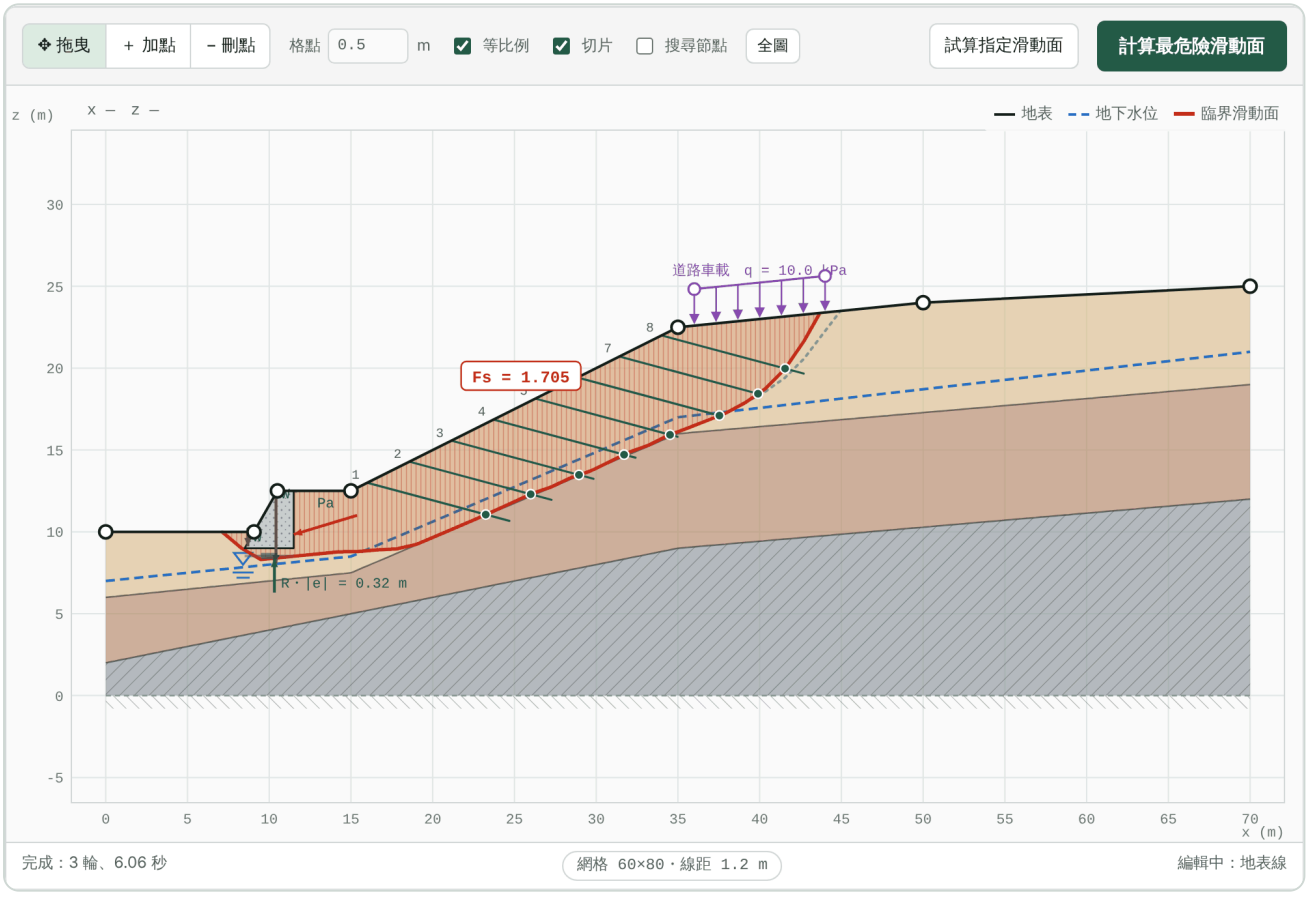
SSA Slope Stability Analysis

SSA 邊坡穩定分析使用手冊

從第一個邊坡到完整的檢核報告



對應程式版本	v2.10.2（2026-11-01）
手冊版本	1.1
開發者	陳振宇
聯絡信箱	cychen59@gmail.com
程式網址	cychen59.github.io/ssa-slope-stability

目錄

第 0 章　**開始之前** 4

這本手冊怎麼讀
SSA 能做什麼
教學影片
畫面導覽
座標與單位

第一篇　入門：完成第一份檢核報告

第 1 章　**輸入地表、土層界面與地下水位** 8

1.1 方法一：逐條貼上座標
1.2 方法二：匯入 CSV 一次建立
1.3 在圖上微調

第 2 章　**土層參數** 11

第 3 章　**坡頂與坡趾載重** 12

第 4 章　**第一次計算與判讀結果** 13

4.1 結果怎麼看

第 5 章　**加入補強措施** 15

5.1 設定計入方式與第一支土釘
5.2 整排配置
5.3 試算與調整

第 6 章　**常時、暴雨、地震三種情境檢核** 18

第 7 章　**擋土牆外部穩定檢核** 20

7.1 修改地表線
7.2 選擇規範並加入擋土牆
7.3 輸入尺寸
7.4 判讀檢核結果
7.5 確認整體穩定

第 8 章　**產出檢核報告與存檔** 26

8.1 填寫計算書資訊
8.2 計算書的內容
8.3 存檔與接續分析

第二篇　進階：依情況選用的功能

第 9 章　**已知滑動面位置：控制點** 29

第 10 章　**指定滑動面與圓弧** 31

第 11 章　**反算土壤參數** 33

第 12 章　**分層水壓線與孔隙水壓比 ru** 35

12.1 分層水壓線
12.2 孔隙水壓比 ru

第 13 章 **坡外積水與張力裂縫** 37

13.1 坡外積水

13.2 張力裂縫

第 14 章 **抑止樁、微型樁與地工合成材** 39

14.1 抑止樁

14.2 抑止樁設計

14.3 微型樁與地工合成材

第 15 章 **計算方法與搜尋設定** 42

15.1 計算方法

15.2 搜尋網格

15.3 收斂與判定

第 16 章 **單位、存檔、驗證報告與版本** 45

16.1 單位

16.2 存檔與交換

16.3 驗證報告

16.4 版本與語言

附錄 **常見問題與參考表** 47

A. 常見問題

B. 邊坡最小安全係數（預設值）

C. 範例檔一覽

D. 名詞與符號

E. 聯絡與回饋

第 0 章

開始之前

這本手冊怎麼讀

手冊分成兩篇。**第一篇「入門」**用一個教學案例，從輸入地形一路做到產出檢核報告，第 1 章到第 8 章照順序操作一次，就能完成一份最基本的邊坡穩定分析。**第二篇「進階」**每章介紹一項功能，開頭先說明「什麼情況下會用到」，再示範操作，可以依需要挑著讀。

每一章用到的模型檔都可以下載後直接匯入，跳過前面的步驟，檔案清單見附錄 C。

篇	章	內容	範例檔
入門	1	輸入地表、土層界面與地下水位	tutorial-profile.csv
	2	土層參數	
	3	坡頂與坡趾載重	
	4	第一次計算與判讀結果	tutorial-1-slope.json
	5	加入補強措施（土釘）	
	6	常時、暴雨、地震三種情境檢核	tutorial-2-nails.json
	7	擋土牆外部穩定檢核	tutorial-3-wall.json
	8	產出檢核報告與存檔	tutorial-report.docx
進階	9	已知滑動面位置：控制點	各章以 tutorial-1-slope.json 為起點
	10	指定滑動面與圓弧（比對舊報告）	
	11	反算土壤參數	
	12	分層水壓線與孔隙水壓比 r_u	
	13	坡外積水與張力裂縫	
	14	抑止樁、微型樁與地工合成材	
	15	計算方法與搜尋設定	
	16	單位、存檔、驗證報告與版本	

SSA 能做什麼

SSA 是在瀏覽器裡執行的二維邊坡穩定分析工具，不需要安裝，資料也不會上傳到伺服器。它以動態規劃（DP）搜尋任意形狀的非圓弧臨界滑動面，安全係數可以用簡易 Janbu 法、Spencer 法或 Morgenstern–Price 法計算。在這個基礎上可以加入：

- 地表載重（均布、梯形、線載重）。
- 土釘、地錨、抑止樁、微型樁、地工合成材等補強構件。

- 重力式、懸臂式、扶壁式擋土牆，包含外部穩定檢核。
- 常時、暴雨、地震等多個情境一次計算，依規範判定。
- Word 或 PDF 格式的計算書。

教學影片

三集教學影片沿用本手冊的同一個案例，另有一支前導影片介紹 SSA。影片為中文旁白，可選英文與日文字幕。

前導
SSA 是什麼

第一集：入門教學
剖面、補強、擋土牆、計算書（第 1 至 8 章）

第二集：現地資料
地表跡象、傾斜管、反算、分層水壓（第 9 至 12 章）

第三集：特殊條件與可信度
坡外積水、張力裂縫、抑止樁、計算方法、驗證（第 13 至 16 章）

畫面導覽

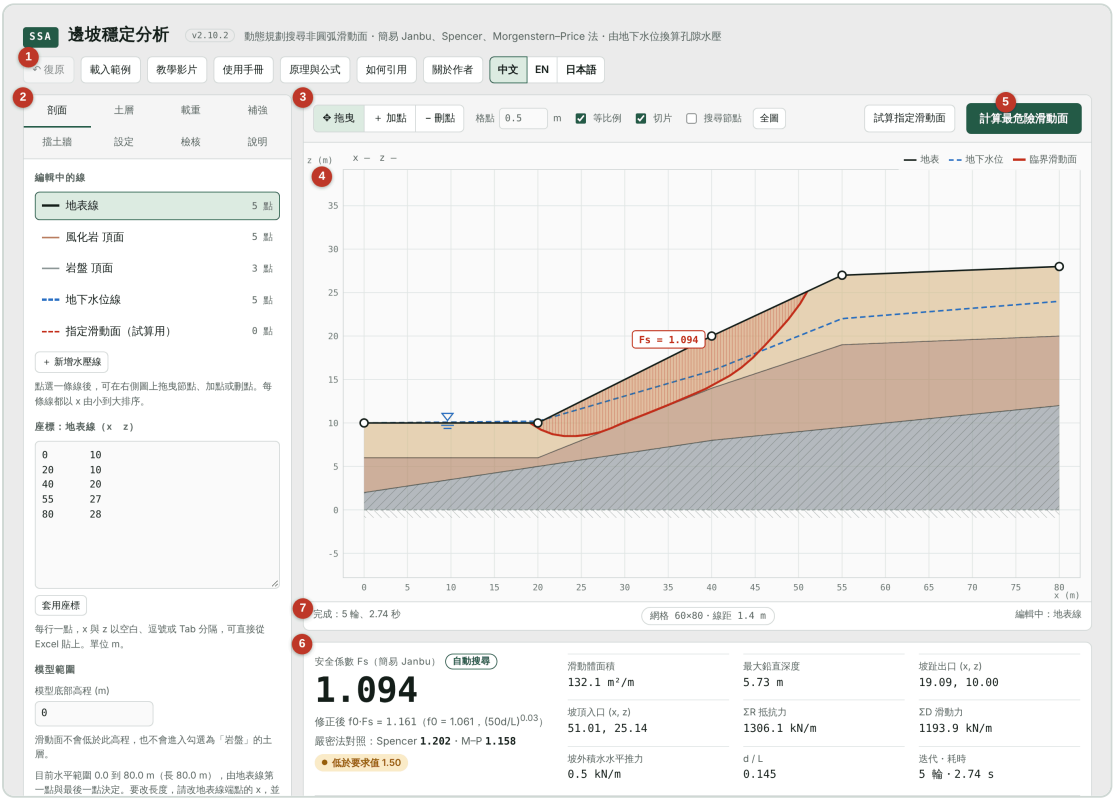


圖 0-1　SSA 的畫面配置

編號	區域	用途
1	頂端按鈕	復原上一步（Ctrl+Z）、載入範例、本使用手冊、原理與公式、語言切換。
2	分頁	剖面、土層、載重、補強、擋土牆、設定、檢核、說明。輸入資料大致依這個順序。
3	工具列	在圖上拖曳、加點、刪點，格點間距，顯示切片或搜尋節點，全圖顯示。
4	剖面圖	即時顯示地形、土層、水位、載重、補強與滑動面，可以直接用滑鼠編輯。
5	計算按鈕	「計算最危險滑動面」做自動搜尋；「試算指定滑動面」只算你指定的那一條。
6	計算結果	安全係數、滑動體資訊、補強構件受力、切片明細。
7	狀態列	計算進度、提示訊息與搜尋網格設定。

座標與單位

- 剖面以 x（水平，m）與 z（高程，m）表示，x 由左往右增加。坡面朝左或朝右都可以，程式會自動判斷。
- 每一條線（地表、土層界面、水位）都以 x 由小到大的點列表示，相鄰兩點以直線相連。
- 預設單位為 kN、kPa、kN/m³，可在「土層」頁改為 tf 系統（第 16 章）。
- 所有力與載重都以「每公尺寬」計。

> **提示**
> 網頁開啟時會自動載入一個範例剖面。先按右上角「計算最危險滑動面」看看結果，熟悉一下畫面再開始。

第一篇

入門：完成第一份檢核報告

以一處道路上邊坡為例。坡高約 12.5 m，表層為 4 至 6 m 厚的崩積層，下方為風化岩與岩盤，坡頂有道路。目標是依水土保持技術規範檢核常時、暴雨與地震三種情境，不足時以土釘補強，並在坡趾設一座擋土牆，最後產出計算書。

第 1 章

輸入地表、土層界面與地下水位

剖面由幾條線組成：地表線、各土層的頂面（界面線）與地下水位線。教學案例的資料如下，單位 m。

線	座標點 (x, z)
地表線	(0, 10) (10, 10) (35, 22.5) (50, 24) (70, 25)
風化岩頂面	(0, 6) (15, 7.5) (35, 16) (70, 19)
岩盤頂面	(0, 2) (35, 9) (70, 12)
地下水位線	(0, 7) (15, 8.5) (35, 17) (70, 21)

1.1 方法一：逐條貼上座標



圖 1-1 「剖面」頁，選取地表線後在座標欄貼上點位

1. 點「剖面」分頁，在「編輯中的線」點選**地表線**。
2. 在下方座標欄貼上地表線的點，每行一點，x 與 z 之間用空白、逗號或 Tab 分開。從 Excel 複製兩欄直接貼上也可以。
3. 按**套用座標**，右側圖面立即更新。
4. 依序點選**風化岩 頂面**、**岩盤 頂面**、**地下水位線**，重複第 2、3 步。
5. 確認「模型範圍」的**模型底部高程**為 0 m。滑動面不會低於這個高程。

> **線的名稱從哪裡來**
>
> 「風化岩 頂面」這類名稱來自「土層」頁的土層名稱。第 1 層的頂面就是地表線，所以清單裡只會列出第 2 層以下的頂面。要增加土層，請先到「土層」頁按「＋ 新增土層」。

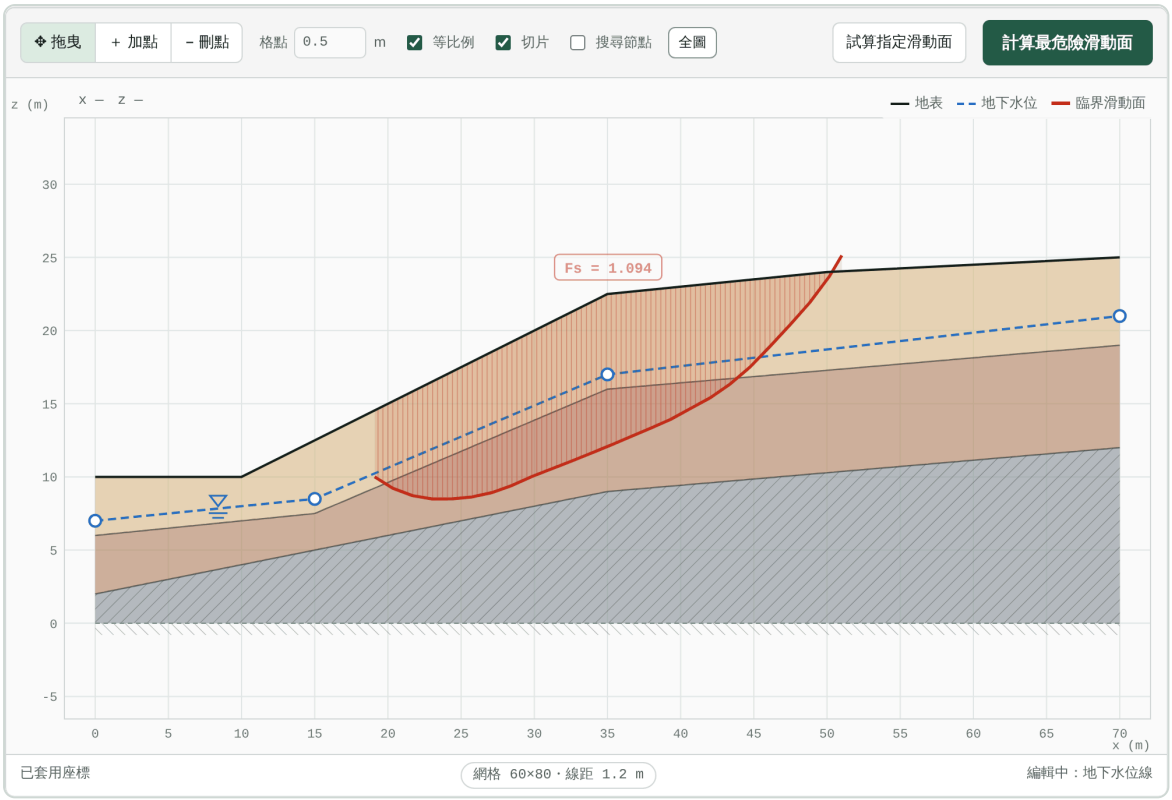


圖 1-2　輸入完成的剖面。黑線為地表，藍色虛線為地下水位，灰色斜線區為岩盤

1.2 方法二：匯入 CSV 一次建立

測量或鑽探資料通常已經整理在 Excel 裡，這時用 CSV 匯入最快。CSV 有兩種格式：

- **兩欄（x, z）**：匯入到目前選取的那一條線。
- **三欄以上**：第 1 欄 x，第 2 欄地表高程，之後各欄依序為第 2、3⋯層的頂面。欄名含「水」字的欄視為地下水位線。某條線在該 x 沒有資料時留空即可。



圖 1-3 「剖面」頁下方的「匯入地形 CSV」，展開「範例檔」可看格式

教學案例的 CSV（tutorial-profile.csv）內容如下：

```
x,地表,風化岩頂面,岩盤頂面,地下水位
0,10,6,2,7
10,10,,,
15,,7.5,,8.5
35,22.5,16,9,17
50,24,,,
70,25,19,12,21
```

1. 在 Excel 依上表整理好資料，另存為 CSV（UTF-8 或 Big5 都可以）。
2. 「剖面」頁按**選擇 CSV 檔…**，選取檔案。
3. 狀態列會顯示匯入了幾個點，例如「已匯入地表 5 點、2 條土層界面、地下水位 4 點」。

> **注意**
> CSV 只帶入幾何。原本沒有的土層會以預設參數（γ = 20、c′ = 10、φ′ = 30）新增，請一定要到「土層」頁確認參數（第 2 章）。

1.3 在圖上微調

選取一條線後，可以直接在圖上修改：

- **拖曳**模式下拖動節點移動位置，位置會對齊「格點」設定的間距（預設 0.5 m，設 0 則不對齊）。
- **加點**模式下點擊圖面新增節點；**刪點**模式下點擊節點刪除。
- 改錯了按左上角**復原**或 Ctrl+Z。

> **提示**
> 「由地表下 2 m 建立水位線」可以快速建立一條初步的地下水位線，再依觀測資料修改。

第 2 章

土層參數



圖 2-1 「土層」頁，每一層一張卡片

到「土層」頁，依下表輸入各層參數。土層由上往下排列，第 1 層的頂面就是地表。

土層	γ kN/m³	γsat kN/m³	c′ kPa	φ′ °	岩盤
崩積層	18	20	5	28	
風化岩	21	22	30	32	
岩盤	24	24	200	40	✓

- **γ 與 γsat**：地下水位以上用 γ，以下用飽和單位重 γsat。
- **c′ 與 φ′**：有效應力強度參數。
- **孔隙水壓**：預設「地下水位線」，也就是由水位換算靜水壓。其他選項見第 12 章。
- **岩盤**：勾選後滑動面不會進入這一層，通常用在最下層的堅硬岩盤。
- 土層名稱與顏色可以自訂，名稱會出現在「剖面」頁的線清單與計算書中。

> **參數從哪裡來**
>
> c′、φ′ 應依鑽探、試驗或相關規範選定。不確定時可以先用文獻值試算，再以反算（第 11 章）或敏感度分析確認。

第 3 章

坡頂與坡趾載重

教學案例的坡頂有一條道路。車輛載重屬於臨時載重，以均布載重 10 kPa 表示，作用範圍 x = 36 至 44 m。



圖 3-1 「載重」頁加入一筆道路車載

1. 到「載重」頁，下拉選單選**道路車載（均布，不計地震力）**，按 **＋ 加入載重**。
2. 把起點 x 改為 36、終點 x 改為 44、起點 q 改為 10。終點 q 留空表示均布，填入不同值則成為梯形分布。
3. 道路車載是臨時載重，不勾「計入地震慣性力」。建築物、擋土構造物等永久載重則應勾選。

載重也可以在圖上拖曳端點調整位置。新加入的載重強度都是佔位數字，請依設計規範與現地狀況修改。

坡頂與坡趾的差別

- **坡頂（上邊坡）**的載重通常會降低安全係數。
- **坡趾（下邊坡）**的載重通常會提高安全係數，也就是壓腳效果。但停車、臨時堆料這類可能被移走的載重，不應拿來提高安全係數。
- 勾選頁首的**同時計算無載重的情況**，結果會並列有、無載重兩個 Fs，便於比較。
- 填土本身有強度，滑動面也可能穿過它，應修改地表線並加入填土層，不要用載重代表。

第 4 章

第一次計算與判讀結果

按右上角**計算最危險滑動面**。程式會在剖面上搜尋安全係數最小的滑動面，一般只要數秒。

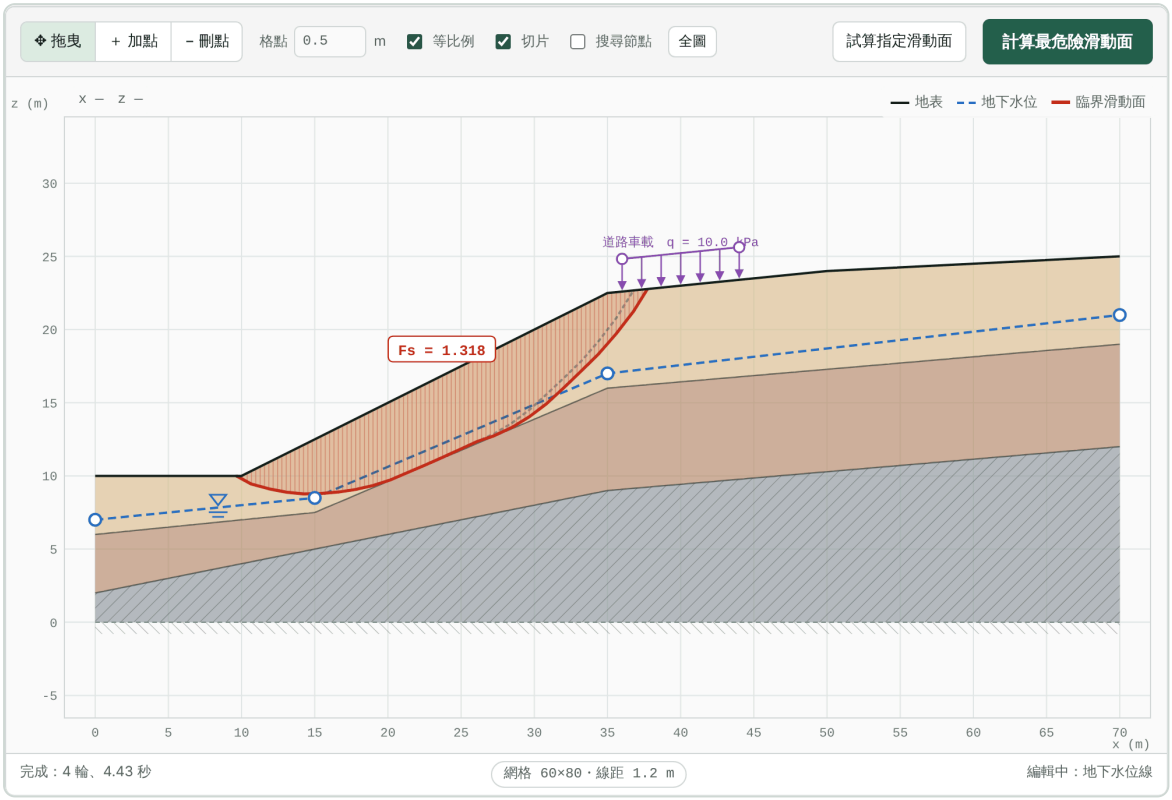


圖 4-1　第一次計算的結果。紅線為臨界滑動面，紅色區域為滑動土體，直線為切片



圖 4-2　圖面下方的計算結果

4.1 結果怎麼看

項目	說明
安全係數 Fs	大字顯示的值，本例 1.318。預設以簡易 Janbu 法未修正值判定，與原 SSA 程式相同，較保守。
修正後 f0・Fs	簡易 Janbu 法乘上修正係數 f0 的值，僅供參考。若要以此判定，在「設定」頁勾選「以修正後 f0・Fs 判定」。
嚴密法對照	同一條滑動面以 Spencer 法與 Morgenstern–Price 法計算的結果（第 15 章）。
無載重 Fs	移除所有載重後的 Fs。本例為 1.335，道路車載使 Fs 降低 1.3%。
要求值判定	與「設定」頁的要求安全係數（預設 1.50）比較。本例「低於要求值」。
滑動體資訊	面積、最大鉛直深度、坡趾出口與坡頂入口座標、抵抗力與滑動力總和。
切片明細	展開後可看每一片的寬度、重量、孔隙水壓、強度參數與力，也可以複製成 CSV。

本例常時 Fs = 1.318，低於水土保持技術規範要求的 1.5，需要補強。在繼續之前，建議先存檔（第 8.3 節），本章完成的模型就是範例檔 tutorial-1-slope.json。

> **提示**
> 狀態列中間的「網格」按鈕會顯示目前的搜尋網格與建議值。剖面很大或土層很薄時，請參考第 15 章調整。

第 5 章

加入補強措施

本例在坡面打設一排土釘。土釘在滑動面的交點提供拉力，取抗拉、拉拔、面版三者的最小值，再除以水平間距換算為每公尺寬。

5.1 設定計入方式與第一支土釘



圖 5-1 「補強」頁的計入方式與土釘卡片

1. 到「補強」頁，**計入方式**選**被動法：補強力加入抵抗力**。土釘常用被動法，較保守；預力地錨常用主動法。
2. 確認已勾選**同時計算無補強措施的情況**，結果會並列補強前後的 Fs。
3. 按＋ **土釘**新增一支，把總長 L 改為 6 m。其餘欄位的意義如下表。

欄位	意義	本例
頭部 x、z	土釘頭部位置，按「貼齊」可貼到地表	由整排配置決定
傾角 θ	向下的傾角（°）	15
總長 L	土釘長度（m）	6，之後改 9
間距 Sh	垂直剖面方向的水平間距（m）	1.5
抗拉	每支容許抗拉力（kN）	180
拉拔 q	每公尺有效長度的拉拔阻抗（kN/m）	40
面版	面版或頭部的容量（kN）	150

5.2 整排配置



圖 5-2 「整排配置」以清單中最後一支為範本

1. 在「整排配置」輸入起點 x = 16、終點 x = 34、支數 8。
2. 按**取代全部構件**。程式以清單中最後一支土釘為範本，在這段坡面上平均配置 8 支，頭部自動貼齊地表。
3. 按**計算最危險滑動面**。

「加入這一排」會保留原有構件再加一排，適合多排不同長度的配置。

5.3 試算與調整



圖 5-3　土釘長 6 m：Fs = 1.361，仍低於 1.5

6 m 長的土釘大多只穿過滑動面一小段，拉拔力有限，Fs 只從 1.318 提高到 1.361。表格中的「有效長 Le」是穿出滑動面的長度，「控制」欄說明是抗拉、拉拔或面版控制。

把清單中最後一支土釘的長度改為 9 m，再按一次**取代全部構件**與**計算最危險滑動面**：

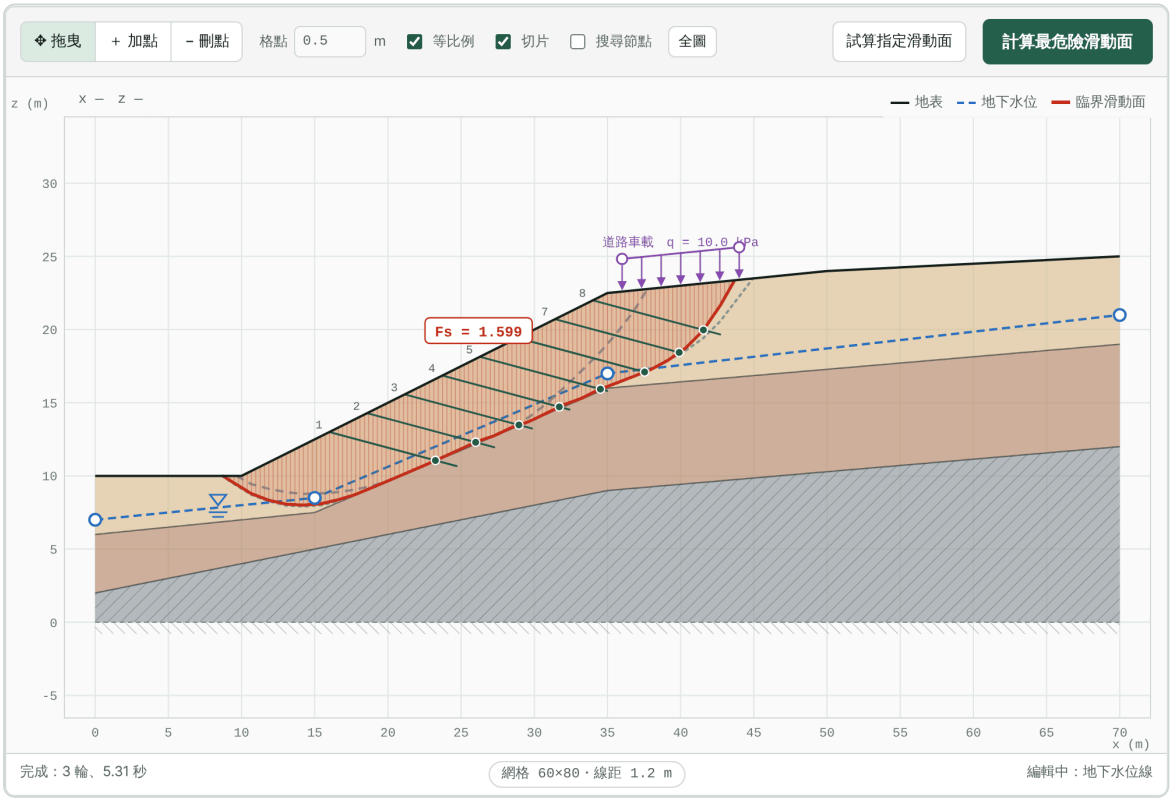


圖 5-4　土釘長 9 m。灰色虛線為無補強時的臨界滑動面，補強後滑動面往深處與坡頂移動



圖 5-5　土釘長 9 m：Fs = 1.599，符合常時要求值 1.5

補強後要注意的事

加上補強後，臨界滑動面常會換到補強範圍以外，例如從土釘後方或下方通過。每次調整都要重新搜尋，不要只看原本那條滑動面的 Fs。

第 6 章

常時、暴雨、地震三種情境檢核

第 5 章只檢核了目前條件（常時）。規範還要求檢核暴雨與地震情境，各有不同的要求安全係數。「檢核」頁可以一次設定多個情境，一鍵算完。



圖 6-1 「檢核」頁的三個預設情境

1. 到「檢核」頁。上方選單預設為**水土保持技術規範第 73 條，永久性**，三個情境的要求安全係數分別為 1.5、1.2、1.1。要改用其他規範，選好後按「套用要求值」。
2. **S2 暴雨**：地下水位選「剖面水位上升 Δh」，填入 **Δh = 2** m。上升後的水位不會高於地表。
3. **S3 地震**：填入水平震度 **kh = 0.15**，垂直震度 kv 維持 0。
4. 按**計算所有情境**。每個情境各自搜尋臨界滑動面。

> **Δh 與 kh 要自己填**
> 暴雨水位上升量與設計水平震度依案例、規範與工址條件而定，程式不預設。未填的情境會顯示「請輸入」而不計算。本例的 2 m 與 0.15 僅為示範。

每個情境卡片還可以設定：

- **情境類型**：常時、暴雨／高水位、地震。「套用要求值」依類型填入要求安全係數，擋土牆檢核也依類型採用常時或地震時的要求值。
- **地下水位**：使用剖面水位、剖面水位上升 Δh、水位達地表、無地下水。
- **計入載重、計入補強與擋土牆**：可以分別關閉，檢討載重移除或補強失效的情況。
- 「複製」可以快速建立相似的情境，例如不同 Δh 的敏感度分析。

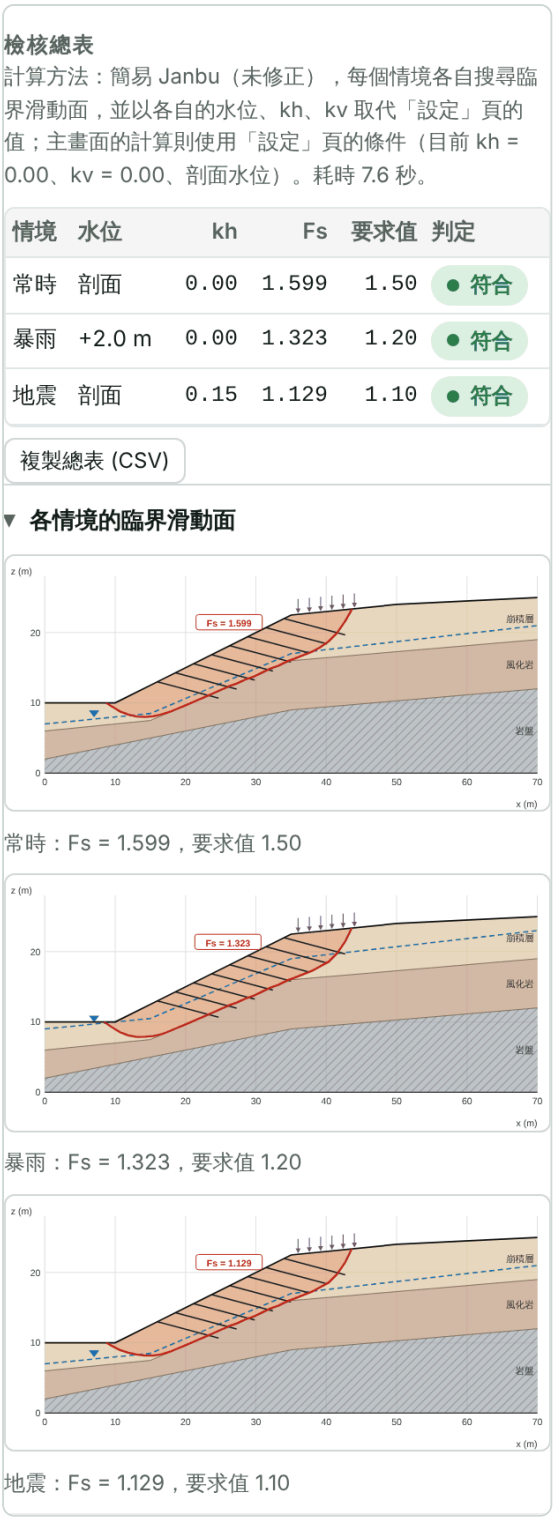


圖 6-2　檢核總表與各情境的臨界滑動面

三個情境都符合要求：常時 1.599 ≥ 1.5、暴雨 1.323 ≥ 1.2、地震 1.129 ≥ 1.1。總表可以按「複製總表 (CSV)」貼到 Excel，計算書也會列入這張表與各情境的滑動面圖。完成的模型為 tutorial-2-nails.json。

> **主畫面與情境的關係**
> 主畫面的「計算最危險滑動面」使用「設定」頁的 kh、kv 與剖面水位；「檢核」頁的每個情境則各自取代這些值，兩者互不影響。

第 7 章

擋土牆外部穩定檢核

假設坡趾要設一座重力式擋土牆，牆後回填成一個平台，作為坡面排水與維護通道。擋土牆在 SSA 裡要做兩種檢核：

- **外部穩定**：把牆體當作剛體，檢核滑動、傾倒、偏心（合力位置）與基礎承載力。尺寸一改，結果立即更新。
- **整體穩定**：把牆視為不可穿越、計入重量的結構物，搜尋從牆底下或牆後方通過的滑動面。

建議的順序是先調整尺寸通過外部穩定，再確認整體穩定。牆身與底版的配筋等結構設計不在本工具範圍內。

7.1 修改地表線

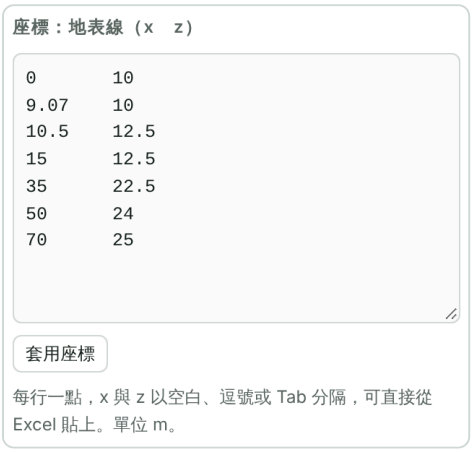


圖 7-1　地表線改為牆前道路、牆頂與牆後平台

地表線要畫到牆頂並包含牆後的回填平台。到「剖面」頁選地表線，把座標改為：

```
0     10
9.07  10
10.5  12.5
15    12.5
35    22.5
50    24
70    25
```

(9.07, 10) 到 (10.5, 12.5) 是牆的前坡面，(10.5, 12.5) 到 (15, 12.5) 是牆頂與牆後平台。牆前道路高程 10 m，牆底設在 9 m，埋入 1 m。

> **地表線與牆體**
>
> 地表線只要大致沿著牆的外形即可。整體穩定計算時，牆體範圍以牆的形狀為準，牆內的土會被牆取代。

7.2 選擇規範並加入擋土牆

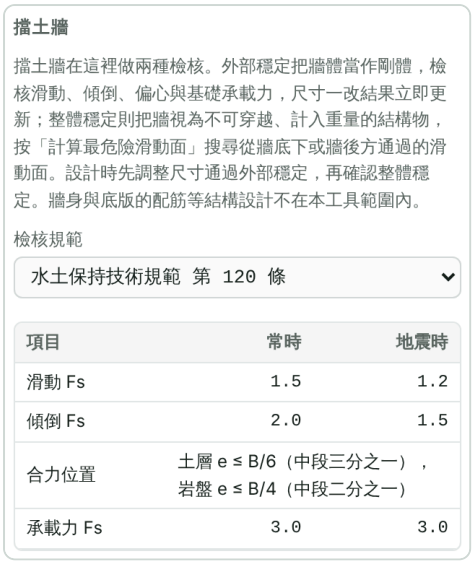


圖 7-2　「擋土牆」頁的檢核規範與要求值

到「擋土牆」頁。**檢核規範**預設為水土保持技術規範第 120 條，也可以改選建築物基礎構造設計規範或公路橋梁設計規範，下方表格會列出各項要求值。

規範	滑動	傾倒	合力位置	承載力
水土保持技術規範第 120 條	1.5／1.2	2.0／1.5	土層 e ≤ B/6，岩盤 e ≤ B/4	3.0／3.0
建築物基礎構造設計規範 7.4 節	1.5／1.2	2.0／1.5	合力在底面內	3.0／2.0
公路橋梁設計規範 6.2.8 節	1.5／1.2	2.0／1.5	合力在底面內	3.0／2.0

表中斜線前為常時，後為地震時。使用前請以最新版規範條文確認。

按＋ **重力式**加入一座擋土牆，再依下一節輸入尺寸。三種型式的按鈕分別是重力式、懸臂式、扶壁式，加入後也可以在卡片的型式選單切換。

7.3 輸入尺寸



圖 7-3　重力式擋土牆卡片

欄位	意義	本例
前趾 x	牆底前緣（靠坡外側）的 x	8.5
底面 z	牆底高程	9
牆高 H	由牆底到牆頂	3.5
底寬 B	牆底寬度	3.0
頂寬 b	牆頂寬度（重力式）	1.0
單位重	牆體單位重	23.5 kN/m³
基礎	土層或岩盤，影響合力位置的容許範圍	土層

重力式擋土牆的背面為鉛直，前面為斜面。懸臂式與扶壁式另有底版厚、趾長、牆身頂厚與底厚，扶壁式再加扶壁間距與厚度。牆的方向依坡面自動判斷，前趾永遠在坡外側。

7.4 判讀檢核結果

尺寸輸入後，下方的「外部穩定檢核」立即列出各情境的結果。各欄就是「檢核」頁啟用的情境，水位、震度與載重都跟著情境改變。



圖 7-4　第一次檢核：地震時滑動 Fs = 1.12，低於 1.2

常時與暴雨都通過，但地震時的抗滑動安全係數 1.12 不足。可行的對策有加大底寬、加設剪力榫，或計入牆前被動土壓。本例牆前道路下方有 1 m 埋入深度，且道路路基會長期存在，因此計入牆前被動土壓：



圖 7-5　展開「外部穩定設定」

1. 展開卡片中的**外部穩定設定**。
2. 勾選**滑動計入牆前被動土壓（折減 50%）**。

這裡的其他選項：

- **牆背摩擦角 δ**：重力式擋土牆用，留白時取 2φ′/3。
- **底面摩擦係數 μ**：留白時取 tan(2φ′/3)，φ′ 為基礎土的摩擦角。有試驗資料時可直接輸入。
- **承載力**：預設以 Meyerhof 公式計算極限承載力，也可以改為輸入容許承載力 q_a。
- **背填土、基礎土的 φ′、c′、γ**：留白時自動取剖面中牆背中段與牆底下方的土層。牆後使用級配良好的回填料時，可在這裡指定。
- **排水良好**：勾選後不計牆後水壓與底面揚壓力。



圖 7-6　計入被動土壓後三個情境都符合

展開「力系明細」可以看到背填土與基礎土的參數、土壓係數、土壓力合力與作用高度、水壓與揚壓力、重量、力矩與極限承載力，方便與手算核對。開著「擋土牆」頁時，剖面圖上會畫出牆重 W、土壓力 Pa、底面中間三分之一與合力位置。

▼ **力系明細**

背填土／基礎土	崩積層 φ 28.0° / 崩積層 φ 28.0°	崩積層 φ 28.0° / 崩積層 φ 28.0°	崩積層 φ 28.0° / 崩積層 φ 28.0°
回填坡度 β／牆背摩擦 δ	0.0° / 18.7°	0.0° / 18.7°	0.0° / 18.7°
土壓係數 K	0.3213	0.3213	0.4362 (M–O)
背面高 h ／載重 q	3.50 m / 0.0 kPa	3.50 m / 0.0 kPa	3.50 m / 0.0 kPa
土壓力 Pa（作用高）	18.4 kN/m （0.84 m）	16.7 kN/m （0.89 m）	30.3 kN/m （0.93 m）
水壓 Pw ／揚壓 U	0.0 / 0.0 kN/m	6.5 / 29.4 kN/m	0.0 / 0.0 kN/m

圖 7-7　展開「力系明細」可與手算核對

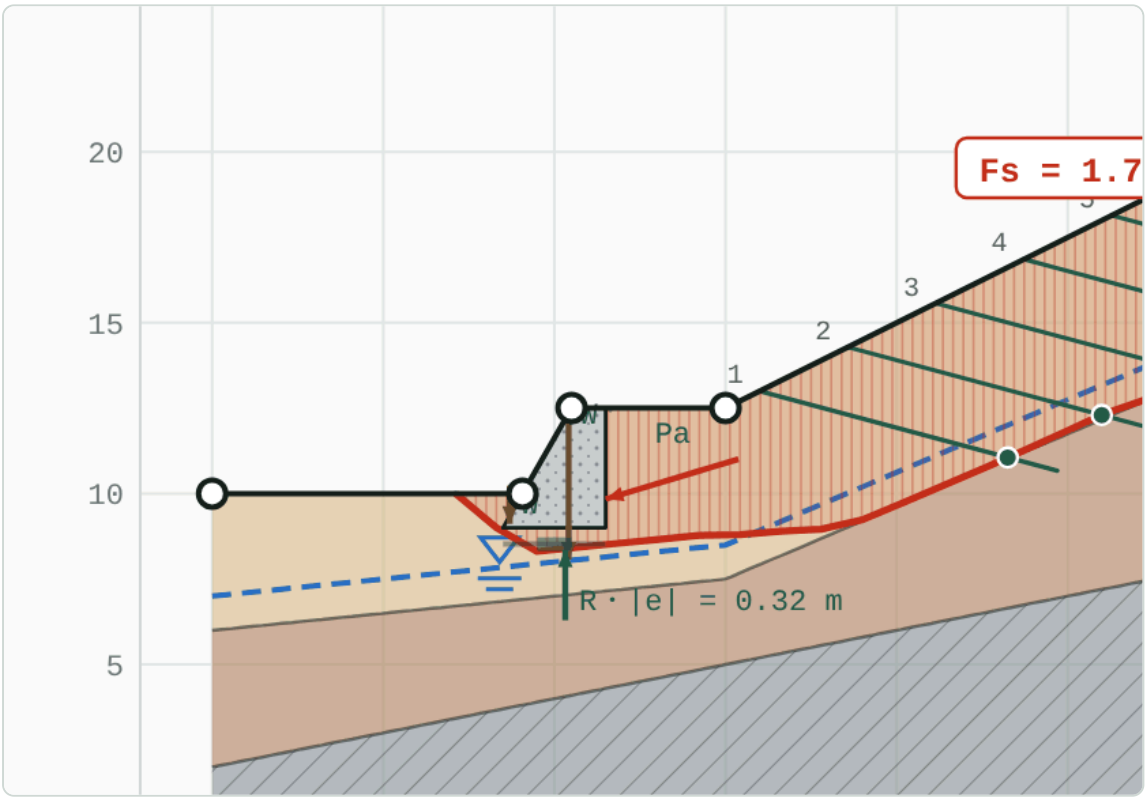


圖 7-8　開啟「擋土牆」頁時，圖上顯示牆重 W、土壓力 Pa、底面中間三分之一（綠色粗線）與合力位置 R（局部放大）

7.5 確認整體穩定

外部穩定通過後，按**計算最危險滑動面**，再到「檢核」頁按**計算所有情境**。這時擋土牆會以結構物的形式計入，滑動面只能從牆底下或牆後方通過。

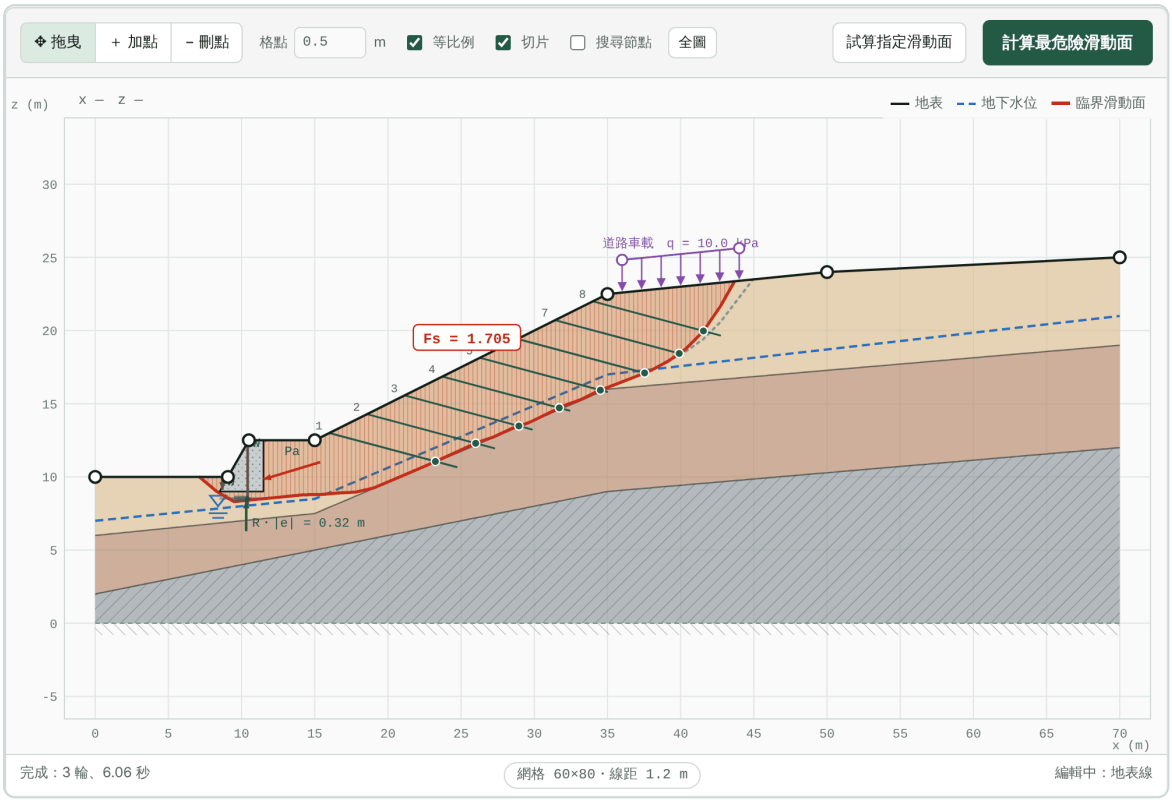


圖 7-9　土釘加擋土牆後的臨界滑動面（常時 Fs = 1.705）

情境	水位	kh	Fs	要求值	判定
常時	剖面	0.00	1.705	1.50	● 符合
暴雨	+2.0 m	0.00	1.414	1.20	● 符合
地震	剖面	0.15	1.187	1.10	● 符合

圖 7-10　含擋土牆後三個情境的檢核總表

擋土牆提供的壓腳效果讓三個情境的 Fs 都再提高一些。完成的模型為 tutorial-3-wall.json。

> **限制**
>
> 牆後土壓力只計入均布載重，線載重不計。擋土牆外部穩定把牆當作剛體，牆身與底版的強度、配筋須另行設計檢核。

第 8 章

產出檢核報告與存檔

8.1 填寫計算書資訊



圖 8-1　「檢核」頁下方的計算書輸出

1. 先確認主畫面與「檢核」頁都是最新的計算結果。模型改過之後，結果區會標示「請重新計算」。
2. 在「檢核」頁下方的**計算書輸出**填入計算書標題、案名、分析者與備註。
3. 按**下載 Word (.docx)**，或按**列印／存成 PDF**，在列印視窗選「另存為 PDF」。

Word 檔可以直接編修，例如加上公司格式或補充說明。

8.2 計算書的內容

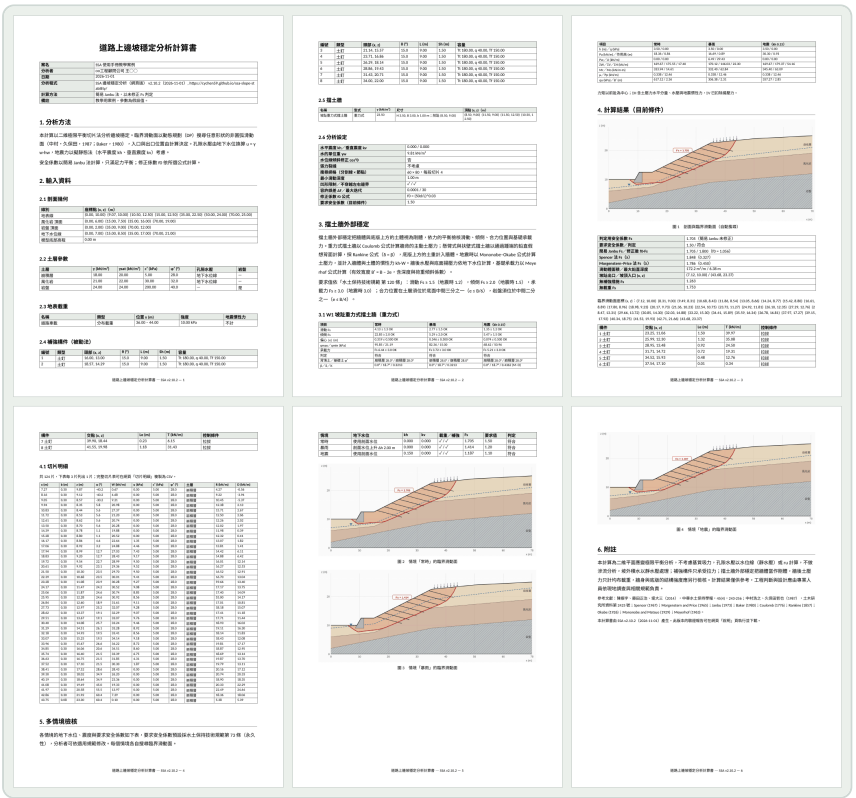


圖 8-2　教學案例產出的計算書（共 6 頁）

章節	內容
封面資訊	案名、分析者、日期、程式版本與網址、計算方法。
1. 分析方法	使用的方法、孔隙水壓與地震力的處理方式。
2. 輸入資料	剖面幾何、土層參數、載重、補強構件、擋土牆、分析設定。
3. 擋土牆外部穩定	有擋土牆時才出現。方法、要求值與各情境的檢核表、力系明細。
4. 計算結果	剖面圖與臨界滑動面、安全係數、補強構件受力、切片明細。
5. 多情境檢核	有情境計算結果時才出現。總表與各情境的滑動面圖。
6. 附註	分析限制、參考文獻與程式版本。

章節編號會依內容自動調整。教學案例的完整計算書可以下載 Word 版 或 PDF 版 參考。

8.3 存檔與接續分析



圖 8-3 「設定」頁最下方的模型存取

網頁關閉後模型不會保留，請記得存檔。

1. 到「設定」頁最下方的**模型存取**，按**儲存模型（JSON 檔）**。檔案包含地形、土層、水位、載重、補強、擋土牆、情境與所有設定。
2. 下次開啟網頁，按**匯入模型⋯**選擇這個檔案，就能接續分析。

也可以展開「以文字方式複製或貼上 JSON」，把模型內容貼到電子郵件或筆記中。

> **入門篇完成**
> 到這裡已經完成一份包含補強、擋土牆與三種情境的檢核報告。接下來的進階篇，每章介紹一項在特定情況下才會用到的功能。

第 二 篇

進階：依情況選用的功能

每一章開頭的「什麼時候用」說明適用的情況。除了特別註明，各章都以入門篇第 4 章的模型 tutorial-1-slope.json（無補強）為起點，到「設定」頁按「匯入模型…」載入即可。

第 9 章

已知滑動面位置：控制點

什麼時候用

已經崩塌或正在滑動的邊坡，常有現地資料指出滑動面的位置，例如傾斜管、TDR 量到的剪動深度，鑽探岩心的剪裂帶，坡頂的崩崖與坡趾的隆起。這時自動搜尋出的「最危險滑動面」不一定是實際在動的那一條，應該讓搜尋的滑動面通過這些已知位置，再據以設計補強或反算參數。

以教學案例為例，假設坡面中段 x = 28 m 的傾斜管 BH-1 在地表下 8 m 量到明顯的剪動。



圖 9-1 「剖面」頁的滑動面控制點

1. 到「剖面」頁的**滑動面控制點**，勾選**啟用控制點與出入口範圍**。
2. 按**＋ 新增控制點**，名稱填孔號，位置 x = 28，地表下深度 = 8，容許 ±Δz = 0.3 m。程式會換算並顯示控制點高程 z = 11 m。
3. 按**計算最危險滑動面**。搜尋只接受在 x = 28 m 處通過 z = 11 ± 0.3 m 的滑動面。

另外兩個選項可以限制滑動面的兩端：

- **限制坡趾出口範圍**：坡趾隆起、湧水或擋土牆變形的位置。
- **限制坡頂入口（崩崖）範圍**：坡頂張裂縫或崩崖的位置。

控制點可以有多個，例如沿主測線的幾支傾斜管。按**以控制點建立指定滑動面**會把控制點與出入口連成一條滑動面，放到「指定滑動面」，作為第 10、11 章的起點。

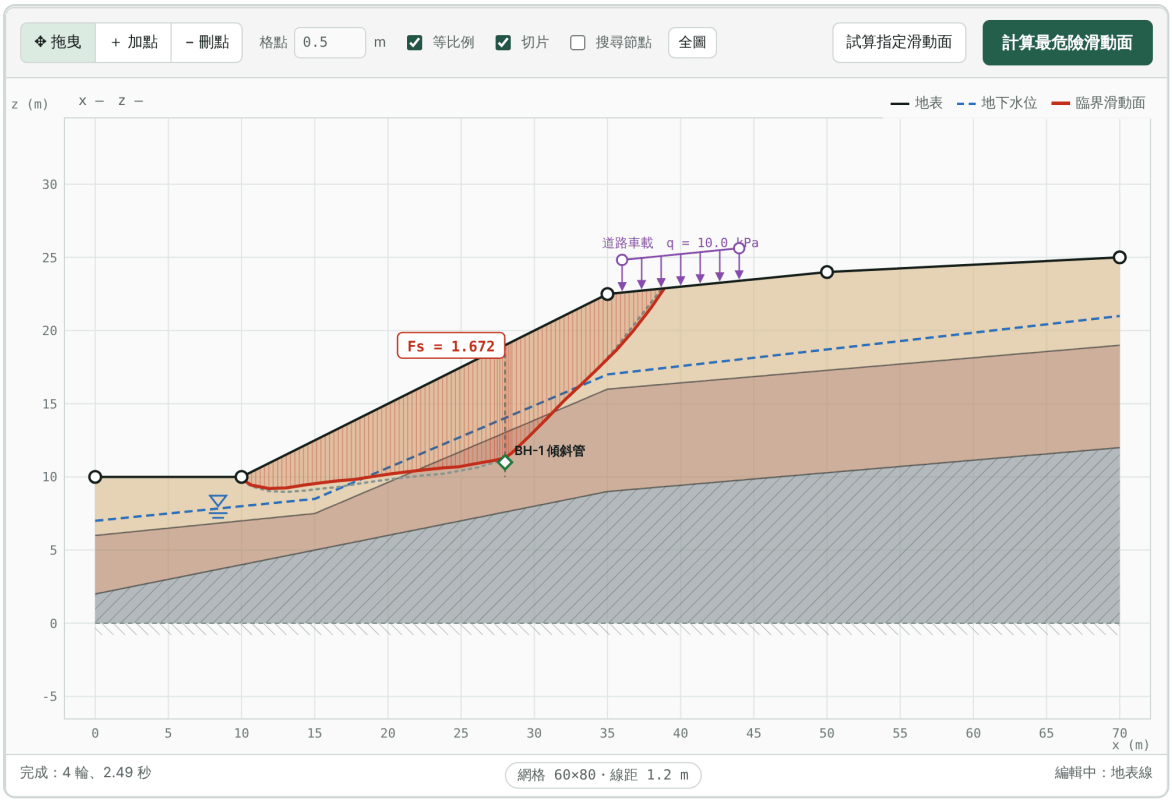


圖 9-2　通過 BH-1 控制點的臨界滑動面（Fs = 1.672），綠色菱形為控制點

本例通過控制點的滑動面 Fs = 1.672，比自由搜尋的 1.318 高很多。如果這處邊坡確實沿著 8 m 深的滑動面在動，代表現地的強度比假設的低，或水位比假設的高。這時應以這條滑動面做反算（第 11 章），用反算得到的參數設計補強，而不是直接採用自由搜尋的結果。

> **容許 ±Δz**
> 設 0 表示滑動面必須精確通過該點。傾斜管讀數本身有剪動帶厚度，一般取 0.3 至 1 m。

第 10 章

指定滑動面與圓弧

什麼時候用

- 審查舊報告或其他軟體的計算，要以同一條滑動面重算比對。
- 崩塌後由測量得到實際的滑動面，要計算它的安全係數或做反算。
- 只想知道某一條特定滑動面的 Fs，不做搜尋。

指定滑動面放在「剖面」頁線清單中的**指定滑動面（試算用）**，建立的方式有五種：

1. 在座標欄貼上點位，按「套用座標」。
2. 在圖上用「加點」模式逐點點出。
3. 計算後按**複製目前的臨界滑動面**，再修改。
4. 輸入**圓心與半徑**產生圓弧（本章示範）。
5. 由控制點建立（第 9 章）。



圖 10-1　選取指定滑動面後出現圓心與半徑欄位

假設舊報告使用圓心 (14, 34)、半徑 26 m 的圓弧：

1. 在「剖面」頁點選**指定滑動面（試算用）**。
2. 在座標欄下方輸入圓心 x = 14、圓心 z = 34、半徑 R = 26。
3. 按**產生圓弧並試算**。程式只取圓弧低於地表的部分，轉成點列放入座標欄，並立即試算。

之後修改其他條件，按工具列的**試算指定滑動面**即可重算這條圓弧。計算書會註明圓心與半徑。

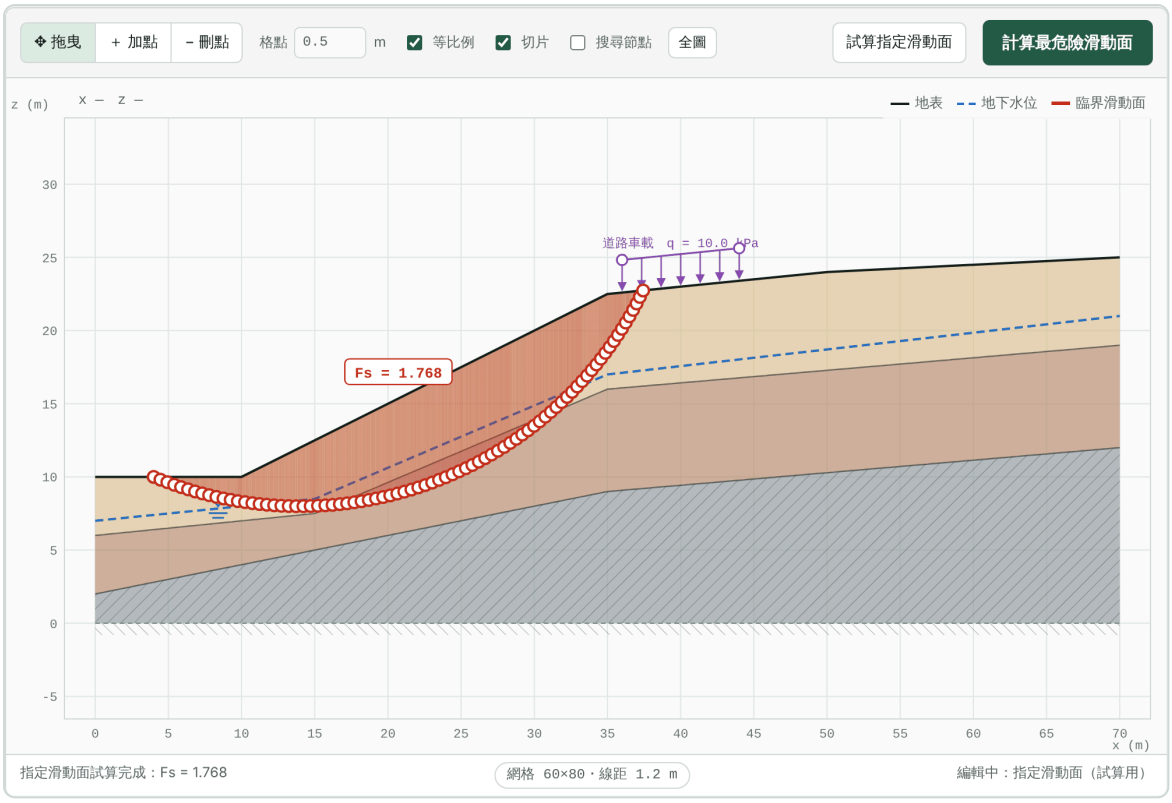


圖 10-2　指定圓弧的試算結果（Fs = 1.768）

為什麼跟舊報告不一樣

比對時常見的差異來源有：方法不同（例如 Bishop 法與 Janbu 法）、孔隙水壓的計算方式、切片數、是否計入 f0 修正。SSA 對同一條滑動面也會同時列出 Spencer 法與 Morgenstern–Price 法的結果，可以作為比對基準。另外，指定的圓弧通常不是臨界滑動面，Fs 會比搜尋結果（本例 1.318）高，要比的是同一條滑動面上的數字。

第 11 章

反算土壤參數

什麼時候用

邊坡已經崩塌或正在滑動時，可以假設崩塌當時的 Fs 約等於 1.0，反求土層的強度參數。反算得到的參數反映現地的實際狀態，常比試驗值更適合用來設計整治工程。

假設教學案例在一場豪雨後沿著原本的臨界滑動面崩塌，當時的地下水位約比剖面水位高 2 m。

1. 按**計算最危險滑動面**，到「剖面」頁點選**指定滑動面**，按**複製目前的臨界滑動面**。實務上這裡應改用測量或控制點得到的實際滑動面。
2. 把地下水位線改為崩塌當時的水位：(0, 9) (15, 10.5) (35, 19) (70, 23)。
3. 按**試算指定滑動面**，本例 Fs = 1.069。
4. 到「設定」頁的**反算分析**，反算土層選「自動」（取滑動面通過最長的土層），反算參數選**摩擦角 φ′（c′ 固定）**，目標 Fs = 1。
5. 按**開始反算**。

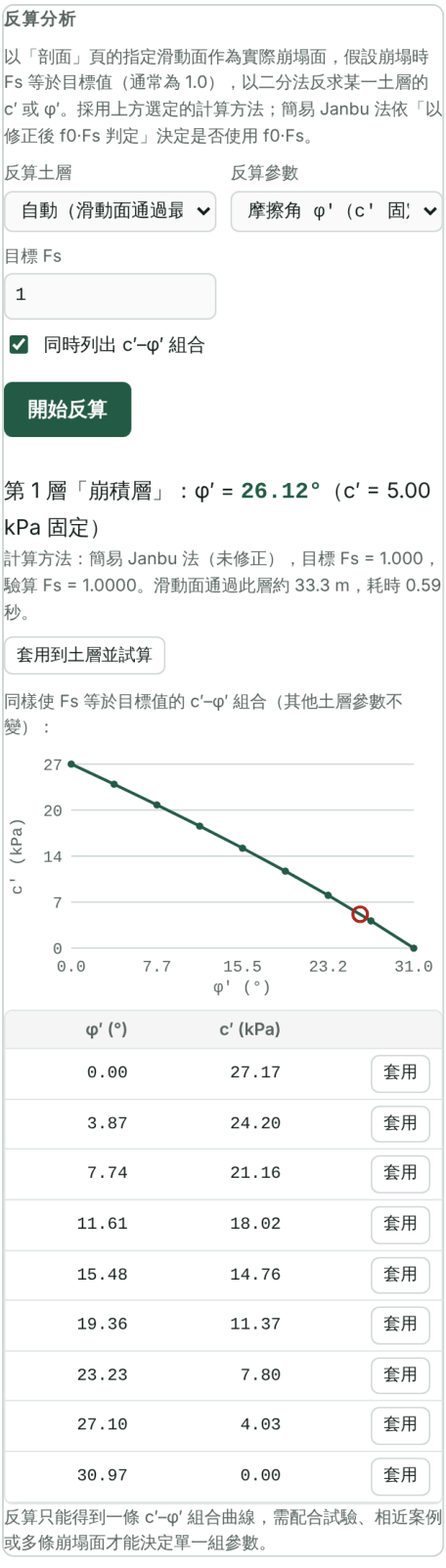


圖 11-1　反算結果與 c′–φ′ 組合

結果顯示崩積層 φ′ = 26.12°（c′ = 5 kPa 固定）時 Fs 恰為 1.000。按**套用到土層並試算**可以把這個值寫回「土層」頁。

勾選「同時列出 c′–φ′ 組合」時，程式會畫出所有使 Fs = 1 的 c′ 與 φ′ 組合。一條滑動面只能決定一條曲線，無法同時定出 c′ 與 φ′，需要：

- 依試驗、相鄰案例或經驗先固定其中一個，例如崩積層的 c′ 取很小的值；
- 或用兩個以上的崩塌面（不同時間、不同斷面）交會決定。

> **注意**
> 反算結果與假設的水位、單位重以及計算方法密切相關。設計時應使用與反算相同的方法與水位條件，否則反算的意義會打折扣。

第 12 章

分層水壓線與孔隙水壓比 r_u

什麼時候用

- **分層水壓線**：不同地層有不同的水頭，例如上方崩積層是一般地下水，下方風化岩或砂礫層是受壓含水層，鑽孔水位計量到的水頭比地下水位高，甚至在坡趾自流湧出。
- **孔隙水壓比 r_u**：沒有地下水位資料，或填土、廢土堆置場等依規範以 r_u 表示孔隙水壓的情況。
- **不計**：確定乾燥或排水良好的地層。

12.1 分層水壓線

假設教學案例在 BH-2 鑽孔的風化岩中量到受壓水頭，接近地表，坡趾處的水頭甚至高於地表。

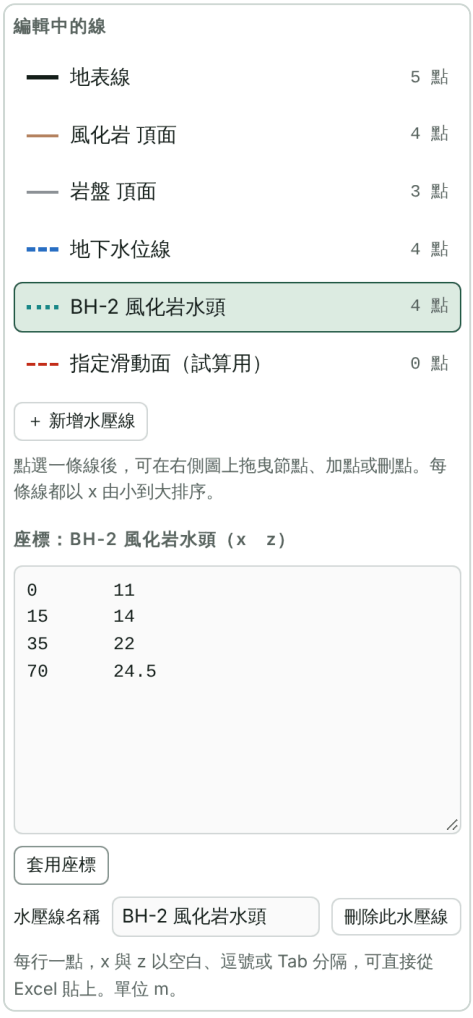


圖 12-1　在「剖面」頁新增水壓線

1. 「剖面」頁按＋ **新增水壓線**。新的水壓線先複製地下水位線，並成為目前編輯的線。
2. 在座標欄貼上 (0, 11) (15, 14) (35, 22) (70, 24.5)，按**套用座標**。
3. 在「水壓線名稱」填入「BH-2 風化岩水頭」。
4. 到「土層」頁，把**風化岩**的孔隙水壓選為「BH-2 風化岩水頭」。
5. 按**計算最危險滑動面**。



圖 12-2　風化岩改用水壓線計算孔隙水壓



圖 12-3　改用孔隙水壓比 r_u 時出現 r_u 欄位

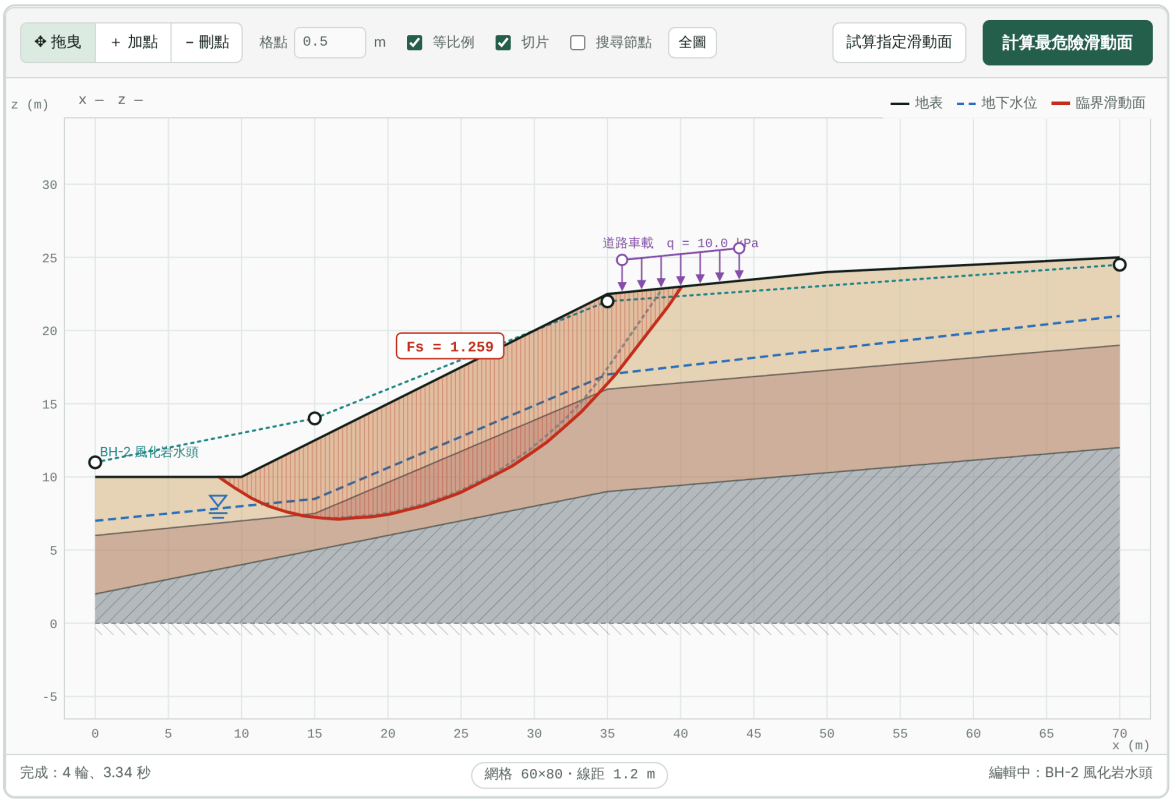


圖 12-4　風化岩受壓水頭使臨界滑動面變深（Fs 由 1.318 降為 1.259），綠色點線為水壓線

風化岩的孔隙水壓變大後，臨界滑動面改為切入風化岩，最大深度由 5.9 m 變為 8.6 m。每一層使用哪一種孔隙水壓，計算書的土層參數表都會列出。

12.2 孔隙水壓比 r_u

選擇「孔隙水壓比 r_u」後填入數值，該層的孔隙水壓為 $u = r_u \cdot \sigma_v$，σ_v 為滑動面以上土柱的總應力。r_u 常用 0.1 至 0.5，依規範或經驗選定。

> **水壓線與滲流**
> SSA 以水位線或水壓線計算靜水壓，不做滲流分析。有明顯滲流的邊坡，可以用滲流分析結果整理出各層的水壓線再輸入。

第 13 章

坡外積水與張力裂縫

什麼時候用

- **坡外積水**：河岸、水庫、滯洪池邊坡，或坡趾排水不良而積水。外側的水重與水壓對穩定有利，水位驟降時則可能不利。
- **張力裂縫**：坡頂已有張裂縫，或 c′ 較大的黏性土在坡頂可能開裂。裂縫深度內的土不提供抗剪強度，裂縫充水時還會產生水平推力。

13.1 坡外積水

不需要特別的設定。只要把地下水位線畫到地表以上，高出地表的部分就自動視為坡外積水，圖上以淺藍色表示。積水的重量作用在切片頂面，斜坡面上的水壓水平分量抵抗滑動，計算結果另列「坡外積水水平推力」。

本例假設坡趾前方為河道，水位 13 m，比坡趾道路高 3 m：地下水位線改為 (0, 13) (16, 13) (35, 17) (70, 21)。

13.2 張力裂縫



圖 13-1 「設定」頁的張力裂縫

1. 到「設定」頁，勾選**考慮坡頂張力裂縫**。
2. **裂縫深度**選「Rankine 公式」時，以 $z_c = 2c'/(\gamma\sqrt{K_a})$ 依坡頂地表的土層計算，下方會顯示算出的深度；也可以選「指定深度」直接輸入。
3. 勾選**裂縫充水**時，水壓 $P_w = \tfrac{1}{2}\gamma_w z_c^{\,2}$ 水平推向坡外。

裂縫的位置由搜尋決定，若不設裂縫的 Fs 較小，程式就不設裂縫。「檢核」頁的每個情境可以分別設定裂縫是否充水，例如只有暴雨情境充水。

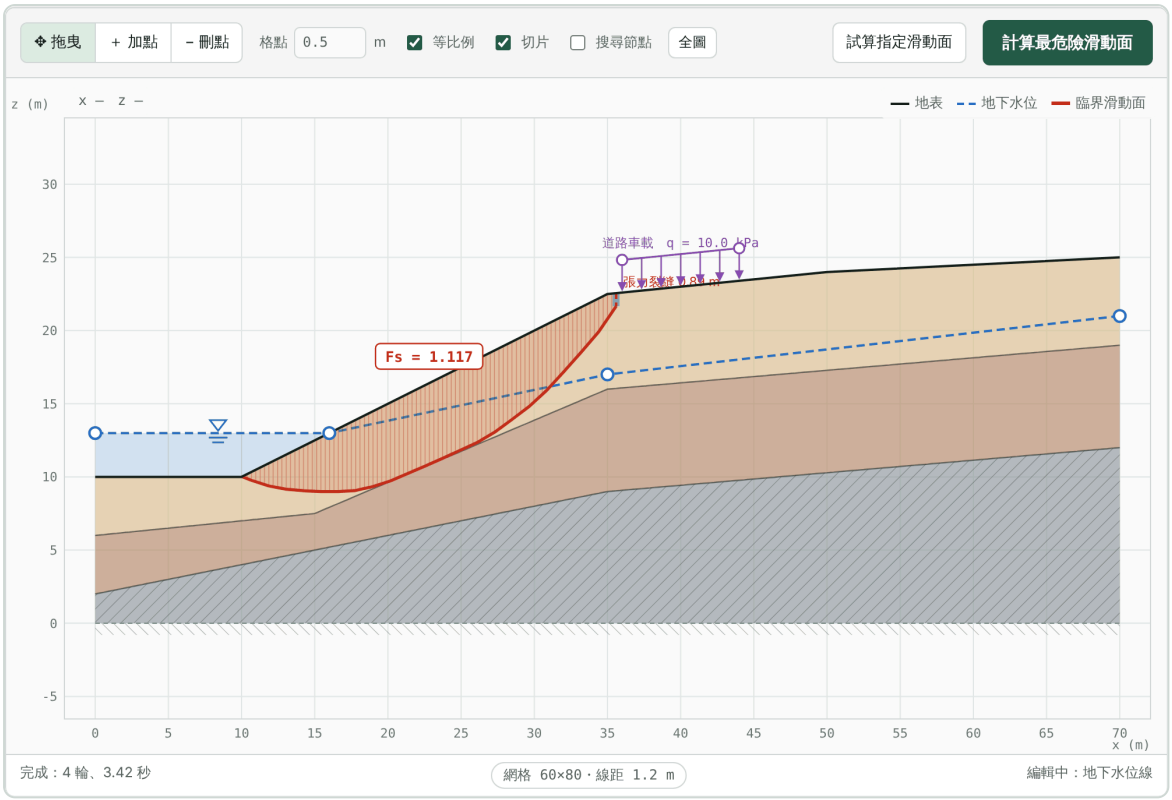


圖 13-2　坡趾積水 3 m 且坡頂裂縫充水時的臨界滑動面（Fs = 1.117）

水位驟降

SSA 以靜水壓處理積水，不含水位驟降時的超額孔隙水壓。水庫或河道水位快速下降的情況，可以用「積水移除、坡內水位維持高水位」的組合做保守估計，必要時另做暫態滲流分析。

第 14 章

抑止樁、微型樁與地工合成材

什麼時候用

- **抑止樁**：深層地滑，土釘與地錨的長度或錨碇力不足，需要以鋼管樁的抗剪與抗彎抵抗滑動。
- **微型樁**：施工空間有限的道路邊坡，以小口徑樁群同時提供軸力與剪力。
- **地工合成材**：加勁填土邊坡或加勁擋土牆，以地工格網或織物分層補強。

這三種構件與土釘、地錨一樣在「補強」頁加入，抵抗力一律計入抵抗側（被動）。

14.1 抑止樁



圖 14-1　抑止樁卡片

1. 「補強」頁按＋ **抑止樁**，位置 x = 22、椿長 L = 12 m、間距 D = 2 m、排數 N = 1。
2. 鋼管外徑、管厚、鋼材與容許應力（長期或短期）依設計選定，預設為 φ318.5×10.3 mm、SKK490、長期。
3. **椿型**：楔形椿（くさび杭）用於滑動面下方有地盤反力的一般情況；懸臂椿（抑え杭）用於下坡側沒有地盤反力的情況。
4. 移動層與穩定層的變形係數 E_0 用來計算水平地盤反力係數，展開「進階」可設定其他參數。
5. 按**計算最危險滑動面**。結果中每支椿會列出滑動面以上長度、根入長度、可承受的水平荷重與控制條件。

14.2 抑止樁設計

「補強」頁的**抑止樁設計**依日本地すべり防止技術指針，在無補強的臨界滑動面上求使 Fs 達到計畫安全率的必要抑止力 P_r，換算每支椿的設計荷重，再檢核彎曲應力、剪應力、根入長度與地盤降伏。

1. 先按**計算最危險滑動面**。
2. 計畫安全率 PFs 填 1.5，按**計算必要抑止力與椿體檢核**。

抑止椿設計

依日本地すべり防止技術指針，在無補強的臨界滑動面上求使安全係數達到計畫安全率的必要抑止力 Pr，換算每支椿的設計荷重 H = Pr·cosθ·D/N，再檢核彎曲應力、剪應力、根入長度與地盤降伏。請先按「計算最危險滑動面」。

計畫安全率 PFs

1.5

計算必要抑止力與椿體檢核

計算方法：簡易 Janbu（未修正）。滑動面：無補強措施的臨界滑動面，其他補強構件照常計入。耗時 0.1 秒。

#1 抑止椿　x = 22.00 m

無椿時 Fs → 計畫安全率	1.320 → 1.50
必要抑止力 Pr	**173.9** kN/m
滑動面傾角 θ	23.5°
滑動面以上 Le／根入 Lr	5.49 / 6.51 m
每支 H／V	319.0 / 138.7 kN
kh（移動層／穩定層）	24643 / 113772 kN/m³
β（移動層／穩定層）	0.5364 / 0.7862 m⁻¹
最大彎矩（移動層／穩定層）	136.2 / 197.8 kN·m
彎曲應力 σ	279.7 ≤ 185.0 N/mm² ● NG

加椿後請重新計算最危險滑動面，確認滑動面不會從椿底下方或椿的前、後方另外滑出。

圖 14-2　第一次設計：彎曲應力不足

計算方法：簡易 Janbu（未修正）。滑動面：無補強措施的臨界滑動面，其他補強構件照常計入。耗時 0.1 秒。

#1 抑止椿　x = 22.00 m

無椿時 Fs → 計畫安全率	1.320 → 1.50
必要抑止力 Pr	**173.9** kN/m
滑動面傾角 θ	23.5°
滑動面以上 Le／根入 Lr	5.49 / 8.51 m
每支 H／V	239.3 / 104.0 kN
kh（移動層／穩定層）	20722 / 95671 kN/m³
β（移動層／穩定層）	0.4311 / 0.6320 m⁻¹
最大彎矩（移動層／穩定層）	127.1 / 184.6 kN·m
彎曲應力 σ	129.7 ≤ 185.0 N/mm² ● OK

加椿後請重新計算最危險滑動面，確認滑動面不會從椿底下方或椿的前、後方另外滑出。

圖 14-3　調整管徑、間距與椿長後全部通過

第一次設計的必要抑止力 P_r = 173.9 kN/m，每支椿 H = 319 kN，彎曲應力 279.7 N/mm² 超過容許的 185 N/mm²。把鋼管改為 φ406.4×12.7 mm、間距改為 1.5 m 後，彎曲應力降為 129.7 N/mm²，但根入長度 6.51 m 小於需要的 7.01 m；再把椿長加到 14 m，全部檢核通過。

> **加椿之後**
>
> 抑止椿設計使用的是無補強的臨界滑動面。加椿後請重新計算最危險滑動面，確認滑動面不會從椿底下方或椿的前、後方另外滑出。

14.3 微型樁與地工合成材



圖 14-4　微型樁卡片



圖 14-5　地工合成材卡片

- **微型樁**：軸力取握裹 q 乘上穿出滑動面的長度與軸向強度的較小值，沿樁軸作用；容許剪力 V_a 垂直樁軸。兩者都取抵抗滑動的方向。傾角 θ 小於 90° 表示向坡內傾斜。
- **地工合成材**：容許拉力 $T_a = T_{ult}/(RF_{ID} \cdot RF_{CR} \cdot RF_D)$，再與滑動面兩側的拉拔阻抗比較取小值。拉力方向可選水平或沿滑動面。勾選「坡面端包覆或連結」時，前端不受拉拔控制。多層配置可用「整排配置」或「複製」建立。

第 15 章

計算方法與搜尋設定

什麼時候用

- 規範或審查要求使用同時滿足力與力矩平衡的嚴密法。
- 剖面很長、土層很薄，或計算結果看起來不合理，需要調整搜尋網格。
- 要排除過淺的表層滑動，或檢討淺層崩塌。

15.1 計算方法



圖 15-1 「設定」頁的計算方法

方法	平衡條件	適用
簡易 Janbu 法	力平衡	原 SSA 程式的方法，計算快，未修正值偏保守。可乘修正係數 f0。
Spencer 法	力與力矩	切片間力的方向固定（f(x) = 1）。
Morgenstern–Price 法	力與力矩	切片間力的方向以半正弦函數分布。

不論選哪一種，DP 都先以簡易 Janbu 法找出臨界滑動面。選嚴密法時，勾選**嚴密法搜尋後局部最佳化滑動面**，程式會再移動滑動面的頂點與兩端，使所選方法的 Fs 最小。三種方法的結果都會列在計算結果中。



圖 15-2 選用 Spencer 法時的結果。局部最佳化使 Fs 由 1.462 降為 1.429

修正係數 f0

簡易 Janbu 法忽略切片間剪力，結果通常偏低。修正係數 f0 有兩種公式可選：f0 = $(50d/L)^{0.03}$（土木研究所資料 1987）與 Janbu 修正曲線。預設以未修正值判定，與原 SSA 程式相同；勾選**以修正後 f0 • Fs 判定**才會改用修正值。嚴密法不需要 f0。

15.2 搜尋網格

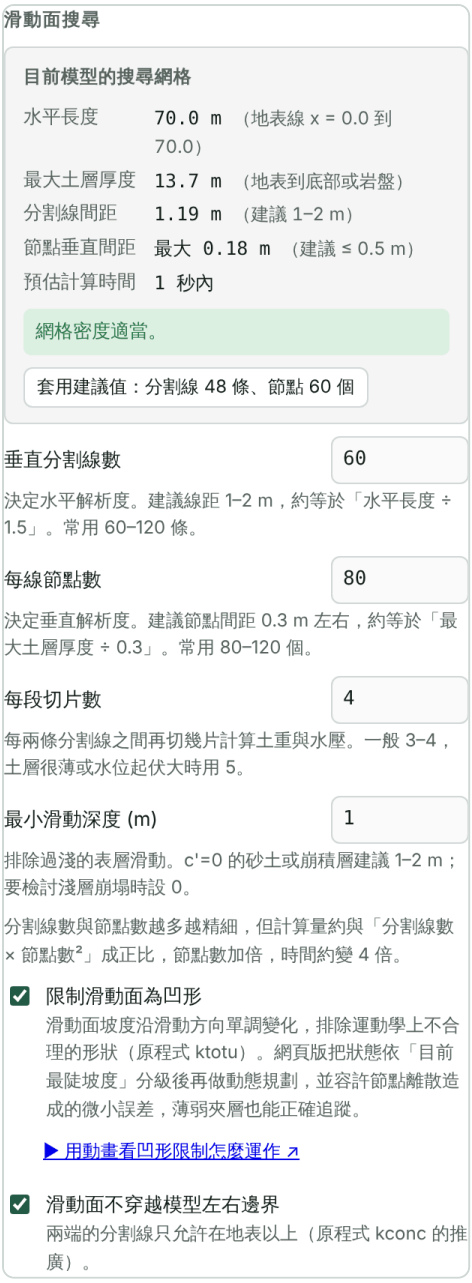


圖 15-3 「設定」頁的滑動面搜尋

DP 在剖面上畫一組垂直分割線，每條線上放一組節點，滑動面就是從第一條線走到最後一條線、每條線選一點連成的折線。

設定	建議
垂直分割線數	線距 1 至 2 m，約等於水平長度 ÷ 1.5，常用 60 至 120。
每線節點數	節點間距約 0.3 m，約等於最大土層厚度 ÷ 0.3，常用 80 至 120。
每段切片數	一般 3 至 4，土層很薄或水位起伏大時用 5。
最小滑動深度	c′ = 0 的砂土或崩積層建議 1 至 2 m；檢討淺層崩塌時設 0。

上方的「目前模型的搜尋網格」會依剖面估算線距、節點間距與計算時間，並提供**套用建議值**按鈕。點狀態列中間的「網格」按鈕也會跳到這裡。計算量約與「分割線數 × 節點數²」成正比，節點數加倍，時間約變 4 倍。

- **限制滑動面為凹形**：排除運動學上不合理的形狀，建議保持勾選。
- **滑動面不穿越模型左右邊界**：兩端的分割線只允許在地表以上，避免滑動面從模型邊界穿出。
- 工具列勾選**搜尋節點**可以在圖上看到節點位置。

15.3 收斂與判定



圖 15-4 「設定」頁的收斂與判定

容許誤差 ΔF、最大迭代次數與起始 F 一般不需要更動。**要求安全係數**是主畫面計算的判定標準，多情境檢核則各自使用「檢核」頁的要求值。

第 16 章

單位、存檔、驗證報告與版本

16.1 單位



圖 16-1 「土層」頁上方的單位選擇

「土層」頁上方可以分別選擇單位重（kN/m³ 或 tf/m³）與凝聚力、應力（kPa 或 tf/m²）的單位。切換時已輸入的數值會自動換算，計算結果與計算書也以相同單位顯示。換算採 1 tf = 9.80665 kN。

16.2 存檔與交換

- **JSON 模型檔**：「設定」頁的「儲存模型」與「匯入模型…」，包含所有輸入與設定（第 8.3 節）。
- **CSV**：地形可由 CSV 匯入（第 1.2 節）；切片明細與多情境總表可以複製為 CSV。
- **計算書**：Word 或 PDF（第 8 章）。
- **復原**：Ctrl+Z 或左上角「復原」可以回到上一步。

16.3 驗證報告



圖 16-2 「說明」頁執行驗證報告的結果

「說明」頁的**執行驗證**會以目前版本的計算核心，在您的瀏覽器中重算全部驗證考題，包含閉合解、Fredlund and Krahn、ACADS 標準題、坡外積水與張力裂縫、分層水壓、補強構件、鋼管杭計算例與擋土牆外部穩定，

列出參考值、本工具的結果、差異與是否通過，約需 3 分鐘。結果可以下載 Word 或列印為 PDF，作為送審時的程式驗證文件。v2.10.2 共 146 項檢核全部通過。

16.4 版本與語言

網頁標題旁、計算書與存檔都標示程式版本號。「說明」頁的版本紀錄列出各版的修改內容。本手冊封面註明對應的程式版本，程式有功能更新時，手冊也會同步修訂。

右上角可以切換中文、English、日本語，計算書也會以目前的語言產生。本手冊另有英文版與日文版。

附錄

常見問題與參考表

A. 常見問題

按了計算，沒有找到滑動面。

先看狀態列的訊息。常見原因有：地表線少於 2 點；模型底部高程高於地表的某一段；最小滑動深度太大；控制點或出入口範圍彼此矛盾。關閉控制點、把最小滑動深度設為 0 試試看。

臨界滑動面出現在很奇怪的位置，例如模型邊緣。

確認勾選了「滑動面不穿越模型左右邊界」，並把剖面兩端延伸到離坡頂、坡趾足夠遠的地方（一般至少一倍坡高）。

Fs 跟其他軟體差很多。

先以同一條滑動面比對（第 10 章），再逐項檢查計算方法、孔隙水壓、單位重的使用（水位上下）、f0 修正與載重是否計入地震力。

補強後 Fs 沒有提高。

看計算結果中補強構件的表格。若顯示「未穿過臨界滑動面」，代表滑動面換到構件範圍以外，需要加長構件或擴大配置範圍。

擋土牆頁顯示「只計入整體穩定」。

以頂點座標自訂形狀的擋土牆無法做外部穩定檢核。在卡片中輸入尺寸，就會改回參數式斷面。

情境顯示「請輸入 Δh」或「請輸入 kh」。

暴雨的水位上升量與地震的水平震度須依案例填入，程式不預設（第 6 章）。

關掉網頁後模型不見了。

SSA 不會把資料存在伺服器，請用「儲存模型（JSON 檔）」存檔（第 8.3 節）。

B. 邊坡最小安全係數（預設值）

規範	常時	暴雨／高水位	地震
水土保持技術規範第 73 條，永久性	1.5	1.2	1.1
水土保持技術規範第 73 條，臨時性	1.2	1.1	1.0
公路邊坡工程設計規範表 4.6-1，長久性	1.5	1.2	1.1
公路邊坡工程設計規範表 4.6-1，臨時性	1.2	1.1	1.0

擋土牆外部穩定的要求值見第 7.2 節。規範可能修訂，使用前請以最新條文確認。

C. 範例檔一覽

檔案	內容	用於
tutorial-profile.csv	教學案例的地表、土層界面與地下水位	第 1 章
tutorial-1-slope.json	剖面、土層參數與道路車載，無補強	第 4 章，進階各章的起點
tutorial-2-nails.json	加入 8 支 9 m 土釘與三個情境	第 5、6 章
tutorial-3-wall.json	再加入坡趾重力式擋土牆	第 7、8 章
tutorial-report.docx、.pdf	教學案例的計算書	第 8 章

D. 名詞與符號

符號	意義
Fs	安全係數，抵抗力與滑動力之比
γ、γ_{sat}、γ_w	單位重、飽和單位重、水的單位重
c'、ϕ'	有效凝聚力、有效摩擦角
k_h、k_v	水平、垂直震度（擬靜態地震力）
r_u	孔隙水壓比
f0	簡易 Janbu 法的修正係數
Δh	暴雨情境的地下水位上升量
e、B	擋土牆合力偏心距、底寬
P_r、PFs	必要抑止力、計畫安全率

完整的理論、公式與參考文獻請見 SSA 網頁下方的「方法原理與公式」。

E. 聯絡與回饋

使用上有問題、發現錯誤或有功能建議，歡迎來信 cychen59@gmail.com（陳振宇）。

本工具為二維極限平衡分析的輔助工具，計算結果僅供參考，實際工程判斷與設計仍應由專業人員依現地調查與相關規範負責。