

# 國道三號邊坡穩定分析

組別:第一組

指導教授:吳朝賢老師

組員:陳柏廷 土木 3A 405380212

黃建為 土木 3A 405380030

夏維陽 土木 3A 405381095

林芄 土木 4B 403360505

# 目錄

一、前言 .....	2
二、事件介紹 .....	3
三、邊坡穩定分析切片法 .....	8
四、STABL 介紹 .....	111
五、邊坡工法-地錨 .....	13
六、實際分析 .....	15
七、結論 .....	20
八、心得 .....	21
九、資料來源 .....	23

# 一、前言

民國 99 年 4 月 25 日下午 2 時 33 分，基隆市七堵區師公格山發生走山崩塌意外，因於氣候晴朗及無其他外力因素時發生走山崩塌，為台灣地區災害型態及規模首見，造成台灣地區高速公路用路人不僅生命遭受威脅，身心與生活也都受到嚴重的影響。此路段在附近地區扮演極為重要的角色，除了是北台灣地區貿易運輸要道，連結台 2 己線至基隆港區，更是基隆市民前往台北區域必經路段，提升北台灣地區貨運及貿易運輸及提高基隆地區居民生活機能，因此恢復此路段必是當務之急的任務，幸運的是經過相關人員及專家的修繕及評估之後此路段已恢復了通行，往後此路段也沒再發生相關的坍方災害，但必須思考為何當時在毫無預警的情況下會發生這樣的狀況，是否當初在設計道路之前所做的邊坡分析其實並沒有發現最為危險的潛在破壞面來進行最妥善的邊坡穩定工程，加上長時間的環境變化改變了土體，才導致這次的災害我們不得而知，當然還有許多可能的原因，例如可能是邊坡的防護措施因長年使用而失去應有的防護效果，或者是當地近期受到天氣或環境的影響也可能造成土體性質的改變而造成土壤滑動，各種因素都有可能是這次災害的起因，而將來若我們投身於相關的行業時，這類影響大眾生命安全及使用權益的問題就是我們必須要面對的，而這次希望藉由專題報告的機會，我們能夠利用以往課堂上學習到的相關知識及蒐集相關的資料，來認識及學習邊坡穩定的分析方法，也透過實際分析的過程，來了解邊坡穩定時必須注意的問題及影響邊坡穩定性的各種可能因素。

## 二、事件介紹



2010年4月25日約14時29分，國道三號七堵地區於3.25公里處邊坡的「師公格山」發生一起嚴重的山崩事件，造成雙向車道遭掩埋面積達200×60平方公尺，大埔跨越橋也隨著山崩斷成兩截而掉落至高速公路主線，南北雙向六個車道全遭土石覆蓋，交通部臺灣區國道高速公路局及內政部警政署國道公路警察局因此緊急雙向封閉國道三號汐止系統交流道以北至基金交流道以南路段，交通完全中斷。

本次崩塌範圍乃由山脊岩層直接崩滑而下，並造成原本海拔高程約160公尺的坡頂於災後下降至146公尺，整座三角形狀之岩體沿坡面順向崩滑而下，崩塌範圍之三角形面積依林務局農林航空測量所計算為1.42公頃，坡頂崩滑下移約60-70公尺，崩塌源頭至高速公路邊坡長度約180公尺，崩塌影響範圍由源頭至堆積坡趾長約260公尺，崩塌土石直接衝擊阻斷國道3號高速公路南北雙向的交通長約170公尺，崩塌影響範圍為2.4公頃；總崩塌土方量根據現地勘查崩塌土石厚度約15-20公尺（與崩塌範圍1.42公頃推估結果，總崩塌土方量超過20萬立方公尺，實際運移土方量約為22萬立方公尺。)(如圖一)



圖一：走山崩塌示意圖



# 地質條件

本案例位於台灣西部麓山帶地質分區，該地層主要是由晚漸新世至早上新世之沈積岩所構成，其主要的地質構造包括逆衝斷層及褶曲，大多作東北方向延伸，而經過地質文獻查閱以及本項調查工作地表地質調查執行結果，確認本地區之地層由早中新世之大寮層及中中新世之石底層所構成，二者均作東北至北北東走向分布，向東南方傾斜本崩塌地所屬之岩層屬於大寮層中段至上段底部之岩層。此地質屬於砂岩和頁岩「互層」的區域，砂岩層較厚，較薄的頁岩則顆粒較細、強度較低，因此事故山頭可能因頁岩層經過長期風化加上雨水滲透，強度弱化而走山。

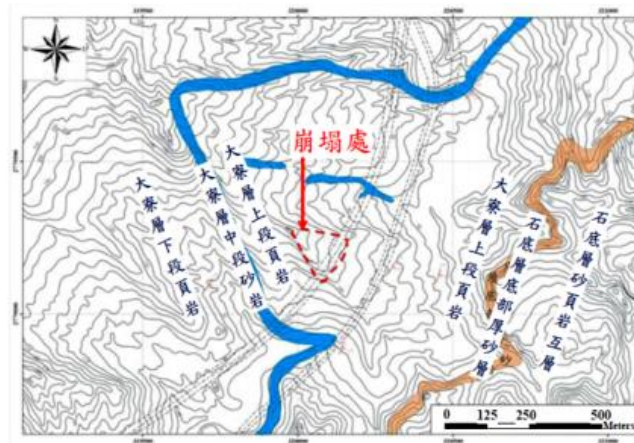


圖2.3 區域地質調查圖

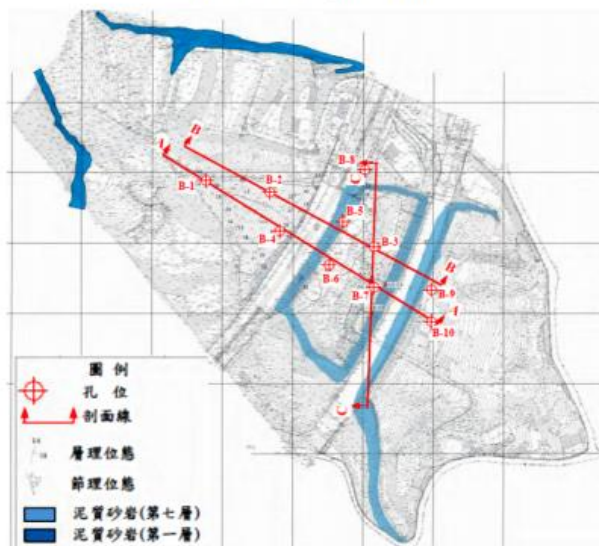


圖2.4 基地地質調查圖

土體資料:

土壤參數	乾土單位重 (KN/m <sup>3</sup> )	飽和土單位重 (KN/m <sup>3</sup> )	凝聚力 (KPa)	摩擦角 (°)
砂岩層 (SS)	21	25	30	32
砂頁岩互層 (SS/SH)	26	26	10	14
頁岩層 (SH)	26	26	28	30

## 災害發生原因

### 1. 順向坡地形:

根據中央地質調查所及現地勘查結果顯示，崩塌區座落於順向坡地形區位，由中明顯可見順向坡之滑動面傾角約為 14-16 度，由現場可明顯看出崩塌南側滑動面位於第一階護坡平台上方，原有南側第一階坡面初步勘查並沒發現有產生崩滑現象；另崩塌源頭原坡頂下移約 60-70 公尺，滑動邊坡上緣屬自然植生區位，初步未發現人為破壞，源頭區因崩滑而陷落並堆積大量岩塊土石；而於現地所量測的岩層位態，其走向與傾斜方向為北偏東 22 度，傾角朝南 15 度，而崩塌災害的滑動面走向量測則為在北偏東 20 度，傾角向南傾斜，平均角度約在 14 度至 16 度間，明顯可見崩塌的滑動位置主要沿地層層面進行移動，此特徵為順向坡災害的特徵，由此可見，本次國道 3 號 3.1K 處南下邊坡為順向坡岩層滑動所導致的崩塌災害。

### 2. 滑動岩體砂頁岩互層、節理與風化侵蝕

根據現地觀察透過由滑動體以及殘留之露頭可以得知，崩塌區域內的岩層屬性為砂岩與頁岩，滑動體上的厚層砂岩除風化嚴重外，砂岩同時也受縱向節理切割，砂岩層下方的頁岩層根據觀察也已受風化作用，觸摸時已出現類似黏土之黏性，且下層的頁岩也有風化及銹染的氧化鐵的出現。此外，在滑動體之

週遭，除原屬於大寮層可見到明顯沉積構造的砂岩岩塊外，還可見到白色砂岩岩塊，大致推測應為石底層下部之白色砂岩，然而白色砂岩之出現與原地質調查所五萬分之一地質圖所顯示資料略有差異。

### 3. 滑動面裂隙明顯

根據現場滑動面之調查結果顯示，南側上層岩層崩移後所露出滑動面之下為頁岩，可見多條明顯之舊有岩層裂縫，裂縫最寬處可達 24 公分；由災害照片及滑動面上泥層與岩錨鋼腱痕跡方向顯示，崩塌滑動方向接近垂直於高速公路，另無泥層覆蓋之滑動面上亦可明顯見到上下岩層崩滑後所產生之摩擦痕，滑動面上四處可發現覆蓋一層質地細緻之泥層，此層泥土具有黏性且現地調查時仍可發現滑動坡面濕潤且泥層飽含水份。現地調查人員為進一步瞭解滑動面下方岩性以及含水狀況，於現場以地質槌敲擊滑動面，鑿深約 4 公分處，發現下方為新鮮頁岩層，且較不易透水，災後數日露出之滑動面頁岩表層接觸空氣與水後易風化，原於滑動表面有含水之覆表土已出現泥裂的現象；通常於順向坡砂岩、頁岩之交界泥層其抗剪強度很低，乃為順向坡岩層滑動的重要潛在因素之一。由滑動面之調查結果顯示，導致順向坡岩層滑動的重要因素如下：因上層透水性較佳的砂岩岩體風化嚴重，水易沿孔隙、垂直節理以及裂縫滲入岩層內部，直至遇到透水性較差的新鮮頁岩層表面，因無法即時排除水份，故逐漸使交界處含水量增加，引致摩擦力降低，當其上崩滑岩體下滑力超過坡面可支撐之力量後即可能發生滑移，而導致順向坡岩層下滑崩塌災害之發生。

### 4. 地錨鏽蝕

本災變由於地理環境長期潮濕，地錨又無防蝕措施導致鋼絞線鏽蝕。然而鋼絞線如鏽蝕，斷面積減少，剩下抗張材之安全係數近乎只存平衡之飽和點，4 月 23 日下雨地區含水量增大，本來僅存平衡點，突然含水量增大，同時加大主動土壓，而岩層之抗剪強度減弱，致使其中一支鏽蝕的地錨承不住而爆斷，同時其所負的荷重瞬間由上下左右的地錨來承受，而上下左右的地錨本來也鏽蝕，自身已受不了撐不住了，忽然加重主動土壓即同時爆斷成骨牌效應，劇變如閃電迅雷不及掩耳快速崩塌，再加半自由落體 1、2 秒間砂石全滑下。



# 三、邊坡穩定分析切片法

## 安全係數：

進行邊坡穩定分析時，常以極限平衡法求取邊坡安全係數（safety factor），安全係數被定義為沿著滑動面之土層阻抗與滑動力的比值，一般稱 FS=1 時為臨界狀態（模式），當沿著滑動面的作用力大於抵抗力時，FS<1，代表邊坡處於不安全側（不穩定狀態），反之則屬安全側（穩定狀態），而最小安全係數所對應的滑動面稱為臨界滑動面（the critical slip surface），臨界滑動面位置的決定與整治（保護）工程的規劃關係密切。

$$F.S. = \frac{\text{抗滑力}}{\text{下滑力}}$$

- 國道新建工程局「土工設計注意事項」，訂定土壤邊坡或岩石邊坡之安全係數，其安全係數應符合規定如下表所示：

永久性	常時	FS≥1.5
	地震時	FS≥1.1
	高水位	FS≥1.2
臨時性 (施工)	常時	FS≥1.2
	地震時	FS≥1.0

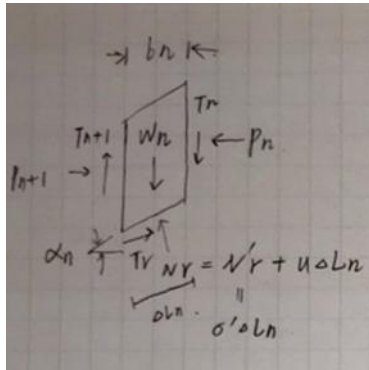
## 邊坡穩定分析-切片法：

土壤邊坡穩定分析方法的選用是依滑動面之破壞型態而定，若破壞面為平面、圓弧及複合等較具規則的破壞型式，可採用平面分析法、圓弧分析法及切片分析法，而對於較複雜或其他較不具規則滑動面的破壞型式，可採用數值方法進行分析。以下將著重介紹切片法。

切片法是將可能之滑動土體分為許多垂直切片，由於不同的切片間作用力之假設，而有各種不同的方法，如 Ordinary Method、Bishop 簡化法、Spencer 法、Janbu 簡化法、Janbu 修正法及 Morgenstern-Price 法等。

## 1. Ordinary method of slices

此為最簡單之切片法，此法並不考慮切片間之水平作用力與垂直作用力。



Assume : Resultants of interslice forces is zero

$$F_s = \frac{\Sigma [c \Delta L_n + N_r' \tan \psi]}{\Sigma W_n \sin \alpha_n}$$

$$\therefore N_r' = W_n \cos \alpha_n - U_n \Delta L_n$$

$$\therefore F_s = \frac{\Sigma [c \Delta L_n + (W_n \cos \alpha_n - U_n \Delta L_n) \tan \psi]}{\Sigma W_n \sin \alpha_n}$$

## 2. Bishop 簡化法

此法之特點在於假設片間之作用力為沿水平方向，但不考慮切片間之垂直剪力，切片底部之正向力可以由垂直正向力之平衡而得。

$$P_n - P_{n+1} = \Delta P, \quad T_n - T_{n+1} = \Delta T$$

$$T_r = \frac{1}{F_s} (c' \Delta L_n + N_r' \tan \phi')$$

Summing forces in vertical direction

$$W_n + \Delta T_n = N_r' \cos \alpha_n + U_n \Delta L_n \cos \alpha_n + \frac{c \Delta L_n}{F_s} \sin \alpha_n + \frac{N_r'}{F_s} \tan \phi' \sin \alpha_n$$

$$\text{Or } N_r' = \frac{W_n + \Delta T_n - \frac{c \Delta L_n}{F_s} \sin \alpha_n - U_n \Delta L_n \cos \alpha_n}{\cos \alpha_n + \frac{\tan \phi' \sin \alpha_n}{F_s}}$$

Substituting  $N_r'$  into eq(1) and rearrange

$$F_s = \frac{\Sigma \left\{ [c' b_n (W_n - U_n \Delta L_n) \tan \psi' + \Delta T_n \tan \psi] \frac{1}{m \alpha(n)} \right\}}{\Sigma W_n \sin \alpha_n}$$

### 3. Janbu 簡化法

此法為 Janbu 等人於 1956 年所提出，其所作之假設與 Bishop 簡化法相同，只考慮切片間的正向力作用而剪力為零，此假設會造成所得的方程式數目多於未知數的數目，故雖其滿足了兩相互垂直的力平衡方程式，但並不滿足力矩平衡方程式。此法之特點在於可處理較複雜之土層情況，也可用於對非圓弧破壞面之分析。

## 四、STABL 介紹

Stabl 和 stedwin 的關係：

STEDwin 分析程式，包含 PC STABL6 程式及前/後處理器程式 STEDwin。PC STABL 程式最早由普渡(Purdue)大學 Siege 於 1975 年所研發，經十餘年之修改增訂，至 1989 年增修完成 STABL 6 程式，而此版程式更增加了加勁土壤邊坡的分析功能。STEDwin 程式係以 Visual Basic 4.0 撰寫，其主要功能是將 PC STABL 之相關資料輸入、分析模式與執行分析等功能完全以視窗化處理，簡化作業步驟、減少指令記背及增進作業效率，同時其輸出結果也可直接顯示與列印，因此目前國內工程界在邊坡穩定分析與研判上皆廣為應用。

STEDwin 分析基本理論：

PC STABL 程式是以 FORTRAN 電腦程式語言撰寫，其理論依據二維極限平衡法處理一般邊坡穩定分析問題，以切片法進行邊坡分析與安全因子計算，切片法乃簡化問題為靜定狀態，將滑動體分成許多個垂直片段，利用力與力距之平衡求得臨界安全係數。此分析軟體可計算圓弧、不規則形、楔形滑動及平面滑動破壞之邊坡安全係數，使用之邊坡穩定分析方法有 Bishop、Janbu、Spencer、Simplified Bishop、及 Rankine Block 等。以下介紹這次程式分析所使用的兩個分析方法：Bishop 簡化法和 Block 分析法。

### 1. 圓弧破壞模式—Bishop 簡化法

Bishop 簡化法在國內外使用相當普遍，通常用於破壞面近似圓弧型之計算。該方法滿足切片之垂直方向力之平衡、圓弧整體力矩平衡以及莫爾庫倫破壞準則等三種條件，因此 Bishop 簡化法並不考慮水平方向力之平衡。

### 2. 塊體破壞模式—Block 分析法

在極限平衡法中分析二種或多種傾斜地層組成之邊坡，傳統的圓弧形分析法並不適用，常使用的是 STABL 程式裡的 Block 分析法，Block 分析法在分析流程是先在邊坡內設定二個或多個區塊，在區塊間以直線連接，而區塊外則以隨機 (Random) 的線段連接，構成邊坡的滑動面，再以切片法計算安全係數，經過試誤法(Try and Error)後，得到最小安全係數的滑動面。

此外分析各構造物單元間之潛在滑動面或塊狀滑動面可利用 Sliding Block 分析法，以 Random 指令可得任意滑動面，至於對一特定滑動面或已知弱面時，則可使用 SURFACE 或 SURBIS 指令進行分析。除上述之功能外，對於異

向性土壤(ANISO)、邊坡內的地下水位(WATER)、坡面或坡頂上的外加载重(Loads)及邊坡上地錨或岩錨的設置(TIES)、加勁材料的運用(REINF)等都能加以分析。而對於地震力的作用，也可以擬靜態的方式而加以分析，且可迅速分析出模擬的邊坡問題。

STEDwin 程式分析步驟：

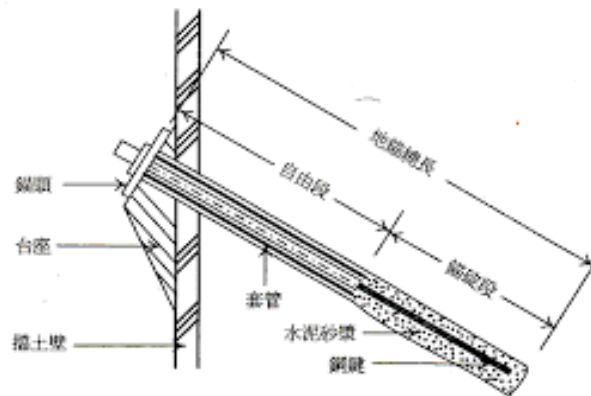
1. 選定設計參數為公制或英制單位(Units)
2. 輸入邊坡幾何形狀與邊界條件(PROFIL)
3. 輸入土層參數(SOIL)
4. 定義地下水位面(WATER)
5. 設計加勁格網(REINF)
6. 設定破壞模式(ANALYSIS)
7. 設定破壞邊界範圍及切片條件
8. 執行邊坡穩定分析(RUN)
9. 分析成果資料

# 五、邊坡工法-地錨

表 5-1 地錨工法之分類



地錨係土錨與岩錨的統稱，功能上，地錨將所需拉力由主要結構體傳遞至周圍緊密地層中，由地層之抗剪強度提供足夠摩擦阻抗，使地錨、主要結構體及錨碇段周圍地層三者達到平衡狀態。



地錨構造包括錨碇段、自由段及錨頭等三部分

錨碇段：提供錨碇力的部分；

自由段：抗張材受拉伸張及傳遞錨碇力至錨頭之部分



錨頭：承受鎖定抗張材及傳遞錨碇力至承壓結構體之部分。

地錨工法之施工順序一般是按下列之過程而進行：

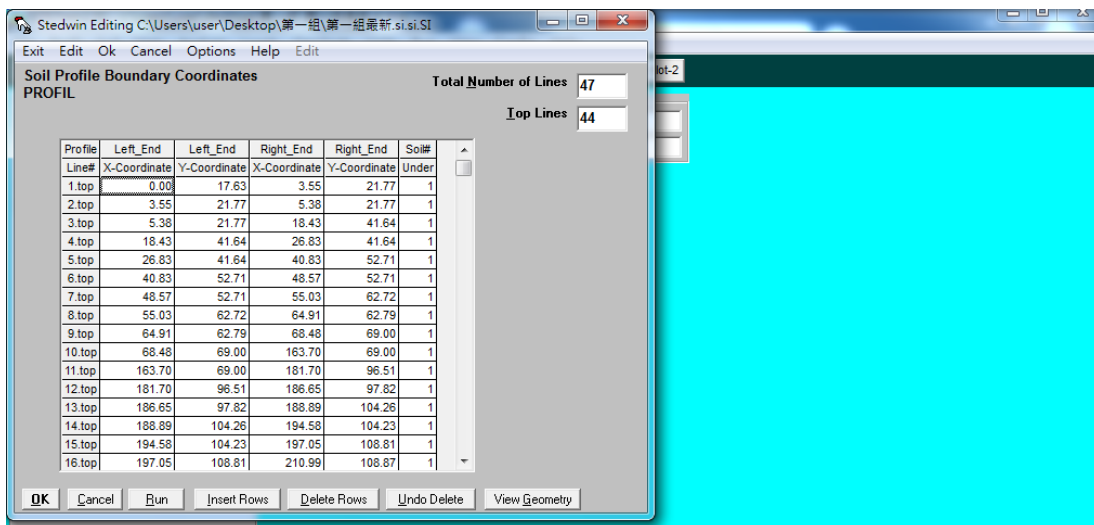
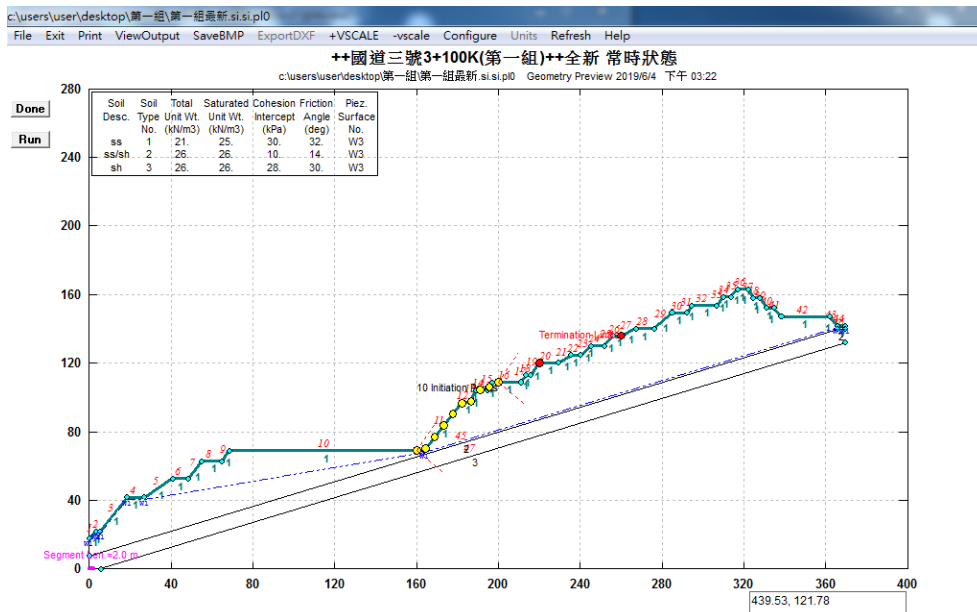
1. 構築混凝土擋土壁或打入鋼版樁、主樁等擋土體。
2. 進行開挖，開挖到第一段地錨施工位置為止。
3. 然後以預定之間隔及傾斜角於擋土壁背面設置地錨。
4. 於擋土壁之開挖面內安裝橫擋、地錨固定裝置。
5. 在各個地錨施工位置上重覆 2, 3 之作業。



# 六、實際分析

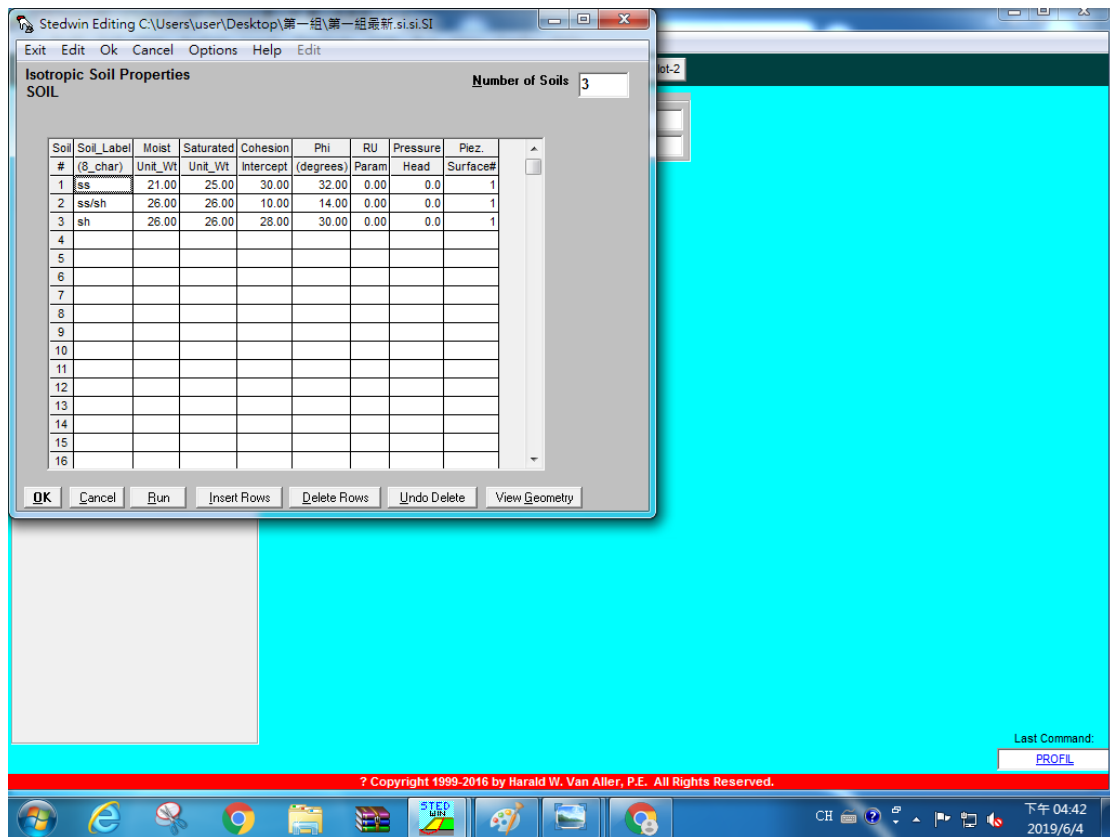
我們利用 autocad 畫出了地形圖的樣貌，輸入個點的座標，讓點與點構成線，在標定不同的線為不同的土層所在位置，形成下方圖一的地形剖面圖

圖一

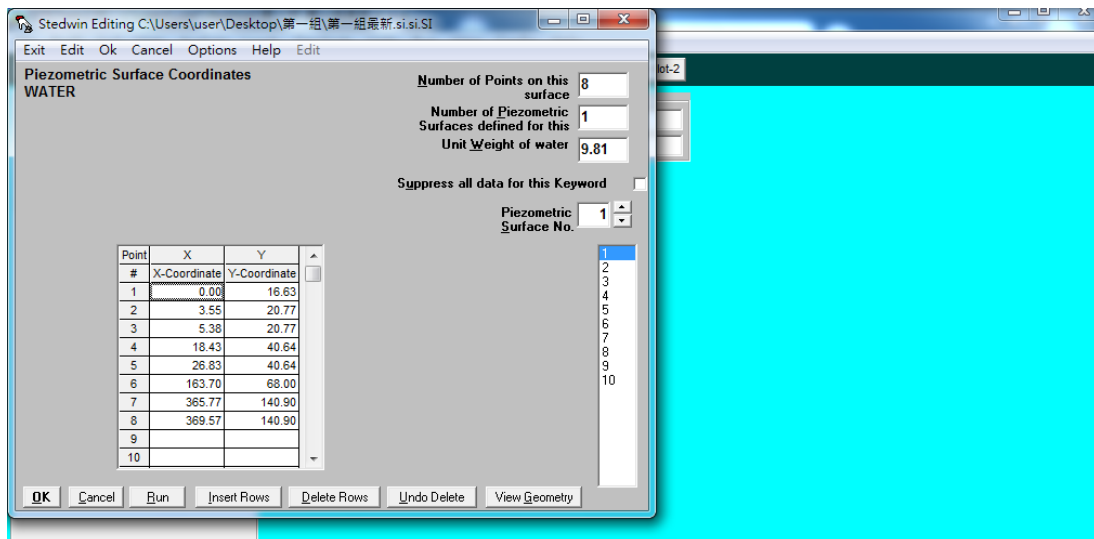


圖二

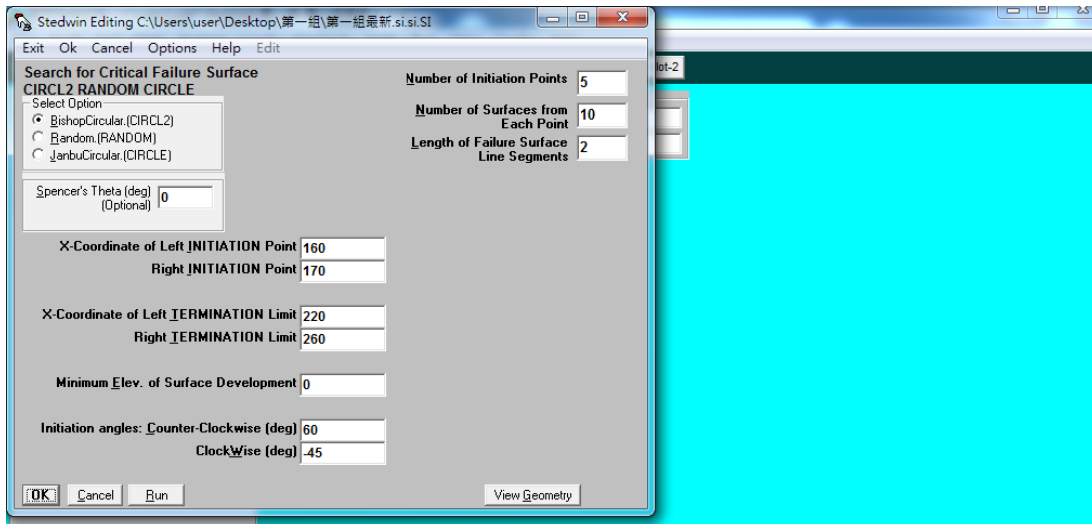
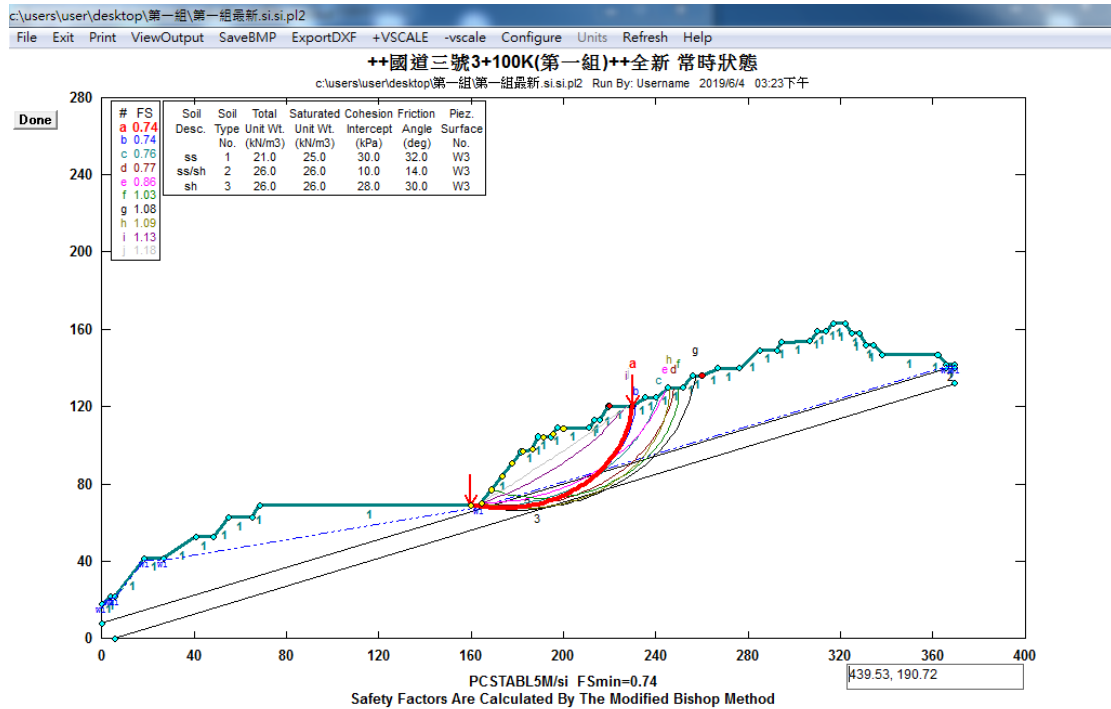
土體資料:將不同的土體資料輸入到對應的編號線段之中,主要輸入的資料有飽和單位重、乾土單位重、凝聚力以及摩擦角



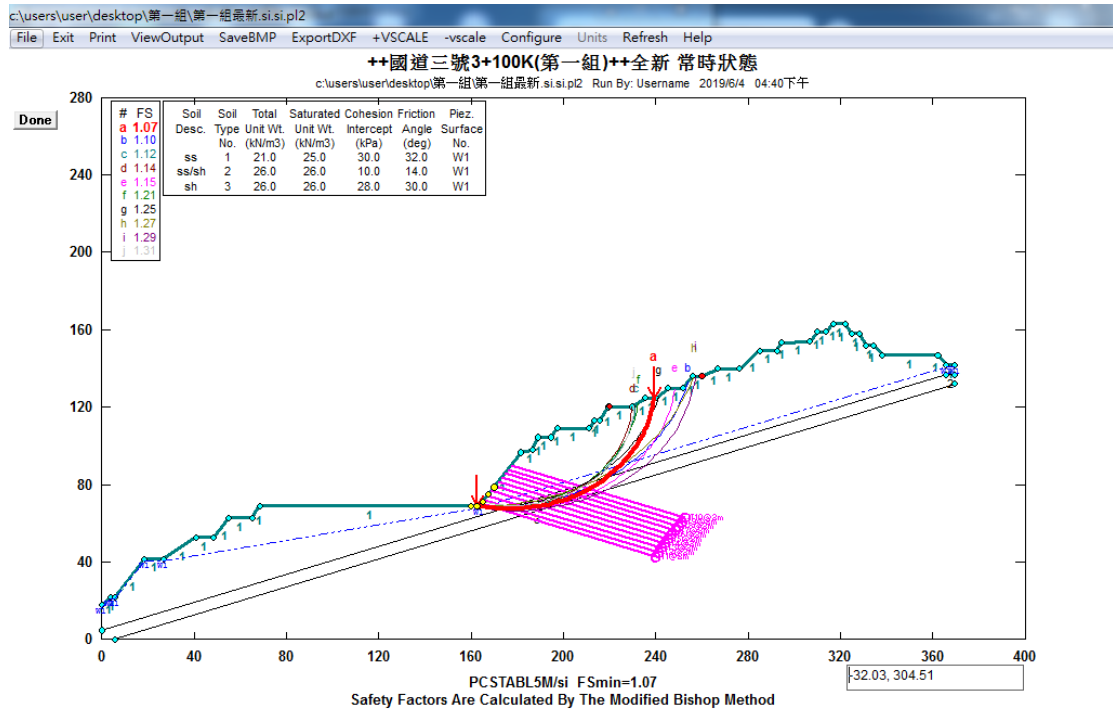
### 水位面座標



圓弧形破壞分析：我們利用假設破壞起始點以及破壞終點來尋找安全係數當，當在範圍內找到最小的安全係數，我們再更縮小範圍來尋找是否存在更小的安全係數，當找到那條破壞面後，我們再加入地錨來計算其安全係數，希望能增強他的安全係數，使此邊坡穩定安全。



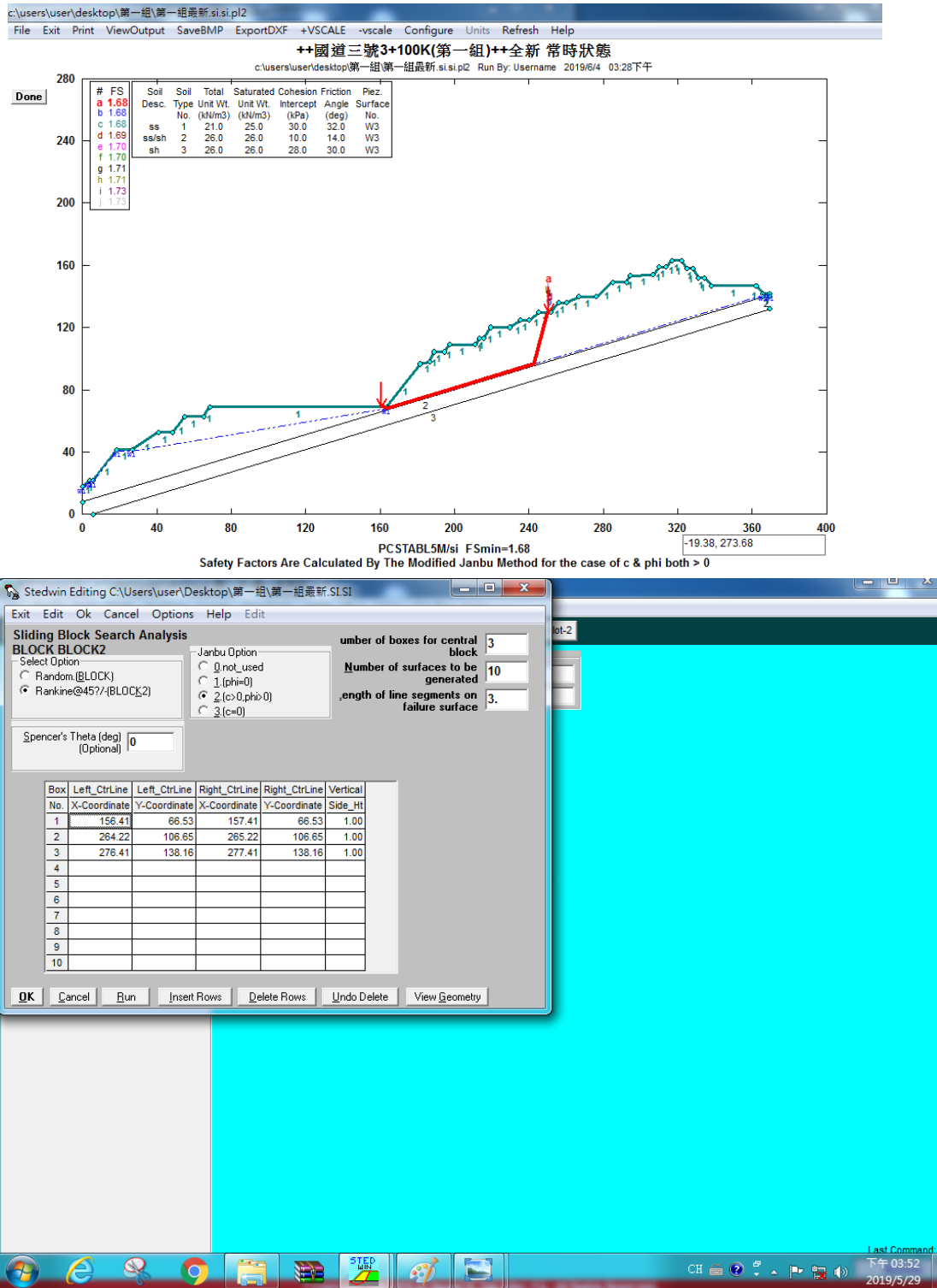
加入地錨後進行分析:地錨分析需要的數據有地錨拉力強度、地錨位置、水平間距、地錨斜面角度及地錨長度，較特別的是地錨位置是以 Y 軸座標來表示，因此需要注意所需地錨是在坡面上的哪個線段上，以避免 STABL 程式無法計算。



地錨資料輸入:

Tie #	Bnd	X-Coordinate	Y-Coordinate	Tieback_Load (lbs, kN)	Horizontal spacing (ft, m)	inclin. (deg)	Unbonded Length (ft, m)
1	11	0.00	70.00	850.00	2.00	20.0	80.00
2	11	0.00	72.25	850.00	2.00	20.0	80.00
3	11	0.00	74.50	850.00	2.00	20.0	80.00
4	11	0.00	76.75	850.00	2.00	20.0	80.00
5	11	0.00	79.00	850.00	2.00	20.0	80.00
6	11	0.00	81.25	850.00	2.00	20.0	80.00
7	11	0.00	83.50	850.00	2.00	20.0	80.00
8	11	0.00	85.75	850.00	2.00	20.0	80.00
9	11	0.00	88.00	850.00	2.00	20.0	80.00
10	11	0.00	90.25	850.00	2.00	20.0	80.00

塊狀破壞：：此分析是以兩個以上區塊間以直線連接做為破壞面形狀進行分析，而本案我們以三個區塊連接做為破壞面，第一個區塊通常須起始於滑動發生起始點的左側，且須盡量接近起始點以降低誤差率；再者因為塊體滑動，因此第一區塊和第二區塊所連成之破壞線須盡量靠近滑動破壞面，分析結果才能較符合實際結果，而分析之範圍以實際滑動破壞面做為參考來進行分析。





# 七、結論

本次國道三號邊坡穩定分析，我們嘗試分別進行多次的圓弧型破壞及塊狀破壞的分析後，中間我們有遇到跑出來的結果為負值和過高的安全係數，後來做出更改後，我們了解到分析圖的方向會影響到程式計算的正負值，如果分析圖為左高右低，跑出來的安全係數都將會為負值，須讓邊坡圖轉換成左低又高的圖才會跑出合理的安全係數。

過程中，我們了解到安全係數受到會受到許多外在因素的影響，例如：地下水水位的高低會導致地層的凝聚力下降，土壤的重量會加重，水如果堆積在不透水層~頁岩上會使得土壤間的摩擦力下降。地錨的水平間距也會使安全係數改變，地錨若放置的太近，作用的範圍重疊，對於邊坡穩定的效用性也會大幅降低！

經過修正後，我們逐漸縮小破壞的起始點以及終點還有破壞長度，找到了各個圓弧型以及塊狀型破壞的最小安全係數破壞面，比較後發現，圓弧型破壞的安全係數總是遠比塊狀破壞來的小，但依照實際例子此邊坡的塊狀型破壞比圓弧型破壞容易發生，因此我們在圓弧型破壞面嘗試加入地錨來增加安全係數改善邊坡的穩定性，最後圓弧型的安全係數依舊還是小於塊狀破壞的安全係數。經過討論及不斷的求證數據的正確性，答案依舊是一樣的結果，再加上詢問老師的意見，了解到大地工程本來就沒有一定的答案，並不是一定會發生數據上所表示的事情，有太多不確定性，再加上我們所做的分析為 2D 分析，分析的資料會與實際上 3D 的扇形面積崩塌有很大的差異性，跑出來的結果也會有所不同，再加上安全係數的大小並不代表實際上一定會發生的破壞，只是表示此破壞面容不容易發生的可能性，有可能當時國道三號發生了安全係數較大塊狀型破壞也說不定，因此我們決定使用分析得到的結論，那就是此邊坡的圓弧型破壞可能比塊狀破壞還容易發生為我們這次研究的結論！

# 八、心得

土木 4B 403360505 林芃

這次的課程，要從一個原本完全不了解的國道三號邊坡問題慢慢找詢相關資料去分析他，最後還要試著跑 stabl 程式，這個過程不再像以往的學習方式，讓我思考跟得到很多，除了團隊的分工合作之外，還要試著自己解決問題，每跨出一步都是一個挑戰，我覺得這是對於銜接之後工作一個很好的訓練，讓我們更知道真實的情況是如何，也讓我們知道自己還有甚麼不足的地方。

土木 3A 405380212 陳柏廷

本學期的頂時課程，我認為是一項令我收穫滿滿的課程，因為我未來研究所想要朝著大地組來發展，所以接觸邊坡穩定分析我並不會厭惡，反而抱持著好奇想要了解的心態來學習，當作自己在為摸索研究所方向而努力。從一開始不了解如何分析邊坡，再到實際用手算的方式來試試看何謂切片法，最後使用 STABL 來分析安全係數，中間的過程真的讓人感到有成就感，有學到東西的感覺！頂石課程也讓我了解到出了社會需要的態度，在工作上面對同事的態度，面對難題的態度，面對上司要有的態度，頂石課程不只讓我們學到學業上的收穫，更重要的是讓我們具備面對社會的能力！

土木 3A 405381095 夏維陽

這學期初聽完各個老師的頂石主題後，把朝賢老師排在第一志願也如期的選上了，一開始上課老師就問我們有沒有修過土力二，因為土力二後半都在講邊坡能更容易的銜接我們的頂石主題，我們都沒有修過，所以一開始大家都蠻擔心的，前幾個星期我們慢慢的摸索學習，加上老師不辭辛勞的為我們加課，漸漸了解邊坡穩定的概念和跟上課程的進度，最後實際操作 stabl 時也是遇到了很多問題，從使用 Auto CAD 繪製邊坡圖、輸入座標和圓弧型破壞數據後發現圖形的方向也會影響結果的安全係數甚至是變成  $F_s=500$ 、負數還有塊狀破壞，在我們、別組和老師的一起討論下逐漸解決問題，最後都完成了，雖然我們的結果和理想假設不盡相同但更重要的是過程，學習到了不僅是課程內容上的東

西，像是如何在自己不足的情況下主動積極的學習、更有效率的做事、組員間的合作、互補、溝通和時間分配、抗壓能力…等，這些都是未來在職場上相當重要的，能讓我們更快的適應職場工作。

土木 3A 405380030 黃建為

這次的專題報告讓我們對於邊坡穩定分析有了更深的了解，透過一次又一次的程式分析發現錯誤，不僅讓我們注意到一些重要的小細節如果不正確都有可能影響分析的結果，像是邊坡方向的不一樣造成安全係數不合理的情況，同時也明白各個分析數據背後所代表的意義，而這次遇到許多以前沒學過的問題組員們一起查資料、討論解決問題，將整學期所學來完成這次的專題報告，收穫許多，是一次未來進入職場前很好的訓練經驗。

## 九、資料來源

<http://www.arch.net.tw/modern/month/366/366-1.htm>(425 國道 3 走山主因與順向坡之穩定)

<http://chur.chu.edu.tw/bitstream/987654321/5153/1/G0088035320.pdf>(中華大學碩士論文)

<http://ir.lib.ntust.edu.tw/retrieve/56422/NSC100-2221-E011-112.pdf>(行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告)

<http://www.dmst.org.tw/e-paper/03/001.html>(災害管理科技與知識專欄)