineration) : เป็นการนำสลัดจ์ที่จวนแห้ง (ตั้งแต้อยู่ละ 40 ของของแข็งขึ้นไป) มาเผา เพราะเนื่องจากไม่สามารถนำไปใช้ทำปุ๋ยหรือฝังกลบได้

## 11. ระบบการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่

แนวคิดการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ถือเป็นอีกวิศวกรรมระบบหนึ่งของวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมในสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ในหลายๆโครงการจะมีระบบบำบัดน้ำเสียควบคู่ไปกับระบบการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ หรือ การรีไซเคิลและเทคโนโลยีในการรีไซเคิลน้ำ (Greywater Recycling System) ในรูปแบบน้ำอุปโภค น้ำในห้อง น้ำรดน้ำต้นไม้ หรือน้ำในกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การหล่อเย็น การนำไปใช้ผลิตพลังงานไอน้ำ ฯลฯ ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำขาก่อว่าต้องการรีไซเคิลน้ำไปใช้ในวัตถุประสงค์อะไร ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการบริหารการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ในสภาวะภูมิอากาศแปรปรวน และการแย่งชิงน้ำโดยเฉพาะระหว่างภาคอุตสาหกรรม ครุภัณฑ์และภาคการเกษตร ดังที่กล่าวมาแล้วว่ากระบวนการบำบัดน้ำเสียมี 3 ขั้นตอน ในขั้นตอนที่ 3 นั้นคุณภาพของน้ำสามารถนำไปใช้อุปโภคบริโภคได้เทียบเท่ากับน้ำประปาเลยทีเดียว และเทคโนโลยีในปัจจุบันการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ยังช่วยลดปริมาณและต้นทุนน้ำและแก้ปัญหาความขาดแคลนน้ำของเมืองด้วย

ตัวอย่างโครงการที่มีการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพในไทยนอกจากนิคมอุตสาหกรรมต่างๆ แล้ว ยังมีโครงการราชกรีฑาสโมสร (RBSC - The Royal Bangkok Sports Club) ที่ใช้น้ำเสียจากห้องน้ำ ชักล้างร้านอาหาร กลับมาใช้ใหม่ โดยใช้ประโยชน์ในการเติมน้ำในบ่อน้ำในบริเวณโครงการ และใช้รดน้ำสนามกอล์ฟของสโมสร ที่ใช้น้ำวันละมากๆ โดยหากปริมาณน้ำเสียน้อยไม่เพียงพอทางสโมสรฯ ยังดึงน้ำจากระบบระบายน้ำเสียของกรุงเทพมหานครเข้ามาบำบัดและนำมาใช้ในโครงการอีกด้วย และโครงการสวนสาธารณะคลองช่องนนทรี ที่เปลี่ยนแนวท่อให้น้ำสะอาดจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้วจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำของนนทรี ไหลมาเติมลงคลองช่องนนทรีตามแรงโน้มถ่วง (Gravity Flow) ไปถึงคลองสาทรเชื่อมต่อระบบเข้าไปยังสวนลุมพินี พื้นฟูระบบไหลเวียนน้ำช่วยบำบัดน้ำขั้นที่ 3 (Tertiary Treatment) ส่งต่อไปให้คลองปลายตัน 2 คลองที่รอเชื่อมต่อกับสวนลุมฯ คือคลองไผ่สิงโต ที่เชื่อมต่อไปยังสวนขนาดใหญ่อย่างสวนเบญจกิติ และคลองต้นสนที่ต่อกับคลองแสนแสบ เป็นการคิดแบบนอกขอบเขตพื้นที่งานออกแบบ และยังเป็นการบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้เกิดการฟื้นฟูระบบนิเวศริมคลองพร้อมกับเป็นพื้นที่นันทนาการริมน้ำอีกด้วย



ภาพที่ 46 ภาพตัดคลองช่องนนทรี ก่อน-หลังการปรับปรุง ภาพ : LANDPROCESS

## บรรณานุกรม

อริยา อรุณินท์ การออกแบบและเทคโนโลยีการก่อสร้างภูมิสถาปัตยกรรม กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2559.

Landphair, Harlow C. Landscape Architecture Construction. Elsevier North Holland, Inc. Newyork, 1979

Untermann, Richard K. Grade Easy. Landscape Architecture Foundation, Inc. Virginia, 1973

Williams, George Grading : A workbook of Manual Land Grading Techniques. Landscape Construction Note Handout (7 1 2 - Landscape Design) Revised Edition, University of Canberra, Australia

Untermann, Richard K. Principles and Practices of Grading, Drainage and Road Alignment : An Ecologic Approach. A Reston Book, Prentice-hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632

Beardsley, J.. Earthworks and Beyond

สมธ แสงอสังการ (2548) เอกสารประกอบการสอนวิชา LA Con II ระบบระบายน้ำ

เดชา บุญค้ำ (2552) การวางผังบริเวณและงานบริเวณ

Irrigation Tutorial <http://www.irrigationtutorials.com>

Xeriscape : Landscape Water Conservation Agricultural Communications, The Texas A&M University System

กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ <http://pcdv1.pcd.go.th/WaterQuality/WasteWT/menu.htm>

ข้อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย, เอกสารประกอบการประชุม สวสท'36, สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2536

Hans Brix, Thammarat Koottatep, Ole Fryd, Carsten H. Laugesen, The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi—System design and lessons learned during implementation and operation, Ecological Engineering, Volume 37, Issue 5, 2011, Pages 729-735,. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.035>

กชกร วรอาคม พื้นที่เมือง เข้าม่าน สานอนาคต : 11 เรื่องน่ารู้ โปรเจกต์พัฒนาคลองช่องนนทรี จากคลองระบายน้ำ นำร่องสู่คลองระบบธรรมชาติ เป็นพื้นที่ที่ท่วงน้ำและความหวังของเมืองที่ยั่งยืน, The Cloud. <https://readthecloud.co/chong-nonsi-canal-linear-park/> [เข้าถึง 28 พย. 65]