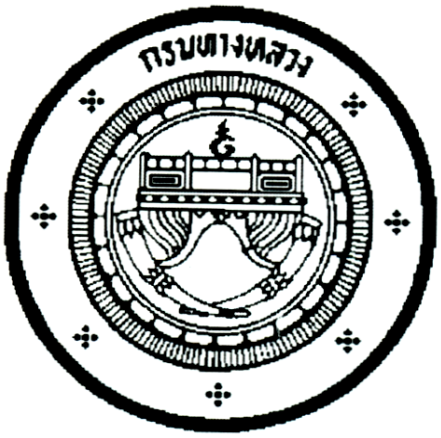


แผนภูมิการออกแบบชานทางสำหรับถนนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ

โดย

รศ.วิชาญ ภู่พัฒน์
ฉัตรชัย จันทร

บทความนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องแต่อย่างใด

แผนภูมิการออกแบบชานทางสำหรับถนนบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ

Design Chart of Berm Embankment for Road on Soft-Bangkok Clays

รศ. วิชาญ ภู่พัฒน์ [1]
ฉัตรชัย จันทร [2]
[1] *คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
[2] *สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง*

บทคัดย่อ

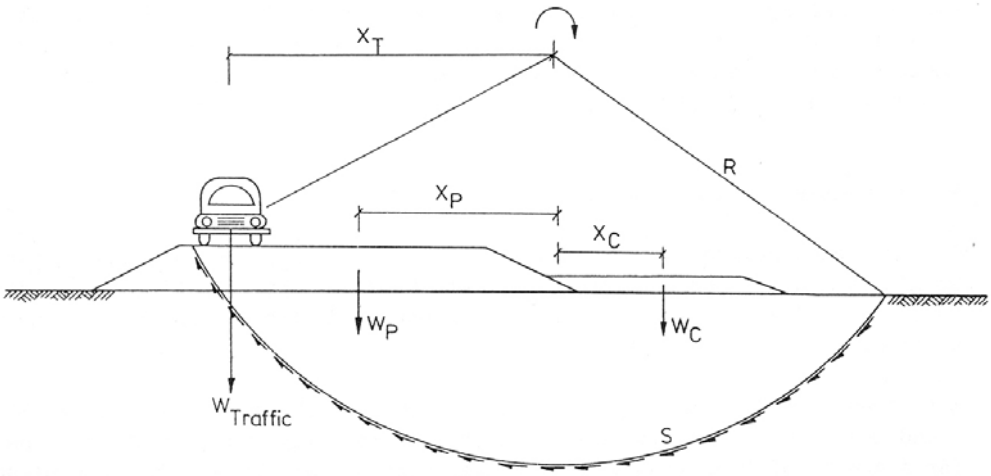
ในการออกแบบชานทาง ต้องใช้วิธีการลองผิดลองถูก สมมติขนาดชานทางแล้วทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของหน้าตัดคันทางเสริมชานทางนั้นๆ เพื่อหาขนาดชานทางที่เหมาะสม ที่จะช่วยทำหน้าที่เสริมเสถียรภาพคันทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ต้องใช้เวลาค่อนข้างมากในการออกแบบหาขนาดชานทางที่เหมาะสม การนำแผนภูมิการออกแบบชานทางมาใช้จะช่วยย่นระยะเวลาในการออกแบบได้มาก ทำให้การออกแบบชานทางสามารถทำได้ง่ายมากขึ้น

บทความนี้เสนอแผนภูมิการออกแบบชานทาง สำหรับถนนบนชั้นดินแบบ Non-homogeneous โดยใช้ข้อมูลของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ซึ่งกำลังรับแรงเฉือนของชั้นดินฐานรากจะแปรเปลี่ยนตามความลึก ชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ เมื่อแบ่งตามรูปแบบกำลังรับแรงเฉือนตามความลึก สามารถแบ่งออกได้ 2 รูปแบบ การจัดทำแผนภูมิจะใช้วิธีการกำหนดหน้าตัดคันทางขึ้นมาแล้วทำการวิเคราะห์เสถียร ภาพว่าเพียงพอหรือไม่ โดยพิจารณาวงการเคลื่อนพังเป็นทรงกลม แบบมี Tension crack การวิเคราะห์เสถียรภาพจะใช้วิธี Simplified Bishop ทำการวิเคราะห์แบบ Total stress analysis ใช้น้ำหนักจราจร 1.00 ตันต่อตารางเมตร คันทางที่ทำการพิจารณาถ้ามีเสถียรภาพไม่เพียงพอ จะทำการหาขนาดของชานทางมาเสริม

จากผลการศึกษาสามารถจัดทำแผนภูมิ โดยแบ่งออกตามรูปแบบของชั้นดิน กับลาดชันด้านข้างของคันทางได้เป็นจำนวน 6 แผนภูมิ เพื่อแนะนำความกว้างของชานทางที่ต้องใช้เสริมคันทางให้มีเสถียรภาพเพียงพอ ความสูงชานทางจะเป็นครึ่งหนึ่งของความสูงคันทาง โดยแผนภูมิจะกำหนดช่วง F.S. = 1.60-2.00 เป็นช่วงของ F.S. ที่แนะนำให้ใช้

บทนำ

การก่อสร้างถนนบนดินอ่อน ปัญหาที่สำคัญคือ การที่กำลังรับแรงเฉือนของดินฐานรากมีค่าต่ำ ไม่สามารถที่จะออกแบบให้ก่อสร้างคันดินถมได้สูงเพียงพอกับความต้องการ ปัญหานี้จะพบมากในบริเวณตอนกลางของประเทศไทย รวมทั้งบริเวณพื้นที่กรุงเทพฯ เพราะว่าชั้นดินบริเวณนี้มีชั้นดินเหนียวอ่อนที่มีกำลังรับแรงเฉือนต่ำ แผ่ปกคลุมบริเวณกว้าง การแก้ไขจะสามารถทำได้หลายวิธี อาทิเช่น การใช้น้ำหนักกดทับล่วงหน้า การทำ PVD การชะลอการเพิ่มน้ำหนักกดทับ การทำ Cement column แต่วิธีการหนึ่งซึ่งค่อนข้างจะมีประสิทธิภาพ และมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางก็คือ การเสริมเสถียรภาพของตัวคันทางโดยการใช้ชานทาง (Berm) ชานทางที่ได้รับการออกแบบดีแล้ว จะทำหน้าที่ช่วยเพิ่มแรงต้านทานการเคลื่อนพังของลาดดินคันทาง (Counter weight) และเพิ่มความยาวของผิวการเคลื่อนพังทำให้มีแรงต้านมากขึ้นเป็นผลดีต่อเสถียรภาพของลาดชัน ตัวชานทางเองก็สามารถก่อสร้างได้ง่ายโดยใช้วัสดุเดียวกันกับตัวคันทางทำให้มีราคาค่าก่อสร้างค่อนข้างถูก ไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีในการก่อสร้างสูง ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากนัก แต่อาจจะมีข้อจำกัดเรื่องการใช้เขตทาง แต่เมื่อดูถึงข้อดีข้อเสียโดยรวมแล้ว การนำชานทางมาใช้จึงน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสม



ภาพที่ 1 แรงกระทำกับแรงต้านการเคลื่อนพังของคันทางเสริมชานทาง

การออกแบบชานทางจะต้องมีการสมมติหน้าตัด แล้วนำหน้าตัดนั้นไปทำการวิเคราะห์เสถียรภาพ ซึ่งมีทฤษฎีในการวิเคราะห์อยู่หลายวิธี หลักการวิเคราะห์จะสมมติผิวเคลื่อนพังโดยใช้ทฤษฎี Limit equilibrium คำนวณหาอัตราส่วนความปลอดภัย ซึ่งจะต้องมีการคำนวณหลายครั้ง เพื่อที่จะหาค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ต่ำที่สุด ปัจจุบันมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณ ทำให้สะดวกต่อการคำนวณมาก แต่ว่าในการออกแบบชานทางยังต้องใช้วิธีการ Trial and error ในการหา

ขนาดชานทางที่เหมาะสมซึ่งต้องเสียเวลานานในการออกแบบแต่ละครั้ง การนำแผนภูมิการออกแบบมาใช้ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยการออกแบบได้ง่ายขึ้น ในอดีตได้มีผู้สร้างแผนภูมิการออกแบบชานทางหลายท่าน โดยที่แผนภูมิจะกำหนดให้ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินฐานรากคงที่ตลอดความลึก ซึ่งในความเป็นจริง กำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพจะมีค่าลดลงตามความลึกจากผิวดินจนถึงความลึกหนึ่งแล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งเมื่อกำหนด ให้กำลังรับแรงเฉือนมีค่าคงที่แล้ว การวิเคราะห์อาจทำให้ได้ผลที่ไม่สอดคล้องตามความจริงมากนัก สำหรับความกว้างของชานทาง ถ้ามีมากก็จะเสริมเสถียรภาพได้มากขึ้น จนถึงความยาวหนึ่งที่เมื่อเพิ่มความกว้างอีกก็จะไม่ช่วยเพิ่มเสถียรภาพมากขึ้นกว่าเดิม

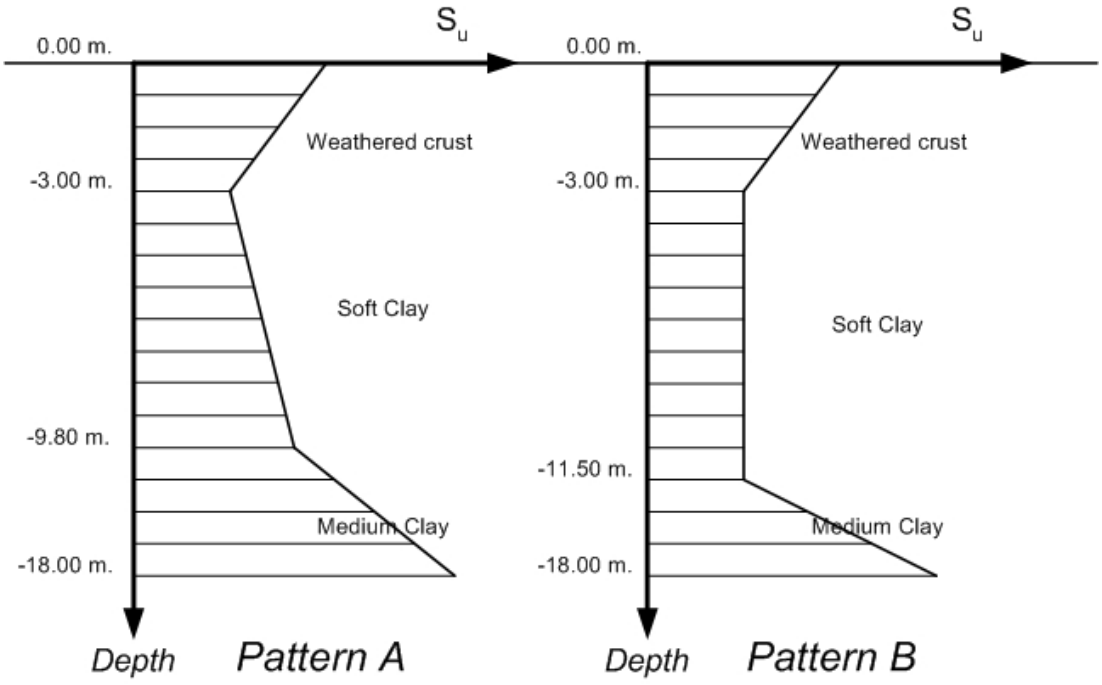
วิธีการ

จากข้อมูลดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ซึ่งอ้างอิงมาจากมณฑา (2546) วิทยานิพนธ์เรื่อง แผนภูมิสำหรับการออกแบบความสูงคันทางบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยมณฑา (2546) ได้ทำการรวบรวมและศึกษารายละเอียดถึงลักษณะของชั้นดิน จากข้อมูลเจาะสำรวจชั้นดินในเขตบริเวณพื้นที่กรุงเทพฯ ประมาณ 1,096 หลุมเจาะแล้ว พบว่าโดยเฉลี่ยจะสามารถแบ่งชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ออกเป็น 2 รูปแบบตามลักษณะของกำลังรับแรงเฉือนของชั้นดินฐานราก คือ รูปแบบแรกแบบ Pattern A ในดินชั้นบนสุดที่เรียกว่าชั้น Weathered Crust ซึ่งจะได้รับอิทธิพลจากแดดและฝนแปรสภาพจนแห้งและแข็งปานกลาง ดินในชั้นนี้จะแข็งที่สุดที่ผิวบนและจะมีค่ากำลังรับแรงเฉือนของชั้นดินลดลงตามความลึกจากผิวดิน จนถึงที่ระดับความลึกหนึ่งกำลังรับแรงเฉือนของดินจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก (ชั้น Soft clay) จนถึงที่ความลึกอีกระดับหนึ่งอัตราการเพิ่มของกำลังรับแรงเฉือนของจะสูงขึ้น (ชั้น Medium clay) ส่วนรูปแบบที่สองแบบ Pattern B จะมีรูปแบบของค่ากำลังรับแรงเฉือนลดลงตามความลึกจากผิวดินในชั้น Weathered Crust เหมือน Pattern A แต่ในชั้น Soft clay จะมีค่ากำลังรับแรงเฉือนคงที่ และในชั้น Medium clay ค่ากำลังรับแรงเฉือนจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก ดังภาพที่ 2

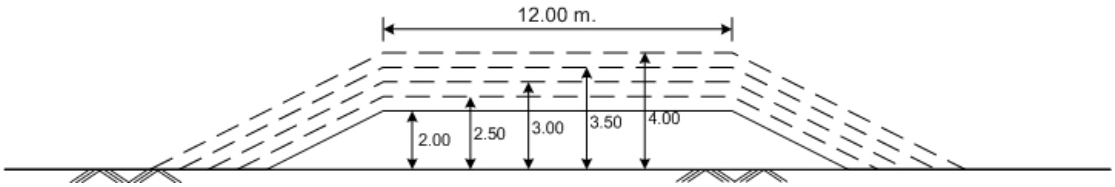
จากข้อมูลดินที่แบ่งเป็น 2 รูปแบบแล้ว สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนกับความลึก แบ่งซอยเส้นรูปแบบกำลังรับแรงเฉือนตามความลึก (Soil Strength Line) ออกเป็น interval โดยครอบคลุม Boundary ของกลุ่มข้อมูลทั้งหมด ออกเป็น 33 เส้นรูปแบบกำลังรับแรงเฉือนตามความลึก โดยแบ่งเป็นแบบ Pattern A 17 เส้น และ Pattern B 16 เส้น

กำหนดขนาดความกว้างของคันทาง (W) เป็น 12.00 เมตร ความสูงของคันทาง (H) เป็น 2.00, 2.50, 3.00, 3.50 และ 4.00 เมตร (ภาพที่ 3) ลาดชันด้านข้าง (S= แนวดิ่ง:แนวราบ) 1:1, 1:1.5 และ 1:2

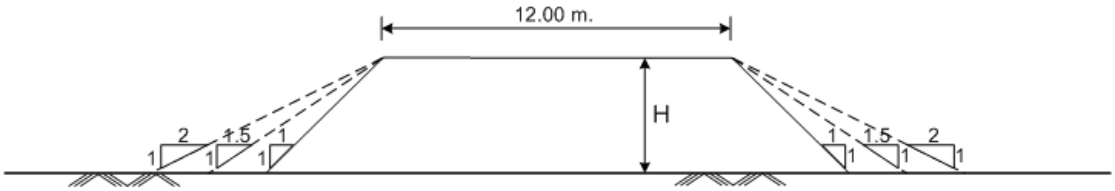
(ภาพที่ 4) ความสูงของชานทาง (h) เป็นครึ่งหนึ่งของความสูงคันทาง โดยใช้พารามิเตอร์ของคันทางเป็น γ_{emb} = 2.00 ตันต่อลูกบาศก์เมตร, ϕ_{emb}= 30° และใช้น้ำหนักจราจร (L.L.) = 1.00 ตันต่อตารางเมตร ได้ดังภาพที่ 5



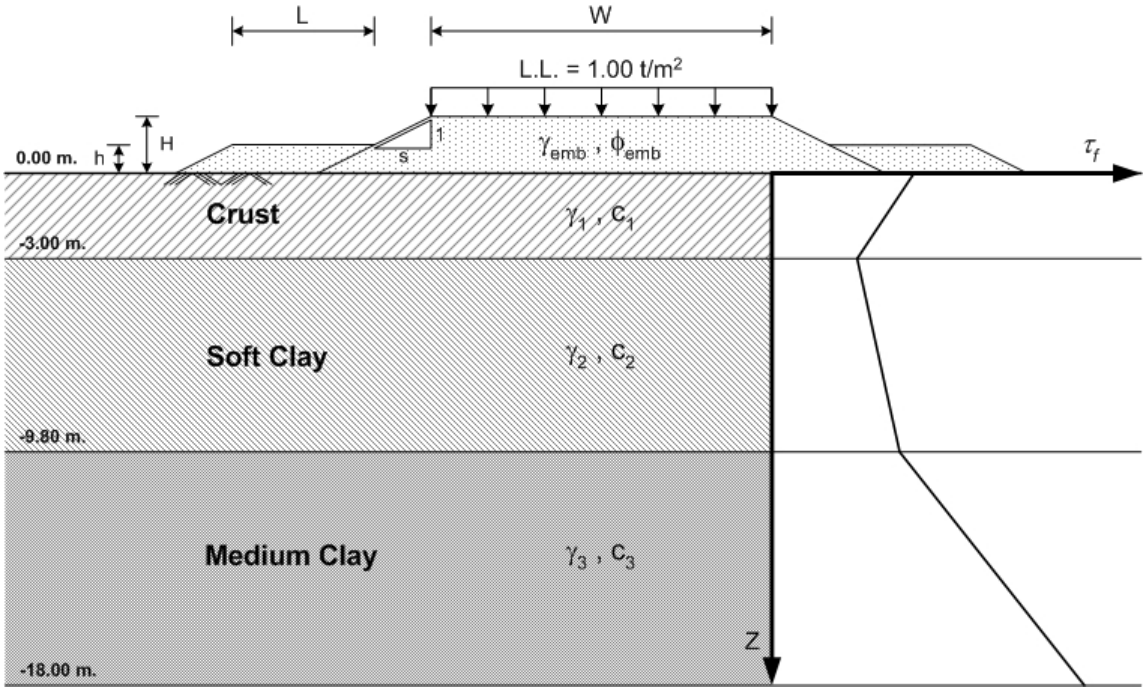
ภาพที่ 2 แสดงรูปแบบกำลังรับแรงเฉือนของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ



ภาพที่ 3 ความสูงคันทางที่ทำการวิเคราะห์



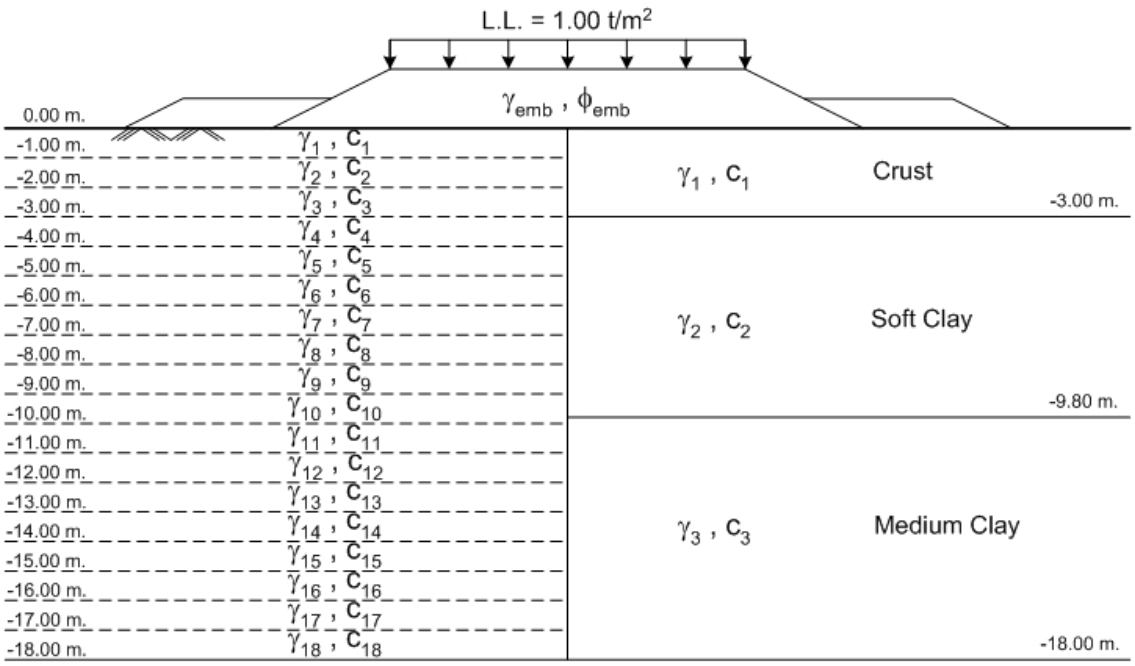
ภาพที่ 4 ลาดชันด้านข้างของคันทางที่ทำการวิเคราะห์



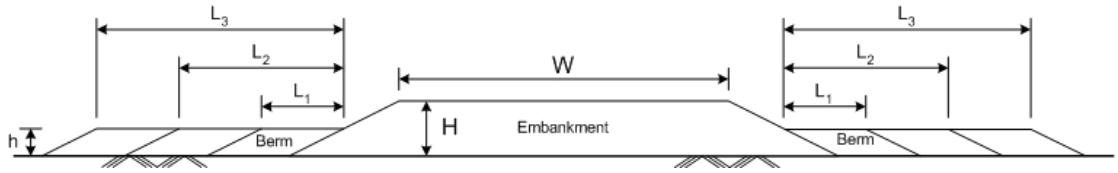
ภาพที่ 5 รูปแบบหน้าตัดคันทางและดินฐานราก

เพื่อให้กำลังรับแรงเฉือนของดินฐานรากใกล้เคียงมากสภาพธรรมชาติ ซึ่งเนื้อดินเป็นแบบ Non-homogeneous มากที่สุด จะทำการจำลองสภาพชั้นดินให้มีลักษณะเป็น Layer โดยแบ่งเป็นชั้นๆ ชั้นละ 1.00 เมตร ดังภาพที่ 6 แล้วทำการวิเคราะห์เสถียรภาพคันทางโดยใช้วิธี Simplified Bishop ทำการวิเคราะห์แบบ Total stress analysis ในกรณีเกิด Tension crack ใช้น้ำหนักจราจร (L.L.) = 1.00 ตันต่อตารางเมตร วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามจำนวนข้อมูล โดยแบ่งความสูงคันทาง 5 ระดับ ลาดชันด้านข้าง 3 แบบ และจำนวนข้อมูลชั้นดินฐานราก 2 รูปแบบ จำนวน 33 ชั้นดิน (Pattern A =17 ชั้นดิน, Pattern B =16 ชั้นดิน) ตรวจสอบว่าหน้าตัดคันทางที่วิเคราะห์ว่าคันทางมีเสถียรภาพเพียงพอหรือไม่ ถ้าไม่พอจะต้องมีการเสริมชานทาง

ทำการหาขนาดของชานทางที่เหมาะสม ที่จะนำมาใช้ในการเสริมเสถียรภาพของคันทางที่ไม่มีเสถียรภาพเพียงพอโดยทำการสมมติขนาดความกว้างของชานทาง (L) ที่มีลาดชันด้านข้างและคุณสมบัติของดินเช่นเดียวกับคันทาง แล้ววิเคราะห์เสถียรภาพ ดังภาพที่ 7 โดยที่เมื่อความกว้างชานทางเพิ่มมากขึ้นค่า F.S. จะเพิ่มมากขึ้น นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มารวบรวมจัดทำเป็นแผนภูมิแนะนำขนาดชานทางที่ต้องใช้เพื่อให้คันทางมีเสถียรภาพเพียงพอ



ภาพที่ 6 การแบ่งชั้นดินในการวิเคราะห์ทีละ 1.00 เมตร



ภาพที่ 7 การสมมติขนาดชานทางที่ทำการวิเคราะห์

ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทาง โดยใช้ข้อมูลชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ใช้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) ในการพิจารณา = 1.80 จะได้ผลออกมา 2 แบบคือ คันทางที่มีเสถียรภาพเพียงพอ (F.S. $\geq$ 1.80) ซึ่งไม่ต้องทำการเสริมชานทาง กับคันทางที่ไม่มีเสถียรภาพเพียงพอ (F.S. $<$ 1.80) ต้องทำการเสริมชานทาง โดยทำการเสริมชานทางให้มีความกว้างพอที่จะทำให้ค่า F.S. $\geq$ 1.80 โดยจากการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางแต่ละรูปแบบจะเห็นว่าเมื่อทำการถมชานทางกว้างมากขึ้น ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่เมื่อถมไปถึงความยาวหนึ่งค่า F.S. จะมีค่าคงที่ไม่เพิ่มขึ้นอีก ถึงแม้ว่าจะเพิ่มความกว้างของชานทางมากขึ้นไปอีกก็ตาม

จัดทำแผนภูมิแบ่งออกตามค่าลาดชันด้านข้าง (1:1, 1:1.5, 1:2) กับรูปแบบของชั้นดิน (Pattern A, Pattern B) อัตราส่วนความปลอดภัยที่แนะนำให้ใช้ออกแบบในช่วงของ F.S. = 1.60 - 2.00 น้ำหนักจราจร = 1.00 ตัน/ตารางเมตร ความกว้างของคันทาง 12 เมตร ซึ่ง สรุปออกมาได้เป็น 6 แผนภูมิดังนี้

- ชั้นดิน Pattern A, S = 1:1 …(ภาพที่ 8)
- ชั้นดิน Pattern A, S = 1:1.5 …(ภาพที่ 9)
- ชั้นดิน Pattern A, S = 1:2 …(ภาพที่ 10)
- ชั้นดิน Pattern B, S = 1:1 …(ภาพที่ 11)
- ชั้นดิน Pattern B, S = 1:1.5 …(ภาพที่ 12)
- ชั้นดิน Pattern B, S = 1:2 …(ภาพที่ 13)

วิธีการใช้แผนภูมิการออกแบบชานทางบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ

1. กำหนดความสูงของคันทาง กับลาดชันด้านข้างของคันทางที่จะทำการออกแบบ พิจารณาเลือกใช้ชนิดของแผนภูมิให้ตรงกับลาดชันด้านข้างของคันทาง เนื่องจากแผนภูมิแบ่งตามชนิดของลาดชันด้านข้าง

2. นำค่ากำลังรับแรงเฉือนตามความลึกมากำหนดค่าลงในแผนภูมิ โดยพิจารณากรณีชั้นดินเป็น 2 แบบคือกรณีดินแบบ Pattern A กับ Pattern B ถ้าข้อมูลดินได้มาจากการทดสอบ Field vane shear ต้องทำการปรับแก้ลดค่ากำลังรับแรงเฉือนของชั้นดินเหนียวอ่อนก่อน

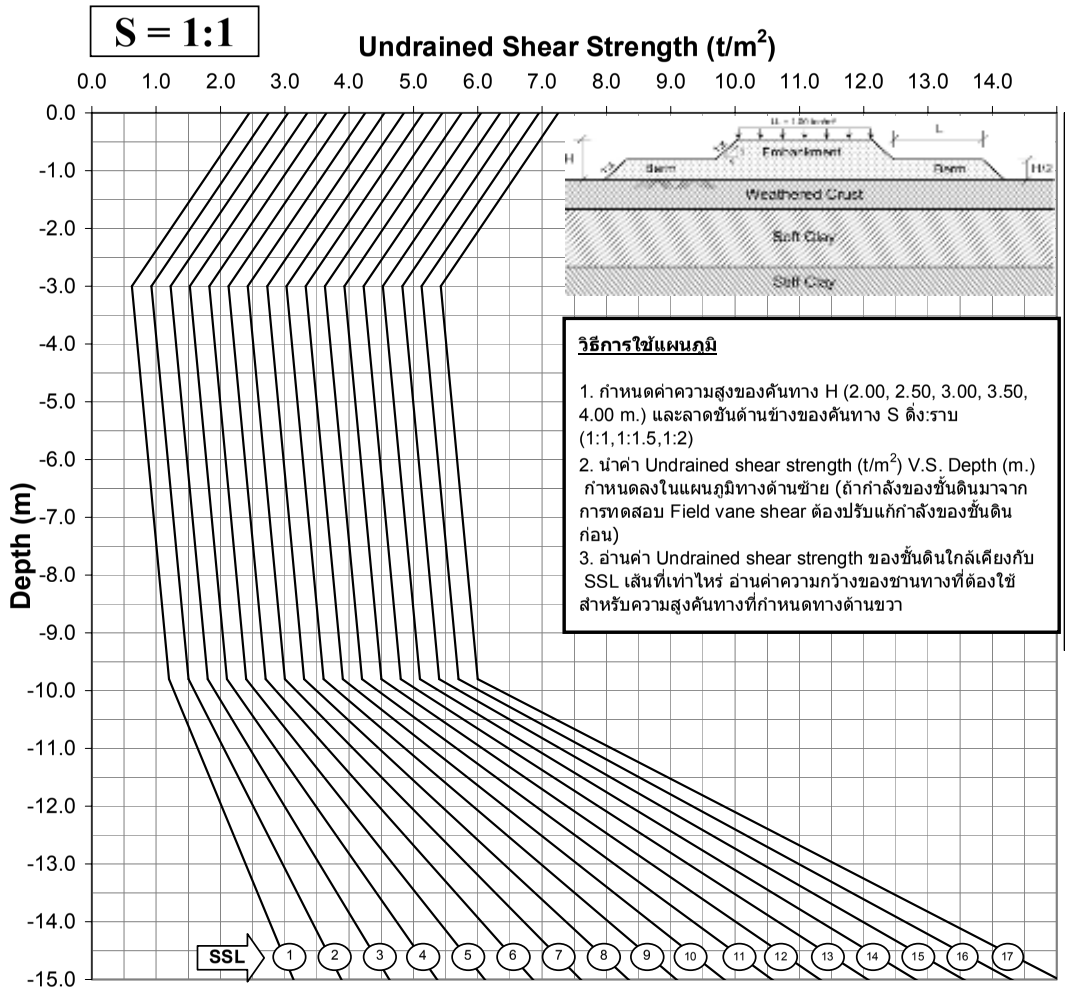
3. พิจารณาว่ากำลังรับแรงเฉือนของชั้นดินใกล้เคียงกับกำลังรับแรงเฉือนแผนภูมิเส้นไหน แล้วมาอ่านค่าความกว้างของชานทางที่ต้องใช้ ให้ตรงกับความสูงของคันทางที่ต้องการออกแบบ ก็จะได้ขนาดของชานทางที่ต้องใช้เพื่อให้คันทางที่จะทำการก่อสร้างมีเสถียรภาพเพียงพอ

4. จากผลที่ได้จากแผนภูมิอาจแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี คือ

4.1 ความกว้างของชานทางที่ความสูงครึ่งหนึ่งของคันทางที่แนะนำ เพื่อที่จะทำให้คันทางมีเสถียรภาพเพียงพอ

4.2 กรณีกำลังของชั้นดินมีค่าน้อยชานทางไม่สามารถทำให้คันทางมีเสถียรภาพเพียงพอได้

4.3 กำลังของชั้นดินมากพอที่จะทำให้คันทางเสถียรภาพเพียงพอไม่ต้องทำการเสริมชานทาง



วิธีการใช้แผนภูมิ

1. กำหนดค่าความสูงของคันทาง H (2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00 m.) และลาดชันด้านข้างของคันทาง S คิง:ราบ (1:1,1:1.5,1:2)
2. นำค่า Undrained shear strength (t/m^2) V.S. Depth (m.) กำหนดลงในแผนภูมิทางด้านซ้าย (ถ้ากำลังของชั้นดินมาจากการทดสอบ Field vane shear ต้องปรับแก้กำลังของชั้นดินก่อน)
3. อ่านค่า Undrained shear strength ของชั้นดินใกล้เคียงกับ SSL เส้นที่เท่าไหร่ อ่านค่าความกว้างของชานทางที่ต้องใช้สำหรับความสูงคันทางที่กำหนดทางด้านขวา

Berm Width (L), m.

SSL	Height of Embankment (H), m.				
	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
1	21.20	▼	▼	▼	▼
2	9.60-19.10	16.95-22.00	23.20	▼	▼
3	3.60-9.20	6.85-17.30	13.95-23.75	19.85-24.65	24.40
4	Δ	2.60-8.45	4.60-16.20	11.30-21.95	17.10-26.50
5	Δ	Δ	1.80-8.05	2.50-15.15	9.10-20.50
6	Δ	Δ	Δ	1.10-7.65	0.85-14.25
7	Δ	Δ	Δ	Δ	0.60-7.35
8	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
9	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
10	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
11	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
12	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
13	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
14	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
15	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
16	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
17	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

หมายเหตุ : ▼ แสดงถึงว่าชานทางไม่สามารถช่วยให้คันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอ

Δ แสดงถึงว่าคันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอไม่จำเป็นต้องใช้ชานทาง

SSL " **S**oil **S**trength **L**ine "

F.S. = 2.00

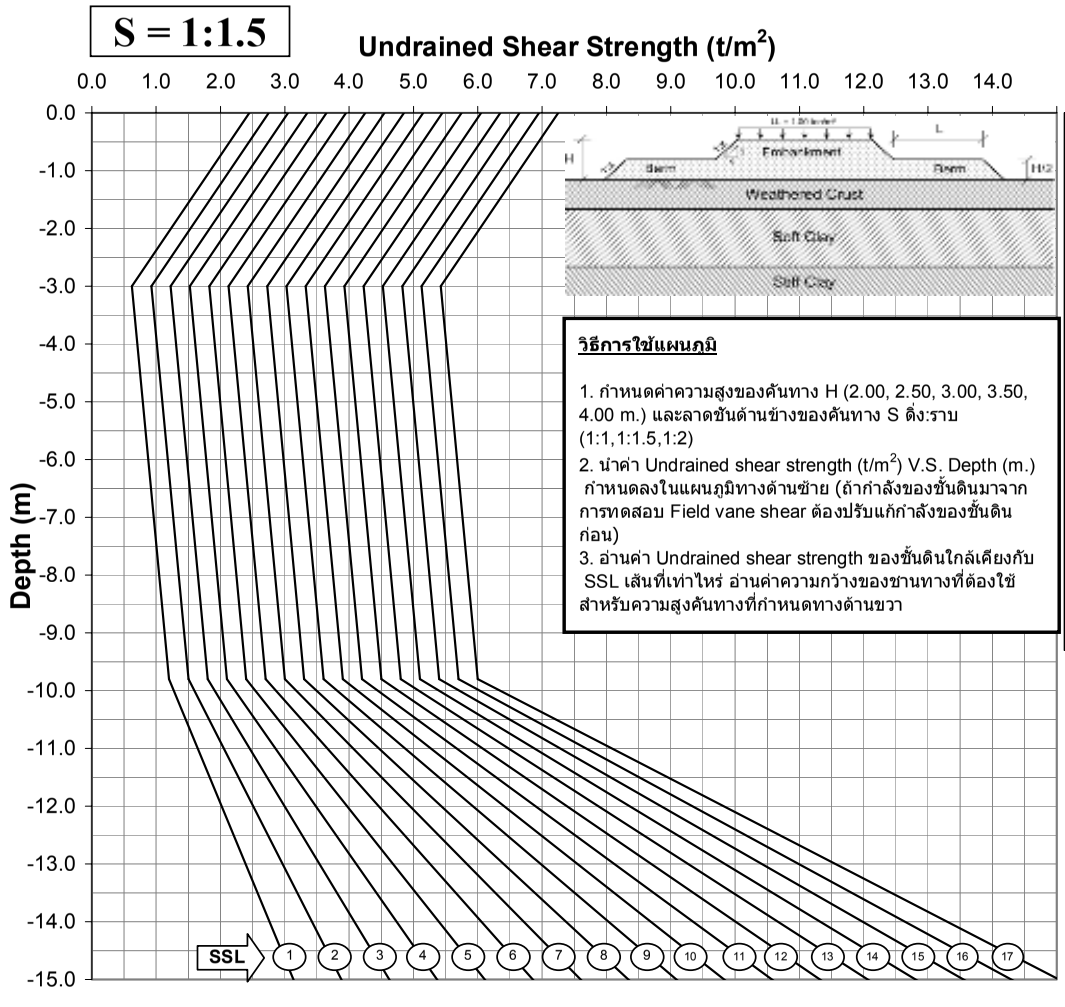
F.S. = 1.80 - 2.00

F.S. = 1.60 - 2.00

F.S. = 1.60 - 1.80

F.S. = 1.60

ภาพที่ 8 แผนภูมิออกแบบชานทางบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ กรณีชั้นดิน Pattern A ลาดชันด้านข้าง 1: 1



วิธีการใช้แผนภูมิ

1. กำหนดค่าความสูงของคันทาง H (2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00 m.) และลาดชันด้านข้างของคันทาง S ดิ่ง:ราบ (1:1,1:1.5,1:2)
2. นำค่า Undrained shear strength (t/m^2) V.S. Depth (m.) กำหนดลงในแผนภูมิทางด้านซ้าย (ถ้ากำลังของชั้นดินมาจากการทดสอบ Field vane shear ต้องปรับแก้กำลังของชั้นดินก่อน)
3. อ่านค่า Undrained shear strength ของชั้นดินใกล้เคียงกับ SSL เส้นที่เท่าไหร่ อ่านค่าความกว้างของชานทางที่ต้องใช้สำหรับความสูงคันทางที่กำหนดทางด้านขวา

Berm Width (L), m.

SSL	Height of Embankment (H), m.				
	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
1	20.65	▼	▼	▼	▼
2	8.85-18.45	16.30-21.35	22.40	▼	▼
3	3.00-8.45	5.95-16.75	13.20-22.95	18.90-23.75	23.35
4	Δ	1.75-7.70	3.50-15.45	10.30-21.00	16.00-25.45
5	Δ	Δ	1.00-7.10	1.55-14.20	8.00-19.40
6	Δ	Δ	Δ	6.70	7.10-13.10
7	Δ	Δ	Δ	Δ	6.30
8	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
9	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
10	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
11	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
12	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
13	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
14	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
15	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
16	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
17	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

หมายเหตุ : ▼ แสดงถึงว่าชานทางไม่สามารถช่วยให้คันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอ

Δ แสดงถึงว่าคันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอไม่จำเป็นต้องใช้ชานทาง

SSL " **S**oil **S**trength **L**ine "

F.S. = 2.00

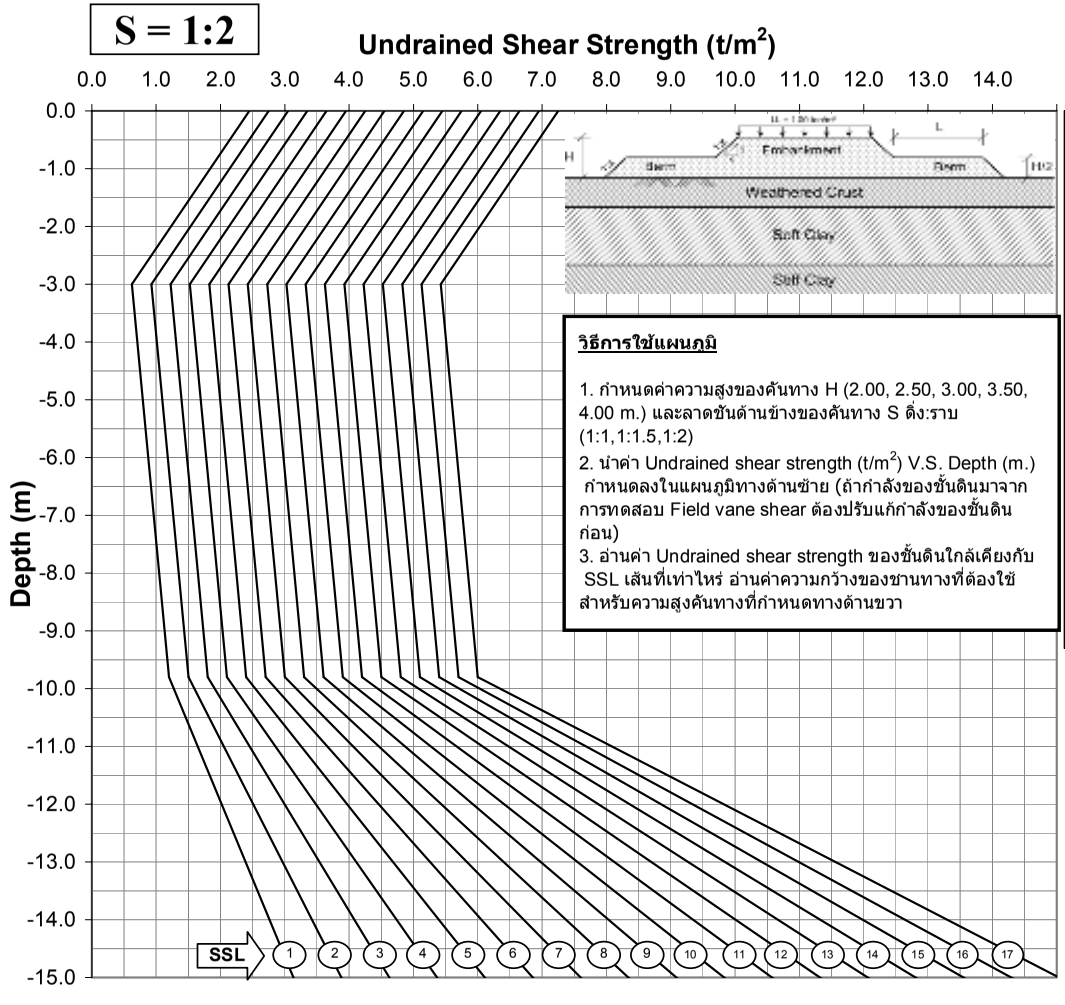
F.S. = 1.80 - 2.00

F.S. = 1.60 - 2.00

F.S. = 1.60 - 1.80

F.S. = 1.60

ภาพที่ 9 แผนภูมิออกแบบชานทางบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ กรณีชั้นดิน Pattern A ลาดชันด้านข้าง 1: 1.5



วิธีการใช้แผนภูมิ

1. กำหนดค่าความสูงของคันทาง H (2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00 m.) และลาดชันด้านข้างของคันทาง S คิง:ราบ (1:1,1:1.5,1:2)
2. นำค่า Undrained shear strength (t/m^2) V.S. Depth (m.) กำหนดลงในแผนภูมิทางด้านซ้าย (ถ้ากำลังของชั้นดินมาจากการทดสอบ Field vane shear ต้องปรับแก้กำลังของชั้นดินก่อน)
3. อ่านค่า Undrained shear strength ของชั้นดินใกล้เคียงกับ SSL เส้นที่เท่าไหร่ อ่านค่าความกว้างของชานทางที่ต้องใช้สำหรับความสูงคันทางที่กำหนดทางด้านขวา

Berm Width (L), m.

SSL	Height of Embankment (H), m.				
	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
1	20.10	▼	▼	▼	▼
2	8.20-17.85	15.75-20.60	21.55	▼	▼
3	2.25-7.75	5.10-16.15	12.30-22.20	17.80-22.80	22.30
4	Δ	1.15-6.95	2.65-14.60	9.30-20.00	14.90-24.35
5	Δ	Δ	6.35	7.40-13.20	6.90-18.25
6	Δ	Δ	Δ	5.70	5.95-12.15
7	Δ	Δ	Δ	Δ	5.20
8	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
9	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
10	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
11	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
12	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
13	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
14	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
15	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
16	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
17	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

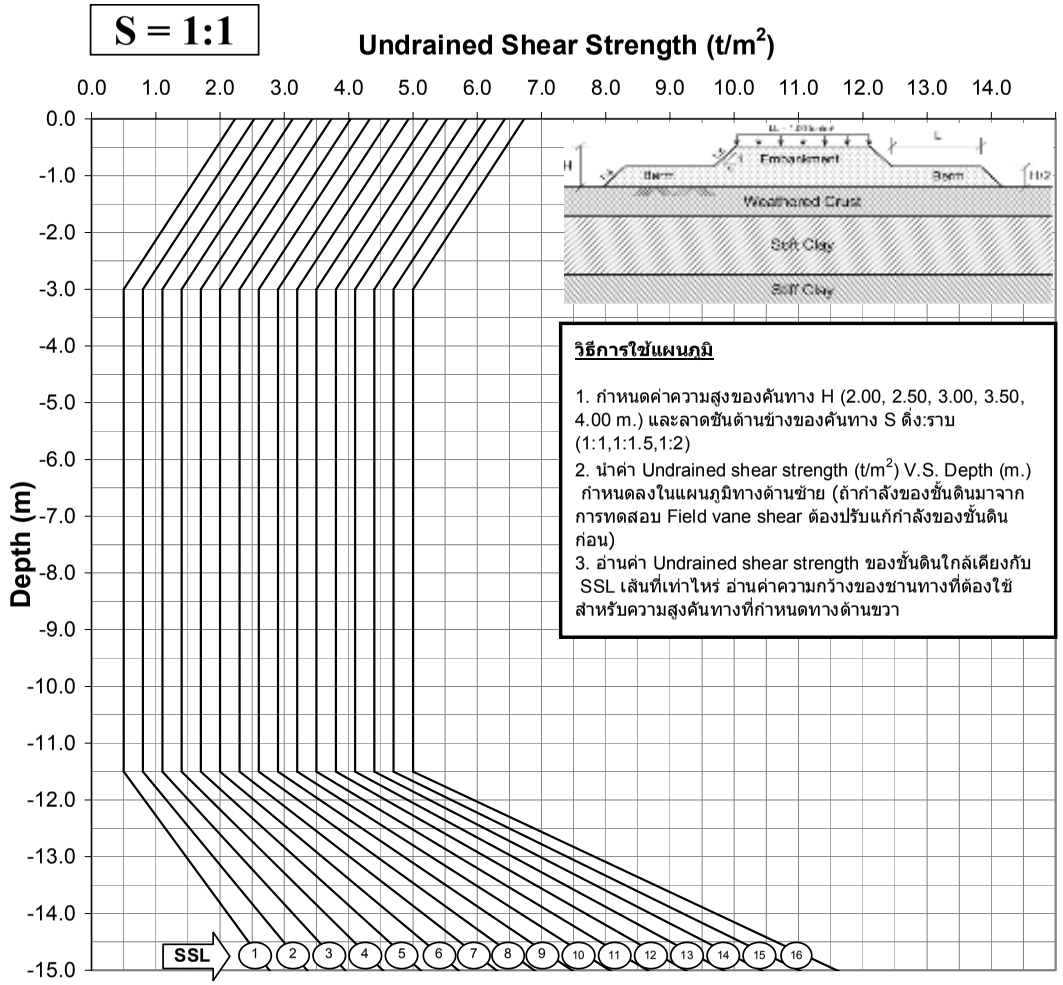
หมายเหตุ : ▼ แสดงถึงว่าชานทางไม่สามารถช่วยให้คันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอ

Δ แสดงถึงว่าคันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอไม่จำเป็นต้องใช้ชานทาง

SSL " **S**oil **S**trength **L**ine "

F.S. = 2.00
F.S. = 1.80 - 2.00
F.S. = 1.60 - 2.00
F.S. = 1.60 - 1.80
F.S. = 1.60

ภาพที่ 10 แผนภูมิออกแบบชานทางบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ กรณีชั้นดิน Pattern A ลาดชันด้านข้าง 1: 2



วิธีการใช้แผนภูมิ

1. กำหนดค่าความสูงของคันทาง H (2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00 m.) และลาดชันด้านข้างของคันทาง S ดิ่ง:ราบ (1:1,1:1.5,1:2)
2. นำค่า Undrained shear strength (t/m^2) V.S. Depth (m.) กำหนดลงในแผนภูมิทางด้านซ้าย (ถ้ากำลังของชั้นดินมาจากการทดสอบ Field vane shear ต้องปรับแก้กำลังของชั้นดินก่อน)
3. อ่านค่า Undrained shear strength ของชั้นดินใกล้เคียงกับ SSL เส้นที่เท่าไหร่ อ่านค่าความกว้างของชานทางที่ต้องใช้สำหรับความสูงคันทางที่กำหนดทางด้านขวา

Berm Width (L), m.

SSL	Height of Embankment (H), m.				
	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
1	▼	▼	▼	▼	▼
2	30.55-35.80	▼	▼	▼	▼
3	10.50-26.85	24.70-35.00	31.60-37.25	37.95	▼
4	9.85	6.05-24.20	20.20-31.35	27.00-37.70	32.40-38.20
5	Δ	9.40	2.20-22.20	15.30-28.70	23.35-34.20
6	Δ	Δ	9.00	11.30-20.70	11.25-26.60
7	Δ	Δ	Δ	8.60	9.50-19.40
8	Δ	Δ	Δ	Δ	8.30
9	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
10	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
11	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
12	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
13	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
14	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
15	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
16	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

หมายเหตุ : ▼ แสดงถึงว่าชานทางไม่สามารถช่วยให้คันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอ

Δ แสดงถึงว่าคันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอไม่จำเป็นต้องใช้ชานทาง

SSL " **S**oil **S**trength **L**ine "

F.S. = 2.00

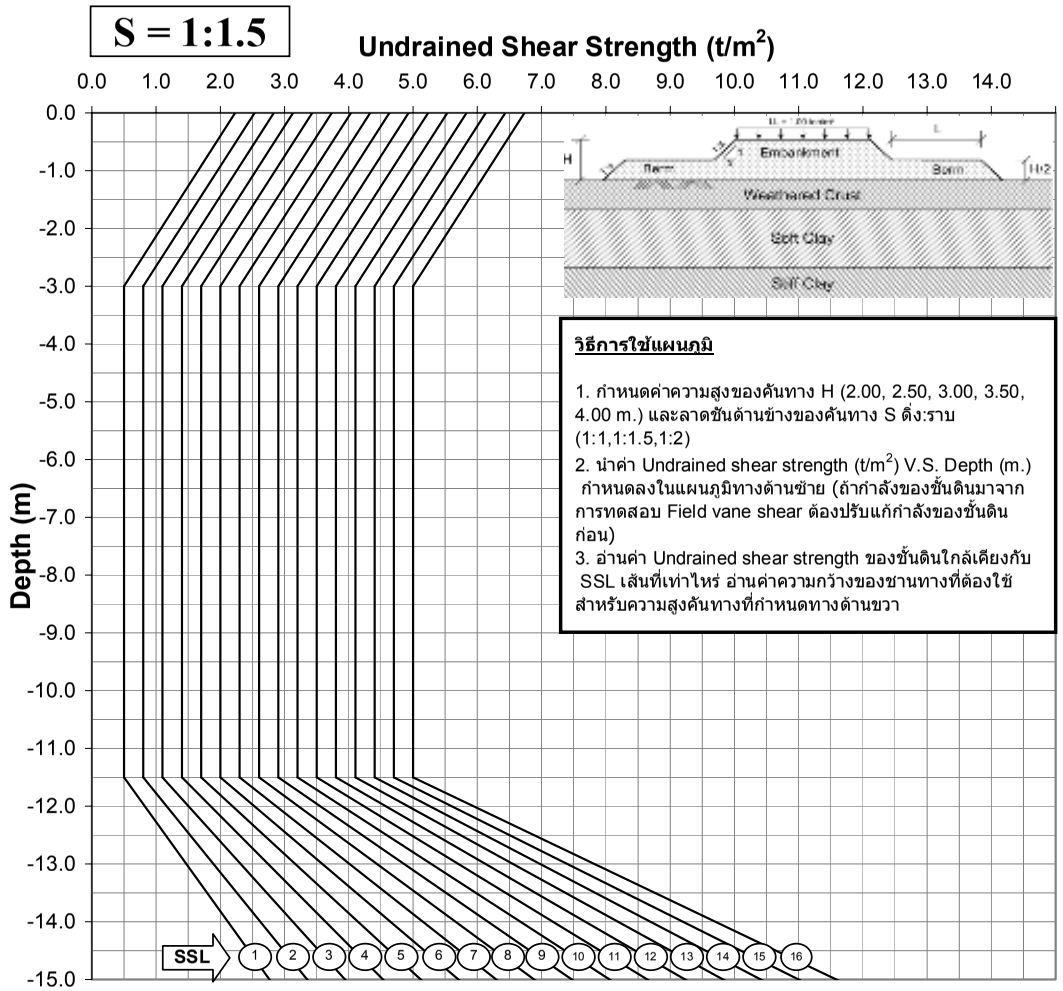
F.S. = 1.80 - 2.00

F.S. = 1.60 - 2.00

F.S. = 1.60 - 1.80

F.S. = 1.60

ภาพที่ 11 แผนภูมิออกแบบชานทางบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ กรณีชั้นดิน Pattern B ลาดชันด้านข้าง 1: 1



วิธีการใช้แผนภูมิ

1. กำหนดค่าความสูงของคันทาง H (2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00 m.) และลาดชันด้านข้างของคันทาง S ดิ่ง:ราบ (1:1,1:1.5,1:2)
2. นำค่า Undrained shear strength (t/m^2) V.S. Depth (m.) กำหนดลงในแผนภูมิทางด้านซ้าย (ถ้ากำลังของชั้นดินมาจากการทดสอบ Field vane shear ต้องปรับแก้กำลังของชั้นดินก่อน)
3. อ่านค่า Undrained shear strength ของชั้นดินใกล้เคียงกับ SSL เส้นที่เท่าไหร่ อ่านค่าความกว้างของชานทางที่ต้องใช้สำหรับความสูงคันทางที่กำหนดทางด้านขวา

Berm Width (L), m.

SSL	Height of Embankment (H), m.				
	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
1	▼	▼	▼	▼	▼
2	30.00-35.30	▼	▼	▼	▼
3	10.00-26.35	24.05-34.35	30.90-36.60	37.10	▼
4	9.35	5.70-23.55	19.55-30.60	26.05-36.90	31.40-37.25
5	Δ	8.70	1.65-21.60	14.80-27.80	22.45-33.25
6	Δ	Δ	8.25	10.65-20.00	10.70-25.60
7	Δ	Δ	Δ	7.90	8.90-18.45
8	Δ	Δ	Δ	Δ	7.55
9	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
10	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
11	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
12	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
13	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
14	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
15	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
16	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

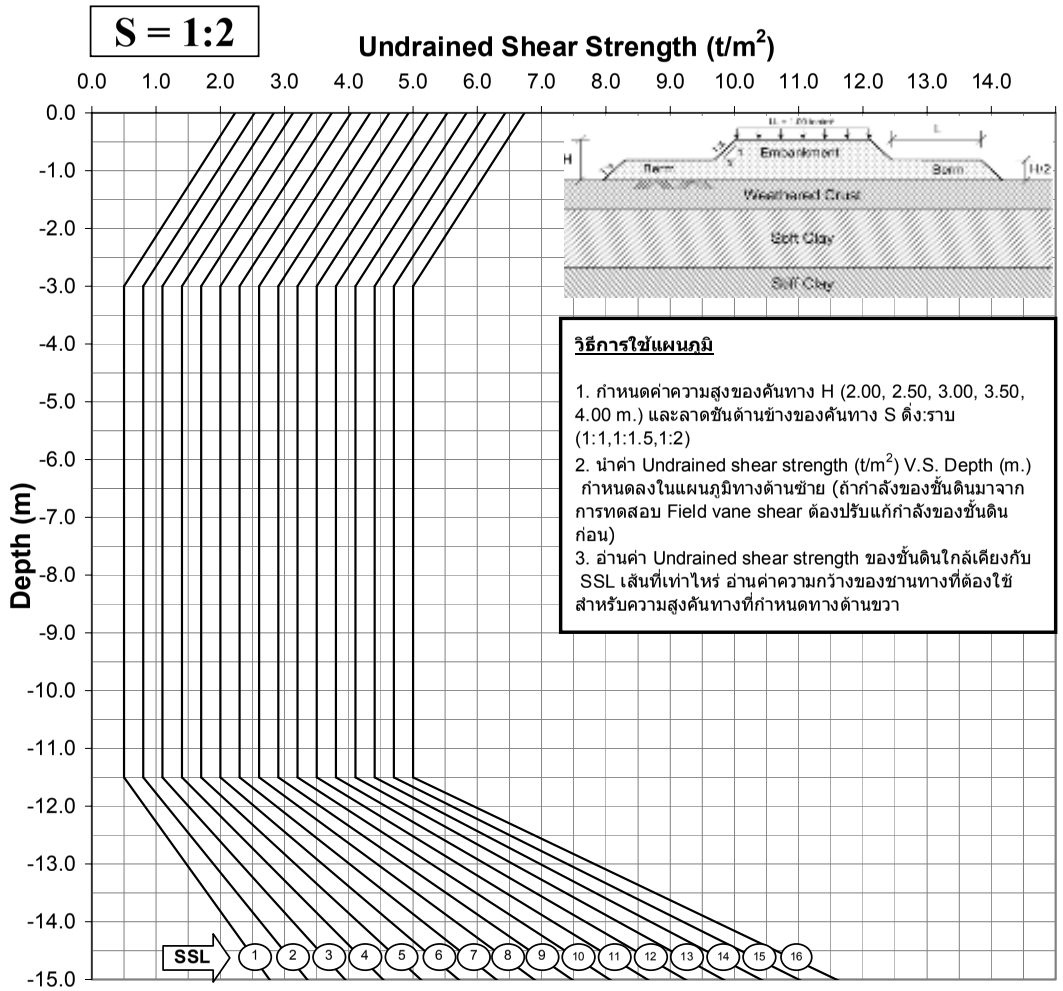
หมายเหตุ : ▼ แสดงถึงว่าชานทางไม่สามารถช่วยให้คันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอ

Δ แสดงถึงว่าคันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอไม่จำเป็นต้องใช้ชานทาง

SSL " **S**oil **S**trength **L**ine "

F.S. = 2.00
F.S. = 1.80 - 2.00
F.S. = 1.60 - 2.00
F.S. = 1.60 - 1.80
F.S. = 1.60

ภาพที่ 12 แผนภูมิออกแบบชานทางบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ กรณีชั้นดิน Pattern B ลาดชันด้านข้าง 1: 1.5



วิธีการใช้แผนภูมิ

1. กำหนดค่าความสูงของคันทาง H (2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00 m.) และลาดชันด้านข้างของคันทาง S ดิ่ง:ราบ (1:1,1:1.5,1:2)
2. นำค่า Undrained shear strength (t/m^2) V.S. Depth (m.) กำหนดลงในแผนภูมิทางด้านซ้าย (ถ้ากำลังของชั้นดินมาจากการทดสอบ Field vane shear ต้องปรับแก้กำลังของชั้นดินก่อน)
3. อ่านค่า Undrained shear strength ของชั้นดินใกล้เคียงกับ SSL เส้นที่เท่าไหร่ อ่านค่าความกว้างของชานทางที่ต้องใช้สำหรับความสูงคันทางที่กำหนดทางด้านขวา

Berm Width (L), m.

SSL	Height of Embankment (H), m.				
	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
1	▼	▼	▼	▼	▼
2	29.40-34.80	▼	▼	▼	▼
3	9.50-25.80	23.50-33.75	30.10-35.85	36.30	▼
4	8.85	5.05-22.90	18.85-29.85	25.05-36.05	30.45-36.30
5	Δ	8.10	0.75-20.90	14.35-26.90	21.40-32.30
6	Δ	Δ	7.60	10.10-19.05	10.00-24.50
7	Δ	Δ	Δ	7.20	8.10-17.40
8	Δ	Δ	Δ	Δ	6.70
9	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
10	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
11	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
12	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
13	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
14	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
15	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
16	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

หมายเหตุ : ▼ แสดงถึงว่าชานทางไม่สามารถช่วยให้คันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอ

Δ แสดงถึงว่าคันทางนี้มีเสถียรภาพเพียงพอไม่จำเป็นต้องใช้ชานทาง

SSL " **S**oil **S**trength **L**ine "

F.S. = 2.00
F.S. = 1.80 - 2.00
F.S. = 1.60 - 2.00
F.S. = 1.60 - 1.80
F.S. = 1.60

ภาพที่ 13 แผนภูมิออกแบบชานทางบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ กรณีชั้นดิน Pattern B ลาดชันด้านข้าง 1: 2

สรุป

1. จากข้อมูลชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ สามารถแบ่งรูปแบบของกำลังรับแรงเฉือนเทียบกับความลึก ได้เป็น 2 รูปแบบคือ Pattern A กับ Pattern B

2. ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเสริมชานทางบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ สามารถสรุปออกมาเป็นแผนภูมิสำหรับการออกแบบ 6 แผนภูมิโดยแบ่งตามรูปแบบของกำลังรับแรงเฉือนของดินฐานราก 2 แบบ (Pattern A กับ Pattern B) กับแบ่งตามความลาดชันด้านข้าง 3 แบบ (1:1, 1:1.5, 1:2) โดยใช้ค่า F.S. แนะนำในช่วงระหว่าง 1.60 ถึง 2.00

3. จากผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางก่อสร้างบนชั้นดินอ่อนมาก ๆ ชานทางจะไม่สามารถช่วยเสริมเสถียรภาพได้ดีพอ กล่าวคือถมชานทางเสริมไปยาวเท่าไหร่ค่า F.S. ก็มีค่าไม่ถึง 1.80 ทำให้วิธีการเสริมชานทางไม่เหมาะสมสำหรับดินอ่อนมาก ควรให้วิธีการแบบอื่นมาช่วยเพิ่มเสถียรภาพให้คันทางให้มีความสูงได้เพียงพอกับความต้องการ

เอกสารอ้างอิง

ปณุฑ สุวรรณวิวัฒนา. 2545. ลักษณะชั้นดินกรุงเทพฯ โดยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ GRASS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มณฑา ตันติพรหมินทร์. 2546. แผนภูมิสำหรับการออกแบบความสูงคันทางบนชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิชาญ ภู่พัฒน์. 2545. โครงการศึกษาเพื่อสร้างองค์ความรู้ทฤษฎีขอบเขตความสูงสำหรับการออกแบบคันทางบนชั้นดินเหนียวอ่อน. เอกสารประกอบการสอนวิชาฐานรากบนดินอ่อน. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อัฐสิทธิ์ ศิริวชิราภรณ์. 2544. การพัฒนาแผนภูมิเพื่อการออกแบบชานทาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

SWEROAD. 1992. Design and Construction of Road Embankment on Soft Clay. Stockholm, Sweden.