บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ความสัมพันธ์ระหว่างมนุษยชาติกับแหล่งน้ำ อันประกอบด้วยแม่น้ำลำธาร ได้มีมาเป็นเวลาช้านาน แหล่งน้ำนับว่าเป็นส่วนสำคัญมากสิ่งหนึ่ง ในการพัฒนาความเจริญของมนุษย์ ดังจะพบว่าแหล่งอารยธรรมในอดีตจนถึงปัจจุบัน ส่วนมากจะเป็นแถบบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำ อันเป็นบริเวณที่อุดมสมบูรณ์ เช่น บริเวณลุ่มแม่น้ำในเมโสโปเตเมีย (Mesopotamia) ที่ราบลุ่มแม่น้ำไนล์ (Niles) ในอียิปต์, ลุ่มแม่น้ำเหลือง (Yellow River) ในประเทศจีน, ลุ่มแม่น้ำต่าง ๆ ในอินเดีย และในประเทศไทยเราก็มีที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นต้น จากการขุดค้นซากสลักหักพังของอาณาจักร Nippur และอื่น ๆ แถบดินแดนเมโสโปเตเมีย ที่เคยมีความรุ่งเรืองอย่างมาก เมื่อสมัย 5200 ปีก่อนคริสศักราช พบว่าได้มีการขุดคลองขึ้นมาใช้แล้ว อันเป็นหลักฐานการก่อสร้างคลองที่เก่าแก่ที่สุดที่ปรากฏให้เห็น [Graf (1971)]

ในระยะแรก ๆ เมื่อประชากรยังมีจำนวนน้อยอยู่ การใช้น้ำเพื่อการต่าง ๆ ก็ทำกันอย่างจำกัด การเกษตรกรรมเพาะปลูกก็อาศัยเพียงน้ำฝนที่เกิดโดยธรรมชาติเท่านั้น ต่อมามนุษย์ที่อาศัยตามที่ราบลุ่มใกล้แหล่งน้ำ ได้เริ่มเรียนรู้การขุดคลองชักน้ำจากแหล่งน้ำ, แม่น้ำลำธารมาใช้เพื่อประโยชน์ทางเกษตรกรรม, เพาะปลูกและการต่าง ๆ ทำให้สามารถทำการเกษตรกรรมได้มากกว่าที่เคยเป็นอยู่ มนุษย์ที่อาศัยตามที่ราบลุ่มนอกจากจะได้รับประโยชน์จากความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่แล้ว ในขณะเดียวกันก็ต้องพบกับความเสียหายจากภัยของน้ำท่วมในฤดูน้ำหลาก สร้างความสูญเสียต่อทรัพย์สินและผลผลิตเป็นอย่างมาก มนุษย์ก็เริ่มรู้จักเรียนรู้การขุดคลอง เพื่อการระบายน้ำออกจากบริเวณพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ [Singhal (1968)]

กล่าวโดยทั่วไปแล้ว คลอง (Canals) สามารถแบ่งออกเป็นคลองที่เกิดโดยธรรมชาติ (natural canals) และคลองที่มนุษย์สร้างขึ้น (artificial canals) สำหรับคลองที่มนุษย์สร้างขึ้นนั้น ได้มีมาตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น เพื่อการคมนาคม

(navigation) เพื่อการระบายน้ำ (drainage) เพื่อการชลประทาน (irrigation) และเพื่อการนำไปใช้ในการผลิตพลังงาน (power) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการขุดคลองเพื่อวัตถุประสงค์อื่นอีก เช่น ในสมัยก่อนมีการขุดคูคลองรอบเมือง เพื่อป้องกันข้าศึกเข้าตีเมือง

ขนาดของคลองที่มนุษย์ขุดขึ้นนั้นมีทั้งขนาดกว้าง ลึกไม่กี่เมตร จนถึงขนาดที่มีความกว้างเป็นร้อย ๆ เมตร เช่น คลองปานามา (Panama Canal) มีความลึกไม่ต่ำกว่า 12.5 เมตร กว้างถึง 90 เมตรและมีความยาวประมาณ 80 กิโลเมตร เป็นประโยชน์ในด้านการคมนาคมขนส่ง ย่นระยะการเดินทางนับพันกิโลเมตร เชื่อมระหว่างมหาสมุทรแอตแลนติค (Atlantic Ocean) และมหาสมุทรแปซิฟิค (Pacific Ocean) อีกตัวอย่างหนึ่งได้แก่ คลองสุเอซ (Suez Canal) มีความกว้างประมาณ 150 เมตร ลึกประมาณ 13 เมตร และมีความยาวถึง 165 กิโลเมตร ย่นระยะทางมหาสมุทรอินเดียกับยุโรป เป็นต้น [Encyclopedia (1977)]

คลองที่มนุษย์ทำขึ้นนั้นจะมีทั้งคลองที่มีการดาด (lined canals) ท้องและลาดฝั่งคลองด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ เช่น คอนกรีต พืชจำพวกหญ้าบางชนิด แอสฟาลส์ (asphalt) วัสดุเยื่อบาง (membrane) พลาสติค (plastic) และยางสังเคราะห์ (synthetic rubber) เป็นต้น คลองที่มนุษย์สร้างขึ้นอีกประเภทได้แก่คลองที่ไม่มีการดาด (unlined or unlined earth canals) [Davis & Sorensen (1969)]

เนื่องจากในการสร้างหรือขุดคลองบางครั้ง ถูกจำกัดในเรื่องของเงินทุน ซึ่งการสร้างคลองที่มีการดาดนั้น ต้องใช้เงินเป็นจำนวนมาก ในบางสภาวะจึงมีความจำเป็นที่จะต้องขุดคลองในลักษณะไม่มีการดาด

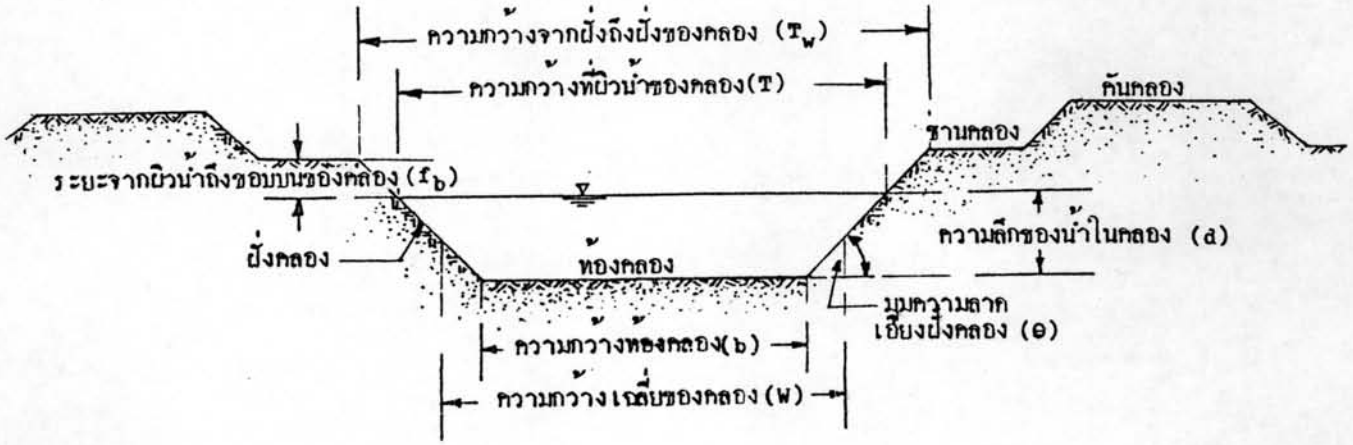
ในประเทศไทย มีโครงการหลายโครงการที่คลองเป็นส่วนหนึ่งของโครงการ เช่น โครงการชลประทานหลวง ชลประทานราษฎร โครงการสร้างงานในชนบท (กสช.) เป็นต้น ในโครงการชลประทานขนาดใหญ่ที่มีความสลับซับซ้อน ข่ายงานของคลองนับว่าเป็นสิ่งสำคัญหลักในการกำหนดค่าใช้จ่ายของแผนงานนั้น เพราะฉะนั้น การออกแบบคลองที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งสำคัญมากในการ

พิจารณาถึงความประหยัดของโครงการนั้น ประสิทธิภาพของคลองจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องคำนึงถึง คลองที่ออกแบบจะต้องมีความเสถียรภาพ (stable) ดี มีการกัดกร่อนหรือกัดเซาะ (scouring or erosion) และเกิดการตื้นเขิน (silting) น้อย

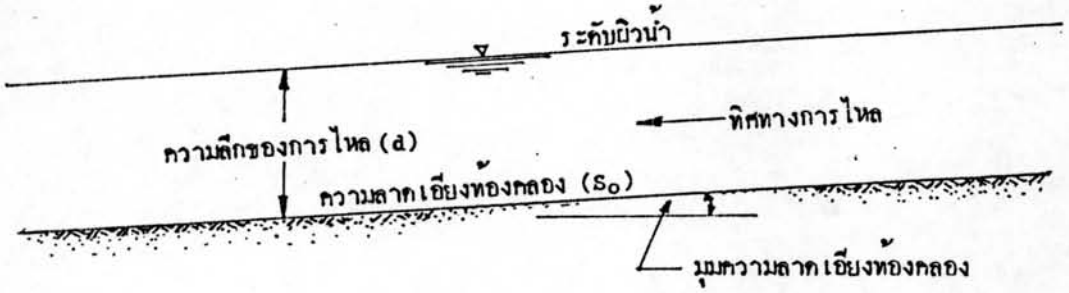
1.2 ความสำคัญของปัญหา

การออกแบบคลอง คือ การกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ ของคลองดังแสดงในรูป 1-1 และ 1-2 ในการออกแบบคลองที่ถือว่าไม่มีการกัดเซาะ (non-erodible canals) เช่น คลองที่ดาดด้วยคอนกรีต ไม่ค่อยจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงความเร็วการไหลของน้ำที่ทำให้เกิดการกัดเซาะ หรือเกณฑ์กำหนดความเร็วสูงสุดของการไหลที่ยอมให้ (maximum permissible velocity) และเกณฑ์กำหนดของแรงฉุดที่ยอมให้ (permissible tractive force) ผู้ออกแบบสามารถหาขนาดหน้าตัดและความลาดเอียงของท้องคลองจากสูตรสมการการไหลสม่ำเสมอทั่ว ๆ ไป (uniform-flow formulae) เช่น สมการ Manning, สมการ Kutter และพิจารณาหน้าตัดครั้งสุดท้าย โดยพิจารณาถึงประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ของคลองที่ดีที่สุด (best hydraulic efficient) ความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ (practicalbility) และความประหยัด (economy) องค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณาสำหรับการออกแบบคลองประเภทนี้ ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ของความขรุขระ (roughness coefficient) ของวัสดุที่ใช้ดาด ความเร็วต่ำสุดของการไหลที่ยอมให้ (minimum permissible velocity) เพื่อหลีกเลี่ยงการตกตะกอนเมื่อน้ำมีวัสดุแขวนลอย ความลาดเอียงของท้องคลองและลาดฝั่งคลอง ระยะจากผิวน้ำถึงขอบบนของคลอง (free board) หน้าตัดคลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด [Chow (1959)]

สำหรับคลองที่สามารถเกิดการกัดเซาะ (erodible canals) เช่น คลองดินที่ไม่มีการดาด พฤติกรรมของการไหลของน้ำในคลองขึ้นกับองค์ประกอบทางกายภาพต่าง ๆ มากมาย ตลอดจนสภาวะเงื่อนไขในสนาม ซึ่งมีความซับซ้อนยุ่งยากและไม่ค่อยแน่นอน รูปที่ 1-3 ได้แสดงโดยหยาบถึงการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดคลองเนื่องจากการกัดเซาะและการทลายของดิน การใช้สมการการไหลสม่ำเสมอในการพิจารณาออกแบบจึงไม่เพียงพอ เนื่องจากความเสถียรภาพของคลองชนิดนี้ขึ้นกับองค์ประกอบหลัก คือ คุณสมบัติของวัสดุประกอบคลองมากกว่าขึ้นกับชลศาสตร์ของการไหล สูตรสมการการไหลสม่ำเสมอนั้นจะใช้ได้เพียงเพื่อคำนวณหาความเร็วการไหลและปริมาณการไหลของน้ำ หลังจากทราบขนาดหน้าตัด



รูปที่ 1-1 รูปหน้าตัดตามขวางของคลอง แสดงส่วนประกอบต่างๆ



รูปที่ 1-2 รูปหน้าตัดตามยาวของคลอง แสดงความลาดเอียงท้องคลอง

รูปร่างของคลองเสถียรภาพนั้นแล้วเท่านั้น [Chow (1959)]

หลักการออกแบบคลองที่เสถียรภาพนั้นแม้จะได้มีคนศึกษาและให้แนวทางการกำหนดขนาดรูปร่างตลอดจนความลาดเอียงท้องคลองและฝั่งคลอง มาเป็นเวลามากกว่า 100 ปีมาแล้วก็ตาม แต่ยังไม่มีหลักการวิธีใดวิธีหนึ่งที่ใช้ได้ผลแน่นอน และเหมาะสมสำหรับทุก ๆ ภูมิภาคของโลก การคำนวณออกแบบยังอาศัยประสบการณ์และการตัดสินใจของผู้ออกแบบเป็นหลัก

ในประเทศไทยการศึกษาด้านนี้ยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจัง การออกแบบคลองยังอาศัยหลักการและแนวทางการศึกษาจากต่างประเทศและพิจารณาจากประสบการณ์และความเคยชิน ยังปรากฏมีโครงการหลายโครงการที่ยังขาดหลักการในการกำหนดขนาดของคลองและวิศวกรหรือผู้กำหนดออกแบบบางท่านก็ไม่ได้ใช้หลักวิศวกรรมในการพิจารณา สภาพคลองที่ขุดขึ้นใหม่หลายแห่งในประเทศไทยจึงใช้งานได้ไม่นาน หรือบางคลองที่ยังไม่ได้ใช้งานเลย ก็ไม่คงลักษณะคลองเดิมให้เห็น ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานลดลง ยังผลให้ประโยชน์ที่ได้รับจากคลองเหล่านี้น้อยกว่าที่คาดหวัง และยังทำให้เกิดการสูญเสียงบประมาณและเวลาการใช้งาน ในการซ่อมแซมบำรุงรักษาเป็นอย่างมาก

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 เพื่อรวบรวมหลักการและแนวทางการออกแบบคลองเสถียรภาพที่ได้ทั้งจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ การศึกษาสังเกตในสนาม ประสบการณ์ อันประกอบด้วย ทฤษฎี สูตร สมการ ตลอดจนตารางและรูปความสัมพันธ์ต่าง ๆ จากการค้นคว้าวิจัย โดยเฉพาะในต่างประเทศ

1.3.2 ศึกษาคลองเสถียรภาพในประเทศไทยที่ขุดและใช้งานมาเป็นเวลานานในสภาพดินชนิดต่าง ๆ เพื่อจะหาหลักการในการออกแบบคลองเสถียรภาพที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย โดยอาศัยแนวทางการศึกษาที่เคยมีมา

1.3.3 ประเมินผลคลองที่ขุดในโครงการต่าง ๆ เช่น โครงการสร้างงานในชนบท โดยอาศัยหลักการที่ได้จากการศึกษา

1.3.4 สรุปและเสนอแนะหลักการ และแนวทางในการออกแบบคลองเสถียรภาพสำหรับการศึกษาต่อไป

1.4 ขอบข่ายการศึกษา

คลองเสถียรภาพ (stable channels) นั้น จะต้องเป็นคลองที่ไม่เกิดการเลื่อนถล่มหรือพังทลาย (slide or slough) ของฝั่งคลองทั้งสองข้าง (channel banks) ไม่มีการกัดกร่อนหรือกัดเซาะ (scouring or erosion) ของท้องคลองและฝั่งคลอง (bed and bank slopes) ไม่เกิดการตกตะกอนทับถมท้องคลองทำให้คลองตื้นเขิน (silting) ตลอดจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (shape) และแนวทาง (alignment) ของคลอง [Lane (1955)] หรือหากมีการกัดเซาะหรือตกตะกอนเกิดขึ้น สภาพคลองยังคงอยู่ในสภาพเดิมในช่วงเวลาช่วงหนึ่งที่มีระยะเวลายาวนานพอสมควร นั่นคือ มีความสมดุลย์ของการกัดเซาะและตกตะกอนพอ ๆ กัน อย่างที่เรียกว่า "คลองในสภาวะสมดุลย์" (channel in regime)

สำหรับขอบข่ายการศึกษานี้ จะศึกษาถึงปัญหา การกัดเซาะ การตื้นเขินของคลองเมื่อมีการไหลของน้ำในคลองและมีการเคลื่อนตัวของวัสดุหรือตะกอน (sediment transport) ส่วนปัญหาการพังทลายของดินฝั่งคลอง อันเป็นปัญหาทางด้านกลศาสตร์ของดิน (soil mechanics) นั้น ในที่นี้จะกล่าวไว้เพียงสังเขป

แนวทางการออกแบบคลองเสถียรภาพที่ได้จากการศึกษานี้ จะใช้ได้อย่างเหมาะสมมากสำหรับสภาพในประเทศไทย เพราะการศึกษานี้อาศัยข้อมูล จากลักษณะสภาพคลองในประเทศไทยเป็นสำคัญ ก็อาจจะใช้เป็นแนวทางการศึกษาในด้านนี้ต่อไปได้ดีด้วย

1.5 ผลการศึกษาที่มีมาแล้ว

วิธีการและหลักการในการออกแบบคลองเสถียรภาพ มีมาเป็นเวลาช้านาน เช่น การศึกษาของ Kennedy (1895) ซึ่งได้มีการศึกษามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 และได้มีบุคคลหลายบุคคลพยายามทำการศึกษาวิจัย ทั้งจากการทดลองในห้องปฏิบัติการและการศึกษาในสนามแล้วมาทำการรวบรวมรวม วิเคราะห์

ข้อมูล ที่ได้และมีอยู่ สรุปให้หลักการหรือแนวทางในการกำหนดออกแบบคลอง เสถียรภาพดังกล่าว ทั้งในรูปของสมการ สูตร ตลอดจนรูปและตารางความสัมพันธ์ต่าง ๆ มากมาย รายละเอียดของหลักการและวิธีการดังกล่าวจะอยู่ในบทที่ 3 ซึ่งเป็นบทว่าด้วยการรวบรวมผลการศึกษา วิจัย และวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการพิจารณาออกแบบคลอง เสถียรภาพที่เคยมีมา สำหรับในบ้านเรา การศึกษาด้านนี้ยังไม่พบว่า มีการศึกษาอย่างจริงจัง การกำหนดขนาดของคลองยังอาศัยผลการศึกษาของต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ เช่น หลักการแนวทางของ Kennedy (1895) หลักการความเร็วสูงสุดของการไหลที่ยอมให้โดย Fortier & Scobey (1926) ดังสรุปย่อไว้ในภาคผนวก

1.6 การดำเนินการศึกษา

(1) รวบรวมสูตร หลักการและเกณฑ์กำหนดต่าง ๆ ในการออกแบบคลองที่ไม่มีการตาดที่เคยมีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

(2) ใช้แนวทางที่ได้จากหลักการต่าง ๆ ที่เคยมีในการออกแบบคลองที่ไม่ตาด แล้วทำการศึกษาเพื่อหาหลักการที่เหมาะสม ในการออกแบบคลองไม่ตาดที่มีความเสถียรภาพสำหรับประเทศไทย

(3) เลือกตัวอย่างคลองสำหรับทำการศึกษา ที่มีอายุการใช้งานเป็นเวลานานมีการซ่อมแซมบำรุงรักษาน้อย อันมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของคลองน้อยมาก

(4) ทำการสำรวจออกวัดและเก็บข้อมูลในสนาม

(5) รวบรวมข้อมูลที่ได้แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงผลการวิเคราะห์ในรูปของสมการและรูปแสดงความสัมพันธ์

(6) ศึกษาถึงคลองที่ขุดในโครงการสร้างงานในชนบท (2523-2524) แล้วประเมินผลในด้านวิศวกรรม โดยใช้หลักการในการออกแบบคลองที่เคยมีมาและจากผลของการศึกษานี้เป็นเกณฑ์กำหนด

(7) สรุปและวิจารณ์ผล

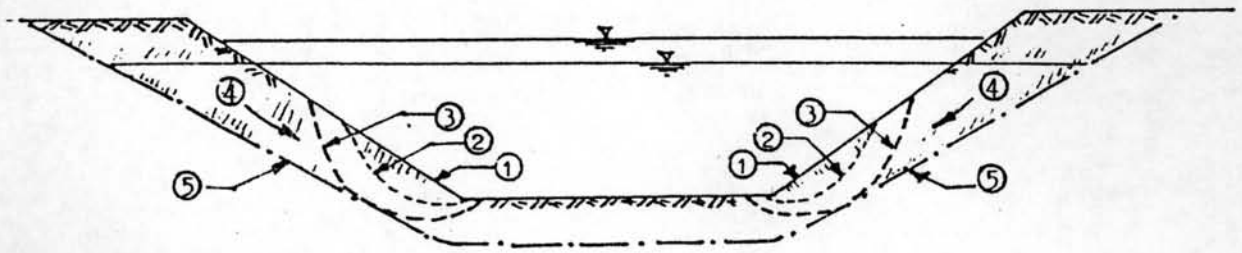
(8) เสนอแนะหลักการที่ได้และการศึกษาต่อ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษานี้

(1) เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในการศึกษา การออกแบบคลองไม่ตาด เพราะการศึกษานี้ได้รวบรวมหลักการณ์และเกณฑ์กำหนดต่าง ๆ ไว้อยู่มาก

(2) คาดว่าการศึกษานี้ จะสามารถใช้ในการพิจารณา เป็นแนวทางในการออกแบบในโครงการต่าง ๆ ได้ดีพอสมควร อันจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานหรือโครงการที่เกี่ยวข้อง

(3) เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาคลอง เสถียรภาพที่มุ่งจะพัฒนาปรับปรุงหลักเกณฑ์และทฤษฎีให้เหมาะสมกับสภาพธรรมชาติ และวิธีการดำเนินงานในประเทศไทยต่อไป



ระยะที่ ① หน้าตัดคลองรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่ทำขึ้นครั้งแรก

ระยะที่ ② ระยะเริ่มของการกัดเซาะที่บริเวณขอบของลาดฝั่งคลอง

ระยะที่ ③ ระยะเกิดการกัดเซาะของฝั่งคลองขั้นสูง

ระยะที่ ④ เกิดการเคลื่อนตัวของดินฝั่งคลองลงในคลอง

ระยะที่ ⑤ รูปลักษณ์คลองขั้นสุดท้าย

รูปที่ 1–3 แสดง การเปลี่ยนแปลงหน้าตัดคลอง เนื่องจากการกัดเซาะ และ การเลื่อนไถลของดิน