คู่มือการใช้โปรแกรม

KUslope 2026

โปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน 2 มิติ
ด้วยวิธีสมดุลจำกัด (Limit Equilibrium Method)

Ordinary · Bishop · Janbu · Spencer · Morgenstern-Price

รุ่นโปรแกรม 4.0.0-beta9

พฤศจิกายน 2569

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

1 บทนำ 1

1.1 KUslope 2026 คืออะไร 1
1.2 งานที่ใช้ได้ 1
1.3 วิธีวิเคราะห์ 1
1.4 ความแม่นยำเทียบ Slope/W 2
1.5 ข้อจำกัดของโปรแกรม 2
1.6 หน่วย ระบบพิกัด และทิศการวิเคราะห์ 2
1.7 ขั้นตอนการทำงานโดยย่อ 2

2 การติดตั้งและเริ่มใช้งาน 4

2.1 ความต้องการของเครื่อง 4
2.2 ติดตั้ง ติดตั้งทับรุ่นเดิม และถอดการติดตั้ง 4
2.3 ตรวจรุ่นที่ใช้ 4
2.4 ชนิดไฟล์ของโปรแกรม 5
2.5 เริ่มงานแรกใน 10 นาที 5
2.6 Preferences 5

3 หน้าจอหลักและการควบคุมทั่วไป 6

3.1 ส่วนประกอบของหน้าต่าง 6
3.2 แถบขั้นตอน 8 ขั้น 6
3.3 การซูม เลื่อนภาพ และ Zoom extent 7
3.4 GRID, SNAP, OSNAP และ ORTHO 7
3.5 การเลือกวัตถุและ Esc 7
3.6 Undo / Redo และการบันทึกไฟล์ 8
3.7 Show และ Axes and labels 8
3.8 ตารางคีย์ลัด 9

4 การสร้างหน้าตัด 10

4.1 ภาพรวม: 5 ทางในการสร้างหน้าตัด 10
4.2 วาดบน canvas 10
4.3 New from Template 11
4.4 New from dimensions 15
4.5 New from AI description 16
4.6 นำเข้าจากไฟล์ 17
4.7 ตรวจหน้าตัดก่อนวิเคราะห์ 18

5 วัสดุดิน 19

5.1 สร้างและแก้วัสดุ 19
5.2 แบบจำลองกำลังของดิน 19
5.3 กำหนดวัสดุให้ region 19
5.4 คลังวัสดุ .kslib และ preset 20
5.5 สีวัสดุและชุดสีดิน 20
5.6 ข้อแนะนำการเลือกค่าดิน 20

6 น้ำใต้ดินและแรงดันน้ำ 21

6.1 ตัวเลือก Pore pressure 21
6.2 เส้นน้ำและ Unit weight of water 21
6.3 น้ำท่วมผิวดิน 22
6.4 Generate water line 22
6.5 การลดระดับน้ำเร็ว (Rapid drawdown, RDD) 23
6.6 รอยแตกดึง (Tension crack) 23

7 แรงภายนอกและแรงแผ่นดินไหว 25

7.1 น้ำหนักบรรทุกแบบแถบ (Live loads) 25
7.2 แรงแผ่นดินไหวแบบ pseudo-static 25
7.3 การเลือกค่า kh 26
7.4 ตัวอย่าง 26

8 วัสดุเสริมกำลัง 27

8.1 ชนิดของวัสดุเสริมกำลัง 27
8.2 วางและแก้ตำแหน่ง 27
8.3 วิธีคิดกำลัง (Capacity) 28
8.4 Shear reduction factor และ F.S. dependent 29
8.5 ข้อควรระวัง 29

9 ผิวพิบัติและการค้นหาผิววิกฤต 30

9.1 ผิววงกลมและผิว non-circular 30
9.2 Grid Search 30
9.3 Entry-Exit Search 31
9.4 Block Search 32
9.5 Specified circle และ Polyline 33
9.6 ขอบเขตและตัวกรองผิว 33
9.7 ตัวเลือกเสริม 33
9.8 เลือกวิธีค้นและตรวจขอบเขต 33

10 การวิเคราะห์และหลาย case 34

10.1 Analysis case คืออะไร 34
10.2 สร้าง คัดลอก เปลี่ยนชื่อ และลบ case 34
10.3 ค่าต่อ case และค่าต่อ project 34
10.4 ค่าตั้งการคำนวณ (ขั้น Analysis) 35
10.5 คำนวณ (F5) 35
10.6 แผง Cases 35
10.7 Compare cases 35
10.8 คำเตือนหลังคำนวณ 36

11 ผลการวิเคราะห์ 37

11.1 ค่า F.S. ของทุกวิธี 37
11.2 แท็บ Cross Section 37
11.3 แท็บ F.S. vs Lambda 38
11.4 แท็บ Base Stresses 39
11.5 แท็บ Along Slip Surface 39
11.6 ผลวิกฤต, Slice forces และ Computation table 39
11.7 Full log 40
11.8 อ่านผลให้ถูก 41

12 รายงาน PDF และการส่งออกรูป 42

12.1 ส่วนประกอบของรายงาน PDF 42
12.2 Report contents 43
12.3 รายงานหลาย case 44
12.4 Copy picture และ Export picture 44
12.5 ใช้ผลในรายการคำนวณ 45

13 แลกเปลี่ยนไฟล์กับ GeoStudio SLOPE/W 46
13.1 นำเข้าไฟล์ .gsz 46
13.2 สิ่งที่นำเข้าไม่ได้ 46
13.3 ส่งออกเป็น GeoStudio 2012 47
13.4 เทียบผลกับ Slope/W 47
14 ตัวอย่างการใช้งานตามประเภทงาน 48
14.1 คันทางบนดินอ่อน 48
14.2 งานขุดและกำแพงเข็ม 48
14.3 กำแพงกันดิน cantilever 48
14.4 ตลิ่งแม่น้ำเสริมเข็ม 48
14.5 เขื่อนดิน zoned core 49
14.6 ลาดดินเสริม soil nail หรือ anchor 49
14.7 ลาดธรรมชาติจากภาพร่าง 49
ก ทฤษฎีโดยย่อ 50
ข ผลเทียบกับ Slope/W 54
ค รูปแบบไฟล์ .kmd.json 55
ง ค่าดิน preset 56
จ ปัญหาที่พบบ่อย 57
ฉ อธิบายคำศัพท์ 58
ช เอกสารอ้างอิง 59
ซ ประวัติรุ่น 60

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1	หน้าต่างหลักหลังคำนวณ: แถบขั้นตอนทางซ้าย หน้าตัดพร้อม contour และป้าย F.S. ตรงกลาง แผง Cases ทางขวา (Road embankment, M-P 2.124)	3
รูปที่ 2-1	(ก) Help › About แสดงรุ่นและ build (ข) หน้าต่าง Preferences (ค่าเริ่มต้น)	4
รูปที่ 3-1	หน้า Show เลือกสิ่งที่วาดบนหน้าตัด (View › Axes and labels เปิดหน้านี้ที่กล่อง Axes)	8
รูปที่ 4-1	ขั้น Geometry: ตาราง Points และ Regions และหน้าต่าง Move / Offset ขณะเลือก region 1 (สีแดงบนหน้าตัด)	11
รูปที่ 4-2	New from Template หน้าเลือกแบบ 11 แบบ	12
รูปที่ 4-3	หน้าใส่ค่า Earth dam (zoned, central core): ช่องที่กำลังแก้และป้ายในรูปเป็นสีส้ม	13
รูปที่ 4-4	หน้าใส่ค่า (ก) River bank (piles A-B) (ข) River bank (gabion on piles)	15
รูปที่ 4-5	New from dimensions กรอกตามภาพร่าง (ผิวดิน 3 ช่วง ชั้นดิน 3 ชั้น น้ำหนักบรรทุก 10 kPa)	16
รูปที่ 4-6	New from AI description: หน้าตรวจรูป ค่าดิน case และสมมติฐานก่อน Import	17
รูปที่ 4-7	Background image: หน้า Calibration ที่กำหนดจุดอ้างอิง 2 จุด	18
รูปที่ 5-1	ขั้น Materials เมื่อเปิดรายการ Preset	20
รูปที่ 6-1	ขั้น Water and crack: Condition = Water table กับตลิ่ง riprap	22
รูปที่ 6-2	Generate water line แบบ RDD: (ก) หน้าต่าง Generate water line (ข) หน้าตัดตลิ่งหลัง Generate (เส้นน้ำประ)	23
รูปที่ 6-3	เส้นน้ำกรณีลดระดับน้ำเร็ว (RDD) ที่ Generate water line สร้าง: HWL ในตลิ่ง ต่ำกว่าผิวลาด d บนลาด และ LWL ที่แม่น้ำ	23
รูปที่ 6-4	งานขุดที่มีเส้นรอยแตก (Tension crack line) น้ำเต็มรอยแตก หลังคำนวณ (M-P 1.964)	24
รูปที่ 7-1	ขั้น Loads and seismic: live load 1 แถบ และ kh = 0.1	25
รูปที่ 8-1	หน้าต่าง Reinforcement: Pile กับ Capacity = Ito-Matsui	28
รูปที่ 8-2	แปลนแถวเข็ม: ระยะศูนย์ถึงศูนย์ D1 และช่องว่าง D2 ที่ใช้ใน Ito-Matsui	29
รูปที่ 9-1	ขั้น Slip surface แบบ Grid Search: กรอบ grid และเส้น Min / Max depth Y บนหน้าตัด	31
รูปที่ 9-2	ผลการค้นหา: (ก) Entry-Exit Search (M-P 2.498) (ข) Block Search ได้ผิว polyline วิกฤต (M-P 2.390)	32
รูปที่ 10-1	เขื่อนดิน 2 case ทิศวิเคราะห์ตรงข้าม แสดงพร้อมกันด้วย Show all ticked cases on the section	36
รูปที่ 11-1	ผลบนแท็บ Cross Section: ผิววิกฤต มวลดินที่ไถล ป้าย F.S. และ contour	38
รูปที่ 11-2	แท็บผล: (ก) F.S. vs Lambda (ข) Base Stresses (ค) Along Slip Surface	39
รูปที่ 11-3	(ก) Slice forces: Free Body Diagram and Force Polygon (ข) Computation table แบบ Simplified Bishop	40
รูปที่ 11-4	หน้าต่าง Full log	41
รูปที่ 12-1	หน้าแรกของรายงาน PDF: หัวรายงานพร้อม build รูปหน้าตัด ค่าดิน และค่าตั้งการคำนวณ	43
รูปที่ 12-2	หน้าต่าง Report contents	44
รูปที่ 13-1	Import notes หลังนำเข้าไฟล์ GeoStudio	46
รูปที่ ก-1	แรงที่กระทำต่อ slice หนึ่งแผ่น: น้ำหนัก W, แรงแผ่นดินไหว khW, แรงระหว่าง slice E และ X, แรงตั้งฉาก N และแรงเฉือน Sm ที่ฐาน	52

บทที่ 1

บทนำ

01

คู่มือนี้อธิบายการใช้ KUslope 2026 รุ่น 4.0.0-beta9 ตั้งแต่ติดตั้ง สร้างหน้าตัด ใส่ค่าดิน น้ำ แรง และการเสริมกำลัง ค้นหาผิวพิบัติ จนถึงอ่านผลและออกรายงาน PDF

1.1 KUslope 2026 คืออะไร 1
1.2 งานที่ใช้ได้ 1
1.3 วิธีวิเคราะห์ 1
1.4 ความแม่นยำเทียบ Slope/W 2
1.5 ข้อจำกัดของโปรแกรม 2
1.6 หน่วย ระบบพิกัด และทิศการวิเคราะห์ 2
1.7 ขั้นตอนการทำงานโดยย่อ 2

1.1 KUslope 2026 คืออะไร

KUslope 2026 เป็นโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน 2 มิติ ด้วยวิธีสมดุลจำกัด (Limit Equilibrium Method, LEM) บนระบบปฏิบัติการ Windows เป็น KUslope รุ่นที่ 4 ต่อจาก KUslope 2.0 และ 2.1 ที่เขียนด้วย Delphi โดยรุ่นนี้เขียนใหม่ทั้งหมดด้วย C++ และ Qt6 และใช้ Slope/W ของ GeoStudio เป็นตัวเทียบความถูกต้อง

ผลหลักที่โปรแกรมให้คือค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety, F.S.) ของผิวพิบัติวิกฤต คือผิวที่ให้ F.S. ต่ำที่สุดในขอบเขตที่ค้นหา พร้อมรูปหน้าตัด ตารางรายละเอียด และรายงาน PDF สำหรับแนบรายการคำนวณ

1.2 งานที่ใช้ได้

ตารางที่ 1-1 งานที่ใช้ได้

งาน	ตัวอย่างการใช้
งานขุด	ลาดขุดชั่วคราว บ่อขุด ลาดขุดถาวร
คันดินและถนน	คันทางบนดินอ่อน คันดินถม งานถมแบบขั้น
กำแพงกันดิน	เสถียรภาพโดยรวมของกำแพง cantilever และ piling wall
ตลิ่ง	ตลิ่งหิน riprap ตลิ่งเสริมเข็ม deck บนเข็ม gabion บนเข็ม กรณีน้ำลดเร็ว
เขื่อนดิน	เขื่อนดินเนื้อเดียว และเขื่อนแบบมีแกนกลาง (zoned core)
ลาดธรรมชาติ	ลาดเขา ลาดที่มีชั้นดินหลายชั้นและน้ำใต้ดิน

1.3 วิธีวิเคราะห์

ทุกครั้งที่คำนวณ โปรแกรมคิด 5 วิธีพร้อมกัน และแสดงผลทุกวิธีในตารางผล

ตารางที่ 1-2 วิธีวิเคราะห์

วิธี	สมดุลที่ใช้	ผิวที่ใช้ได้
Ordinary (Fellenius)	โมเมนต์	วงกลม
Bishop simplified	โมเมนต์	วงกลม
Janbu simplified	แรง	วงกลมและ polyline
Spencer	โมเมนต์และแรง	วงกลมและ polyline
Morgenstern-Price (M-P)	โมเมนต์และแรง	วงกลมและ polyline

> **หมายเหตุ**
> ค่าที่รายงานเป็นค่าหลักคือ Morgenstern-Price ถ้า M-P หาคำตอบไม่ได้ โปรแกรมใช้ Spencer และบอกไว้ใต้ค่า F.S. เสมอ

1.4 ความแม่นยำเทียบ Slope/W

บนผิวพิบัติเดียวกัน ค่า F.S. ของ KUslope 2026 ต่างจาก Slope/W เฉลี่ยราว 0.05% จากการเทียบไฟล์ Slope/W 24 ไฟล์ (124 ค่า) และ 122 ค่าในจำนวนนั้นต่างไม่เกิน 0.1%

เมื่อแต่ละโปรแกรมค้นหาผิววิกฤตเอง ค่าอาจต่างกันมากกว่านี้ เพราะขอบเขตการค้นหาต่างกัน ส่วนใหญ่ KUslope 2026 ได้ค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า Slope/W ซึ่งเป็นฝั่งปลอดภัย รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข

1.5 ข้อจำกัดของโปรแกรม

- เป็นการวิเคราะห์สมดุลจำกัด 2 มิติ ไม่มีไฟไนต์เอลิเมนต์ การไหลซึม (seepage) หรือการเสียรูป แรงดันน้ำกำหนดด้วยเส้นน้ำหรือค่า ru
- แบบจำลองกำลังของดินมี Mohr-Coulomb และ undrained ($\varphi = 0$) เท่านั้น
- รายงาน PDF ยังไม่มีกราฟ F.S. vs Lambda
- การส่งออกเป็นไฟล์ GeoStudio ยังเป็นระยะแรก (ดูบทที่ 13)
- New from dimensions ยังสร้างชั้นดินเอียงไม่ได้

1.6 หน่วย ระบบพิกัด และทิศการวิเคราะห์

- หน่วย SI: ความยาว m, แรง kN, หน่วยแรง kPa, หน่วยน้ำหนัก kN/m³, มุมเป็นองศา
- ทุกค่าคิดต่อความยาว 1 m ตั้งฉากกับหน้าตัด
- แกน x เป็นแนวราบ แกน y เป็นระดับ (ค่าบวกขึ้นบน) ใช้ระดับจริงของงานได้ เช่น +2.50 m รทก.
- ทิศการวิเคราะห์ค่าเริ่มต้นคือ Left -> Right คือสันลาดอยู่ทางซ้าย ตีนลาดอยู่ทางขวา ถ้าวาดกลับด้านให้เลือก Right -> Left (ดูหัวข้อ 10.4)
- ค่า kv เป็นบวกเมื่อชี้ลง

1.7 ขั้นตอนการทำงานโดยย่อ

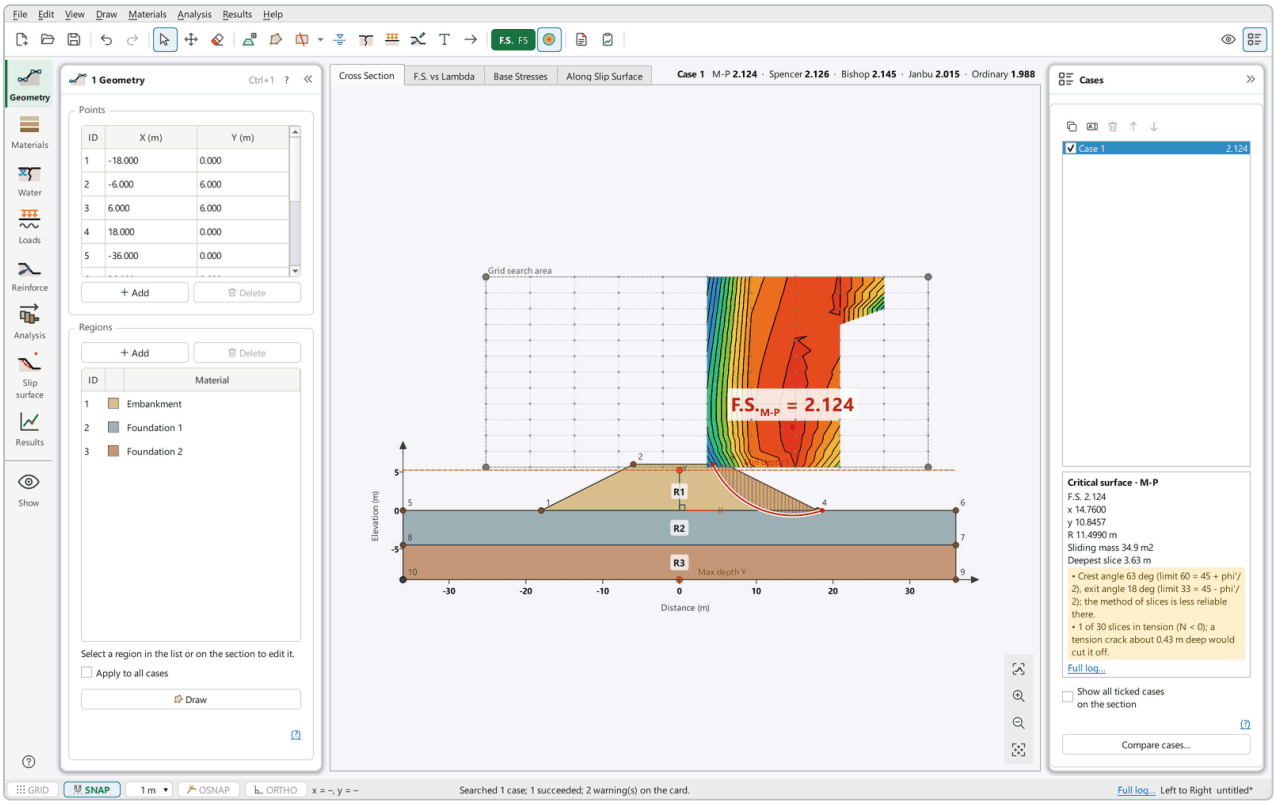
แถบขั้นตอนด้านซ้ายของหน้าต่างเรียงงานตามลำดับที่ควรทำ กด `Ctrl` + `1` ถึง `Ctrl` + `8` เพื่อไปยังแต่ละขั้น

1 **Geometry** — จุด region และวัสดุของแต่ละ region	`Ctrl` + `1`	2 **Materials** — ค่าดินในคลังวัสดุ	`Ctrl` + `2`
3 **Water** — แรงดันน้ำและรอยแตกดึง	`Ctrl` + `3`	4 **Loads** — น้ำหนักบรรทุกและแผ่นดินไหว	`Ctrl` + `4`
5 **Reinforce** — วัสดุเสริมกำลัง	`Ctrl` + `5`	6 **Analysis** — ทิศวิเคราะห์ จำนวน slice และรูปร่างผิว	`Ctrl` + `6`

7 Slip surface `Ctrl` + `7`
วิธีค้นหา ขอบเขต และตัวกรอง

8 Results `Ctrl` + `8`
contour, ตารางคำนวณ และการแสดงผล

> **คำนวณ**
> เมื่อใส่ค่าครบ กดปุ่ม **F.S.** ใต้แถบขั้นตอน หรือกด `F5` เพื่อค้นหาผิววิกฤตและคำนวณ



รูปที่ 1-1 หน้าต่างหลักหลังคำนวณ: แถบขั้นตอนทางซ้าย หน้าตัดพร้อม contour และป้าย F.S. ตรงกลาง แผง Cases ทางขวา (Road embankment, M-P 2.124)

บทที่ 2

การติดตั้งและเริ่มใช้งาน

02

2.1 ความต้องการของเครื่อง 4
2.2 ติดตั้ง ติดตั้งทับรุ่นเดิม และถอดการติดตั้ง 4
2.3 ตรวจรุ่นที่ใช้ 4
2.4 ชนิดไฟล์ของโปรแกรม 5
2.5 เริ่มงานแรกใน 10 นาที 5
2.6 Preferences 5

2.1 ความต้องการของเครื่อง

- Windows 10 หรือ 11 แบบ 64 บิต
- พื้นที่ว่างราว 100 MB
- จอตั้งแต่ 1366 × 768 ขึ้นไป หน้าต่างทุกหน้าต่างผ่านการทดสอบที่จอ 1366 × 768 ถึง 2560 × 1600 ที่การย่อขยายของ Windows 100–150%
- เมาส์ที่มีล้อเลื่อน ใช้ซูมหน้าตัด

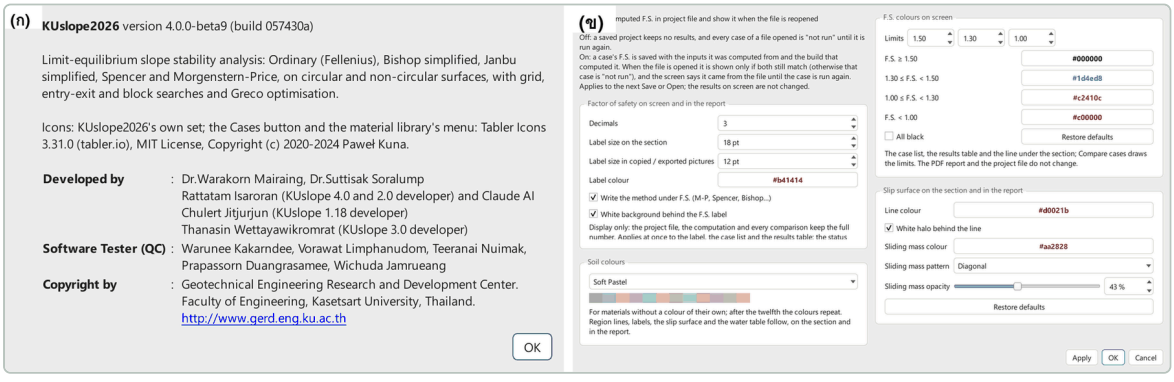
2.2 ติดตั้ง ติดตั้งทับรุ่นเดิม และถอดการติดตั้ง

1. ดับเบิลคลิกไฟล์ KUslope2026-4.0.0-beta9-setup.exe
2. ถ้า Windows SmartScreen เตือน ให้กด More info แล้ว Run anyway เพราะตัวติดตั้งรุ่นทดสอบยังไม่มีลายเซ็นดิจิทัล
3. กด Yes ที่หน้าต่าง User Account Control เพราะโปรแกรมติดตั้งให้ทุกบัญชีผู้ใช้ในเครื่อง
4. ทำตามขั้นตอนของตัวติดตั้ง แล้วเปิดโปรแกรมจากเมนู Start

ติดตั้งรุ่นใหม่ทับรุ่นเดิมได้เลย ไม่ต้องถอดก่อน ไฟล์ project และค่าตั้งใน Preferences ยังอยู่ครบ ถ้าต้องการถอด ใช้ **Settings** › **Apps** ของ Windows แล้วเลือก KUslope2026

2.3 ตรวจรุ่นที่ใช้

เปิด **Help** › **About KUslope2026** จะเห็นข้อความแบบ "version 4.0.0-beta9 (build 057430a)" ตัวเลขในวงเล็บคือรหัส build ที่บอกว่าโปรแกรมสร้างจากโค้ดชุดใด รหัสเดียวกันนี้พิมพ์อยู่บนหัวรายงาน PDF ทุกหน้า จึงตรวจย้อนได้ว่ารายการคำนวณฉบับใดทำด้วยโปรแกรมรุ่นไหน



รูปที่ 2-1 (ก) Help › About แสดงรุ่นและ build (ข) หน้าต่าง Preferences (ค่าเริ่มต้น)

2.4 ชนิดไฟล์ของโปรแกรม

ตารางที่ 2-1 ชนิดไฟล์ของโปรแกรม

นามสกุล	คืออะไร	เปิด / บันทึกจาก
.kslp	ไฟล์ project: หน้าตัด วัสดุ และทุก analysis case	File › Open / Save
.kslib	คลังวัสดุแยกจาก project ใช้ซ้ำข้ามงาน	หน้า Materials › เมนู "..."
.kmd.json	คำบรรยายโมเดลที่ AI เขียน	File › New from AI description
.gsz	ไฟล์ GeoStudio 2012 / 2018 / 2023	File › Import / Export
.ksd	ไฟล์ KUslope 2.0	File › Import
.dxf	แบบ CAD สำหรับหน้าตัดหรือเส้นแบ่ง region	File › Import, Draw › Split region by DXF line
.pdf	รายงานผล	File › Print / export report

โปรแกรมจำโฟลเดอร์ที่ใช้ล่าสุดของ Open, Save และการนำเข้าแต่ละชนิดแยกกัน ครั้งต่อไปหน้าต่างเลือกไฟล์จะเปิดที่โฟลเดอร์เดิม

2.5 เริ่มงานแรกใน 10 นาที

ตัวอย่างนี้สร้างคันทางจาก template แล้วหา F.S. โดยไม่ต้องวาดเอง

1. File › New from Template แล้วคลิกรูป Road embankment กด Next
2. ใส่ความสูงคันทาง ความกว้างถนน ความชันลาด และน้ำหนักรถ รูปด้านขวาเปลี่ยนตามค่าทันที กด Generate
3. ไปที่ขั้น Materials (`Ctrl` + `2`) แก้ค่า γ, c, φ ให้ตรงกับผลเจาะสำรวจ
4. กด `F5` รอการคันหาเสร็จ หน้าตัดจะแสดงผิววิกฤต ป้าย F.S. และ contour
5. File › Save project แล้ว File › Print / export report (PDF) เพื่อออกรายงาน

2.6 Preferences

เปิดจาก File › Preferences ค่าในหน้านี้เป็นของเครื่อง ไม่ได้เก็บในไฟล์ project และไม่เปลี่ยนผลการคำนวณ

ตารางที่ 2-2 Preferences

กลุ่ม	ค่าที่ตั้งได้
Factor of safety on screen and in the report	จำนวนทศนิยม, สีของ F.S. ตามช่วง (เช่น F.S. ≥ 1.50, < 1.00) หรือ All black, สีและขนาดป้าย F.S., White background behind the F.S. label, เขียนชื่อวิธีใต้ F.S.
Slip surface on the section and in the report	สีเส้นผิวพิบัติ, White halo behind the line, สี ความทึบ และลาย hatch ของมวลดินที่ไถล
Soil colours	ชุดสีสำหรับวัสดุที่ไม่ได้กำหนดสีเอง
ผลในไฟล์	Save computed F.S. in project file and show it when the file is reopened

กด Restore defaults เพื่อกลับค่าเริ่มต้น ส่วนขนาดตัวอักษรบนแกนอยู่ที่ View › Axes and labels (หัวข้อ 3.7)

บทที่ 3

หน้าจอหลักและการควบคุมทั่วไป

03

3.1 ส่วนประกอบของหน้าต่าง 6
3.2 แถบขั้นตอน 8 ขั้น 6
3.3 การซูม เลื่อนภาพ และ Zoom extent 7
3.4 GRID, SNAP, OSNAP และ ORTHO 7
3.5 การเลือกวัตถุและ Esc 7
3.6 Undo / Redo และการบันทึกไฟล์ 8
3.7 Show และ Axes and labels 8
3.8 ตารางคีย์ลัด 9

3.1 ส่วนประกอบของหน้าต่าง

หน้าต่างหลักมี 6 ส่วน เรียงจากบนลงล่างและซ้ายไปขวา

ตารางที่ 3-1 ส่วนประกอบของหน้าต่าง

ส่วน	หน้าที่
เมนู	File, Edit, View, Draw, Materials, Analysis, Results, Help
Toolbar	ปุ่มที่ใช้บ่อย 6 กลุ่ม (ดูด้านล่าง) และ Show / Cases ที่ขอบขวา
แถบขั้นตอน	ไอคอน 8 ขั้นทางซ้าย ปุ่ม Show ปุ่ม (?) เปิด User guide และปุ่ม F.S.
แผงค่า	หน้าใส่ค่าของขั้นที่เลือก คลิกขั้นเดิมซ้ำเพื่อพับแผง
Canvas	พื้นที่วาดหน้าตัด และแท็บผล Cross Section, F.S. vs Lambda, Base Stresses, Along Slip Surface
แผง Cases และแถบสถานะ	รายการ analysis case, พิกัดเมาส์, ปุ่ม GRID / SNAP / OSNAP / ORTHO และข้อความสถานะล่าสุด

Toolbar แบ่งเป็น 6 กลุ่ม: File (New, Open, Save) | Undo, Redo | Edit (Move Object, Delete Object, Move / Offset) | Draw (New from Template สีเขียวเข้ม แล้ว Region, Split, Water table, Tension crack, Live load, Reinforcement, Text, Arrow) | ปุ่ม **F.S.** F5 และ Contour | Output (Report, Copy picture)

ส่วนประกอบทั้งหมดดูได้ในรูปที่ 1-1

3.2 แถบขั้นตอน 8 ขั้น

คลิกไอคอนเพื่อเปิดหน้าใส่ค่าของขั้นนั้น ชี้ค้างเพื่อดูชื่อเต็มและคีย์ลัด คลิกขั้นที่เปิดอยู่ซ้ำเพื่อพับแผงให้ canvas กว้างขึ้น คลิกอีกครั้งเพื่อเปิดกลับ

ตารางที่ 3-2 แถบขั้นตอน 8 ขั้น

ขั้น	ชื่อเต็ม	ใส่อะไร	บทที่
1	Geometry	ตาราง Points และ Regions วัสดุของแต่ละ region	4
2	Materials	คลังวัสดุ γ, c, φ	5
3	Water and crack	Pore pressure เส้นน้ำ รอยแตกดึง	6
4	Loads and seismic	Live loads, kh, kv	7
5	Reinforcement	Anchor, Pile, Sheet	8
6	Analysis	ทิศวิเคราะห์ Slices รูปร่างผิว Moment axis	10
7	Slip surface	วิธีค้นหา grid ขอบเขต ตัวกรอง	9
8	Results	Contour, Computation table, slice diagram	11

3.3 การซูม เลื่อนภาพ และ Zoom extent

- หมุนล้อเมาส์เพื่อซูมเข้าออก โดยจุดใต้เมาส์อยู่ที่เดิม
- กดปุ่มกลางค้างแล้วลากเพื่อเลื่อนภาพ
- `Ctrl` + `+` และ `Ctrl` + `-` ซูมเข้า / ออก
- View › Zoom extent จัดภาพให้เห็นหน้าตัดทั้งหมด

3.4 GRID, SNAP, OSNAP และ ORTHO

ปุ่มช่วยวาด 4 ปุ่มอยู่ที่แถบสถานะ ใช้คล้ายโปรแกรม CAD

ตารางที่ 3-3 GRID, SNAP, OSNAP และ ORTHO

ปุ่ม	คีย์	หน้าที่
GRID	F7	แสดงจุด grid บน canvas (ไม่ออกในรูปส่งออก)
SNAP	F9	ให้จุดที่คลิกตกบน grid ระยะ 0.25, 0.5, 1, 2, 2.5, 5, 10 m หรือพิมพ์เอง ค่าเดียวทั้ง project
OSNAP	F3	ดูดเข้าหาจุดที่มีอยู่แล้ว เพื่อให้ region ที่ติดกันใช้จุดร่วมกัน
ORTHO	F8	บังคับเส้นให้เป็นแนวราบหรือแนวดิ่ง

3.5 การเลือกวัตถุและ Esc

- คลิกจุด region เส้นน้ำ น้ำหนักบรรทุก หรือเสริมกำลังบน canvas เพื่อเลือก แถวของสิ่งนั้นในตารางจะถูกเลือกด้วย
- ลากกรอบคลุม หรือกด Ctrl ค้างแล้วคลิก เพื่อเลือกหลายชิ้น
- ลากจุดหรือเส้นที่เลือกได้ตรงบน canvas
- `Esc` ยกเลิกเครื่องมือวาดที่ค้างอยู่ และซ่อนผลบนหน้าตัดเพื่อให้แก้หน้าตัดได้ง่าย ผลไม่หาย คลิก case ในแผง Cases เพื่อแสดงผลอีกครั้ง

3.6 Undo / Redo และการบันทึกไฟล์

- `Ctrl` + `Z` ย้อนกลับ, `Ctrl` + `Y` ทำซ้ำ แถบสถานะบอกว่าย้อนหรือทำซ้ำอะไร
- `Ctrl` + `S` บันทึก, `Ctrl` + `Shift` + `S` บันทึกเป็นชื่อใหม่
- ถ้ามีการแก้ที่ยังไม่บันทึก ชื่อหน้าต่างมีเครื่องหมาย * และโปรแกรมถามก่อนปิดหรือเปิดไฟล์อื่น

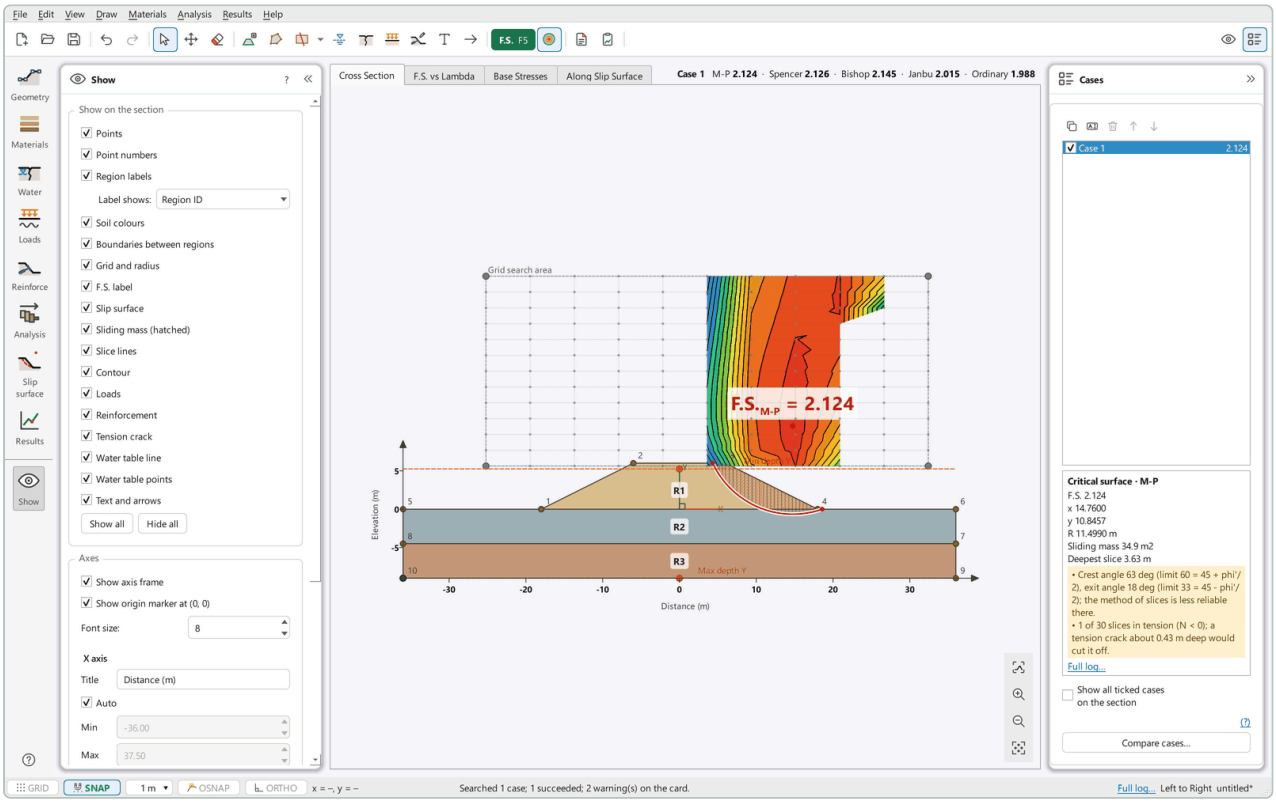
3.7 Show และ Axes and labels

ปุ่ม Show (รูปตา) บนแถบขั้นตอน หรือ View › Show เลือกสิ่งที่วาดบนหน้าตัดทีละกลุ่ม ค่าเหล่านี้มีผลกับรูปในรายงานและรูปส่งออกด้วย แต่ไม่มีผลกับการคำนวณ

- กลุ่มที่เปิดปิดได้: Points, Point numbers, Soil colours, Grid and radius, F.S. label, Slip surface, Sliding mass (hatched), Slice lines, Contour, Loads, Reinforcement, Tension crack, Water table line, Water table points, Text and arrows
- Show all / Hide all เปิดหรือปิดทุกกลุ่มครั้งเดียว

View › Axes and labels ตั้งค่าแกน

- Show axis frame และ Show origin marker เปิดปิดกรอบแกนและเครื่องหมายจุด (0, 0)
- Font size เปลี่ยนขนาดตัวอักษรบนแกน เห็นผลทันที
- แกน x และ y มี Title, Auto, Min, Max, Interval เมื่อเปิด Auto แกนคลุมหน้าตัดเกินไป 10% และเลือกค่าขีดที่เป็นเลขกลม เมื่อปิด Auto แกนใช้ค่าที่พิมพ์ ใช้ทำให้หลายหน้าตัดมีมาตราส่วนเท่ากัน
- ลากจุดตัดของแกนบน canvas ได้ เส้นแกนวาดจากจุดตัดออกไปทางขวาและขึ้นบนเท่านั้น



รูปที่ 3-1 หน้า Show เลือกสิ่งที่วาดบนหน้าตัด (View › Axes and labels เปิดหน้านี้ที่กล่อง Axes)

3.8 ตารางคีย์ลัด

คีย์ตัวอักษรเดียวใช้ได้เมื่อ canvas มี focus เท่านั้น พิมพ์ในช่องค่าหรือตารางจะไม่เริ่มเครื่องมือวาด

ตารางที่ 3-4 ตารางคีย์ลัด

คีย์	ทำอะไร
`F5`	คำนวณ F.S. (ค้นหาผิววิกฤต)
`F1`	User guide
`Ctrl` + `1` … `Ctrl` + `8`	ไปที่ขั้นที่ 1–8
`Ctrl` + `N` / `Ctrl` + `O` / `Ctrl` + `S`	New / Open / Save project
`Ctrl` + `P`	Print / export report (PDF)
`Ctrl` + `C`	Copy picture
`Ctrl` + `Z` / `Ctrl` + `Y`	Undo / Redo
`Ctrl` + `PgUp` / `Ctrl` + `PgDn`	case ก่อนหน้า / ถัดไป
`R`	วาด Region
`W`	วาด Water table
`K`	วาด Tension crack line
`L`	วาด Live load
`A`	เพิ่ม Reinforcement
`T`	วาง Text
`M`	Move / Offset
`F3` / `F7` / `F8` / `F9`	OSNAP / GRID / ORTHO / SNAP
Enter, ดับเบิลคลิก, คลิกขวา	จบการวาด
`Esc`	ยกเลิกการวาด / ซ่อนผลบนหน้าตัด

กด Delete เพื่อลบวัตถุที่เลือกบน canvas (เท่ากับ **Edit › Delete Object**)

บทที่ 4

การสร้างหน้าตัด

04

4.1 ภาพรวม: 5 ทางในการสร้างหน้าตัด 10
4.2 วาดบน canvas 10
4.3 New from Template 11
4.4 New from dimensions 15
4.5 New from AI description 16
4.6 นำเข้าจากไฟล์ 17
4.7 ตรวจหน้าตัดก่อนวิเคราะห์ 18

4.1 ภาพรวม: 5 ทางในการสร้างหน้าตัด

หน้าตัดประกอบด้วยจุด (Point) และ region ที่เป็นรูปปิดล้อมรอบจุดเหล่านั้น แต่ละ region ใช้วัสดุหนึ่งชนิด สร้างได้ 5 ทาง และทุกทางแก้ต่อบน canvas ได้เหมือนกัน

ตารางที่ 4-1 ภาพรวม: 5 ทางในการสร้างหน้าตัด

ทาง	เหมาะกับ
วาดบน canvas	หน้าตัดที่มีพิกัดอยู่แล้ว หรือรูปร่างไม่ตรงแบบมาตรฐาน
New from Template	งานทั่วไป 11 แบบ ใส่มิติไม่กี่ค่าได้หน้าตัดทั้งชุด
New from dimensions	ภาพร่างที่ไม่ได้มาตราส่วน แต่มีมิติบอก
New from AI description	คำบรรยายหรือภาพร่างที่ให้ Claude แปลงเป็นไฟล์ .kmd.json
Import	ไฟล์ที่มีอยู่: GeoStudio, KUslope 2.0, DXF, ภาพพื้นหลัง

4.2 วาดบน canvas

4.2.1 จุดและตาราง Points

- หน้า Geometry มีตาราง Points (ID, x, y) พิมพ์ค่าตรงในตารางได้
- **Draw › Point** เพิ่มจุดใหม่
- **Edit › Paste coordinates** วางพิกัด x, y หลายแถวจาก Excel, CSV หรือ Notepad ลงตารางที่มี focus
- ลากจุดบน canvas ทุก region ที่ใช้จุดนั้นเปลี่ยนตามทันที

4.2.2 Region

1. กด `R` หรือ **Draw › Region**
2. คลิกมุมของ region ทีละจุด เปิด OSNAP (`F3`) เพื่อให้จุดติดกับจุดของ region ข้างเคียง
3. ดับเบิลคลิก Enter หรือปุ่ม Finish (≥3 points) เพื่อปิดรูป
4. เลือก Material ใต้รายการ Regions หรือลากวัสดุจากหน้า Materials มาวางบน region

ช่อง Point IDs ของ region เก็บลำดับจุดรอบรูป เช่น "1,2,3,4" ไม่ต้องใส่จุดแรกซ้ำท้าย region ที่ติดกันใช้เลขจุดของขอบร่วมกัน

- **Split region by line**: วาดเส้นผ่านหน้าตัดเหมือนมีด ทุก region ที่เส้นตัดผ่านแยกเป็นสอง region ทันที โดยสร้างจุดใหม่ตรงจุดตัด ใช้แบ่งชั้นดินใน region ใหญ่

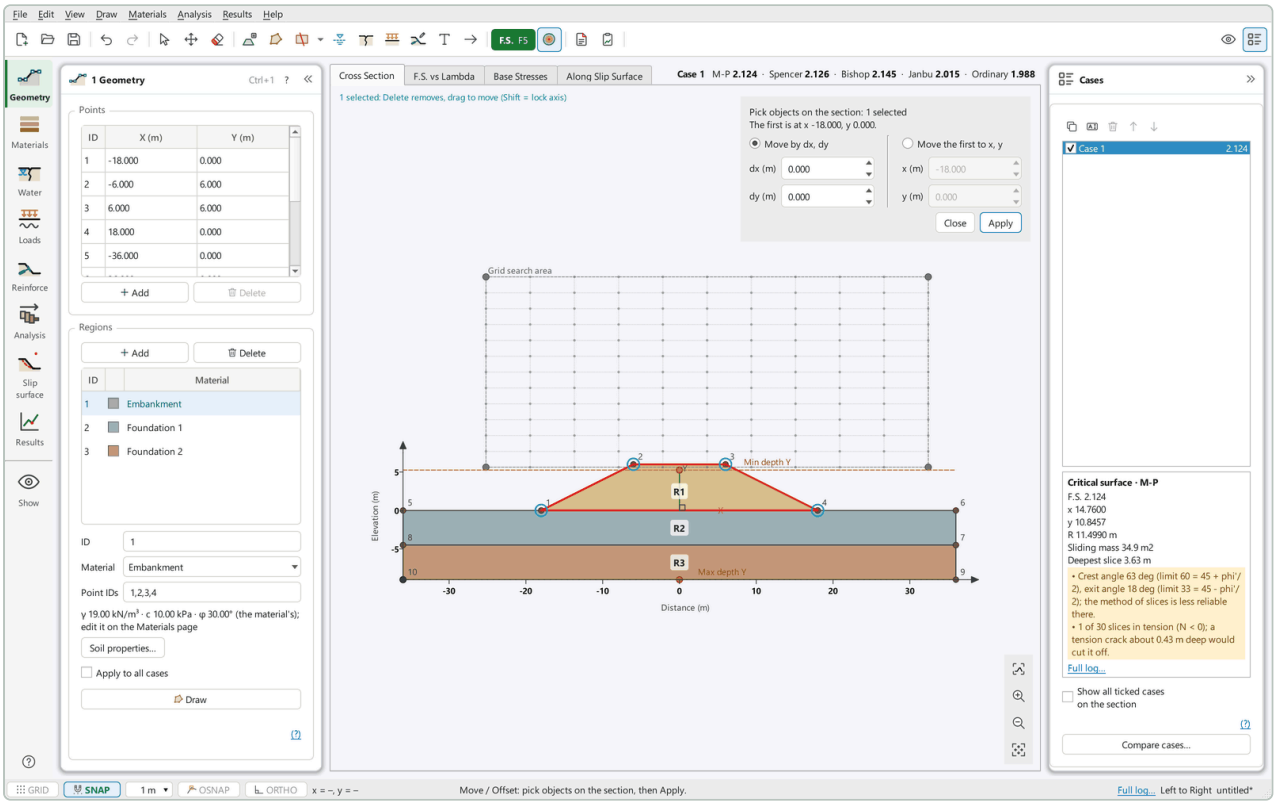
- **Split region by DXF line**: ใช้เส้นจาก layer หนึ่งในไฟล์ DXF เป็นเส้นแบ่ง วางที่พิกัดตามไฟล์ หรือให้จุดหนึ่งของเส้นไปอยู่ที่จุดที่เลือก
- **Edit › Renumber points and regions**: เรียงเลข region 1..N ตามลำดับในตาราง และเลขจุดตาม region
- **ลบจุด**: จุดที่ลบหายจากทุก region และตาราง Points ครั้งเดียว ถ้าทำให้ region ใดเหลือน้อยกว่า 3 จุด โปรแกรมไม่ยอมลบ

ตัวอย่างหน้าจอขั้น Geometry ดูรูปที่ 4-1

4.2.3 Move / Offset

กด `M` หรือปุ่มลูกศรสี่ทาง เปิดก่อนหรือหลังเลือกวัตถุก็ได้ หน้าต่างเปิดค้างได้ระหว่างทำงานบน canvas

- ย้ายที่เลือกไว้ตามระยะ dx, dy หรือย้ายไปที่พิกัด x, y หรือกด Move with the mouse
- ใช้กับจุด region เส้นน้ำ น้ำหนักบรรทุก เสริมกำลัง และกรอบ Grid search
- การย้ายที่ทำให้ region สอง region ซ้อนทับกันใหม่ถูกปฏิเสธ



รูปที่ 4-1 ขั้น Geometry: ตาราง Points และ Regions และหน้าต่าง Move / Offset ขณะเลือก region 1 (สีแดงบนหน้าตัด)

4.2.4 Text และ Arrow

กด `T` แล้วคลิกตำแหน่งเพื่อวางข้อความ หรือ **Draw › Arrow** คลิกหางแล้วหัวลูกศร ใช้เขียนคำอธิบาย เช่น "ชั้นดินแข็ง" ไม่มีผลกับการคำนวณ แก้ค่าได้ที่ **Draw › Text and arrows table**

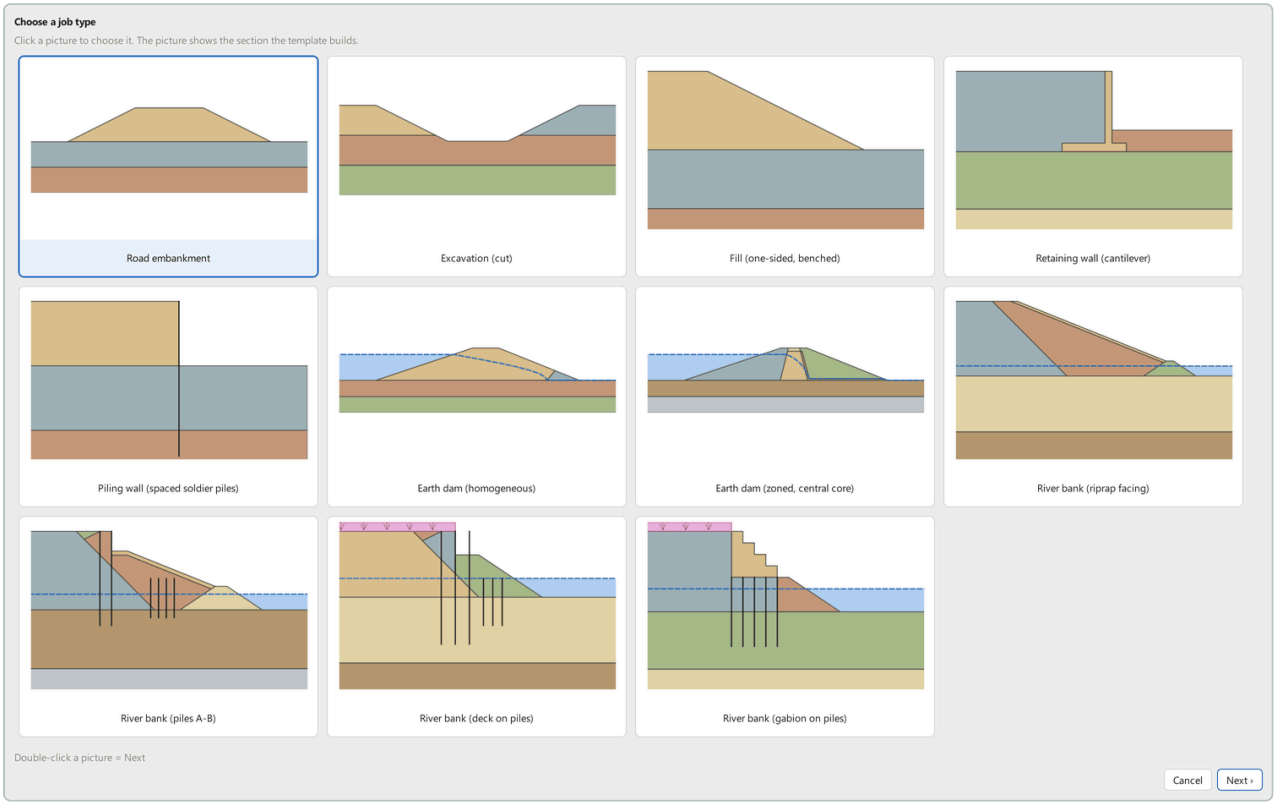
4.3 New from Template

4.3.1 หน้าเลือกแบบและหน้าใส่ค่า

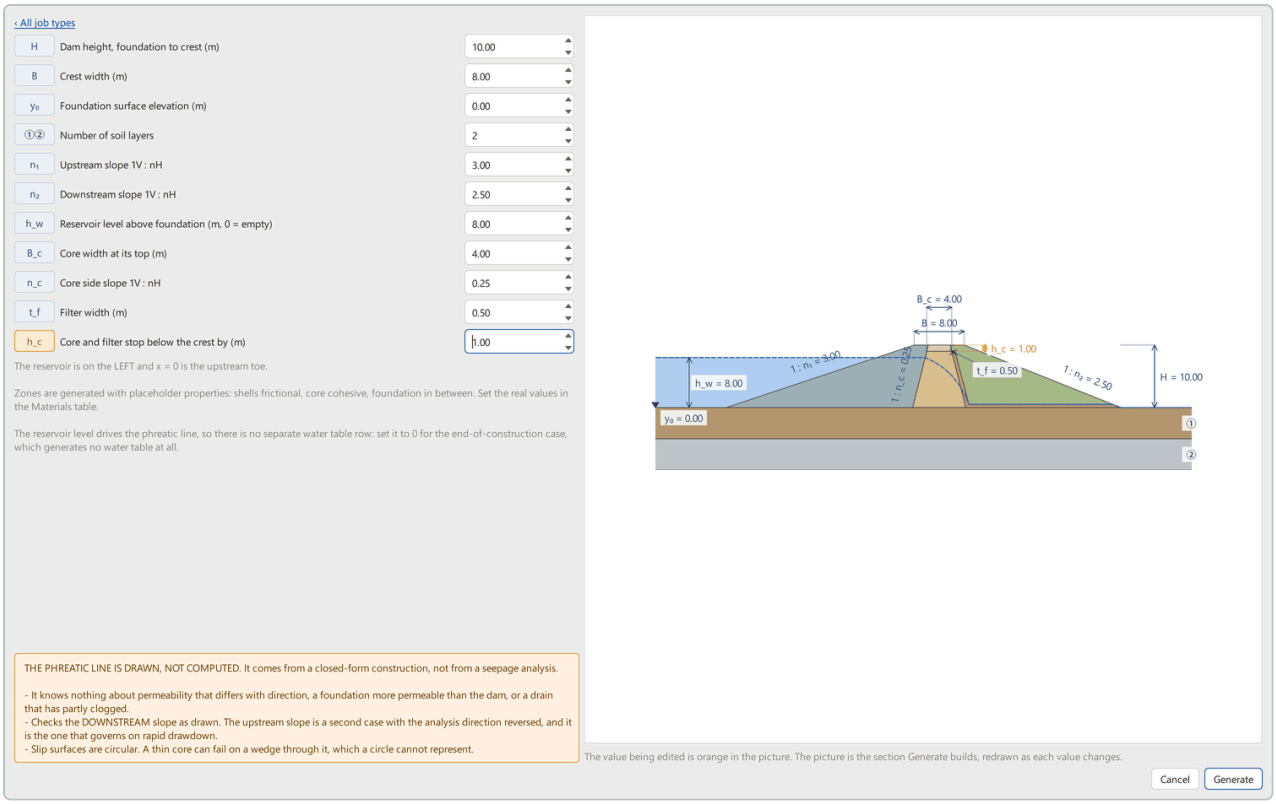
1. **File › New from Template** หน้าแรกแสดงรูปตัวอย่างทั้ง 11 แบบ คลิกรูปแล้ว Next หรือดับเบิลคลิกรูป

2. หน้าที่สองมีช่องใส่ค่าทางซ้าย และรูปหน้าตัดพร้อมป้ายกำกับมิติทางขวา รูปวาดใหม่ทุกครั้งที่ค่าเปลี่ยน ค่าที่กำลังแก้เป็นสีส้มในรูป
3. กด Generate ได้ project ใหม่ที่มีจุด region วัสดุสี Earth tone เส้นน้ำ น้ำหนักบรรทุก และเสริมกำลังตามแบบ พร้อมแก้ต่อได้

ค่าที่สร้างหน้าตัดไม่ได้ เช่น ลาดหินที่ตีนไม่ชันกว่าตลิ่ง โปรแกรมบอกเหตุผลใต้รูป ("This section cannot be built: ...") และไม่สร้างให้



รูปที่ 4-2 New from Template หน้าเลือกแบบ 11 แบบ



รูปที่ 4-3 หน้าใส่ค่า Earth dam (zoned, central core): ช่องที่กำลังแก้และป้ายในรูปเป็นสีส้ม

4.3.2 ถนนบนคันดิน งานขุด และงานถมแบบขั้น

ตารางที่ 4-2 New from Template

Template	ค่าหลักที่ใส่	หมายเหตุ
Road embankment	ความสูงคันทาง, ความกว้างถนน, ลาด 1V : nH, จำนวนชั้นดินฐานราก, Traffic surcharge	ความกว้างแบบจำลองและความลึกฐานรากคำนวณจากความสูงคันทาง
Excavation (cut)	ความลึกขุด, ความกว้างพื้นก้นบ่อ, ลาดขุด, Surcharge beside the cut	ลาดขุดตัดผ่านทุกชั้นดินที่ผ่าน
Fill (one-sided, benched)	ความสูงถม, จำนวนขั้น (bench), ความกว้างขั้น, ลาด	ถมด้านเดียว

4.3.3 กำแพงกันดิน

ตารางที่ 4-3 New from Template

Template	ค่าหลักที่ใส่	หมายเหตุ
Retaining wall (cantilever)	ความสูง stem, ความหนา stem และ base slab, toe, heel, ระดับดินหน้ากำแพง, ลาด backfill, เข็มใต้ฐาน (0 = ฐานรากแผ่)	ตรวจเสถียรภาพโดยรวม (global stability) เท่านั้น ไม่ตรวจการเลื่อนไถล การพลิกคว่ำ หรือกำลังโครงสร้าง
Piling wall (spaced soldier piles)	ความสูงที่กัน, เส้นผ่านศูนย์กลางและระยะห่างเข็ม, ความยาวเข็ม, แถวเข็ม 1 หรือ 2 แถว, กำลังเฉือนต่อต้น หรือ Ito-Matsui	x = 0 คือหน้ากำแพง ดินที่กันอยู่ทางซ้าย

4.3.4 เขื่อนดิน

ตารางที่ 4-4 New from Template

Template	ค่าหลักที่ใส่	หมายเหตุ
Earth dam (homogeneous)	ความสูงเขื่อน, ความกว้างสัน, ลาดต้นน้ำและท้ายน้ำ, ระดับน้ำเก็บกัก, ความยาว toe drain, ความสูง rock toe	อ่างเก็บน้ำอยู่ทางซ้าย x = 0 คือตีนเขื่อนด้านต้นน้ำ มี rock toe เป็นค่าเริ่มต้น
Earth dam (zoned, central core)	เพิ่มจากแบบบน: ความกว้าง core ที่ยอด, ลาด core, ความกว้าง filter, Core and filter stop below the crest by (m)	core และ filter หยุดที่ระดับเดียวกันต่ำกว่าสัน ชั้น crest fill สอบเข้าตามความชันของ core

เส้นน้ำในตัวเขื่อนเป็นเส้นที่วาดด้วยสูตรประมาณ ไม่ได้คำนวณจากการไหลซึม (seepage) ให้ตรวจและแก้ให้ตรงกับงานก่อนใช้ผล

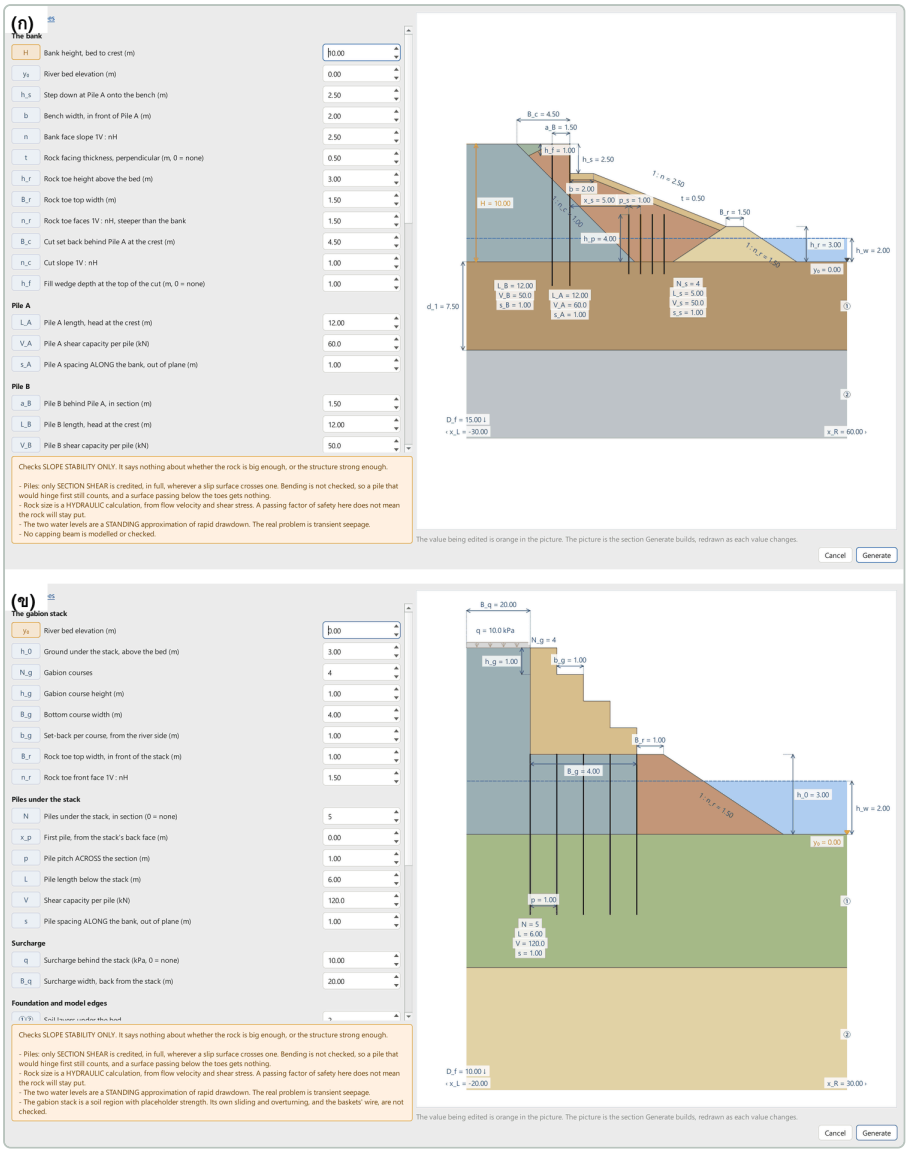
4.3.5 ตลิ่ง 4 แบบ

ตลิ่งทุกแบบวางตลิ่งทางซ้าย แม่น้ำทางขวา มีช่องระดับท้องน้ำ ระดับน้ำ ความลึกกัดเซาะ (scour) และชั้นดินใต้ท้องน้ำ

ตารางที่ 4-5 New from Template

Template	รูปแบบ	ค่าเริ่มต้นหลัก
River bank (riprap facing)	ลาดตลิ่งปูหิน riprap และ rock toe	x = 0 คือขอบสันตลิ่ง
River bank (piles A-B)	เข็ม A ที่ขอบสัน เข็ม B ด้านหลัง ลดระดับลง bench แล้วลาดปูหินลงแม่น้ำ มีเข็มบนลาด	A x = 0 ยาว 12 m, B x = −1.5, ลด 2.5 m, bench 2 m, ลาด 1:2.5, เข็มบนลาด 4 ต้น
River bank (deck on piles)	deck บนเข็ม A, B, C และเข็มบนลาด ดินหลังงานใหม่ 3 ชนิด (ดินเดิม compacted sand ดินถม)	C x = 1.5, เข็มบนลาด 3 ต้น, live load 10 kPa
River bank (gabion on piles)	gabion ซ้อนเป็นชั้นถอยหลังบนเข็ม มี rock toe	4 ชั้น สูงชั้นละ 1 m ฐาน 4 m ถอยชั้นละ 1 m, rock toe 1:1.5, เข็ม 5 ต้น ยาว 6 m

จำนวนเข็ม ความยาว ระยะห่างตามแนวตลิ่ง (out of plane) และกำลังเฉือนต่อต้นปรับได้ทุกแบบ ทุก template ตลิ่งตรวจเสถียรภาพลาดเท่านั้น ไม่ตรวจขนาดหิน กำลังโครงสร้าง deck หรือการรับน้ำหนักของเข็ม



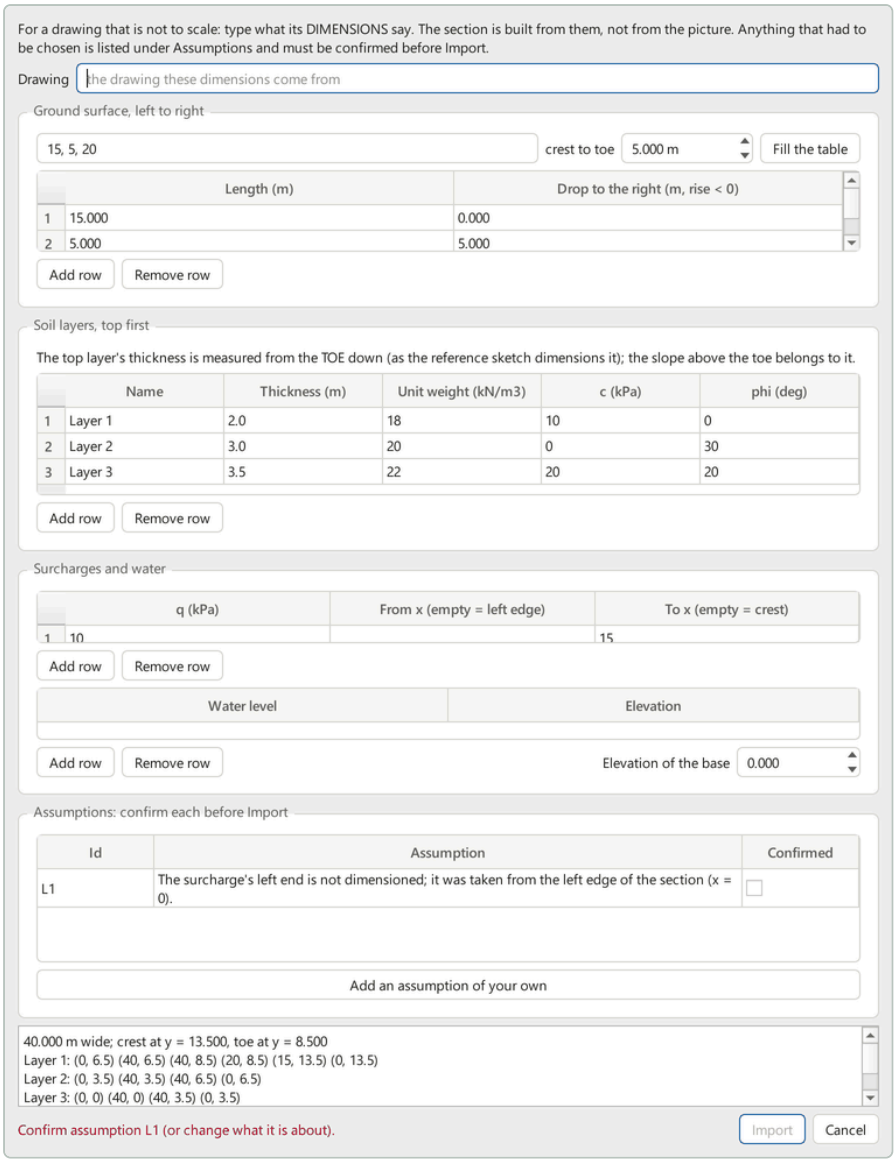
รูปที่ 4-4 หน้าใส่ค่า (ก) River bank (piles A-B) (ข) River bank (gabion on piles)

4.4 New from dimensions

ใช้กับภาพร่างที่ไม่ได้มาตราส่วน แต่มีมิติบอก เปิดจาก **File › New from dimensions (a sketch)**

1. **Ground surface, left to right**: ใส่ผิวดินทีละช่วง (ความยาว และระดับที่ขึ้นหรือลง) หรือใส่มิติหลักแล้วกด Fill the table มิติ 3 ค่ากับความสูงสันถึงตีนอ่านเป็น ราบ – ลาด – ราบ
2. **Soil layers, top first**: ชื่อชั้น ความหนา γ, c, φ ความหนาชั้นบนวัดจากตีนลาดลงไป
3. **Surcharges and water**: น้ำหนักบรรทุกแต่ละช่วง (From x / To x) และระดับน้ำ ใส่ Elevation of the base เพื่อให้ระดับน้ำตามแบบแปลงเป็นพิกัดได้ถูก
4. **Assumptions**: สิ่งที่แบบไม่ได้บอกแต่ผู้ใช้ตัดสินเอง ต้องกด Confirmed ทุกข้อก่อน Import

ชั้นดินที่สร้างได้เป็นชั้นนอนเท่านั้น ชั้นดินเอียงต้องแก้ต่อบน canvas



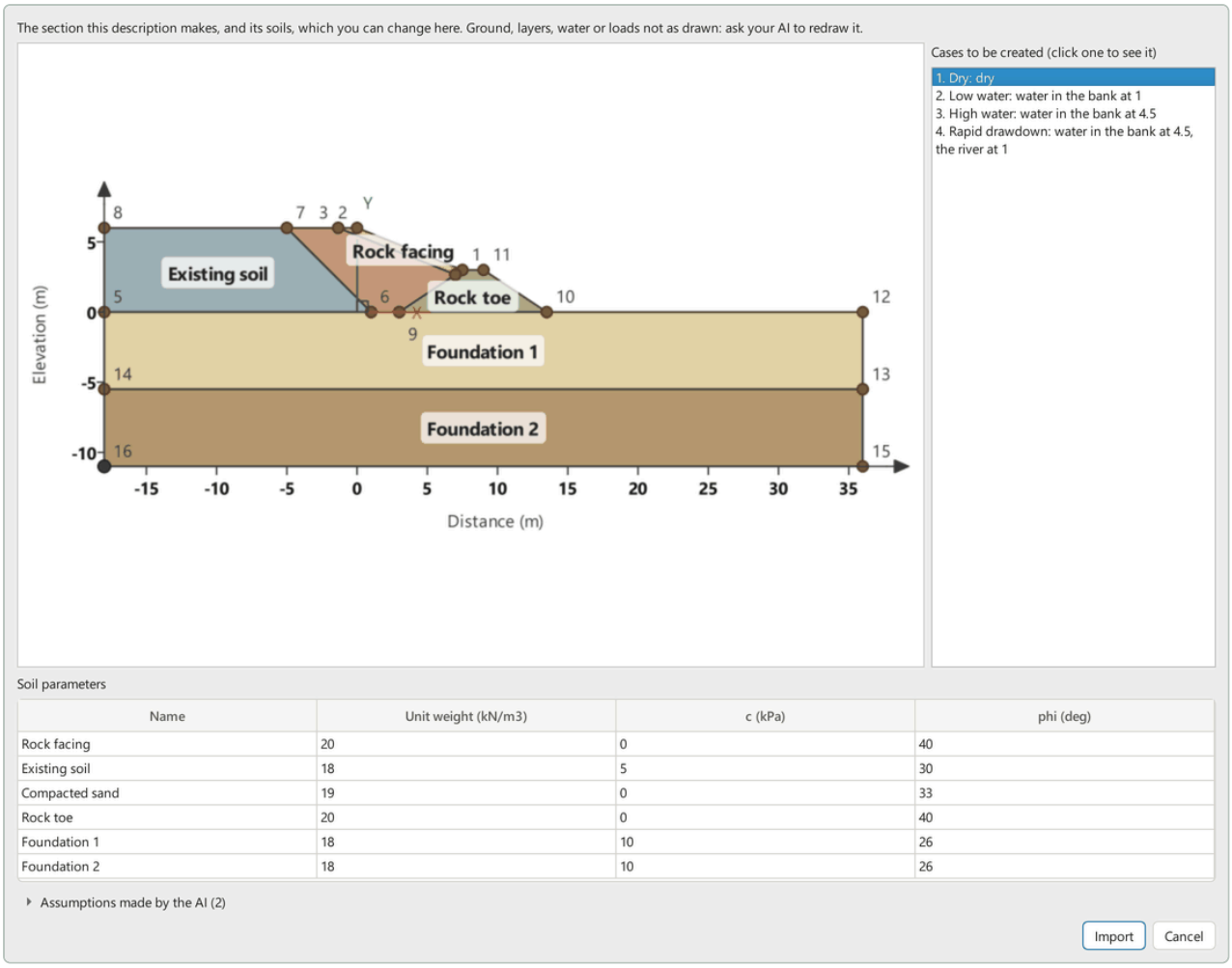
รูปที่ 4-5 New from dimensions กรอกตามภาพร่าง (ผิวดิน 3 ช่วง ชั้นดิน 3 ชั้น น้ำหนักบรรทุก 10 kPa)

4.5 New from AI description

ให้ Claude อ่านคำบรรยายหรือภาพร่าง (PDF, JPG, PNG) แล้วเขียนไฟล์ .kmd.json ด้วย skill kuslope-model-description (Version 5.1) ไฟล์นี้บอกหน้าตัด ชั้นดิน น้ำ น้ำหนักบรรทุก และ analysis case ที่ต้องการ

1. **File › New from AI description (.kmd.json)** แล้วเลือกไฟล์
2. หน้าต่างตรวจแสดงรูปหน้าตัด ตาราง Soil parameters (แก้ได้) รายการ Cases to be created และ Assumptions made by the AI
3. อ่านสมมติฐานที่ AI ตั้งทุกข้อ แก้ค่าดินให้ตรงผลเจาะสำรวจ แล้วกด Import

ไฟล์ที่ใช้ชื่อ template ตลิ่งแบบเก่าจะถูกปฏิเสธ ให้สร้างใหม่ด้วย skill รุ่น 5.1 รูปแบบไฟล์อยู่ในภาคผนวก ค



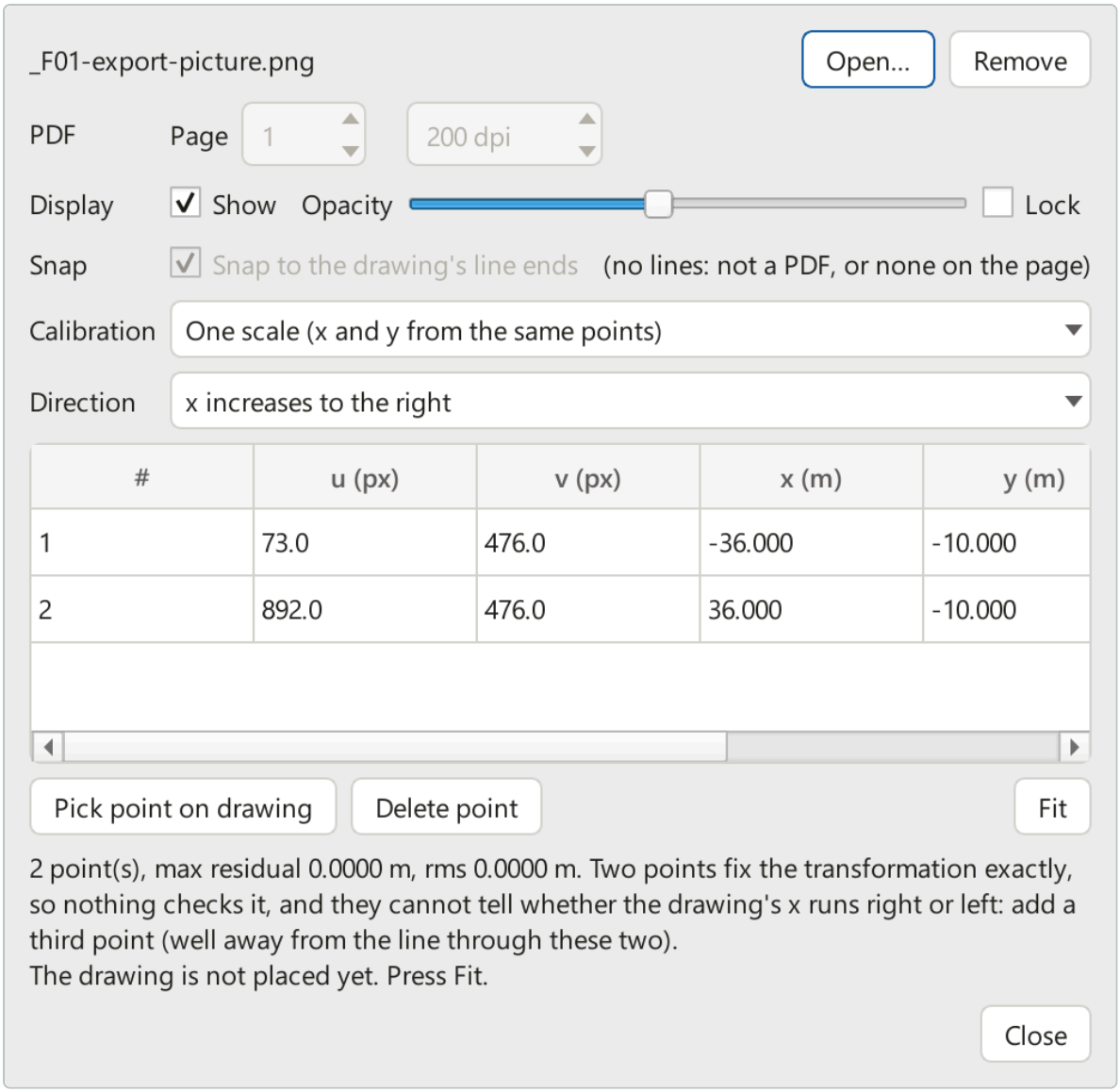
รูปที่ 4-6 New from AI description: หน้าตรวจรูป ค่าดิน case และสมมติฐานก่อน Import

4.6 นำเข้าจากไฟล์

ตารางที่ 4-6 นำเข้าจากไฟล์

เมนู	สิ่งที่ได้	ข้อควรรู้
Import › KUslope 2.0 (.ksd)	หน้าตัดและค่าจาก KUslope 2.0	ตรวจค่าค้นหาอีกครั้งหลังนำเข้า
Import › DXF	จุดและ region จาก LINE, LWPOLYLINE, POLYLINE	เลือก layer ที่จะนำเข้า (ไม่เอา layer มิติ ข้อความ กรอบแบบ) ระยะรวมจุดที่ใกล้กัน หรือเลือก Import points only แล้ววาด region เอง
Import › Background image	ภาพ PNG, JPG หรือ PDF เป็นพื้นหลังเพื่อวาดทับ	Calibration: คลิกจุดที่รู้พิกัดอย่างน้อย 2 จุด ใช้มาตราส่วนเดียว หรือแยก x, y สำหรับแบบที่ขยายแนวดิ่ง ปรับความทึบได้ PDF เปิด Snap to the drawing's line ends ได้
Import › GeoStudio (.gsz)	ทั้ง project พร้อมค่าค้นหา	ดูบทที่ 13

หน้าตัดที่เตรียมด้วยโปรแกรม KU-Geometry นำเข้ามาพร้อมสีวัสดุได้



รูปที่ 4-7 Background image: หน้า Calibration ที่กำหนดจุดอ้างอิง 2 จุด

4.7 ตรวจหน้าตัดก่อนวิเคราะห์

ก่อนกด F5 ให้ตรวจหน้าตัดตามรายการนี้

- ☐ ทุก region มีวัสดุที่ถูกต้อง (เปิด **Show** › **Soil colours** ดูสี)
- ☐ region ที่ติดกันใช้จุดร่วมกัน ไม่มีช่องว่างหรือส่วนซ้อน ถ้า region ซ้อนกัน โปรแกรมใช้ region ที่วาดทีหลังในส่วนที่ซ้อน
- ☐ หน้าตัดยาวพอ ผิววิกฤตไม่ไปชนขอบซ้ายหรือขวา ถ้าชน โปรแกรมเตือนหลังคำนวณว่าผิวไปถึงปลายแบบจำลอง ให้ขยายหน้าตัดแล้วคำนวณใหม่
- ☐ ความลึกของชั้นล่างสุดพอให้ผิวพิบัติลึกได้ตามที่ควร
- ☐ ทิศวิเคราะห์ (Left -> Right / Right -> Left) ตรงกับที่ลาดลง

บทที่ 5

วัสดุดิน

05

5.1 สร้างและแก้วัสดุ 19
5.2 แบบจำลองกำลังของดิน 19
5.3 กำหนดวัสดุให้ region 19
5.4 คลังวัสดุ .kslib และ preset 20
5.5 สีวัสดุและชุดสีดิน 20
5.6 ข้อแนะนำการเลือกค่าดิน 20

5.1 สร้างและแก้วัสดุ

ขั้น Materials (`Ctrl` + `2`) มีตาราง Soil property library ทุกวัสดุของ project และฟอร์มแก้ค่าด้านล่าง

- Add เพิ่มวัสดุใหม่, Clone คัดลอกวัสดุที่เลือกเป็น ID ใหม่, Delete ลบวัสดุ
- ค่าที่ต้องใส่: Name, Unit weight (kN/m³), Cohesion c (kPa), Phi (deg), Colour, Pore water acts
- แก้วัสดุครั้งเดียว ทุก region ที่ใช้วัสดุนั้นเปลี่ยนตามทุก case

Pore water acts on this material เปิดอยู่เป็นค่าเริ่มต้น หมายถึงแรงดันน้ำจากเส้นน้ำหรือ ru กระทำที่ฐาน slice ในวัสดุนี้ ปิดได้สำหรับวัสดุที่น้ำไม่มีผล เช่น คอนกรีต

5.2 แบบจำลองกำลังของดิน

กำลังรับแรงเฉือนตาม Mohr-Coulomb

> $\tau f = c' + (\sigma n - u) \tan \varphi'$

ตารางที่ 5-1 แบบจำลองกำลังของดิน

กรณี	c	φ	ใช้เมื่อ
Effective stress (drained)	c'	φ'	สภาพระยะยาว ดินทราย ดินถมบดอัด
Undrained	Su	0	ดินเหนียวอิ่มตัวระยะสั้น เช่น ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ขณะก่อสร้าง
No soil	–	–	ช่องว่าง เช่น บ่อขุดที่ขุดออกแล้วใน case หนึ่ง

เมื่อใส่ φ = 0 ค่า c คือกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ Su แรงดันน้ำไม่มีผลกับกำลัง แต่น้ำท่วมผิวดินยังเป็นน้ำหนักที่กดอยู่

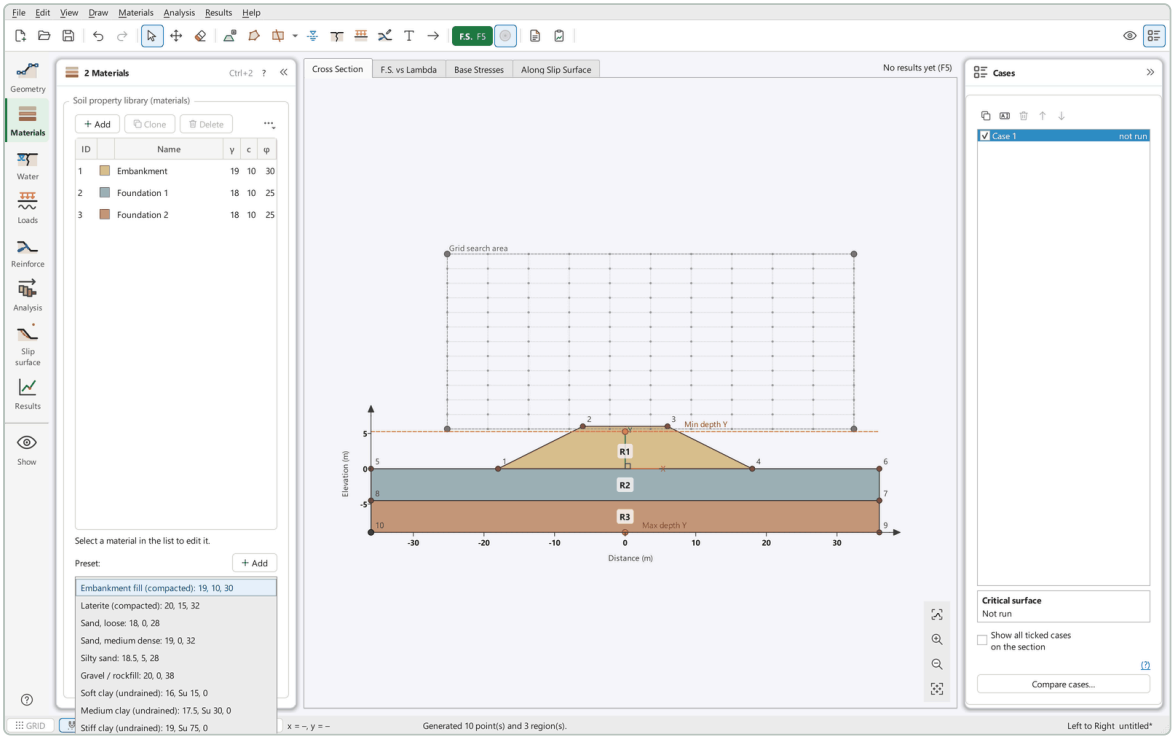
5.3 กำหนดวัสดุให้ region

- ลากวัสดุจากรายการไปวางบน region บน canvas หรือ
- เลือก region ที่หน้า Geometry แล้วเลือก Material ใต้รายการ Regions หรือ
- คลิกขวาที่ region › Use material

Apply to all cases ติ๊กอยู่ = วัสดุที่เลือกใช้กับ region นั้นในทุก case ไม่ติ๊ก = ใช้เฉพาะ case ที่เปิดอยู่ ใช้แบบจำลองขั้นก่อสร้าง เช่น case ก่อนขุดใช้ดินเดิม case หลังขุดใช้ No soil

5.4 คลังวัสดุ .kslib และ preset

- **Preset**: รายการดิน 12 ชนิดพร้อมค่าทั่วไป เลือกแล้วกด Add เพิ่มเป็นวัสดุใหม่ ไม่เปลี่ยนวัสดุที่มีอยู่ (ตารางค่าอยู่ในภาคผนวก ง) ค่าเหล่านี้ใช้ตรวจเบื้องต้นเท่านั้น ให้แทนด้วยค่าจากพื้นที่ก่อนออกแบบ
- **Load library / Save library** (เมนู "..."): บันทึกหรือโหลดรายการวัสดุเป็นไฟล์ .kslib แยกจาก project ใช้ชุดค่าดินเดียวกันหลายงาน เช่น ค่าดินของโครงการเดียวกันทุกหน้าตัด



รูปที่ 5-1 ขั้น Materials เมื่อเปิดรายการ Preset

5.5 สีวัสดุและชุดสีดิน

- ดับเบิลคลิกช่องสีในตาราง หรือกด Colour... เพื่อเลือกสีเอง
- วัสดุที่ไม่ได้เลือกสีใช้ชุดสีจาก **Preferences › Soil colours** มี 7 ชุด ค่าเริ่มต้นคือ Soft Pastel
- หน้าตัดจาก New from Template ใช้สี Earth tone

5.6 ข้อแนะนำการเลือกค่าดิน

หัวข้อนี้เป็นแนวทางทั่วไป ไม่แทนการตัดสินใจของวิศวกรผู้ออกแบบ

- เลือก drained หรือ undrained ตามช่วงเวลาที่ตรวจ: ดินเหนียวอ่อนขณะก่อสร้างหรือหลังถมทันทีใช้ Su สภาพระยะยาวใช้ c', φ'
- Su จาก field vane ควรปรับด้วยตัวคูณแก้ (เช่น ของ Bjerrum) ก่อนใช้
- ดินที่กำลังเพิ่มตามความลึก ให้แบ่งชั้นย่อย (Split region by line) แต่ละชั้นใช้ Su เฉลี่ยของช่วงนั้น
- ดินทรายปกติใช้ c' = 0 หรือค่าเล็กมาก φ' อาจประมาณจาก SPT-N ด้วยสหสัมพันธ์ที่เหมาะกับดินนั้น
- ค่า c' สูงในดินถมทำให้ผิวิกฤตตื้นน้อยลงและ F.S. สูงขึ้นมาก ตรวจความไวด้วยการคำนวณซ้ำที่ c' ต่ำกว่า
- เก็บที่มาของค่าดิน (หลุมเจาะ ผลทดสอบ) ไว้ในชื่อวัสดุหรือในรายการคำนวณ เพราะชื่อวัสดุพิมพ์อยู่ในรายงาน

บทที่ 6

น้ำใต้ดินและแรงดันน้ำ

06

6.1 ตัวเลือก Pore pressure 21
6.2 เส้นน้ำและ Unit weight of water 21
6.3 น้ำท่วมผิวดิน 22
6.4 Generate water line 22
6.5 การลดระดับน้ำเร็ว (Rapid drawdown, RDD) 23
6.6 รอยแตกดึง (Tension crack) 23

6.1 ตัวเลือก Pore pressure

ขั้น Water and crack (Ctrl + 3) กลุ่ม Pore pressure ช่อง Condition มี 3 แบบ ค่านี้เป็นของแต่ละ case

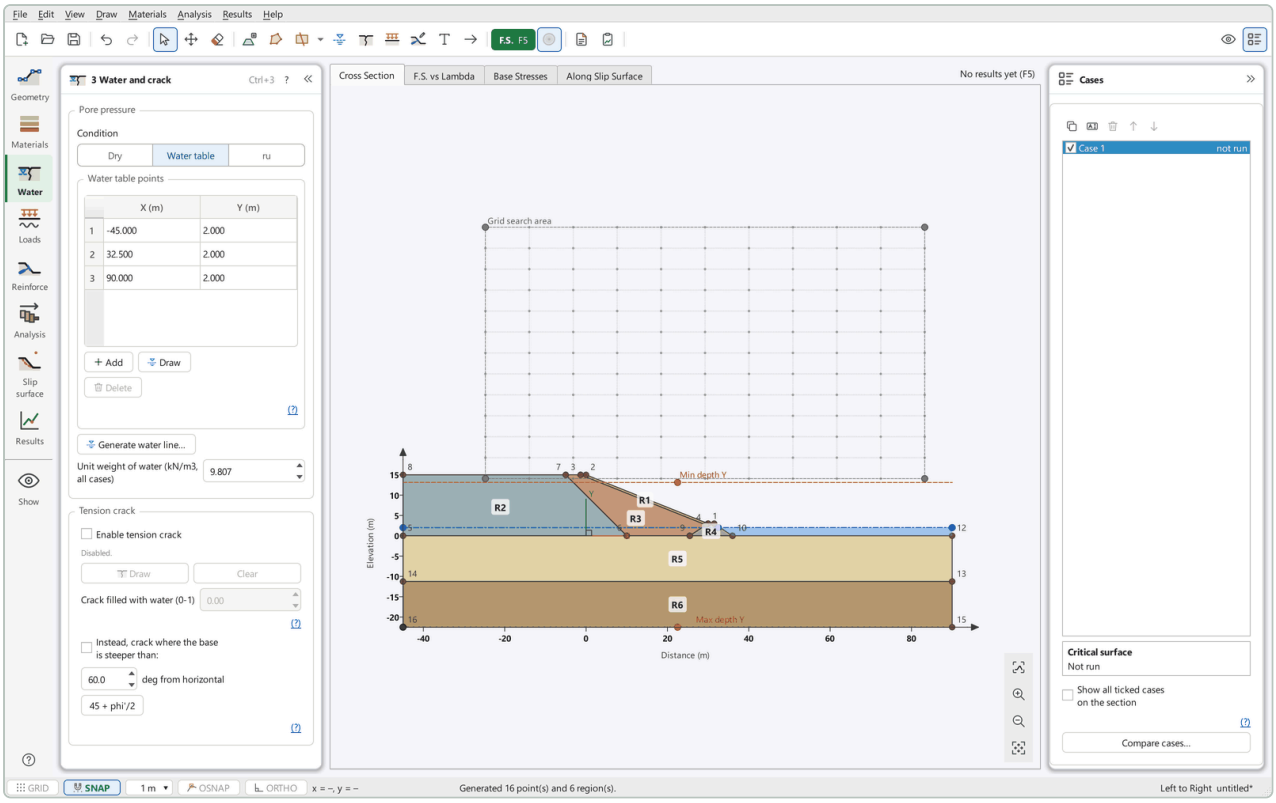
ตารางที่ 6-1 ตัวเลือก Pore pressure

Condition	ความหมาย
None (dry)	ไม่มีแรงดันน้ำ
Water table (freely-drawn)	แรงดันน้ำจากเส้นน้ำ (piezometric line) ที่วาด u = γw × ความลึกใต้เส้นน้ำ
Constant ru coefficient	u = ru × γ × h คือสัดส่วนของหน่วยแรงจากน้ำหนักดินเหนือฐาน slice ค่าเริ่มต้น ru = 0

6.2 เส้นน้ำและ Unit weight of water

1. เลือก Condition = Water table
2. กด W แล้วคลิกจุดเส้นน้ำจากซ้ายไปขวา อย่างน้อย 2 จุด ดับเบิลคลิก Enter หรือคลิกขวาเพื่อจบ หรือพิมพ์พิกัดในตาราง Water table points
3. ลากจุดเส้นน้ำบน canvas เพื่อแก้ได้

Unit weight of water ค่าเริ่มต้น 9.807 kN/m³ (ใช้กับทุก case) เส้นน้ำเหนือผิวดินหมายถึงน้ำท่วม (หัวข้อ 6.3) เส้นน้ำใต้ผิวดินให้แรงดันน้ำเท่านั้น



รูปที่ 6-1 ขั้น Water and crack: Condition = Water table กับตลิ่ง riprap

6.3 น้ำท่วมผิวดิน

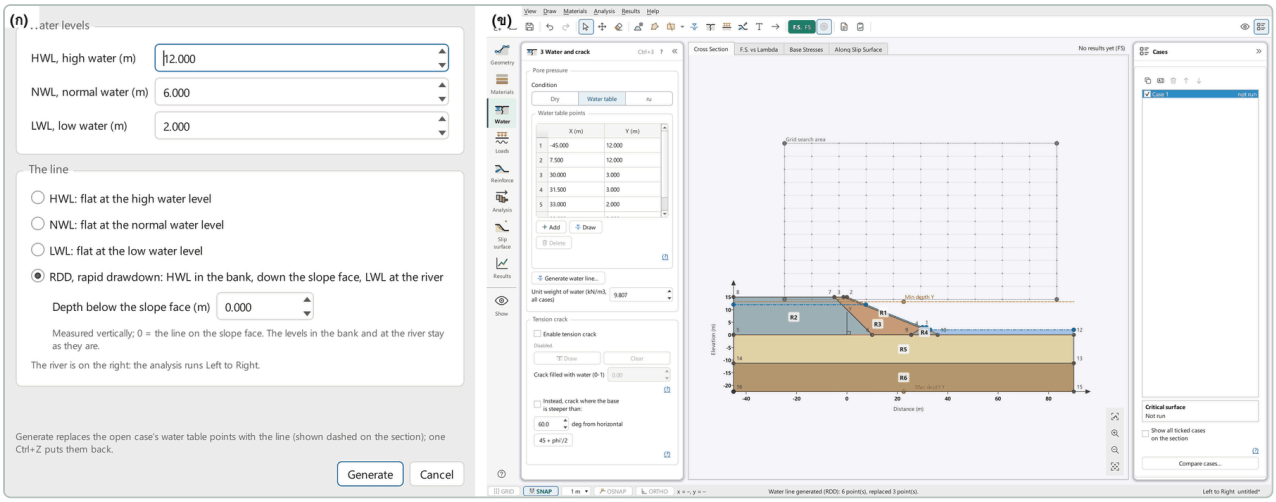
จุดเส้นน้ำที่อยู่เหนือผิวดินคือน้ำอิสระ เช่น แม่น้ำหน้าตลิ่ง อ่างเก็บน้ำหน้าเขื่อน แสดงเป็นสีฟ้าบนหน้าตัด น้ำส่วนนี้ให้ทั้งแรงดันน้ำและน้ำหนักกดทับผิวลาด (partial submergence) เหมือน Slope/W ไม่ต้องวาด region น้ำแยก

6.4 Generate water line

ปุ่ม Generate water line มีเมื่อ Condition = Water table เท่านั้น ใช้สร้างเส้นน้ำของตลิ่งจากระดับน้ำที่กำหนด

1. ใส่ Water levels: HWL (น้ำสูง), NWL (น้ำปกติ), LWL (น้ำต่ำ) ต้องเป็น LWL ≤ NWL ≤ HWL
2. เลือก The line: HWL, NWL, LWL (เส้นราบที่ระดับนั้น) หรือ RDD (น้ำลดเร็ว)
3. กด Generate เส้นน้ำใหม่แทนจุดเส้นน้ำของ case ที่เปิดอยู่

โปรแกรมดูว่าแม่น้ำอยู่ด้านไหนและตั้งทิศวิเคราะห์ให้ตาม: แม่น้ำทางขวา = Left -> Right, แม่น้ำทางซ้าย = Right -> Left



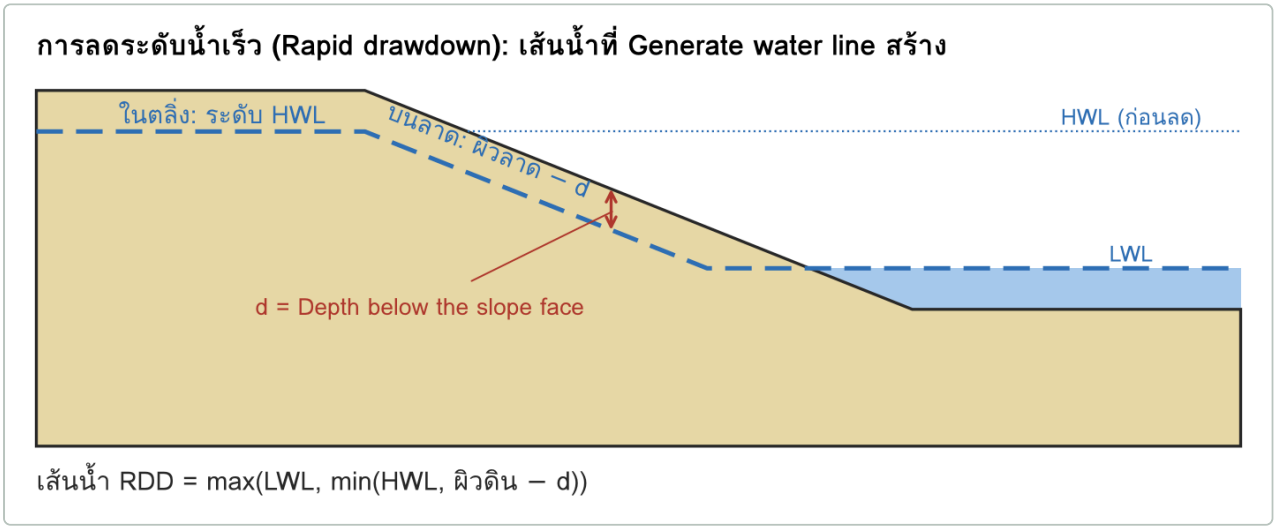
รูปที่ 6-2 Generate water line แบบ RDD: (ก) หน้าต่าง Generate water line (ข) หน้าตัดตลิ่งหลัง Generate (เส้นน้ำประ)

6.5 การลดระดับน้ำเร็ว (Rapid drawdown, RDD)

RDD คือกรณีที่น้ำในแม่น้ำลดจาก HWL ลงเร็วจนน้ำในตลิ่งระบายออกไม่ทัน เส้นน้ำที่สร้างมี 3 ส่วน

- ในตลิ่ง: ระดับ HWL
- บนลาด: ต่ำกว่าผิวลาดตาม Depth below the slope face (วัดตามแนวดิ่ง 0 = เส้นอยู่บนผิวลาด)
- ที่แม่น้ำ: ระดับ LWL

ระดับเส้นน้ำที่ตำแหน่งใดๆ คือ max(LWL, min(HWL, ผิวดิน – depth)) ถ้าผิวดินสูงขึ้นกลางทาง เส้นน้ำจะลงตามช่วงนั้นและโปรแกรมบอกไว้



รูปที่ 6-3 เส้นน้ำกรณีลดระดับน้ำเร็ว (RDD) ที่ Generate water line สร้าง: HWL ในตลิ่ง ต่ำกว่าผิวลาด d บนลาด และ LWL ที่แม่น้ำ

แนะนำให้ทำ case แยกสำหรับ HWL, LWL และ RDD ใน project เดียวกัน (บทที่ 10) แล้วเทียบด้วย Compare cases

6.6 รอยแตกดึง (Tension crack)

กลุ่ม Tension crack มี 2 วิธี เลือกได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ติ๊ก Enable tension crack ก่อน

ก. เส้นรอยแตก (Tension crack line)

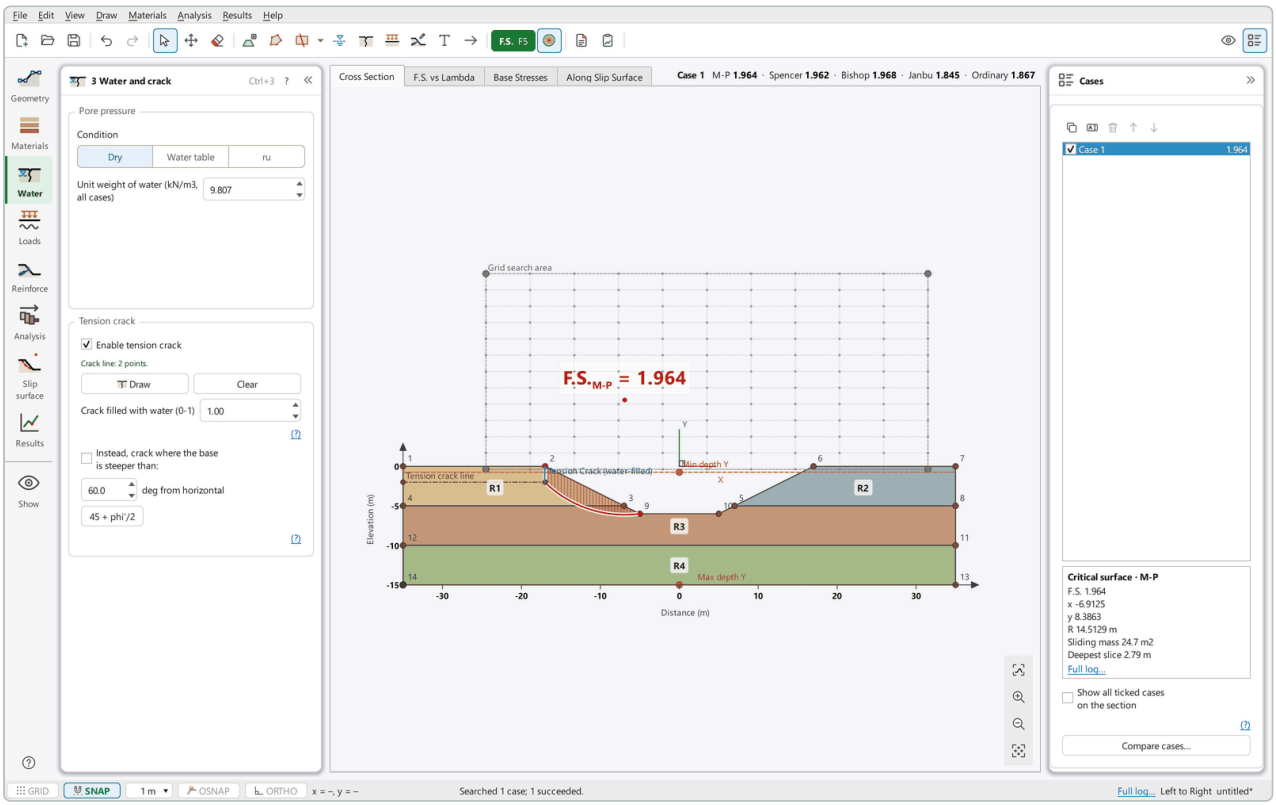
- กด K แล้ววาดเส้นผ่านตำแหน่งที่อาจแตก เส้นแนวราบ เอียง หรือหลายช่วงก็ได้
- ทุกผิวทดลอง รอยแตกเกิดตรงที่ผิวพบเส้นครั้งแรก ส่วนของผิวเหนือจุดนั้นกลายเป็นหน้าตั้งดิ่งขึ้นไปถึงผิวดิน ผิวที่ไม่ถึงเส้นไม่แตก
- Crack filled with water (0–1): 0 = แห้ง, 1 = เต็ม เพิ่มแรงดันน้ำแนวราบที่หน้ารอยแตก (เท่ากับ Percent Filled with Water ของ Slope/W)
- ใช้ทั้งกับการคำนวณผิวเดียวและทุกผิวในการค้นหา ผิววิกฤตที่ได้จึงเป็นผิวที่วิกฤตเมื่อมีรอยแตก

ข. ตามมุมฐาน slice (Tension crack by base angle)

- ติ๊ก "Instead, crack where the base is steeper than" แล้วใส่มุม หรือกดปุ่ม 45 + phi'/2 ให้โปรแกรมคำนวณจากดินที่ผิวเข้า
- slice ที่ปลายด้านสันที่ฐานชันกว่ามุมนี้ถูกตัดออก (ตามคู่มือ Slope/W ข้อ 4.9) เหลืออย่างน้อย 3 slice
- ขณะค้นหา ผิวที่เสีย slice เกิน 30% ถูกปฏิเสธ

> **ข้อควรระวัง**
>
> การเปิดวิธี ข. อาจทำให้ F.S. วิกฤตสูงขึ้น เช่น ลาดขุดดิ่ง 5 m ได้ 0.52 เมื่อปิด และ 0.59 เมื่อเปิด ไม่ใช่เพราะรอยแตกทำให้ปลอดภัยขึ้น แต่เพราะผิวทดลองถูกตัดออก ให้คำนวณทั้งแบบเปิดและปิดเสมอ แล้วใช้ค่าที่ต่ำกว่า

ความลึกรอยแตกที่โปรแกรมแนะนำหลังคำนวณ (เมื่อพบแรงตั้งฉากที่ฐาน slice ติดลบ) วัดบนผิวนั้น ไม่ใช่ค่า z0 = 2c/(γ√Ka) ของ Rankine



รูปที่ 6-4 งานขุดที่มีเส้นรอยแตก (Tension crack line) น้ำเต็มรอยแตก หลังคำนวณ (M-P 1.964)

บทที่ 7

แรงภายนอกและแรงแผ่นดินไหว

07

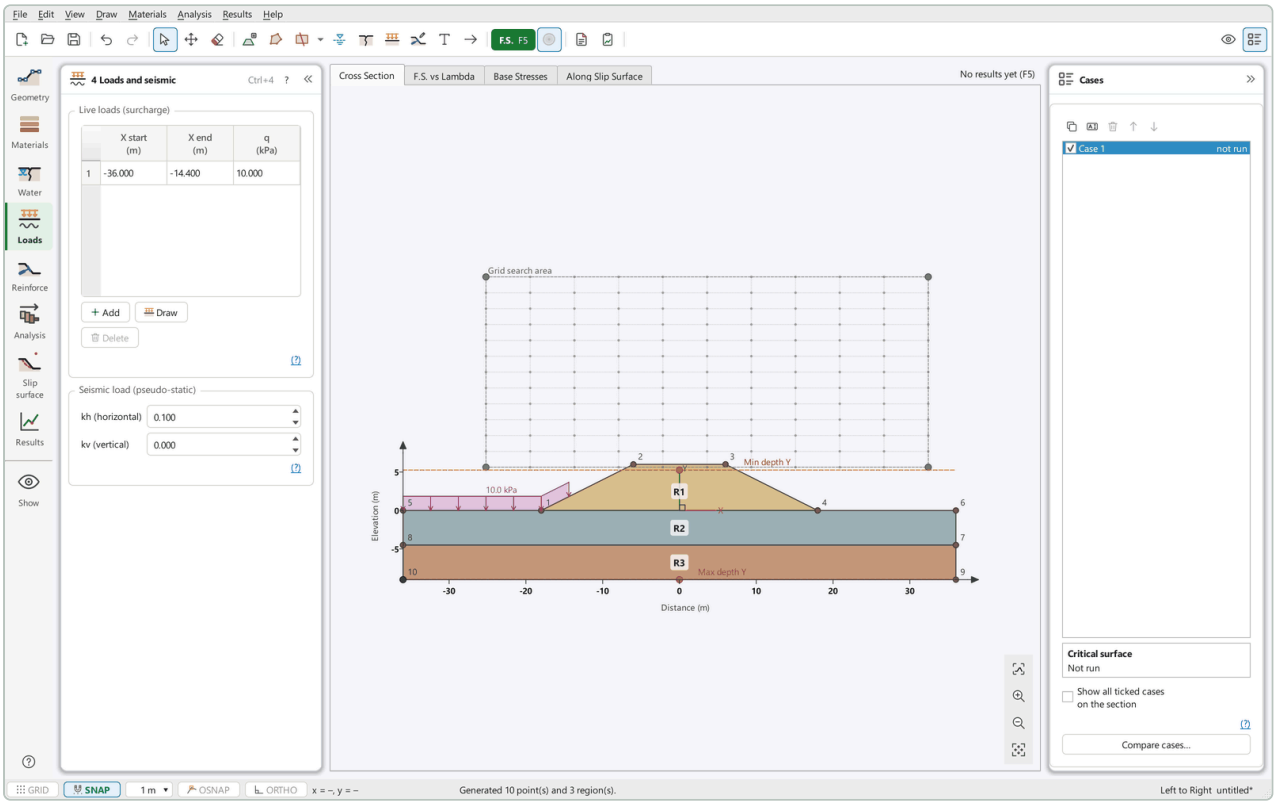
7.1 น้ำหนักบรรทุกแบบแถบ (Live loads) 25
7.2 แรงแผ่นดินไหวแบบ pseudo-static 25
7.3 การเลือกค่า kh 26
7.4 ตัวอย่าง 26

7.1 น้ำหนักบรรทุกแบบแถบ (Live loads)

Live load คือน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอแนวดิ่งบนผิวดิน เช่น รถ อาคาร กองวัสดุ ใส่ได้หลายแถบต่อ case

1. ขั้น Loads and seismic (`Ctrl` + `4`) กลุ่ม Live loads (surcharge)
2. กด Draw (หรือ L บน canvas) คลิกจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของแถบ หรือพิมพ์ X start, X end ในตาราง
3. ใส่ q (kPa) ค่าน้ำหนักต่อพื้นที่

แถบน้ำหนักแสดงเป็นแถบลายเหนือผิวดิน น้ำหนักที่อยู่เหนือมวลดินที่ไถลเท่านั้นที่มีผลกับผิวนั้น น้ำหนักด้านสันลาดเพิ่มแรงขับ น้ำหนักที่ตีนลาดอาจเพิ่มแรงต้านทาน จึงควรวางให้ตรงตำแหน่งจริง



รูปที่ 7-1 ขั้น Loads and seismic: live load 1 แถบ และ kh = 0.1

7.2 แรงแผ่นดินไหวแบบ pseudo-static

กลุ่ม Seismic load (pseudo-static) มี 2 ค่า

- **kh (horizontal)**: แรงแนวราบ kh × W กระทำที่จุดศูนย์ถ่วงของแต่ละ slice ทิศออกจากลาด
- **kv (vertical)**: แรงแนวดิ่ง kv × W ค่าบวกชี้ลง มักใช้ 0 หรือประมาณครึ่งหนึ่งของ kh

ค่าเริ่มต้นทั้งสองค่าเป็น 0 คือไม่มีแรงแผ่นดินไหว ค่านี้เป็นของแต่ละ case จึงทำ case ปกติและ case แผ่นดินไหวใน project เดียวกันได้

7.3 การเลือกค่า kh

หัวข้อนี้เป็นแนวทางทั่วไป ค่าที่ใช้ออกแบบต้องเป็นไปตามมาตรฐานและข้อกำหนดของโครงการ

1. หาค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) ของพื้นที่ จากแผนที่อันตรายแผ่นดินไหวในมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1301/1302) หรือผลศึกษาเฉพาะพื้นที่ และปรับตามชนิดชั้นดิน
2. แนวทางที่ใช้กันทั่วไปสำหรับลาดดินและเขื่อนดิน (Hynes-Griffin and Franklin, 1984) ใช้ kh ประมาณครึ่งหนึ่งของ PGA/g คู่กับเกณฑ์ F.S. ≥ 1.0

> $kh \approx 0.5 \times PGA / g$

1. ค่า kh ที่พบบ่อยในการออกแบบอยู่ที่ 0.1–0.2 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำใช้ค่าที่ต่ำกว่านี้ได้

การวิเคราะห์แบบ pseudo-static ไม่ครอบคลุมการสูญเสียกำลังจากแรงดันน้ำส่วนเกินหรือการเกิด liquefaction ถ้ามีชั้นทรายหลวมใต้น้ำหรือดินเหนียวอ่อนไว ต้องตรวจแยกต่างหาก

7.4 ตัวอย่าง

ตารางที่ 7-1 ตัวอย่าง

งาน	น้ำหนักที่ใส่	หมายเหตุ
คันทาง	Traffic surcharge ตลอดความกว้างถนน	ค่าตามข้อกำหนดของหน่วยงาน เช่น 10–20 kPa
สันตลิ่ง	กองวัสดุหรือถนนหลังตลิ่ง วางจากขอบสันเข้าไปตามความกว้างจริง	template ตลิ่งใส่ความกว้างแถบได้
บ่อขุด	น้ำหนักเครื่องจักรข้างบ่อ	เว้นระยะจากขอบบ่อตามแผนการก่อสร้าง

บทที่ 8

วัสดุเสริมกำลัง

08

8.1 ชนิดของวัสดุเสริมกำลัง 27
8.2 วางและแก้ตำแหน่ง 27
8.3 วิธีคิดกำลัง (Capacity) 28
8.4 Shear reduction factor และ F.S. dependent 29
8.5 ข้อควรระวัง 29

8.1 ชนิดของวัสดุเสริมกำลัง

หน้าต่าง Reinforcement มี 3 ชนิด เลือกจากปุ่มด้านบน

ตารางที่ 8-1 ชนิดของวัสดุเสริมกำลัง

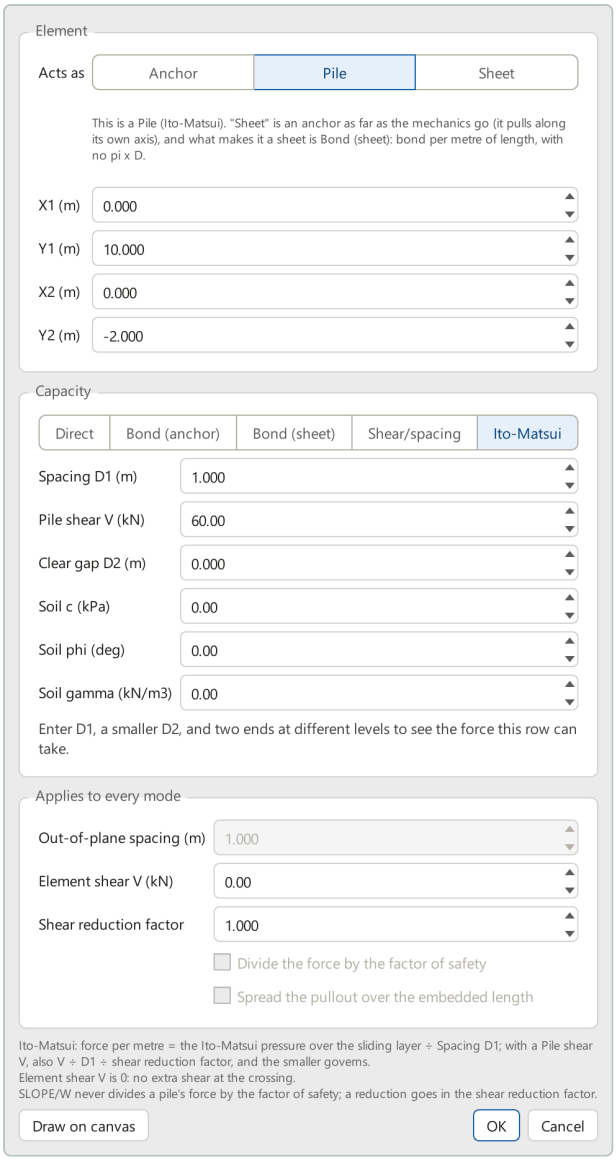
ชนิด	ทำงานอย่างไร	ใช้กับ
Anchor	แรงดึงตามแนวแกนของตัวเอง ไปทางปลายที่ยึด	ground anchor, soil nail (ใช้ Anchor กับ Bond (anchor)), tieback
Pile	ต้านแรงเฉือนตัดผ่านผิวพิบัติ	เข็มตอกเสริมลาด เข็มตลิ่ง soldier pile
Sheet	แรงดึงตามแนวแผ่น ต่อเมตรความกว้าง	geotextile, geogrid

เฉพาะเสริมกำลังที่ตัดผ่านผิวทดลองเท่านั้นที่มีผลกับผิวนั้น

8.2 วางและแก้ตำแหน่ง

1. ขั้น Reinforcement (`Ctrl` + `5`) หรือกด `A` บน canvas
2. เลือกชนิดและใส่ค่าในหน้าต่าง แล้วกด Draw on canvas คลิกปลายทั้งสองบนหน้าตัด หรือพิมพ์ X1, Y1, X2, Y2
3. ดับเบิลคลิกแถว (หรือเลือกแล้ว Edit) เพื่อแก้ เลือกหลายแถวด้วย Shift หรือ Ctrl แล้ว Edit ให้ค่าเดียวกันทุกแถว โดยแต่ละตัวคงตำแหน่งเดิม แถวที่เลือกแสดงเป็นสีแดงบนหน้าตัด

ช่องสีเทาคือค่าที่ไม่ใช้ในวิธีคิดกำลังที่เลือก



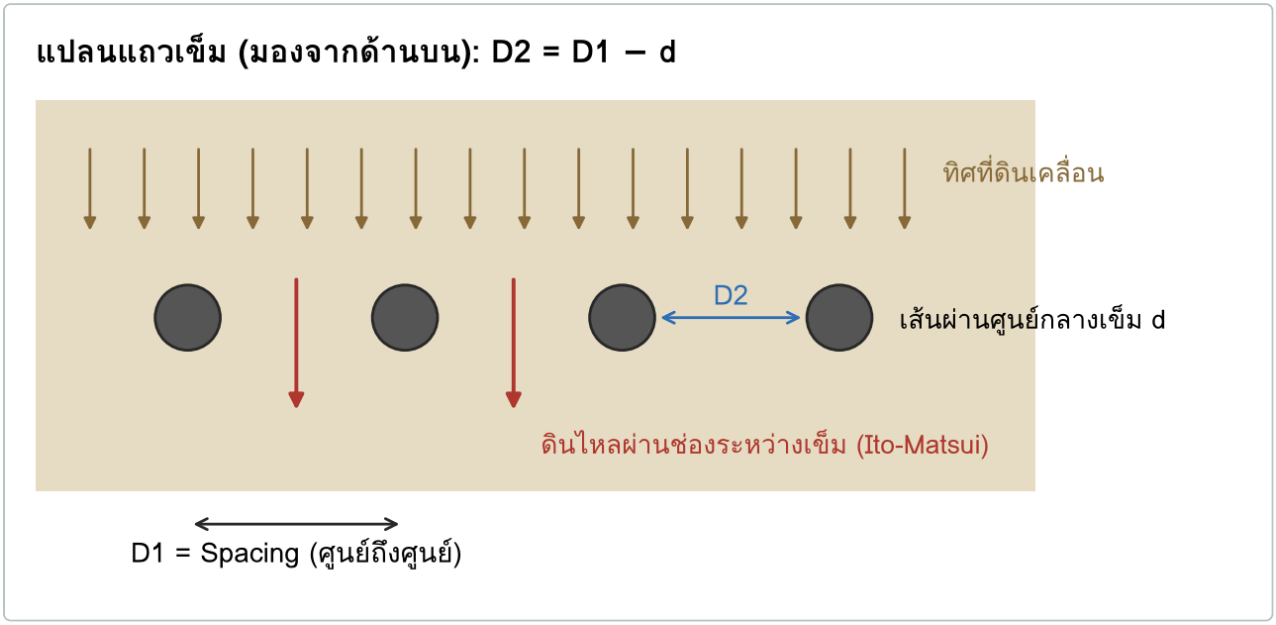
รูปที่ 8-1 หน้าต่าง Reinforcement: Pile กับ Capacity = Ito-Matsui

8.3 วิธีคิดกำลัง (Capacity)

ตารางที่ 8-2 วิธีคิดกำลัง (Capacity)

Capacity	สูตร	ค่าที่ต้องใส่
Direct	แรงต่อเมตร = T	T (kN/m)
Bond (anchor)	min(π × D × L × τ, A × fy) ÷ spacing	Bond diameter, Bond stress, Tendon area, Tendon fy, Out-of-plane spacing
Bond (sheet)	min(τ × L, Tensile capacity)	Bond stress, Tensile capacity
Shear/spacing (pile)	V ÷ D1 ÷ Shear reduction factor	Pile shear V (kN), Spacing D1 (m)
Ito-Matsui (pile)	min(แรงที่ดินส่งให้เข็มตาม Ito-Matsui, กำลังเฉือนของเข็ม)	D1, Clear gap D2, Soil c, φ, γ ของชั้นที่ไถล

- ใน Bond (anchor) และ Bond (sheet) ความยาว L คือส่วนที่ยึดอยู่เลยผิวพิบัติออกไป ค่าจึงเปลี่ยนตามผิวทดลองทุกผิว Bond length = 0 หมายถึงทั้งความยาวที่เลยผิวออกไปยึดติด
- Ito-Matsui ตรวจว่าดินส่งแรงให้เข็มได้มากเท่าไรก่อนดินไหลผ่านช่องระหว่างเข็ม D2 = D1 – เส้นผ่านศูนย์กลางเข็ม เข็มห่างในดินอ่อนจะถูกควบคุมด้วยเกณฑ์นี้ F.S. จึงมักต่ำกว่า Shear/spacing
- **Spread the pullout over the embedded length**: กระจายแรงต้านการถอนตลอดความยาวที่ฝัง ใช้กับ Bond เท่านั้น



รูปที่ 8-2 แปลนแถวเข็ม: ระยะศูนย์ถึงศูนย์ D1 และช่องว่าง D2 ที่ใช้ใน Ito-Matsui

8.4 Shear reduction factor และ F.S. dependent

- **Shear reduction factor**: ตัวหารแรงเฉือนของเข็มและ Element shear V เหมือน Slope/W
- **Element shear V**: แรงเฉือนเพิ่มตรงจุดที่ตัดผิว = V ÷ out-of-plane spacing ÷ shear reduction factor ค่า 0 = ไม่มี
- **Divide the force by the factor of safety** (F.S. dependent): เมื่อเปิด แรงของ Anchor หรือ Sheet ถูกหารด้วย F.S. เหมือนการลดกำลังดิน Pile ไม่มีตัวเลือกนี้ เพราะ Slope/W ไม่หารแรงของเข็มด้วย F.S. เลย

8.5 ข้อควรระวัง

- เข็มหรือ anchor ที่สั้นเกินไปจะไม่ตัดผิววิกฤต ผิววิกฤตใหม่มักอ้อมใต้ปลายเข็ม ตรวจรูปผลว่าผิวผ่านเข็มหรือไม่
- ค่า Pile shear V ต้องมาจากการออกแบบเข็ม (กำลังเฉือนหรือโมเมนต์ดัดที่ยอมให้) โปรแกรมไม่ตรวจโครงสร้างเข็มเอง
- ทุกค่าเป็นต่อเมตรตามแนวตั้งฉาก ต้องใส่ spacing ให้ถูกต้อง (ยกเว้น Direct ที่ T เป็นต่อเมตรอยู่แล้ว)
- เทียบกับ Slope/W: ค่าตั้งที่ตรงกันให้ผลตรงกัน ไฟล์ GeoStudio ที่นำเข้ามาคง F.S. dependent ตามไฟล์เดิม

บทที่ 9

ผิวพิบัติและการค้นหาผิววิกฤต

09

9.1 ผิววงกลมและผิว non-circular 30
9.2 Grid Search 30
9.3 Entry-Exit Search 31
9.4 Block Search 32
9.5 Specified circle และ Polyline 33
9.6 ขอบเขตและตัวกรองผิว 33
9.7 ตัวเลือกเสริม 33
9.8 เลือกวิธีค้นและตรวจขอบเขต 33

9.1 ผิววงกลมและผิว non-circular

ขั้น Slip surface (`Ctrl` + `7`) กลุ่ม Critical surface search ช่อง Method เลือกวิธีค้นหา

ตารางที่ 9-1 ผิววงกลมและผิว non-circular

Method	ผิว	เหมาะกับ
Grid Search	วงกลม	งานทั่วไป ค่าเริ่มต้น มี contour ของ F.S.
Entry-Exit Search	วงกลม	รู้ช่วงที่ผิวควรเข้าและออกบนผิวดิน
Block Search (non-circular)	polyline	ชั้นอ่อนบางใต้ดิน ผิวสัมผัสชั้นแข็ง การเลื่อนไถลแบบก้อน
Specified circle (Xc, Yc, R)	วงกลม	ตรวจวงที่กำหนดเอง ไม่ค้นหา
Polyline (fully specified)	polyline	ผิวที่รู้รูปร่าง เช่น จากการสำรวจหลังพิบัติ ตั้งที่ Analysis › Slip surface shape

9.2 Grid Search

การค้นหาลองทุกจุดศูนย์ของ grid กับทุก radius line แล้วปรับจุดศูนย์ที่ดีที่สุดให้ละเอียดขึ้น Bishop ใช้จัดลำดับวง แล้ววงวิกฤตคือวงที่ Morgenstern-Price ต่ำสุดใน 20 วงที่ Bishop ต่ำสุด

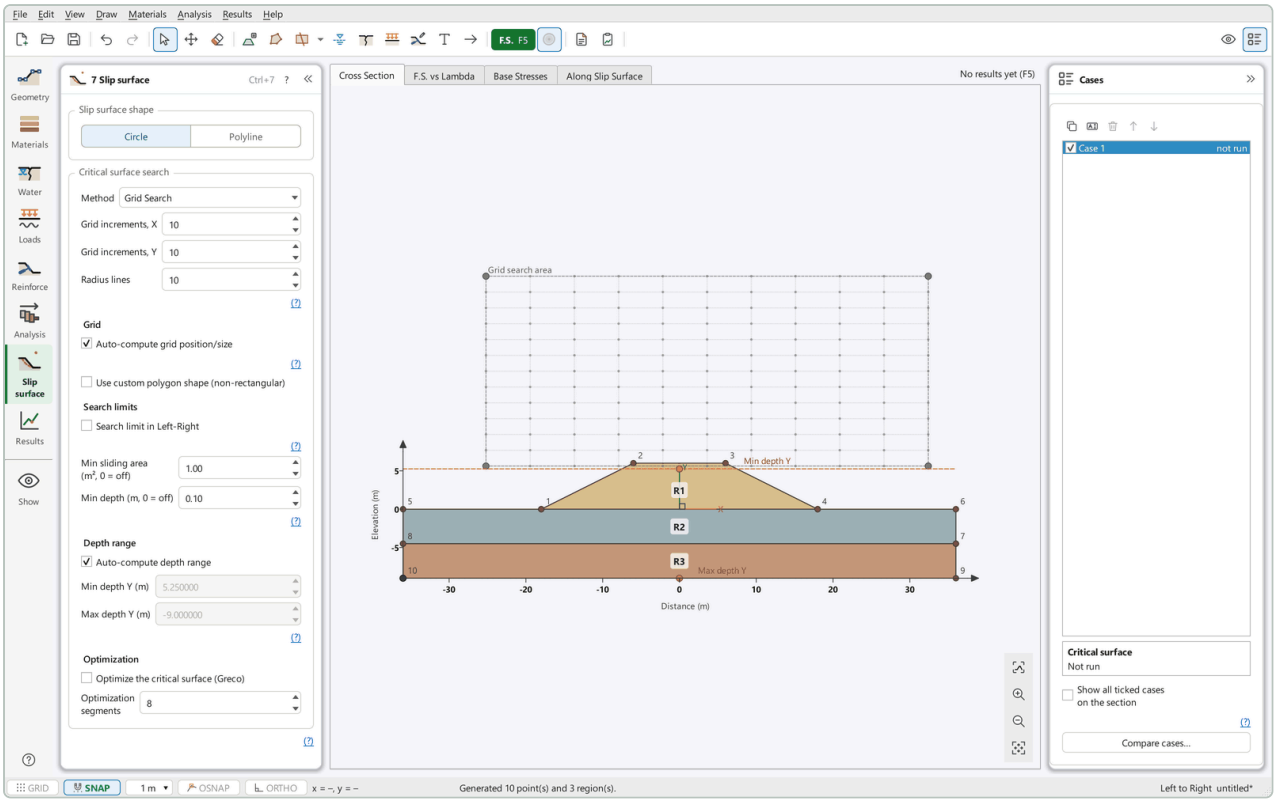
กรอบ grid (จุดศูนย์วง)

- Auto-compute grid position/size: โปรแกรมตั้งกรอบให้ การเดินหาจุดต่ำสุดออกนอกกรอบได้ไม่เกินขนาดกรอบหนึ่งเท่า
- ปิด Auto แล้วใส่ Grid Xc min / max, Yc min / max เอง
- Grid increments X, Y ค่าเริ่มต้น 10 (นับแบบ Slope/W: 10 increments = 11 จุด)
- Use custom polygon shape: กำหนดพื้นที่จุดศูนย์เป็นรูปหลายเหลี่ยมอย่างน้อย 3 จุด
- กรอบเส้นประสีม่วงบนหน้าตัดคือพื้นที่จุดศูนย์ที่จะค้นจริง คลิกที่ขอบกรอบด้านใดก็ได้แล้วลากเพื่อย้ายกรอบ หรือใช้ Move / Offset

รัศมี (Radius depth, tangent lines)

- Radius lines ค่าเริ่มต้น 10 เส้น กวาดระหว่าง Min depth Y และ Max depth Y
- Auto-compute depth range ให้โปรแกรมตั้งช่วงความลึกให้ เส้นประสีส้มบนหน้าตัดลากได้
- นอกจาก radius lines โปรแกรมลองวงที่ผ่านตีนลาด วงที่สั้นกว่าเส้นรอยแตก และวงที่สัมผัสทุกระดับจุดของแบบจำลองด้วย

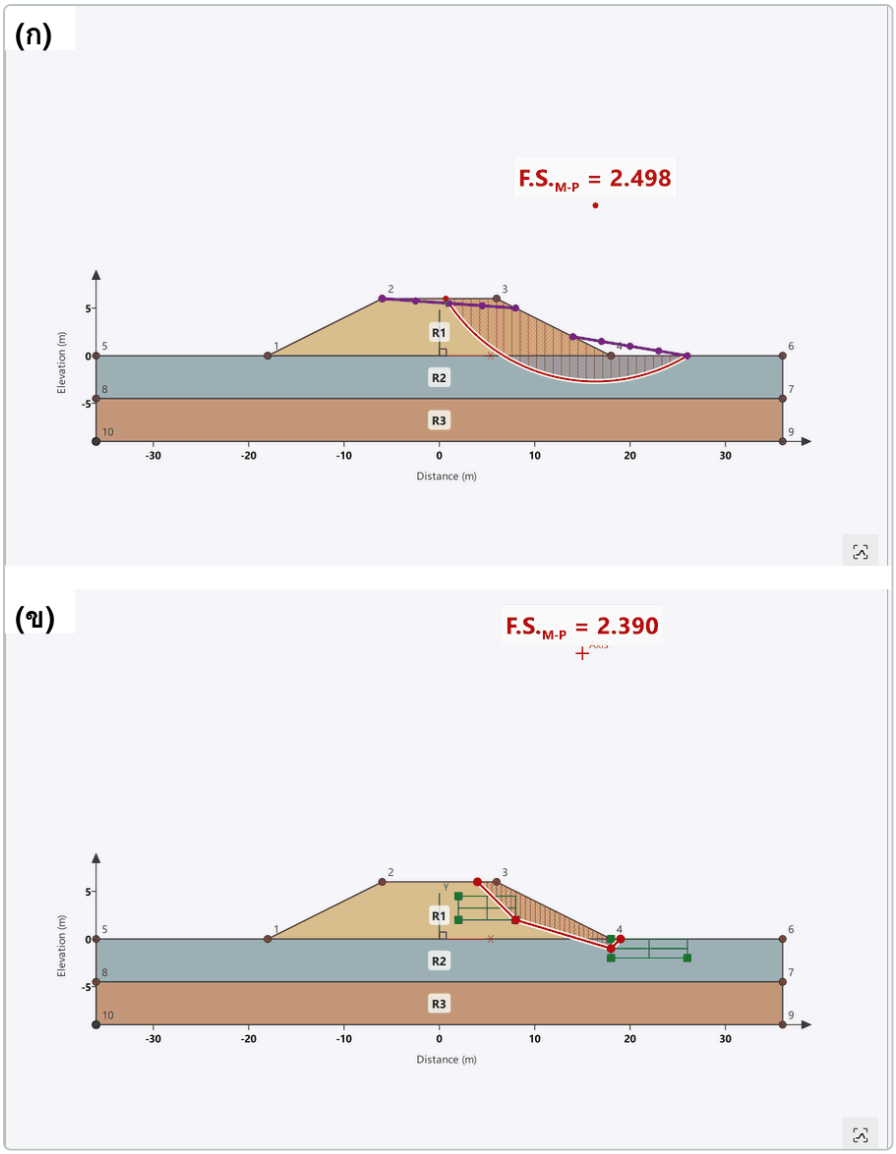
ไฟล์ที่นำเข้าจาก Slope/W เลือก SLOPE/W Grid and Radius (from the file) เพื่อใช้ grid และ radius ตามไฟล์เดิม



รูปที่ 9-1 ขั้น Slip surface แบบ Grid Search: กรอบ grid และเส้น Min / Max depth Y บนหน้าตัด

9.3 Entry-Exit Search

กำหนดช่วงที่ผิวเข้า (Left range) และช่วงที่ผิวออก (Right range) บนผิวดิน พร้อมจำนวน increments ของแต่ละช่วงและของรัศมี โปรแกรมลองทุกคู่จุดเข้า-ออก และรายงานมุมที่ปลายผิวด้วย วิธีนี้ไม่มี contour เพราะไม่มี grid จุดศูนย์



รูปที่ 9-2 ผลการค้นหา: (ก) Entry-Exit Search (M-P 2.498) (ข) Block Search ได้ผิว polyline วิกฤต (M-P 2.390)

9.4 Block Search

1. กด Draw left block และ Draw right block แล้วคลิกมุมตามลำดับของ GeoStudio (UL, LL, LR กำหนดสี่เหลี่ยมด้านขนาน)
2. ใส่มุมของลิ่มเป็นองศาจากแกน +X: ลิ่มซ้ายประมาณ 135° ลิ่มขวาประมาณ 22°
3. ทุกผิวที่ต่อจุดในลิ่มซ้ายกับลิ่มขวาถูกจัดลำดับด้วย Janbu แล้วคำนวณ Morgenstern-Price กับผิวที่อยู่ใน 10% ของ Janbu ต่ำสุด (อย่างน้อย 20 ผิว) ใช้ทุก thread ของเครื่อง กด Cancel ได้โดยเก็บผลดีที่สุดที่ได้แล้ว

ผิววิกฤตที่ได้กลายเป็นผิว polyline ของ case นั้น โมเมนต์คิดรอบ Moment axis ที่ตั้งในขั้น Analysis

ผลตัวอย่างของ Block Search ดูรูปที่ 9-2 (ข)

9.5 Specified circle และ Polyline

- **Specified circle**: ใส่ Center X, Center Y, Radius ในกลุ่ม Trial circle ขั้น Analysis โปรแกรมคำนวณวงนั้นวงเดียว
- **Polyline (fully specified)**: ใส่จุดผิวจากซ้ายไปขวา ตั้งแต่จุดที่ผิวออกจากผิวดินถึงจุดที่กลับขึ้นผิวดิน วาง Moment axis เหนือมวลดินที่ไถล หรือติ๊ก Auto (SLOPE/W's rule) ผลรายงาน M-P, Spencer และ Janbu ส่วน Bishop และ Ordinary ใช้ได้กับวงกลมเท่านั้น contour และตาราง Bishop ใช้ไม่ได้

9.6 ขอบเขตและตัวกรองผิว

ตารางที่ 9-2 ขอบเขตและตัวกรองผิว

ค่า	ค่าเริ่มต้น	ทำอะไร
Search limit in Left-Right (Left / Right limit X)	ปิด	ปฏิเสธผิวที่เข้าซ้ายกว่าเส้นซ้ายหรือออกขวากว่าเส้นขวา ใช้กับพื้นที่ที่พิบัติไม่ได้ (หลังกำแพง บนหิน) ลากเส้นบนหน้าตัดได้
Min sliding area	1 m²	ตัดผิวที่มวลดินเล็กกว่าค่านี้ 0 = ปิด
Min depth	0.1 m	slice ที่ลึกที่สุดต้องลึกกว่าค่านี้ (นิยามแบบ Slide2) 0 = ปิด
End angles	รายงานเสมอ	มุมผิวที่สัน (เกณฑ์ 45 + φ'/2) และที่ตีน (45 − φ'/2) ติ๊กเพื่อให้เขียนหมายเหตุเมื่อเกิน ไม่ปฏิเสธผิว

ตัวกรองตัดผิวทดลองออกเท่านั้น จึงทำให้ F.S. สูงขึ้นได้อย่างเดียว ตัวอย่าง: ลาดขุดดิ่ง 5 m ตั้ง Min sliding area 10 m² ได้ F.S. 0.73 ขณะที่การคำนวณด้วยมือแบบ Culmann ได้ 0.54 การตั้งค่าสูงกว่าค่าเริ่มต้นจึงเป็นการตัดสินใจของวิศวกร

9.7 ตัวเลือกเสริม

- **Thorough (slower, more refined)**: ค้นละเอียดขึ้น ใน Block Search คำนวณ M-P ทุกผิว ถ้าปฏิเสธผิวทดลองเกิน 10% โปรแกรมเตือน (F.S. ยังแสดง)
- **Optimize the critical surface (Greco)**: ปรับผิววิกฤตที่พบให้เป็น polyline ที่ F.S. ต่ำกว่า ใส่จำนวน Optimization segments ถ้าผิวที่ได้มี slice รับแรงดึงเกินหนึ่งในสี่ แสดงว่าพบช่องโหว่ของแบบจำลอง ไม่ใช่กลไกจริง
- **ทิศวิเคราะห์**: ตั้งที่ขั้น Analysis (หัวข้อ 10.4)

9.8 เลือกวิธีค้นและตรวจขอบเขต

- เริ่มด้วย Grid Search แบบ Auto แล้วดู contour ว่าจุดต่ำสุดอยู่กลางกรอบ ไม่ใช่ที่ขอบ
- ถ้าหมายเหตุบอกว่าผิวอยู่บนขอบเขตการค้น (on a search bound) ค่านั้นคือค่าต่ำสุดที่ช่วงนั้นยอม ไม่ใช่ค่าต่ำสุดจริง ให้ขยายขอบเขตแล้วค้นใหม่
- ชั้นอ่อนบางหรือชั้นแข็งตื้น ให้ตรวจด้วย Block Search หรือเปิด Optimize เพิ่ม เพราะวงกลมอาจให้ F.S. สูงกว่าจริง
- งานที่มีกำแพงหรือหิน ใช้ Search limit in Left-Right กันผิวที่เกิดขึ้นไม่ได้

บทที่ 10

การวิเคราะห์และหลาย case

10

10.1 Analysis case คืออะไร 34
10.2 สร้าง คัดลอก เปลี่ยนชื่อ และลบ case 34
10.3 ค่าต่อ case และค่าต่อ project 34
10.4 ค่าตั้งการคำนวณ (ขั้น Analysis) 35
10.5 คำนวณ (F5) 35
10.6 แผง Cases 35
10.7 Compare cases 35
10.8 คำเตือนหลังคำนวณ 36

10.1 Analysis case คืออะไร

Analysis case คือสภาพการวิเคราะห์หนึ่งชุดบนหน้าตัดเดียวกัน เช่น สภาพแห้ง น้ำสูง น้ำลดเร็ว แผ่นดินไหว หนึ่ง project มีได้หลาย case แต่ละ case มีผลของตัวเอง

10.2 สร้าง คัดลอก เปลี่ยนชื่อ และลบ case

แผง Cases มีปุ่มทำงานกับ case ที่เปิดอยู่

- Clone the open case: คัดลอกเป็น case ใหม่ เป็นวิธีสร้าง case ที่ต่างกันแค่บางค่า
- Rename / Delete the open case
- Move up / down (Alt+Up / Alt+Down) เรียงลำดับ case ซึ่งเป็นลำดับในรายงานด้วย
- ช่องติ๊กหน้า case เลือก case ที่คำนวณพร้อมกันเมื่อกด F5

10.3 ค่าต่อ case และค่าต่อ project

ตารางที่ 10-1 ค่าต่อ case และค่าต่อ project

ใช้ร่วมทุก case (ต่อ project)	แยกแต่ละ case
Points, รูปร่าง region, คลังวัสดุ, Unit weight of water, SNAP, ค่าการแสดงผล (แกน contour)	วัสดุของแต่ละ region (รวม No soil), น้ำ, kh / kv, live loads, เสริมกำลัง, รอยแตก, ทิศวิเคราะห์, ค่าค้นหา, ผล

แก้จุดหรือค่าดินครั้งเดียว ทุก case เปลี่ยนตาม ผลที่มีอยู่จะถูกล้างเมื่อค่าที่ใช้คำนวณเปลี่ยน ส่วนการซ่อนแสดง หรือจัดหน้าจอไม่ล้างผล

10.4 ค่าตั้งการคำนวณ (ขั้น Analysis)

ตารางที่ 10-2 ค่าตั้งการคำนวณ (ขั้น Analysis)

ค่า	ค่าเริ่มต้น	หมายเหตุ
Analysis direction	Left -> Right	สันลาดอยู่ทางซ้าย ถ้าสันอยู่ทางขวาเลือก Right -> Left หน้าตัดบนจอแสดงตามที่วาดเสมอ
Target number of slices	30	ระหว่าง 4–200 ขอบ slice วางตามจุดเปลี่ยนของดินและน้ำแบบ Slope/W
Lambda convergence |Fm – Ff|	0.00001	เกณฑ์การลู่เข้าของ M-P / Spencer
Slip surface shape	Circle	Circle หรือ Polyline (fully specified)
Moment axis	Auto (SLOPE/W's rule, per surface)	ใช้กับผิว polyline และ Block Search

การทำงานสองด้าน เช่น เขื่อนหรือคันทางที่มีสองลาด ให้ทำสอง case ที่ทิศวิเคราะห์ตรงข้ามกัน แต่ละ case มีกรอบค้นหาของตัวเอง

10.5 คำนวณ (F5)

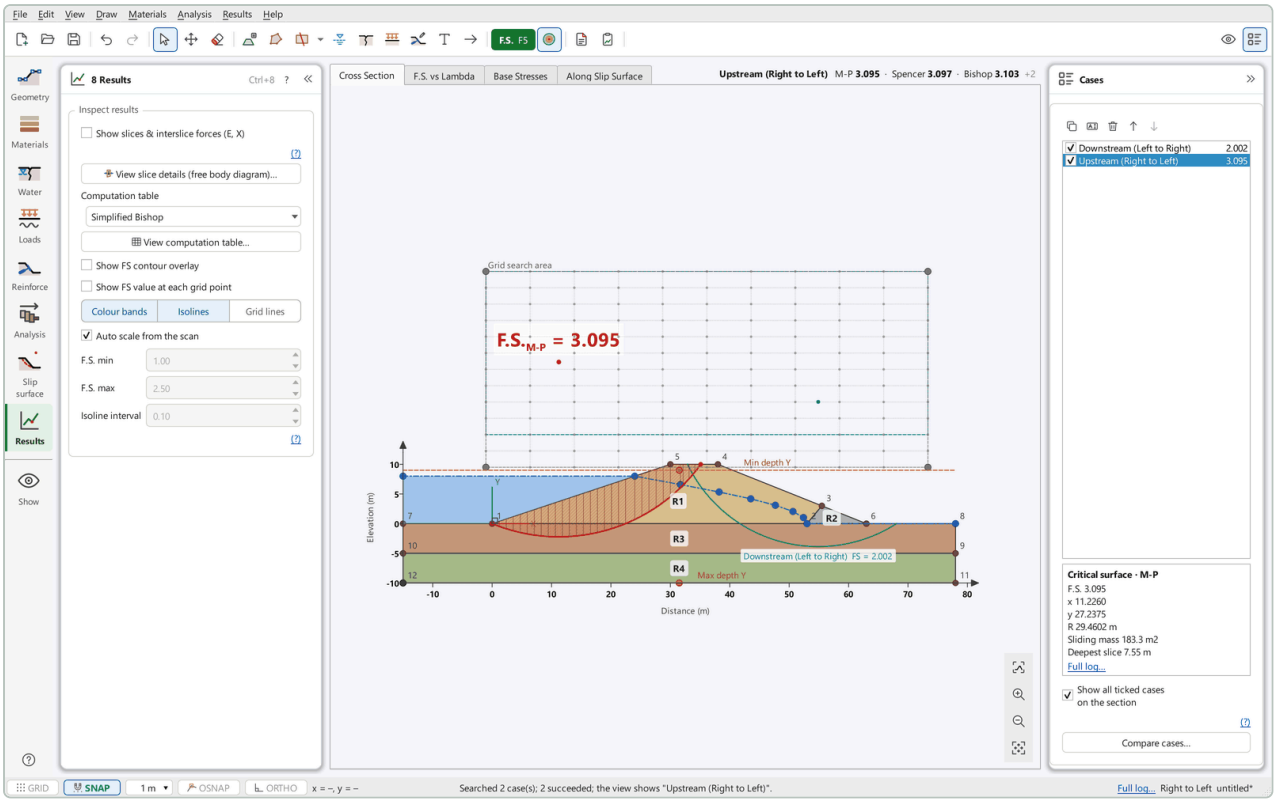
1. ติ๊ก case ที่ต้องการคำนวณในแผง Cases
2. กด `F5` ปุ่ม F.S. บนแถบขั้นตอน หรือ **Analysis** › **Run (F.S.)** สิ่งที่คำนวณขึ้นกับ Method ที่เลือกในขั้น Slip surface
3. ระหว่างค้นหามีแถบความคืบหน้า กด Cancel (`Esc`) ได้

10.6 แผง Cases

- คลิก case เพื่อเปิดดูค่าและผล สลับ case ด้วย `Ctrl`+`PgUp` / `Ctrl`+`PgDn`
- แต่ละแถวแสดง F.S. และวิธีที่รายงาน สีตามช่วงค่าใน Preferences
- การ์ดใต้รายการสรุปผลของ case ที่เปิด แถบสีเหลืองบอกหมายเหตุสำคัญ มีลิงก์ Full log
- พับแผงได้ ตอนพับป้ายแสดง "n/N · ชื่อ · F.S. · min" คลิกเพื่อเลือก case
- กด `Esc` ซ่อนผลบนหน้าตัด คลิก case เพื่อแสดงอีกครั้งโดยไม่คำนวณใหม่

10.7 Compare cases

- **Show all ticked cases on the section**: วาดกรอบค้นหาและผิววิกฤตของทุก case ที่ติ๊กบนหน้าตัดเดียว เหมาะกับงานสองด้าน
- **Results** › **Compare cases**: กราฟ F.S. ของทุก case เรียงตามลำดับในแผง Cases หนึ่งเส้นต่อหนึ่งวิธีที่เลือก พร้อมเส้นประเกณฑ์จาก Preferences (เช่น 1.50, 1.30, 1.00)



รูปที่ 10-1 เขื่อนดิน 2 case ทิศวิเคราะห์ตรงข้าม แสดงพร้อมกันด้วย Show all ticked cases on the section

10.8 คำเตือนหลังคำนวณ

ตารางที่ 10-3 คำเตือนหลังคำนวณ

ข้อความ	ความหมาย	ควรทำ
No convergence	M-P หรือ Spencer หาคำตอบที่เส้น F.S.–λ จาก λ = 0 เดินไปถึงไม่ได้ โปรแกรมไม่เดาค่า	ดูกราฟ F.S. vs Lambda ตรวจผิวและค่าดิน
Negative base normal force (สีส้ม)	ฐาน slice ใกล้สันรับแรงดึงซึ่งดินรับไม่ได้	ใส่รอยแตกดึงตามความลึกที่โปรแกรมแนะนำ
M-P / Janbu เกิน 2.0	อัตราส่วนสูงผิดปกติ F.S. ยังแสดง	ตรวจผิวและแรงระหว่าง slice
On a search bound	ผิววิกฤตอยู่บนขอบเขตการค้น	ขยายขอบเขตแล้วค้นใหม่
ผิวไปถึงปลายแบบจำลอง	ผลถูกกำหนดด้วยตำแหน่งที่หน้าตัดสิ้นสุด	ขยายหน้าตัด
วงแตะผิวดิน (touches the ground)	มวลดินสิ้นสุดที่จุดแตะ Slope/W นับมวลต่อ ผลอาจต่างกัน	อ่านแถบเหลืองในการ์ด case
Bishop ต่ำกว่า Ordinary	ผลเริ่มไม่น่าเชื่อถือจากแรงดึงที่ฐาน	ใส่รอยแตกดึง

บทที่ 11

ผลการวิเคราะห์

11

11.1 ค่า F.S. ของทุกวิธี 37
11.2 แท็บ Cross Section 37
11.3 แท็บ F.S. vs Lambda 38
11.4 แท็บ Base Stresses 39
11.5 แท็บ Along Slip Surface 39
11.6 ผลวิกฤต, Slice forces และ Computation table 39
11.7 Full log 40
11.8 อ่านผลให้ถูก 41

11.1 ค่า F.S. ของทุกวิธี

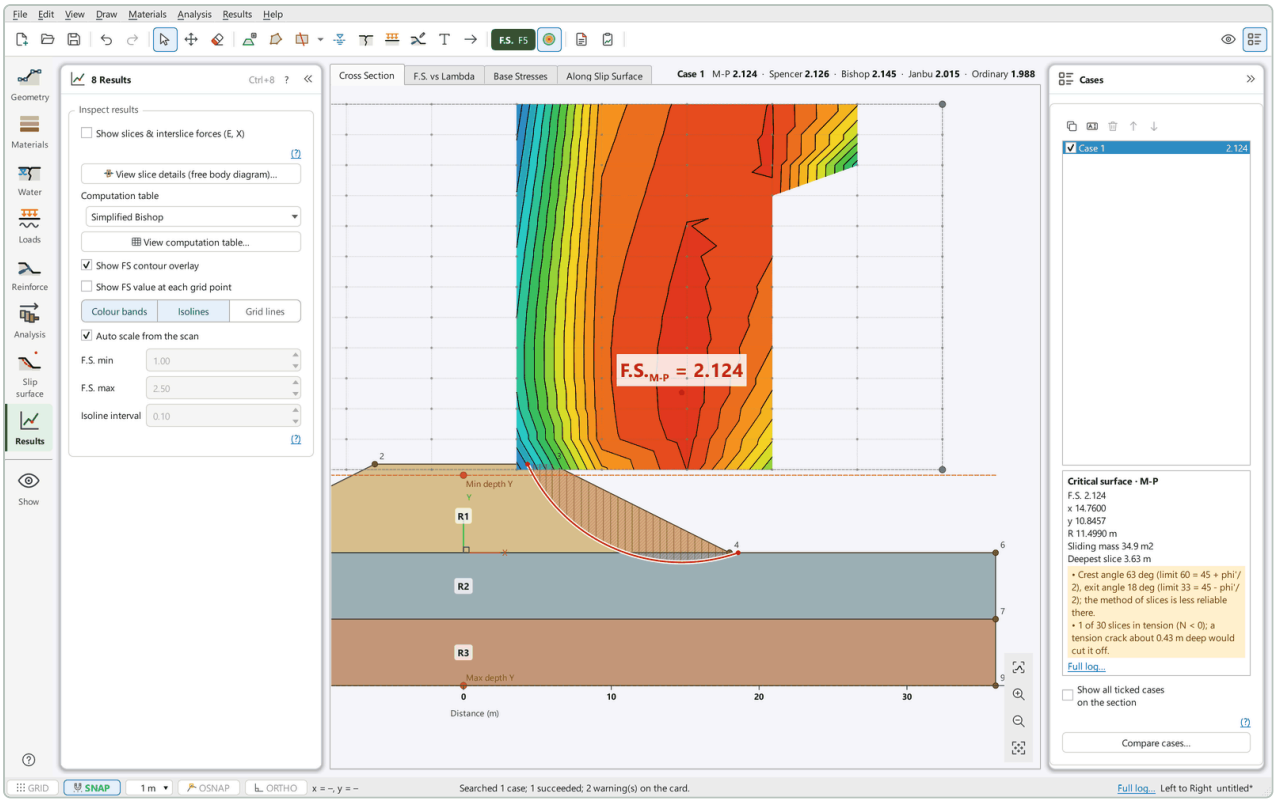
หลังคำนวณ แถบผลและตารางผลในแผง Cases แสดง F.S. ของ Morgenstern-Price, Spencer, Bishop, Janbu และ Ordinary บนผิววิกฤต ค่าตัวหนาคือค่าที่รายงาน (ปกติคือ M-P) พร้อมชื่อวิธี สีของ F.S. ตามช่วงที่ตั้งใน Preferences

ค่าที่ควรใช้ในรายการคำนวณคือค่าที่รายงาน Bishop และ Janbu ใช้เทียบเพื่อตรวจความสมเหตุสมผล

11.2 แท็บ Cross Section

- ผิววิกฤตและมวลดินที่ไถล (hatch) สีและลายตั้งที่ Preferences
- ป้าย F.S. วางเหนือจุดศูนย์วงวิกฤต ไม่ทับวงพิบัติ เปิดพื้นขาวหลังป้ายได้ใน Preferences
- เส้น slice (**Show › Slice lines**)
- Contour ของ F.S. จาก Grid Search: แต่ละจุดศูนย์คือ Bishop ต่ำสุดของวงที่ผ่านตัวกรองที่จุดนั้น แถบสีจากแดง (ต่ำ) ถึงน้ำเงิน (สูง) ช่องสีขาวคือจุดที่ไม่มีวงผ่านตัวกรอง จุดแดงคือจุดศูนย์วิกฤต

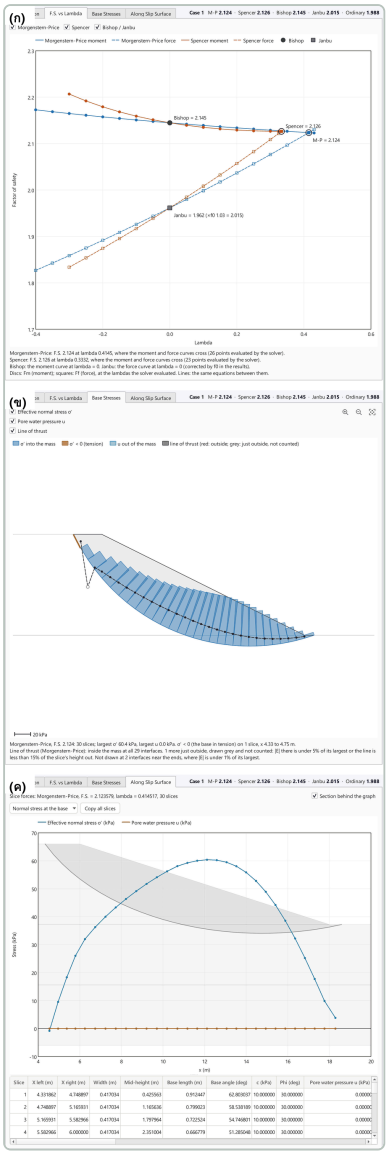
ตั้งค่า contour ที่ขั้น Results: Show FS contour overlay, Show FS value at each grid point, Colour bands, Isolines, Grid lines, Auto scale from the scan หรือกำหนด F.S. min / max และ Isoline interval เอง ปุ่ม Contour บน toolbar เปิดปิดได้เร็ว



รูปที่ 11-1 ผลบนแท็บ Cross Section: ผิววิกฤต มวลดินที่ไถล ป้าย F.S. และ contour

11.3 แท็บ F.S. vs Lambda

กราฟค่า F.S. ตาม λ ของ Morgenstern-Price: จุดกลมคือ Fm (สมดุลโมเมนต์) จุดสี่เหลี่ยมคือ Ff (สมดุลแรง) ที่ λ ที่ solver คำนวณ จุดตัดของสองเส้นคือคำตอบ M-P กราฟมีจุด Bishop และ Janbu ให้เทียบ ใช้ดูเหตุของ No convergence



รูปที่ 11-2 แท็บผล: (ก) F.S. vs Lambda (ข) Base Stresses (ค) Along Slip Surface

11.4 แท็บ Base Stresses

กราฟหน่วยแรงที่ฐาน slice ตาม x: Effective normal stress σ′, Pore water pressure u, Normal stress, Shear stress ช่วงที่ σ′ < 0 คือฐานรับแรงดึง โปรแกรมบอกช่วง x ใต้กราฟ เปิด Section behind the graph เพื่อดูหน้าตัดจางๆ ใต้กราฟ

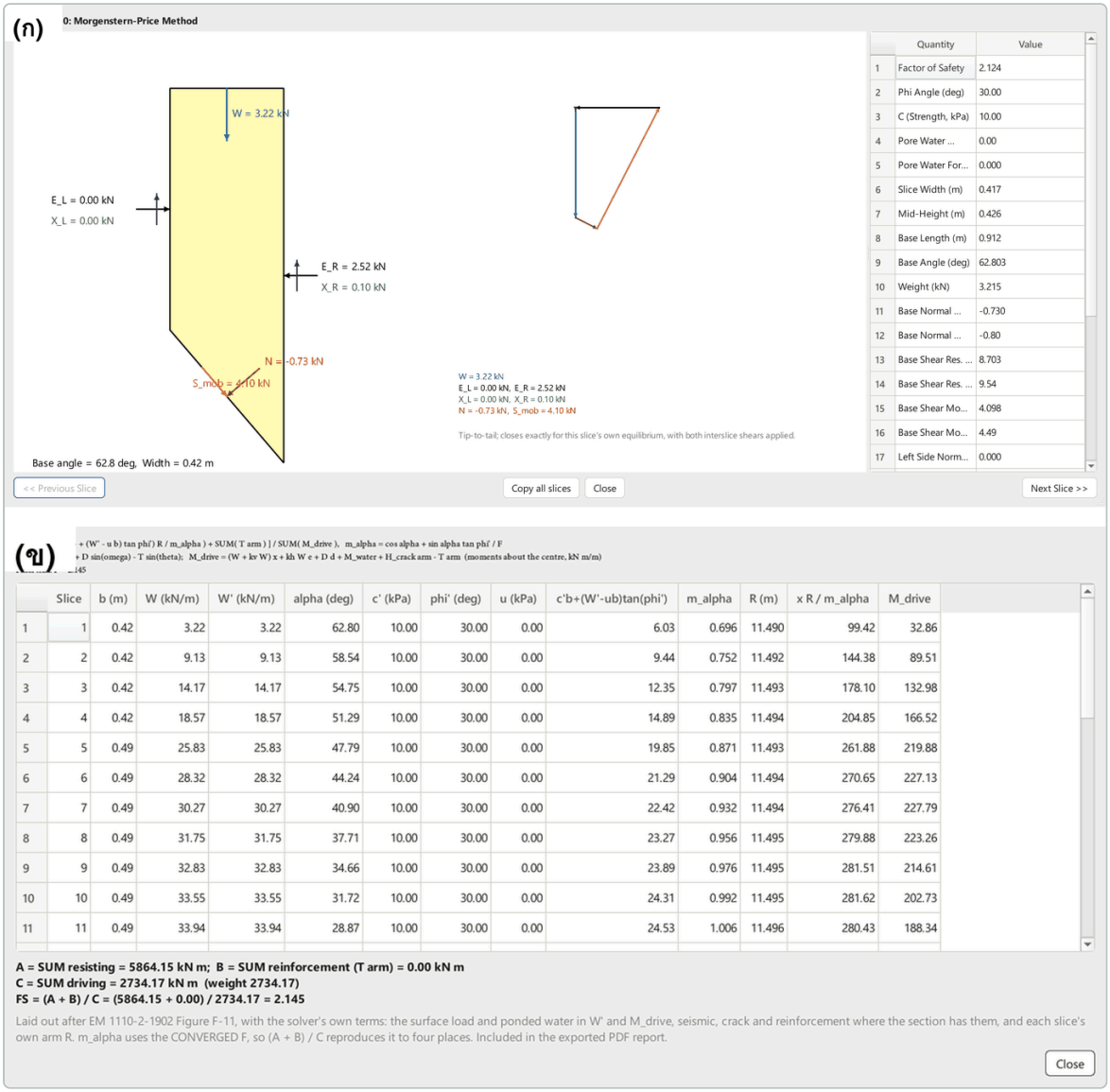
11.5 แท็บ Along Slip Surface

ค่าตามแนวผิวพิบัติ เช่น Interslice forces (E, X) และ Line of thrust จุดที่แรง E กระทำที่แต่ละรอยต่อ slice ใช้ตรวจว่าแรงระหว่าง slice สมเหตุสมผล

11.6 ผลวิกฤต, Slice forces และ Computation table

- **ผลวิกฤต**: x, y ของจุดศูนย์, R, พื้นที่มวลดินที่ไถล (m²), ความลึก slice ลึกสุด, มุมที่สันและตีน

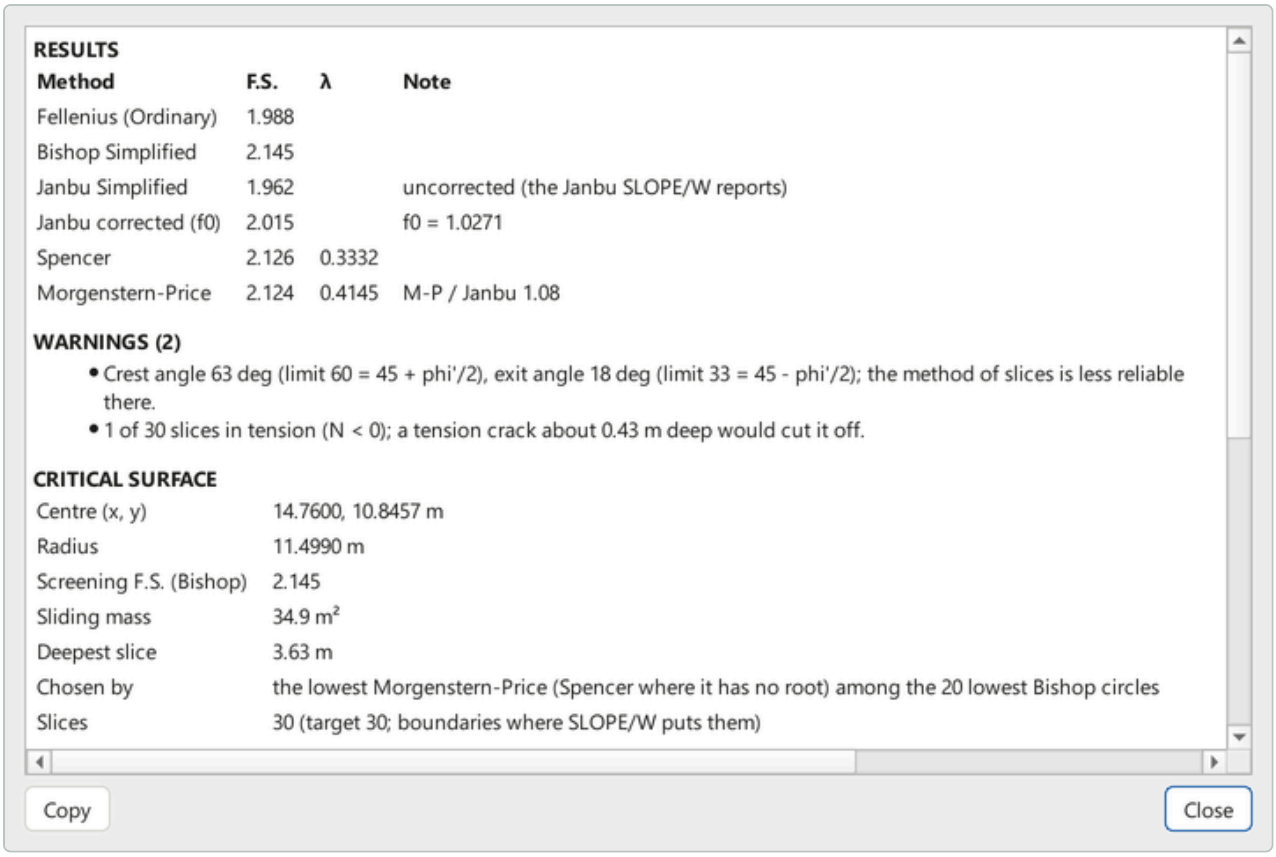
- **Results › Slice forces**: Free Body Diagram and Force Polygon ของแต่ละ slice เลื่อนด้วย Previous / Next Slice กด Copy all slices คัดลอกแรงทุก slice เป็นตารางพร้อมหน่วยไปวางใน Excel
- **Results › Computation table**: ตารางคำนวณทีละ slice แบบ Simplified Bishop หรือ Spencer / Morgenstern-Price ใช้ตรวจด้วยมือได้ (Bishop ใช้กับวงกลมเท่านั้น)
- **Show slices & interslice forces (E, X)**: แสดง slice diagram บน Trial circle คำนวณด้วย M-P (ถ้า M-P ไม่ลู่เข้าใช้ Spencer) คำนวณใหม่ทันทีเมื่อค่าเปลี่ยน



รูปที่ 11-3 (ก) Slice forces: Free Body Diagram and Force Polygon (ข) Computation table แบบ Simplified Bishop

11.7 Full log

Results › Full log หรือลิงก์ในการ์ด case เปิดข้อความเต็มของการคำนวณครั้งล่าสุด: ค่าทุกวิธี จำนวนผิวที่ลอง เวลา หมายเหตุและคำเตือนทุกข้อ เลือกและคัดลอกได้



RESULTS

Method	F.S.	λ	Note
Fellenius (Ordinary)	1.988		
Bishop Simplified	2.145		
Janbu Simplified	1.962		uncorrected (the Janbu SLOPE/W reports)
Janbu corrected (f0)	2.015		f0 = 1.0271
Spencer	2.126	0.3332	
Morgenstern-Price	2.124	0.4145	M-P / Janbu 1.08

WARNINGS (2)

- Crest angle 63 deg (limit 60 = 45 + phi'/2), exit angle 18 deg (limit 33 = 45 - phi'/2); the method of slices is less reliable there.
- 1 of 30 slices in tension (N < 0); a tension crack about 0.43 m deep would cut it off.

CRITICAL SURFACE

Centre (x, y)	14.7600, 10.8457 m
Radius	11.4990 m
Screening F.S. (Bishop)	2.145
Sliding mass	34.9 m²
Deepest slice	3.63 m
Chosen by	the lowest Morgenstern-Price (Spencer where it has no root) among the 20 lowest Bishop circles
Slices	30 (target 30; boundaries where SLOPE/W puts them)

รูปที่ 11-4 หน้าต่าง Full log

11.8 อ่านผลให้ถูก

- [ ] ผิววิกฤตสมเหตุสมผลทางวิศวกรรม ไม่ใช่ผิวตื้นเล็กๆ ที่ไม่มีความหมาย
- [ ] จุดศูนย์วิกฤตไม่อยู่บนขอบ grid และไม่มีหมายเหตุ On a search bound
- [ ] M-P, Spencer, Bishop ไม่ต่างกันมากผิดปกติ (ปกติต่างไม่กี่เปอร์เซ็นต์)
- [ ] ไม่มีคำเตือนสีส้ม หรืออ่านและจัดการตามหัวข้อ 10.8 แล้ว
- [ ] เสริมกำลังตัดผ่านผิววิกฤตตามที่ตั้งใจ
- [ ] คำนวณซ้ำด้วยวิธีค้นอื่น (เช่น Entry-Exit หรือ Block) แล้วได้ค่าใกล้เคียงกัน

บทที่ 12

รายงาน PDF และการส่งออกรูป

12

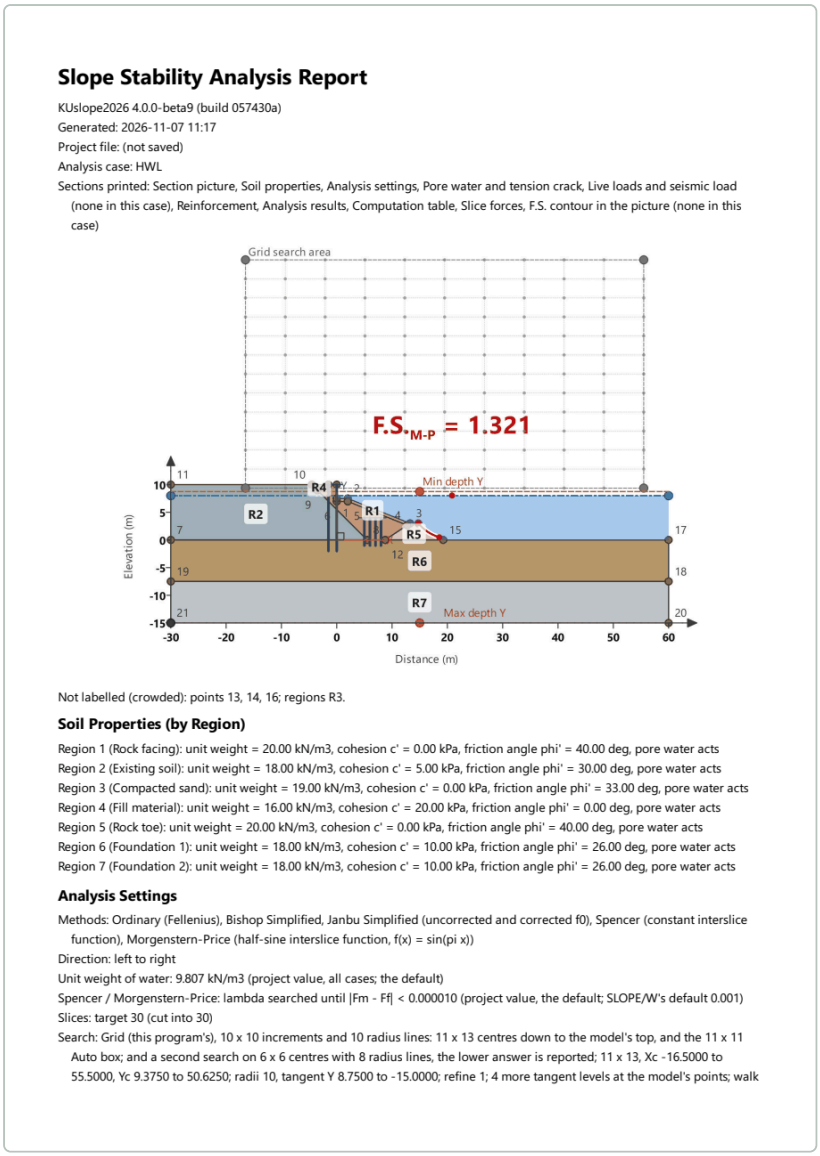
12.1 ส่วนประกอบของรายงาน PDF 42
12.2 Report contents 43
12.3 รายงานหลาย case 44
12.4 Copy picture และ Export picture 44
12.5 ใช้ผลในรายการคำนวณ 45

12.1 ส่วนประกอบของรายงาน PDF

File › Print / export report (PDF) (Ctrl + P) สร้างรายงานสำหรับแนบรายการคำนวณ หัวรายงานทุกหน้ามี

- รุ่นโปรแกรมและ build เช่น "KUslope2026 4.0.0-beta9 (build 057430a)"
- วันเวลาที่สร้าง ชื่อไฟล์ project และชื่อ analysis case
- วิธีที่ใช้: Ordinary (Fellenius), Bishop Simplified, Janbu Simplified (uncorrected และ corrected f0), Spencer (constant interslice function), Morgenstern-Price (half-sine, f(x) = sin(πx))
- ไฟล์ต้นทางเมื่อนำเข้าจาก GeoStudio และ Import notes (พิมพ์เสมอ)

เนื้อหาเรียงตามลำดับ: Section picture, Soil properties, Analysis settings, Pore water and tension crack, Live loads and seismic load, Reinforcement, Analysis results, Computation table, Slice forces



Slope Stability Analysis Report

KUslope2026 4.0.0-beta9 (build 057430a)
Generated: 2026-11-07 11:17
Project file: (not saved)
Analysis case: HWL
Sections printed: Section picture, Soil properties, Analysis settings, Pore water and tension crack, Live loads and seismic load (none in this case), Reinforcement, Analysis results, Computation table, Slice forces, F.S. contour in the picture (none in this case)

Not labelled (crowded): points 13, 14, 16; regions R3.

Soil Properties (by Region)

Region 1 (Rock facing): unit weight = 20.00 kN/m3, cohesion c' = 0.00 kPa, friction angle phi' = 40.00 deg, pore water acts
Region 2 (Existing soil): unit weight = 18.00 kN/m3, cohesion c' = 5.00 kPa, friction angle phi' = 30.00 deg, pore water acts
Region 3 (Compacted sand): unit weight = 19.00 kN/m3, cohesion c' = 0.00 kPa, friction angle phi' = 33.00 deg, pore water acts
Region 4 (Fill material): unit weight = 16.00 kN/m3, cohesion c' = 20.00 kPa, friction angle phi' = 0.00 deg, pore water acts
Region 5 (Rock toe): unit weight = 20.00 kN/m3, cohesion c' = 0.00 kPa, friction angle phi' = 40.00 deg, pore water acts
Region 6 (Foundation 1): unit weight = 18.00 kN/m3, cohesion c' = 10.00 kPa, friction angle phi' = 26.00 deg, pore water acts
Region 7 (Foundation 2): unit weight = 18.00 kN/m3, cohesion c' = 10.00 kPa, friction angle phi' = 26.00 deg, pore water acts

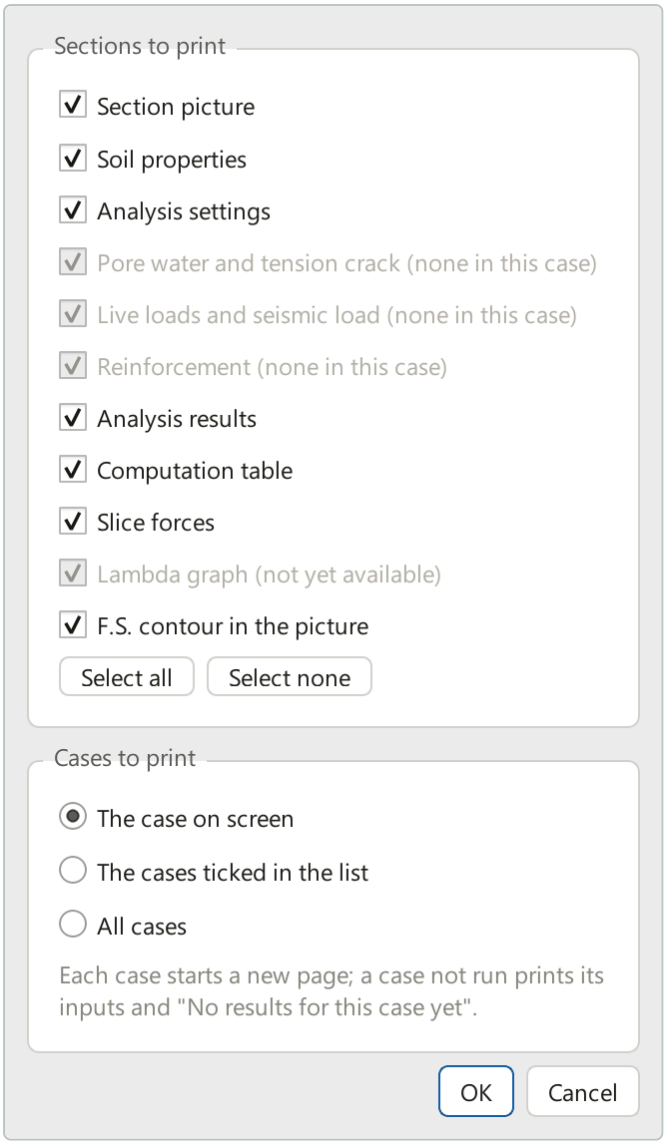
Analysis Settings

Methods: Ordinary (Fellenius), Bishop Simplified, Janbu Simplified (uncorrected and corrected f0), Spencer (constant interslice function), Morgenstern-Price (half-sine interslice function, f(x) = sin(pi x))
Direction: left to right
Unit weight of water: 9.807 kN/m3 (project value, all cases; the default)
Spencer / Morgenstern-Price: lambda searched until |Fm - Ff| < 0.000010 (project value, the default; SLOPE/W's default 0.001)
Slices: target 30 (cut into 30)
Search: Grid (this program's), 10 x 10 increments and 10 radius lines: 11 x 13 centres down to the model's top, and the 11 x 11 Auto box; and a second search on 6 x 6 centres with 8 radius lines, the lower answer is reported; 11 x 13, Xc -16.5000 to 55.5000, Yc 9.3750 to 50.6250; radii 10, tangent Y 8.7500 to -15.0000; refine 1; 4 more tangent levels at the model's points; walk

รูปที่ 12-1 หน้าแรกของรายงาน PDF: หัวรายงานพร้อม build รูปหน้าตัด ค่าดิน และค่าตั้งการคำนวณ

12.2 Report contents

ก่อนพิมพ์ หน้าต่าง Report contents ให้ติ๊กหัวข้อที่จะใส่ และเลือกว่ารูปหน้าตัดมี F.S. contour หรือไม่ project จำค่านี้ไว้ การเปลี่ยนไม่ล้างผล ท้ายรายงานบอกว่าพิมพ์หัวข้อใดและไม่พิมพ์หัวข้อใด ("Sections printed: ...; not printed: ...") หัวข้อ Lambda graph ยังไม่เปิดใช้



รูปที่ 12-2 หน้าต่าง Report contents

12.3 รายงานหลาย case

กลุ่ม Cases to print ในหน้าต่าง Report contents เลือกได้ 3 แบบ: The case on screen, The cases ticked in the list, All cases แต่ละ case ขึ้นหน้าใหม่ตามลำดับในแผง Cases case ที่ยังไม่คำนวณพิมพ์เฉพาะค่าที่ใส่ หัวข้อที่ไม่มีใน case ที่เลือกจะเป็นสีเทา เรียงลำดับด้วย Alt+Up / Alt+Down ก่อนพิมพ์ ตั้งชื่อ case ให้อ่านเข้าใจ เช่น "HWL ปกติ", "RDD + แผ่นดินไหว" เพราะชื่อพิมพ์อยู่บนหัวรายงาน

ถ้าผลบนหน้าตัดถูกซ่อนอยู่ (กด `Esc` ไว้) โปรแกรมถามก่อนสร้าง PDF

12.4 Copy picture และ Export picture

- **Edit › Copy picture** (`Ctrl`+`C`): คัดลอกรูปหน้าตัดตามที่เห็นบนจอ ไปวางใน Word, Excel หรือ PowerPoint
- **File › Export picture**: บันทึกเป็นไฟล์รูป
- รูปที่ได้ตาม Show และการซูมขณะนั้น แต่ไม่มีจุด grid ขนาดป้าย F.S. ในรูปส่งออกตั้งแยกได้ใน Preferences

12.5 ใช้ผลในรายการคำนวณ

- แนบรายงาน PDF ฉบับเต็ม ไม่ตัดหน้าค่าตั้งออก เพราะผู้ตรวจต้องเห็นวิธีค้นหา ตัวกรอง และค่าดิน
- ระบุเกณฑ์ F.S. ที่ใช้แต่ละสภาพ (เช่น ปกติ น้ำลดเร็ว แผ่นดินไหว) และอ้างมาตรฐานที่ใช้
- อ้างรหัส build บนหัวรายงาน หากคำนวณใหม่ด้วยรุ่นอื่นจะตรวจย้อนได้
- เก็บไฟล์ .kslp คู่กับ PDF ถ้าเปิด Save computed F.S. in project file ไฟล์จะเก็บผลพร้อมค่าที่ใช้คำนวณและ build เปิดใหม่จะเห็นผลเดิมทันที

บทที่ 13

แลกเปลี่ยนไฟล์กับ GeoStudio SLOPE/W

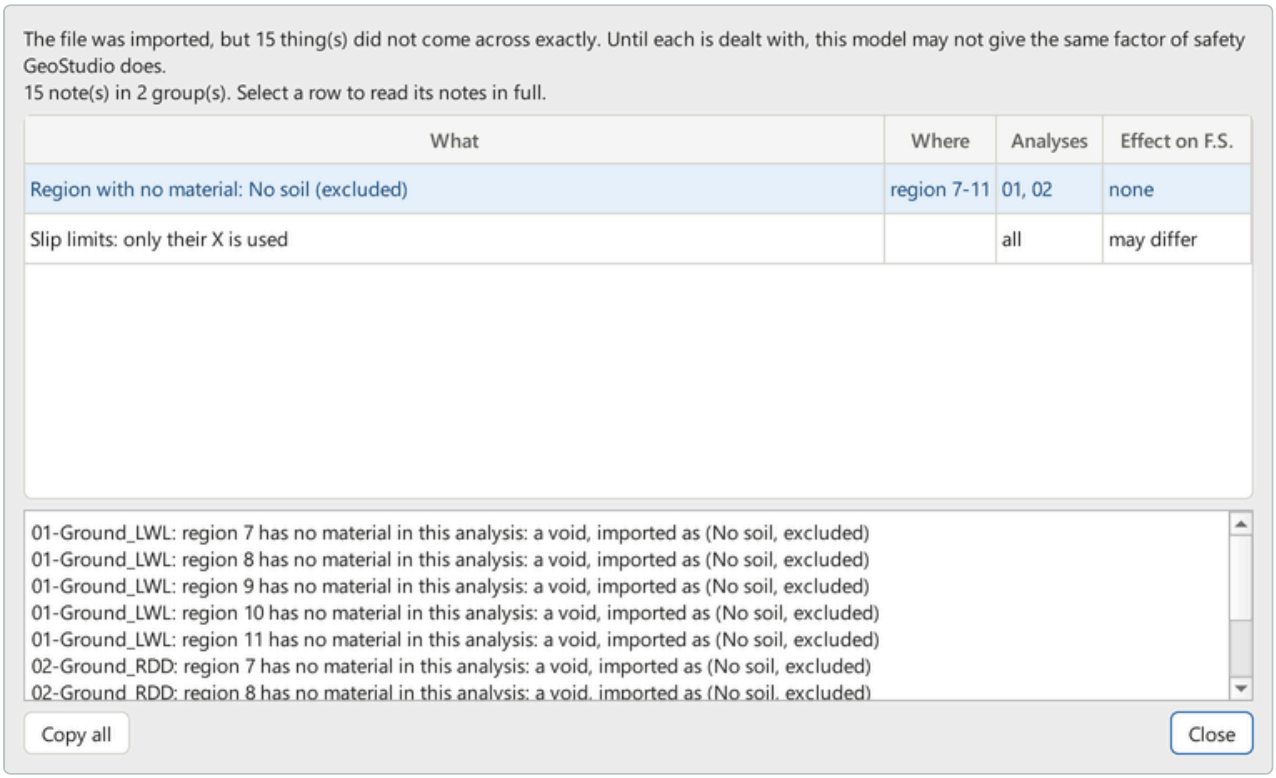
13

13.1 นำเข้าไฟล์ .gsz 46
13.2 สิ่งที่นำเข้าไม่ได้ 46
13.3 ส่งออกเป็น GeoStudio 2012 47
13.4 เทียบผลกับ Slope/W 47

13.1 นำเข้าไฟล์ .gsz

File › Import › GeoStudio 2012 / 2018 / 2023 (.gsz) เปิดไฟล์ Slope/W ได้ตั้งแต่รุ่น 2012 ถึง GeoStudio 2023 (รวม 23.1 build 520)

- ได้หน้าตัด วัสดุ น้ำ น้ำหนักบรรทุก แผ่นดินไหว เสริมกำลัง และค่าค้นหา แต่ละ analysis ในไฟล์กลายเป็น case
- การค้นหาตั้งเป็น SLOPE/W Grid and Radius (from the file) ตามไฟล์เดิม ผิว Fully specified มาจากไฟล์ได้ด้วย
- ไฟล์โมเดลเดียวกันที่บันทึกเป็น 2012, 2018 หรือ 2023 ให้ project และ F.S. เท่ากันทุกช่อง (ตรวจ 30 ไฟล์)



รูปที่ 13-1 Import notes หลังนำเข้าไฟล์ GeoStudio

13.2 สิ่งที่นำเข้าไม่ได้

โปรแกรมไม่เดาค่า สิ่งที่นำเข้าไม่ได้หรือแปลงค่าได้ไม่ตรงจะมี note บอกเหตุผล note เหล่านี้พิมพ์ในรายงาน PDF เสมอ

- แบบจำลองวัสดุขั้นสูงของ Slope/W ที่นอกเหนือจาก Mohr-Coulomb และ undrained

- ไฟล์ที่มีส่วนประกอบที่โปรแกรมไม่รู้จัก จะถูกปฏิเสธพร้อมบอกชื่อส่วนนั้น ถ้าเจอกรณีนี้ให้ส่งไฟล์ให้ผู้พัฒนา

13.3 ส่งออกเป็น GeoStudio 2012

File › Export › GeoStudio 2012 (*.gsz) ส่งทุก case เป็น analysis ของ Slope/W เพื่อเปิดตรวจใน Slope/W เป็นระยะแรก มีข้อจำกัด

- ยังไม่ส่ง ru, Block Search, Fully specified และ Spencer
- Grid Search ไปเป็น Grid and Radius ของ Slope/W จุด grid และรัศมีอาจต่างจากที่ KUslope 2026 ค้นจริง

13.4 เทียบผลกับ Slope/W

ตารางที่ 13-1 เทียบผลกับ Slope/W

เทียบแบบไหน	ความต่างที่คาด	เหตุ
ผิวเดียวกัน (Specified circle หรือ Fully specified)	เฉลี่ยราว 0.05%	พิสูจน์ solver โดยตรง
ต่างคนต่างค้นหา	อาจต่างเกิน 1%	ขอบเขตและการปรับจุดศูนย์ต่างกัน ส่วนใหญ่ KUslope 2026 ได้เท่าหรือต่ำกว่า
วงแตะผิวดินที่จุดเดียว	อาจต่างมาก (กรณีสูงสุด 5.3%)	KUslope 2026 หยุดมวลดินที่จุดแตะ Slope/W นับมวลต่อผ่านคอดดินบาง

เมื่อต้องการตรวจสอบกับ Slope/W ให้เทียบบนผิวเดียวกันก่อน: นำผิววิกฤตจากโปรแกรมหนึ่งไปใส่เป็น Specified circle ในอีกโปรแกรมหนึ่ง แล้วจึงเทียบผลการค้นหา

บทที่ 14

ตัวอย่างการใช้งานตามประเภทงาน 14

14.1 คันทางบนดินอ่อน 48
14.2 งานขุดและกำแพงเข็ม 48
14.3 กำแพงกันดิน cantilever 48
14.4 ตลิ่งแม่น้ำเสริมเข็ม 48
14.5 เขื่อนดิน zoned core 49
14.6 ลาดดินเสริม soil nail หรือ anchor 49
14.7 ลาดธรรมชาติจากภาพร่าง 49

ตัวอย่างในบทนี้บอกลำดับงานและ case ที่ควรตั้ง ค่า F.S. และรูปผลจะใส่เมื่อคำนวณด้วย beta9 จริง

14.1 คันทางบนดินอ่อน

1. **New from Template › Road embankment** ใส่ความสูงคันทาง ความกว้างถนน ลาด และ Traffic surcharge
2. Materials: คันทางใช้ Embankment fill ดินเหนียวอ่อนใช้ undrained (φ = 0, c = Su) แบ่งชั้นตาม Su ที่เพิ่มตามความลึก
3. Case: หลังก่อสร้าง (undrained) และระยะยาว (effective) ถ้าต้องการ เพิ่ม case แผ่นดินไหว
4. ตรวจสองด้านของคันทางถ้าไม่สมมาตร: ทำ case ที่ Right -> Left เพิ่ม แล้วเปิด Show all ticked cases on the section

14.2 งานขุดและกำแพงเข็ม

1. Excavation (cut) สำหรับลาดขุด หรือ Piling wall (spaced soldier piles) สำหรับกำแพงเข็ม
2. ใส่ Surcharge ข้างบ่อตามเครื่องจักรและกองดิน
3. เข็ม: ตรวจทั้ง Shear/spacing และ Ito-Matsui ใช้ค่าที่ต่ำกว่า
4. ตรวจว่าผิววิกฤตอ้อมใต้ปลายเข็มหรือไม่ ถ้าใช่ ความยาวเข็มคือสิ่งที่ควบคุม

14.3 กำแพงกันดิน cantilever

1. Retaining wall (cantilever) ใส่มิติกำแพง ระดับดินหน้ากำแพง ลาด backfill และ surcharge
2. วัสดุกำแพงเป็นคอนกรีต ปิด Pore water acts
3. ตรวจเสถียรภาพโดยรวมที่ผิวอ้อมใต้ฐานกำแพง ใช้ Search limit in Left-Right ถ้าต้องการตัดผิวที่ผ่านตัวกำแพง
4. การเลื่อนไถล การพลิกคว่ำ และกำลังแบกทาน ต้องตรวจแยกด้วยการคำนวณอื่น

14.4 ตลิ่งแม่น้ำเสริมเข็ม

1. River bank (piles A-B), (deck on piles) หรือ (gabion on piles) ใส่ระดับท้องน้ำ ความลึกกัดเซาะ และเข็ม
2. ทำ 3 case: HWL, LWL และ RDD ด้วย Generate water line (หัวข้อ 6.4) คลิก Clone the open case แล้วเปลี่ยนเส้นน้ำ
3. ถ้าสภาพเข็มรายต้นต่างกัน ใช้ Ito-Matsui กับเข็มที่ห่างในดินอ่อน
4. เทียบทุก case ด้วย Compare cases กรณี RDD มักเป็นกรณีที่ควบคุมการออกแบบ

14.5 เขื่อนดิน zoned core

1. Earth dam (zoned, central core) ใส่ความสูง สัน ลาดต้นน้ำ / ท้ายน้ำ core filter และระดับน้ำ
2. ตรวจเส้นน้ำในตัวเขื่อนกับผล seepage หรือผลตรวจวัด เพราะ template วาดด้วยสูตรประมาณ
3. Case: เก็บน้ำเต็ม (ตรวจลาดท้ายน้ำ, Left -> Right) น้ำลดเร็ว (ตรวจลาดต้นน้ำ, Right -> Left) และแผ่นดินไหว
4. เปิด Show all ticked cases on the section เพื่อเห็นผิววิกฤตทั้งสองลาดบนรูปเดียว

14.6 ลาดดินเสริม soil nail หรือ anchor

1. วาดหน้าตัดลาดหรือใช้ Excavation (cut)
2. เพิ่ม Reinforcement ชนิด Anchor แต่ละแถว Capacity = Bond (anchor) ใส่ bond diameter, bond stress, tendon area, fy และระยะห่างตามแนวผนัง
3. เลือกหลายแถวแล้ว Edit เพื่อใส่ค่าเดียวกันทุกแถว
4. คำนวณทั้งแบบเปิดและปิด Divide the force by the factor of safety ตามแนวทางที่มาตรฐานกำหนด ตรวจผิวหลังแนว nail ด้วย Search limit in Left-Right หรือ Block Search

14.7 ลาดธรรมชาติจากภาพร่าง

1. ส่งภาพร่างหรือแบบ PDF ให้ Claude พร้อมคำบรรยายชั้นดิน น้ำ และ case ที่ต้องการ ให้สร้าง .kmd.json ด้วย skill kuslope-model-description
2. File › New from AI description ตรวจรูป ค่าดิน และสมมติฐานทุกข้อก่อน Import
3. ถ้ามีแบบสำรวจมาตราส่วน ใช้ Background image วางทับเพื่อเทียบผิวดินกับหน้าตัดที่สร้าง
4. ค้นหาด้วย Grid Search และ Entry-Exit แล้วเทียบกัน ลาดธรรมชาติมักมีผิววิกฤตหลายตำแหน่ง

ภาคผนวก ก

ทฤษฎีโดยย่อ

ทุกวิธีแบ่งมวลดินที่ไถลเป็น slice แนวดิ่ง และนิยาม F.S. เป็นอัตราส่วนที่ลดกำลังรับแรงเฉือนของดินจนมวลดินอยู่ในสภาวะสมดุลพอดี KUslope 2026 ใช้สูตรรวมแบบ General Limit Equilibrium (GLE) เช่นเดียวกับ Slope/W วิธี Bishop, Janbu, Spencer และ Morgenstern-Price ต่างกันที่สมการสมดุลที่บังคับให้เป็นจริงและฟังก์ชันแรงระหว่าง slice

$$S_m = \frac{\beta\,[\,c' + (\sigma_n - u)\tan\phi'\,]}{F} = \frac{c'\beta + (N - u\beta)\tan\phi'}{F} \tag{ก-1}$$

แรงเฉือนที่ใช้ที่ฐาน slice (mobilized shear) คือกำลัง Mohr-Coulomb หารด้วย F

$$N = \frac{W + (X_R - X_L) - \dfrac{c'\beta\sin\alpha + u\beta\sin\alpha\tan\phi'}{F}}{\cos\alpha + \dfrac{\sin\alpha\tan\phi'}{F}} \tag{ก-2}$$

แรงตั้งฉากที่ฐาน จากสมดุลแรงแนวดิ่งของ slice ขึ้นกับ F และแรงเฉือนระหว่าง slice จึงต้องคำนวณซ้ำ

$$F_m = \frac{\sum\,[\,c'\beta R + (N - u\beta)\,R\tan\phi'\,]}{\sum Wx - \sum Nf + \sum k_h We \pm \sum Aa} \tag{ก-3}$$

F.S. จากสมดุลโมเมนต์รอบจุดหมุน (Fm)

$$F_f = \frac{\sum\,[\,c'\beta\cos\alpha + (N - u\beta)\tan\phi'\cos\alpha\,]}{\sum N\sin\alpha + \sum k_h W \pm \sum A} \tag{ก-4}$$

F.S. จากสมดุลแรงแนวราบ (Ff)

$$X = E\,\lambda\,f(x) \tag{ก-5}$$

แรงเฉือนระหว่าง slice เป็นสัดส่วนกับแรงตั้งฉาก ด้วยตัวคูณ λ และฟังก์ชัน f(x)

$$F_m(\lambda) = F_f(\lambda) = F \tag{ก-6}$$

คำตอบของ Spencer และ M-P คือ λ ที่ทำให้ Fm เท่ากับ Ff (เกณฑ์ |Fm – Ff| < 0.00001)

วิธี Ordinary (Fellenius)

$$N = W\cos\alpha - k_h W\sin\alpha \tag{ก-7}$$

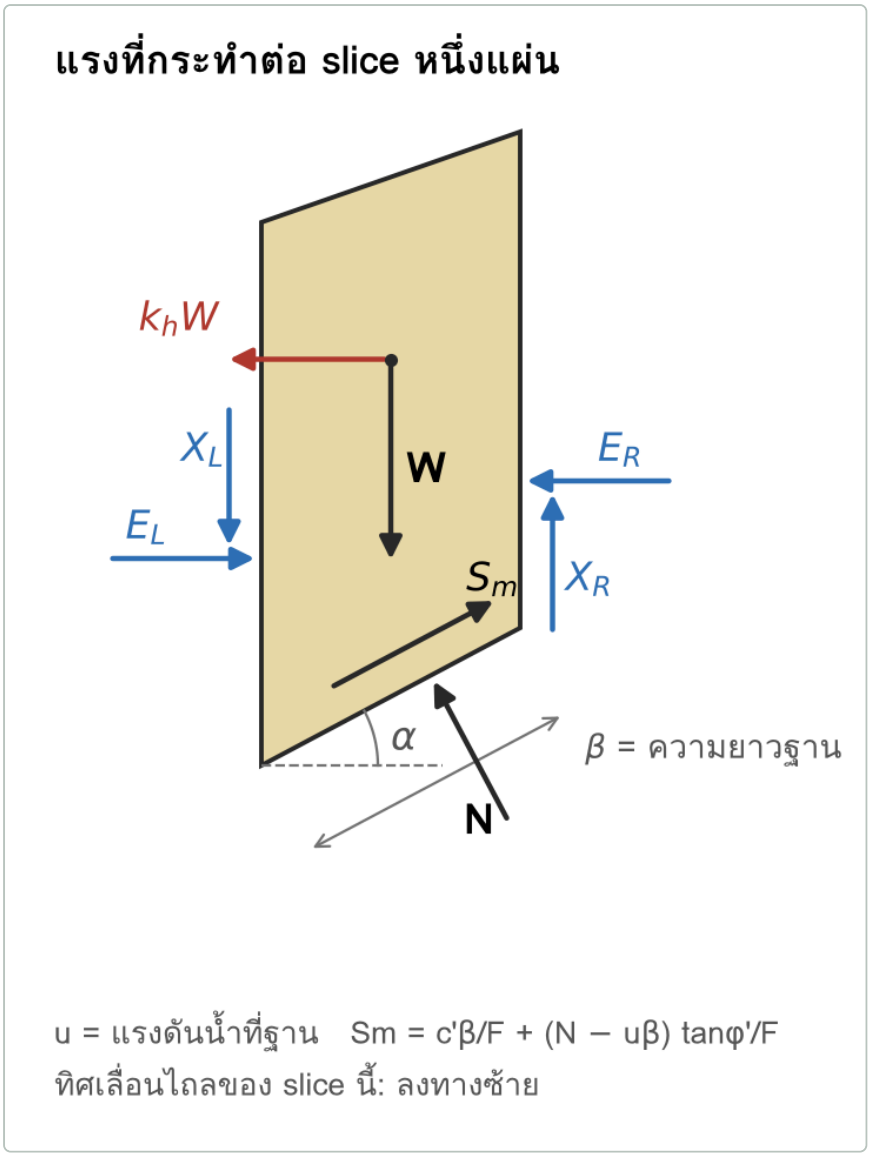
แรงตั้งฉากที่ฐานจากสมดุลแรงตั้งฉากฐาน ไม่คิดแรงระหว่าง slice

$$F = \frac{\sum\,[\,c'\beta + (N - u\beta)\tan\phi'\,]\,R}{\sum Wx + \sum k_h We \pm \sum Aa} \tag{ก-8}$$

F.S. จากสมดุลโมเมนต์รอบจุดศูนย์วง ไม่ต้องคำนวณซ้ำ

ตารางที่ ก-1 ทฤษฎีโดยย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
W	น้ำหนัก slice รวมน้ำหนักบรรทุกและน้ำที่ท่วมเหนือ slice (kN/m)
β, α	ความยาวฐาน slice (m) และมุมฐานจากแนวราบ
N, u	แรงตั้งฉากที่ฐาน (kN/m) และแรงดันน้ำที่ฐาน (kPa)
c', φ'	กำลังเฉือนของดิน (undrained: c = Su, φ = 0)
Sm	แรงเฉือนที่ใช้จริงที่ฐาน slice
E, X	แรงตั้งฉากและแรงเฉือนระหว่าง slice (L = ด้านซ้าย, R = ด้านขวา)
R	แขนโมเมนต์ของแรงเฉือนรอบจุดหมุน (วงกลม = รัศมี)
x, e	ระยะแนวราบและแนวดิ่งจากจุดหมุนถึงศูนย์ถ่วง slice
f	แขนโมเมนต์ของ N รอบจุดหมุน (วงกลม = 0)
kh	สัมประสิทธิ์แผ่นดินไหวแนวราบ
A, a	แรงน้ำในรอยแตกและแขนโมเมนต์
λ, f(x)	ตัวคูณและฟังก์ชันแรงระหว่าง slice (x วัดจากจุดเข้าถึงจุดออกเป็น 0 ถึง 1)
Fm, Ff	F.S. จากสมดุลโมเมนต์และจากสมดุลแรง



รูปที่ ก-1 แรงที่กระทำต่อ slice หนึ่งแผ่น: น้ำหนัก W, แรงแผ่นดินไหว khW, แรงระหว่าง slice E และ X, แรงตั้งฉาก N และแรงเฉือน Sm ที่ฐาน

ตารางที่ ก-2 ทฤษฎีโดยย่อ

วิธี	สมดุลที่ใช้	แรงระหว่าง slice
Ordinary (Fellenius)	โมเมนต์รอบจุดศูนย์วง	ไม่คิด
Bishop simplified	โมเมนต์, แรงแนวดิ่ง	คิด E, X = 0
Janbu simplified	แรงแนวราบ, แรงแนวดิ่ง	คิด E, X = 0 (รายงานทั้ง uncorrected และ corrected f0)
Spencer	โมเมนต์และแรง	X/E = ค่าคงที่ (f(x) = 1)
Morgenstern-Price	โมเมนต์และแรง	X = λ f(x) E, f(x) = sin(πx) half-sine

ขั้นตอนหาคำตอบของ Spencer และ Morgenstern-Price

1. เริ่มที่ λ = 0 คำนวณ N จาก (ก-2) และ F จาก (ก-3) กับ (ก-4) ซ้ำจน F ลู่เข้า ได้ Fm และ Ff ของ λ นั้น

2. เพิ่ม λ ทีละขั้น คำนวณแรงระหว่าง slice E จากสมดุลแรงทีละ slice และ X จาก (ก-5) แล้วคำนวณ Fm, Ff ใหม่
3. เส้น Fm–λ และ Ff–λ ตัดกันที่คำตอบ (ก-6) ดูกราฟได้ที่แท็บ F.S. vs Lambda (รูปที่ 11-2)
4. ถ้าเส้นที่เดินจาก λ = 0 ไปไม่ถึงจุดตัด โปรแกรมรายงาน No convergence แทนการเดาค่า

ความสัมพันธ์ของแต่ละวิธีกับสมการรวม

- Bishop simplified = Fm ที่ λ = 0 (X = 0 แต่คิด E)
- Janbu simplified = Ff ที่ λ = 0 ค่า corrected คูณด้วยตัวปรับแก้ f0 ของ Janbu
- Spencer: f(x) = 1 แรงระหว่าง slice ขนานกันทุกรอยต่อ
- Morgenstern-Price: f(x) = sin(πx) (half-sine) เป็นค่าที่โปรแกรมรายงาน
- Ordinary (Fellenius): ไม่คิดแรงระหว่าง slice N มาจากสมดุลแรงตั้งฉากฐาน และใช้สมดุลโมเมนต์รอบจุดศูนย์วง ไม่ต้องคำนวณซ้ำ

สมการของ Ordinary คือ (ก-7) และ (ก-8) ท้ายชุดสมการข้างบน

ภาคผนวก ข

ผลเทียบกับ Slope/W

เทียบบนผิวเดียวกับ Slope/W จากไฟล์ 24 ไฟล์ (ปิดงานเทียบ 11 ต.ค. 2569)

ตารางที่ ข-1 ผลเทียบกับ Slope/W

วิธี	จำนวนค่า	ต่างเฉลี่ย (ค่าสัมบูรณ์)	ต่างไม่เกิน 0.1%
ค่าที่รายงาน (M-P)	124	0.055%	122
Bishop	122	0.040%	120
Janbu (uncorrected)	122	0.050%	121
Ordinary	8	0.004%	8

ก่อนออกทุกรุ่น โปรแกรมต้องผ่านชุดตรวจถาวร (การค้นหา 123 + 123 ครั้ง และไฟล์ GeoStudio 124 ไฟล์) โดยค่าต้องไม่เปลี่ยน ความต่างที่รู้และบันทึกไว้ เช่น test3 Spencer −6% และ LWL+2m M-P +0.35%

ภาคผนวก ค

รูปแบบไฟล์ .kmd.json

ไฟล์ .kmd.json เป็น JSON ที่ Claude เขียนตาม skill kuslope-model-description (format "kuslope-model-description", schema_version "0.1") มี 2 แบบ

- **แบบ A (template)**: ชื่อ template ตามที่โปรแกรมใช้ และมิติตามชื่อช่องของ template
- **แบบ B (ผิวดินและชั้นดิน)**: surface เป็นช่วง (length, drop) จากสันลงตีน ชั้นดินนอน พิกัด x = 0 ที่ขอบซ้าย y = 0 ที่ตีนลาด

ตัวอย่างแบบ B (ย่อ)

```
{
  "format": "kuslope-model-description",
  "schema_version": "0.1",
  "title": "Embankment from sketch",
  "surface": {"segments": [{"length": 15, "drop": 0}, {"length": 5, "drop": 5}, {"length": 20,
"drop": 0}]},
  "materials": [{"name": "Layer 1", "unit_weight": 18, "c": 10, "phi": 0}],
  "layers": [{"material": "Layer 1", "thickness": 2.0}],
  "water": [{"name": "Dry", "type": "none"}],
  "loads": [
    {"name": "Live load 10 kPa", "type": "surcharge", "q": 10, "from_x": 0, "to_x": 15}
  ],
  "cases": [
    {"name": "01-Dry + live load", "water": "Dry", "loads": ["Live load 10 kPa"]}
  ],
  "assumptions": [
    {"id": "A1", "text": "No water table shown: modelled dry.", "source": "drawing"}
  ]
}
```

โปรแกรมไม่เดาค่า: key ที่ไม่รู้จัก ชื่อที่อ้างถึงสิ่งที่ไม่มี หรือสิ่งที่โปรแกรมจำลองไม่ได้ (ชั้นดินเอียง Su เพิ่มตามความลึก แรงจุด เส้นน้ำสองเส้นใน case เดียว) เป็น error พร้อมตำแหน่งในไฟล์ เช่น "cases[2].water" ตัวอย่างเพิ่มเติมอยู่ที่ tools/kmd_examples/

ภาคผนวก ง

ค่าดิน preset

ค่าตัวแทนสำหรับตรวจเบื้องต้น ไม่ใช่ค่าออกแบบ ดิน undrained ค่า c คือ Su

ตารางที่ ง-1 ค่าดิน preset

Preset	γ (kN/m³)	c หรือ Su (kPa)	φ (°)	หมายเหตุ
Embankment fill (compacted)	19.0	10	30	ดินถมบดอัด
Laterite (compacted)	20.0	15	32	ลูกรังบดอัด
Sand, loose	18.0	0	28	
Sand, medium dense	19.0	0	32	
Silty sand	18.5	5	28	
Gravel / rockfill	20.0	0	38	
Soft clay (undrained)	16.0	Su 15	0	เช่น ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ
Medium clay (undrained)	17.5	Su 30	0	
Stiff clay (undrained)	19.0	Su 75	0	
Stiff clay (effective)	19.0	10	25	ระยะยาว
Weathered rock	21.0	30	35	
Riprap	21.0	0	40	หินป้องกันตลิ่ง

ภาคผนวก จ

ปัญหาที่พบบ่อย

ตารางที่ จ-1 ปัญหาที่พบบ่อย

อาการ	สาเหตุ	วิธีแก้
กด F5 แล้วไม่มีผล	ไม่มี case ที่ติ๊ก หรือ region ไม่มีวัสดุ	ติ๊ก case และกำหนดวัสดุทุก region
ผลหายจากหน้าตัด	กด Esc ซ่อนผล หรือแก้ค่าที่ใช้คำนวณ	คลิก case เพื่อแสดงผล หรือกด F5 ใหม่
No convergence	M-P / Spencer หาจุดตัด Fm–Ff ไม่ได้	ดูแท็บ F.S. vs Lambda ตรวจผิวและค่าดิน ใส่รอยแตกถ้าฐานรับแรงดึง
ผิววิกฤตเป็นแผ่นตื้นที่สัน	ดินทราย c' = 0 ที่ผิว	เป็นผลทางทฤษฎี พิจารณา Min sliding area / Min depth หรือตรวจผิวที่ลึกแยก
นำเข้า .gsz ไม่ได้	มีส่วนประกอบที่โปรแกรมไม่รู้จัก	อ่านข้อความที่บอก และส่งไฟล์ให้ผู้พัฒนา
Template สร้างหน้าตัดไม่ได้	ค่าขัดกัน เช่น ลาด rock toe ไม่ชันกว่าตลิ่ง	อ่านเหตุผลใต้รูปแล้วแก้ค่า
ย้ายจุดหรือ region ไม่ได้	การย้ายทำให้ region ซ้อนกันใหม่	ย้ายทั้งกลุ่มพร้อมกัน หรือแก้จุดทีละจุด

ภาคผนวก ฉ

อธิบายคำศัพท์

ตารางที่ ฉ-1 อธิบายคำศัพท์

คำศัพท์	ความหมาย
Factor of Safety (F.S.)	อัตราส่วนความปลอดภัย กำลังต้านทานหารด้วยแรงขับเคลื่อน
Limit Equilibrium Method (LEM)	วิธีสมดุลจำกัด หากำลังที่ต้องใช้เพื่อสมดุลพอดี
Slip surface	ผิวพิบัติ ผิวที่มวลดินเลื่อนไถล
Critical slip surface	ผิวพิบัติวิกฤต ผิวที่ F.S. ต่ำสุด
Slice	แท่งดินแนวดิ่งที่แบ่งจากมวลดินที่ไถล
Region	พื้นที่ปิดในหน้าตัดที่ใช้วัสดุเดียว
Analysis case	ชุดสภาพการวิเคราะห์บนหน้าตัดเดียวกัน
Piezometric line	เส้นระดับน้ำที่ใช้คำนวณแรงดันน้ำ
ru	สัดส่วนแรงดันน้ำต่อหน่วยแรงจากน้ำหนักดิน
HWL / NWL / LWL	ระดับน้ำสูง / ปกติ / ต่ำ
Rapid drawdown (RDD)	การลดระดับน้ำเร็ว
Pseudo-static	การแทนแรงแผ่นดินไหวด้วยแรงคงที่ kh × W, kv × W
Tension crack	รอยแตกดึงใกล้สันลาด
Su	กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ
Interslice force (E, X)	แรงตั้งฉากและแรงเฉือนระหว่าง slice
λ (lambda)	ตัวคูณของฟังก์ชันแรงระหว่าง slice ใน Spencer และ M-P
Ito-Matsui	ทฤษฎีแรงดินที่กระทำต่อเข็มที่เว้นระยะ เมื่อดินไหลผ่านช่องระหว่างเข็ม
Build hash	รหัสบอกว่าโปรแกรมสร้างจากโค้ดชุดใด

ภาคผนวก ช

เอกสารอ้างอิง

- GEO-SLOPE International. *Stability Modeling with GeoStudio* (คู่มือ Slope/W)
- Bishop, A.W. (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. *Géotechnique*, 5(1), 7–17.
- Janbu, N. (1973). Slope stability computations. In *Embankment-Dam Engineering*, Wiley.
- Spencer, E. (1967). A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. *Géotechnique*, 17(1), 11–26.
- Morgenstern, N.R. and Price, V.E. (1965). The analysis of the stability of general slip surfaces. *Géotechnique*, 15(1), 79–93.
- Ito, T. and Matsui, T. (1975). Methods to estimate lateral force acting on stabilizing piles. *Soils and Foundations*, 15(4), 43–59.
- Greco, V.R. (1996). Efficient Monte Carlo technique for locating critical slip surface. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 122(7), 517–525.
- Hynes-Griffin, M.E. and Franklin, A.G. (1984). *Rationalizing the seismic coefficient method*. Misc. Paper GL-84-13, US Army Corps of Engineers WES.
- กรมโยธาธิการและผังเมือง. มยผ. 1301/1302 มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

ภาคผนวก ซ

ประวัติรุ่น

ตารางที่ ซ-1 ประวัติรุ่น

รุ่น	วันที่	สิ่งที่เปลี่ยน
4.0.0-beta9	7 พ.ย. 2569	เปิดไฟล์ GeoStudio 23.1 build 520, template 11 แบบพร้อมรูปตัวอย่างและสี Earth tone, ตลิ่งเสริมเข็ม 3 แบบใหม่, ป้าย F.S. ไม่ทับวง, Move / Offset ใช้กับ grid, About บอก build — ค่า F.S. ของไฟล์เดิมไม่เปลี่ยน
4.0.0-beta8	2 พ.ย. 2569	กราฟ F.S. vs Lambda, กติกา No convergence ใหม่, เลือกหลายชิ้นและ Move / Offset, SNAP ค่าเดียวทั้ง project

คู่มือฉบับร่างนี้ Claude เป็นผู้ร่างจากโค้ดและคำอธิบายในโปรแกรมรุ่น 4.0.0-beta9 (build 057430a) ผู้เขียนเป็นผู้ตรวจทานและปรับแก้