

附錄一、邊坡穩定分析

本申請區在開挖後，出露的邊坡以岩石邊坡為主，岩石邊坡的破壞型式主要有下列幾種：(1)平面型破壞、(2)楔型破壞、(3)圓弧型破壞、(4)傾覆型破壞等。平面型破壞常出現在沉積岩的地層中，為邊坡開挖時，地層的自由端沿弱面下滑造成。楔型破壞則是由兩組不同的弱面(岩層層面，節理、劈理、葉理等)的交線形成自由端下滑。圓弧型破壞則是由於地質材料具有相當的均質性(如土壤或卵礫石層)，坡頂有張力裂縫出現，再加上地下水的作用便會產生圓弧型破壞。傾覆型破壞的岩石節理特色為柱狀節理，因為高角度的傾斜或是上覆岩壓而使得岩柱斷裂而翻覆。

本區的岩石以大理岩（變質石灰岩）為主，邊坡無柱狀節理，又非由土壤、卵礫石層所組成。大理岩岩層走向 $N80^{\circ}E \sim N75^{\circ}W$ ，向南傾斜 $55^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ，如果開挖方向與岩層傾斜方向一致，有可能發生平面型破壞（即岩層沿順向坡滑動）。岩坡上不穩定的岩塊基本上有兩個特性：其一是岩塊滑動線必須出露於開挖面，另一是岩塊滑動線的傾沒角必須大於弱面的摩擦角。滑動線指岩楔可能滑動的軌跡。對平面型破壞而言，滑動線為岩層最大傾斜方向。

本案之採掘面設計方式敘述如下：單一階段採掘高度 10m、殘壁平台寬 5m。本案開挖坡面位態複雜，但大致可分為二區，南區為面向北側之開挖面，位在信大水泥礦區南側，由於本區為向北側進行開挖作業，殘壁面傾斜方向與岩層之傾斜方向相反，不會有平面型破壞發生。因此於單階殘壁傾角為 75° ，最終殘壁傾斜為 53° 。

北區整體開挖邊坡多為面向南側之開挖面，自信大礦區向東延

伸至台泥礦區，除北 1 區、北 3 區及北 8 區之開挖面為面向西側外，其他各區均向南側開挖，其開挖面與大理岩岩層之傾斜方向一致，應注意平面型破壞之發生。在設計採掘角度時，殘壁傾斜於北側坡面因位於順向坡，殘壁傾斜角必須與岩層傾角一致，以防止地層滑動，故於台泥礦區及信大礦區其北側殘壁傾斜 55° 以下[°]，最終殘壁傾斜為 39° ，南側坡面因位於逆向坡，每階殘壁傾斜則可保持在 75° 以下。

以下將邊坡穩定分析所需之各項資料條列如下：

(一) 開挖設計坡面

南 1 區（位態： $N14^{\circ}E / 53^{\circ}N$ ）

南 2 區（位態： $S68^{\circ}E / 53^{\circ}N$ ）

南 3 區（位態： $N78^{\circ}E / 53^{\circ}N$ ）

南 4 區（位態： $S45^{\circ}E / 53^{\circ}N$ ）

北 1 區（位態： $N6^{\circ}W / 47^{\circ}W$ ）

北 2 區（位態： $N60^{\circ}W / 39^{\circ}S$ ）

北 3 區（位態： $N11^{\circ}W / 47^{\circ}W$ ）

北 4 區（位態： $N66^{\circ}W / 47^{\circ}S$ ）

北 5 區（位態： $S42^{\circ}W / 47^{\circ}S$ ）

北 6 區（位態： $N80^{\circ}E / 47^{\circ}S$ ）

北 7 區（位態： $N66^{\circ}W / 47^{\circ}S$ ）

北 8 區（位態： $N14^{\circ}W / 47^{\circ}W$ ）

邊坡穩定分析調查位置詳附圖所示。

(二) 岩層位態

大理岩 (位態 1 : $N80^{\circ}E / 55^{\circ} \sim 75^{\circ}S$)

大理岩 (位態 2 : $N75^{\circ}W / 55^{\circ} \sim 75^{\circ}S$)

(三) 依據工研院能資所針對計畫區中之二孔鑽探井，取其適當的岩心，進行岩石力學性質試驗，由三軸壓縮試驗中之破壞包絡線顯示，其 ϕ (岩體摩擦角) 值介於 $47.7^{\circ} \sim 65.5^{\circ}$ 之間，本案內摩擦角採用 54° 作為工程設計之參考 (其中 $\phi 47.7^{\circ}$ 者樣品高程位置已降至計畫最終平台 750m 以下)。

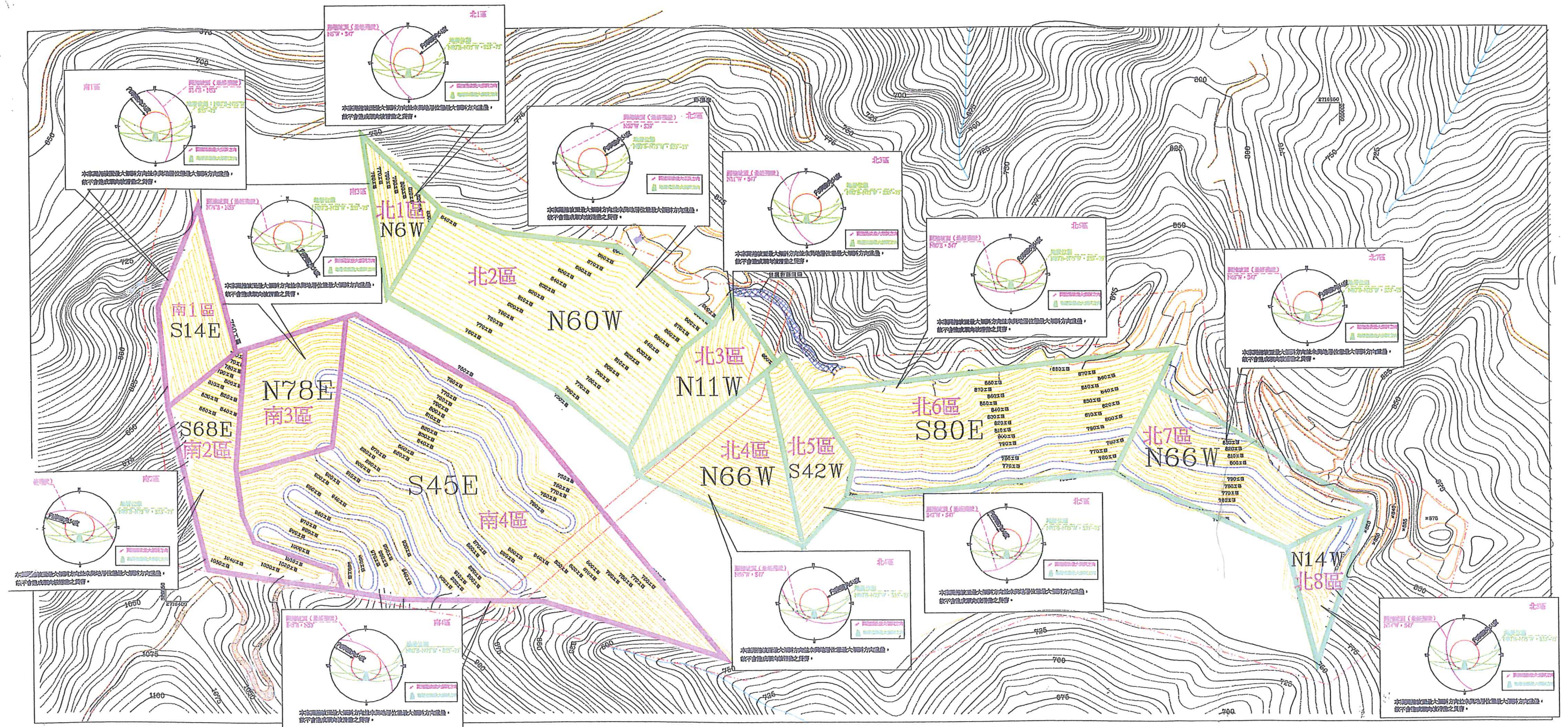
分析步驟如下：先以投影法將大理岩岩層及開挖設計坡面的位態投影在赤道面上，再利用等面積投影方法分析各種破壞的可能性。由作圖得知，各區開挖邊坡 (最終殘壁) 之最大傾斜方向均未落入地層位態最大傾斜方向之斜線範圍內，故本案設計邊坡研判不會發生平面型破壞。

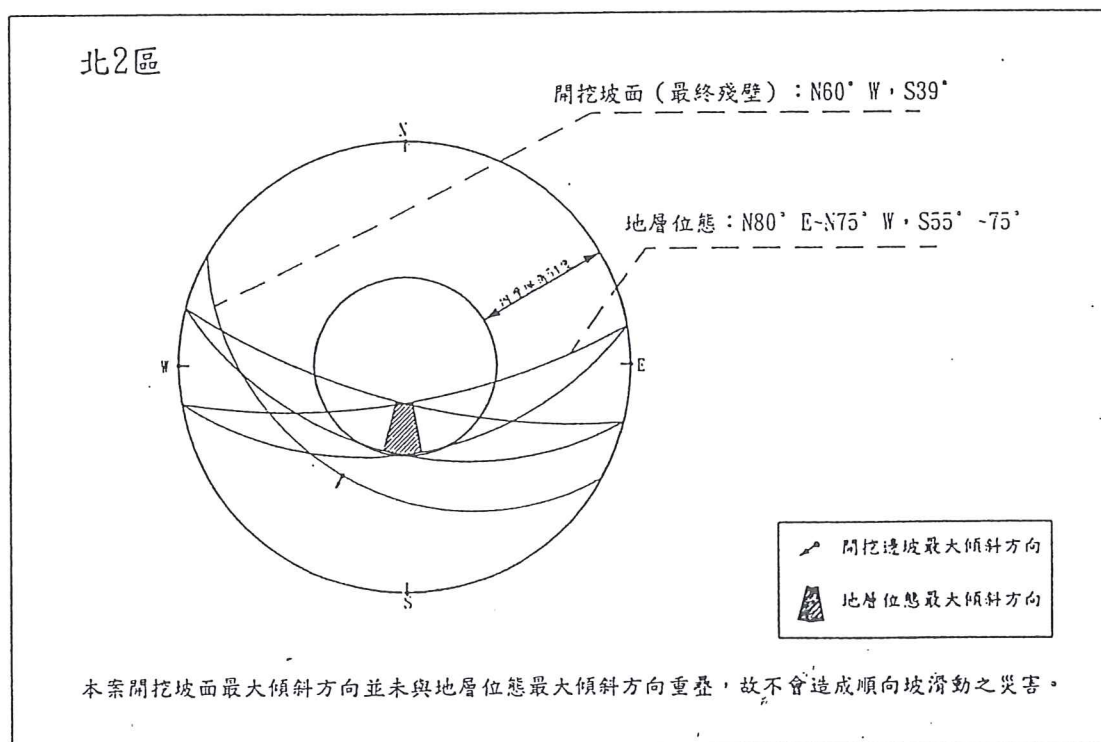
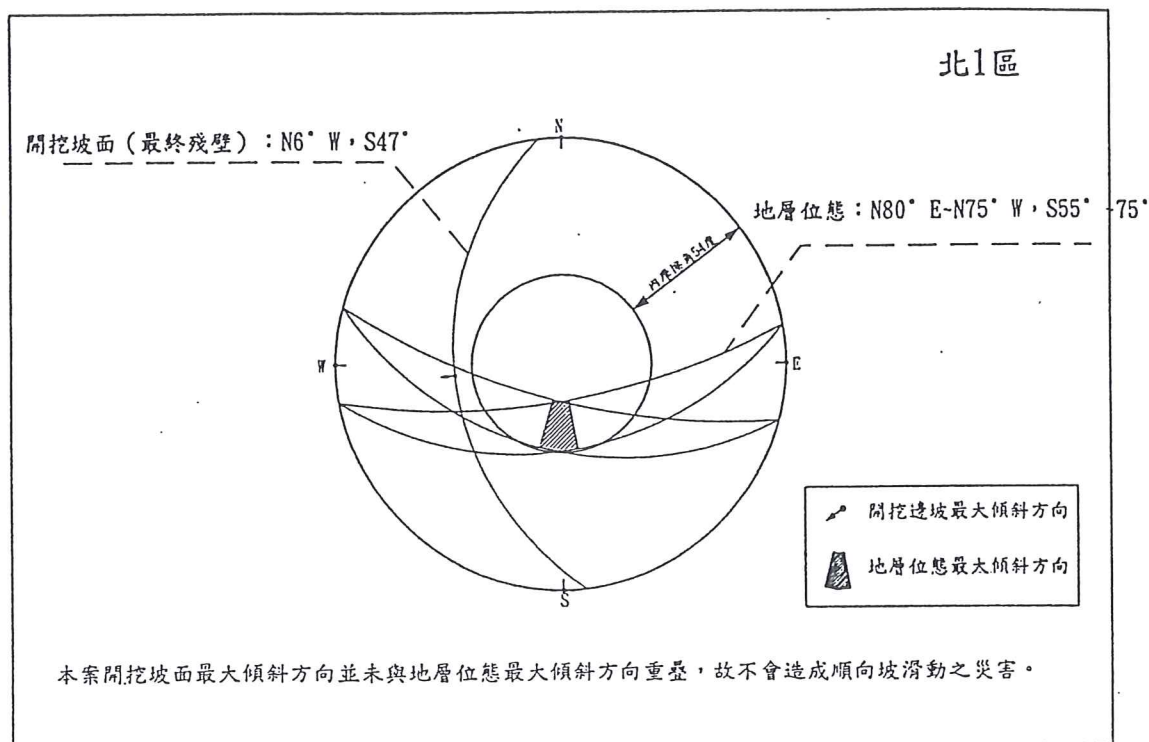
結論

1. 本區在進行開採作業時。將隨時注意作業現場之岩層位態是否有大幅度之變化，或是岩層中是否有夾泥或出水之現象。雖然分析結果顯示本案最終殘壁邊坡將不會發生平面型破壞，但仍將注意爆破後岩壁上之浮石與階段上邊坡因風化而導致不穩定之岩塊墜落，避免礦害發生。

2. 依據三軸壓縮試驗中得到 C 值與 ϕ 值，可判定計畫區之岩體屬節理發達且破碎之岩層，雖有利採掘作業，但在實際施工時，需留意大地應力、弱面等地質問題，施工中若發現局部地質條件變化與實際工程設計不符時，將依水土保持法施行細則第十八條及相關規定辦理。

附圖 邊坡穩定分析調查位置圖

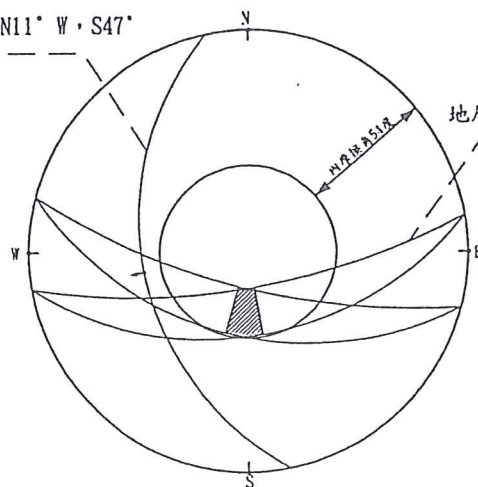




邊坡穩定分析—地層位態之立體投影圖（一）

北3區

開挖坡面（最終殘壁）：N11° W，S47°

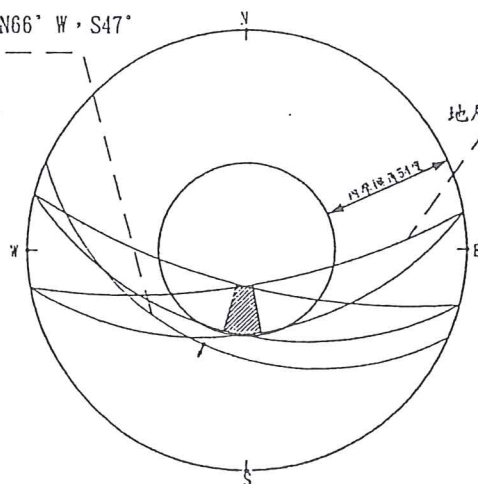


地層位態：N80° E-N75° W，S55° -75°

本案開挖坡面最大傾斜方向並未與地層位態最大傾斜方向重疊，故不會造成順向坡滑動之災害。

北4區

開挖坡面（最終殘壁）：N66° W，S47°



地層位態：N80° E-N75° W，S55° -75°

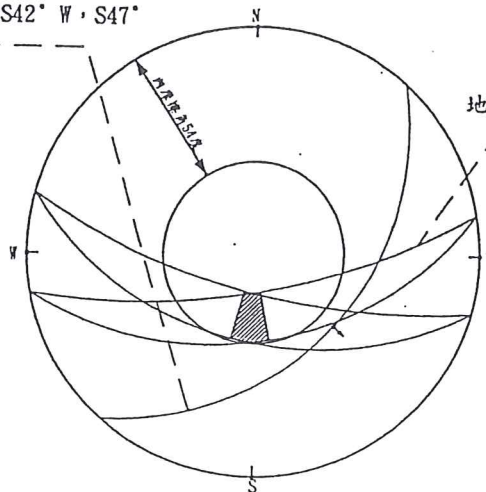
本案開挖坡面最大傾斜方向並未與地層位態最大傾斜方向重疊，故不會造成順向坡滑動之災害。

邊坡穩定分析—地層位態之立體投影圖(二)

北5區

開挖坡面（最終殘壁）： $S42^{\circ}W, S47^{\circ}$

地層位態： $N80^{\circ}E-N75^{\circ}W, S55^{\circ}-75^{\circ}$

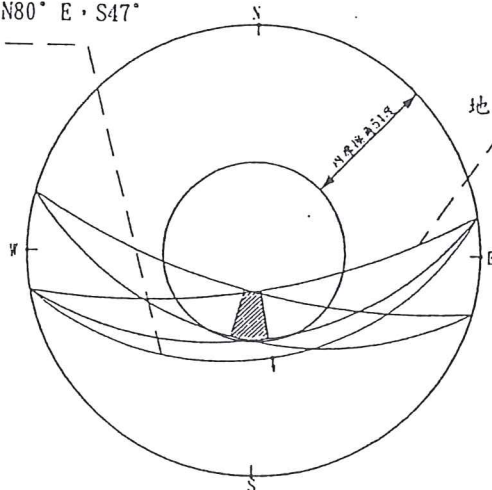


本案開挖坡面最大傾斜方向並未與地層位態最大傾斜方向重疊，故不會造成順向坡滑動之災害。

北6區

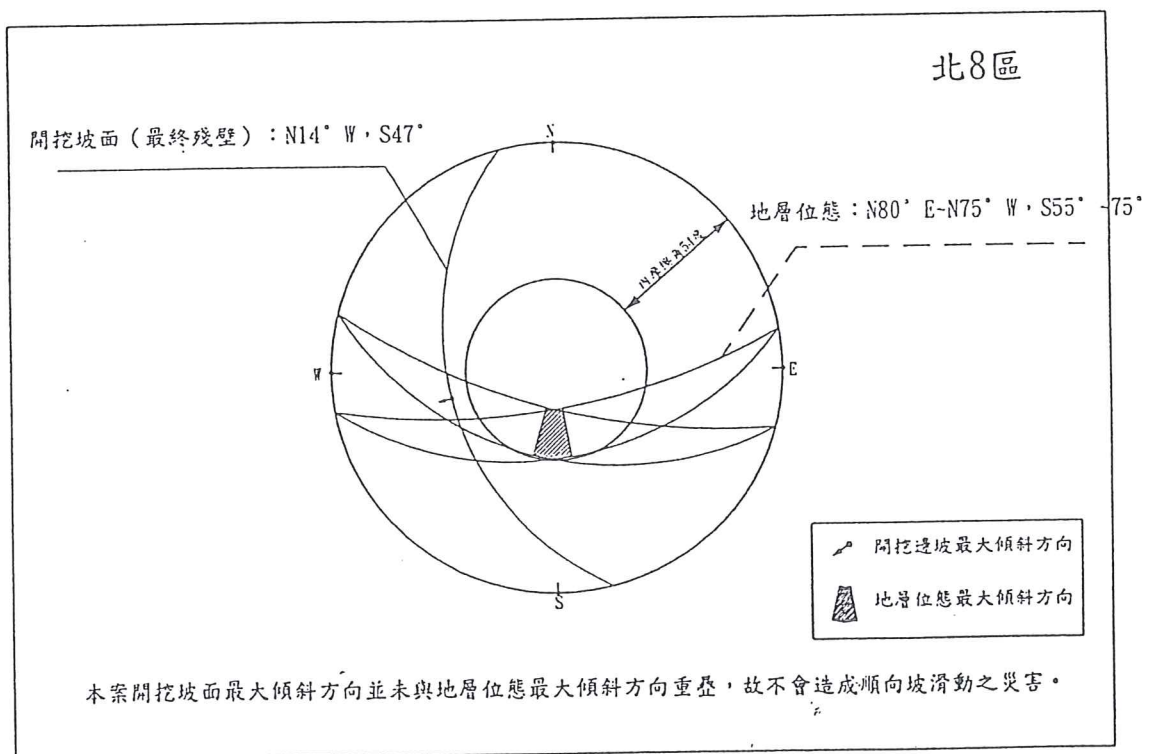
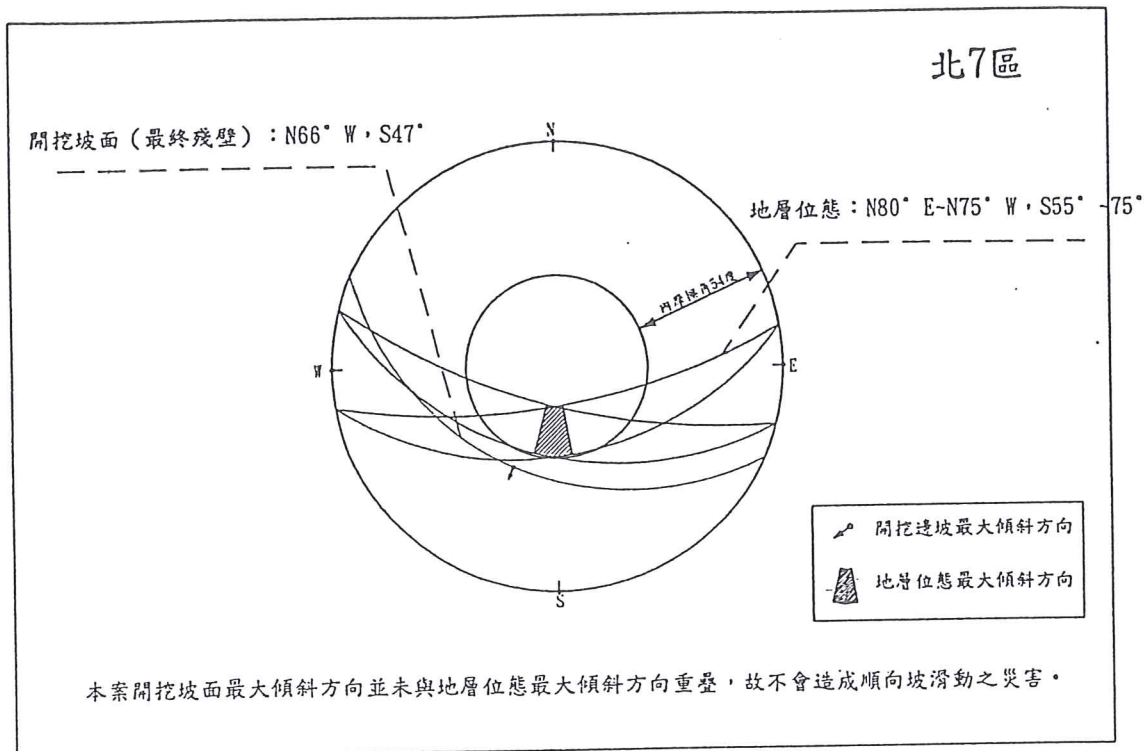
開挖坡面（最終殘壁）： $N80^{\circ}E, S47^{\circ}$

地層位態： $N80^{\circ}E-N75^{\circ}W, S55^{\circ}-75^{\circ}$



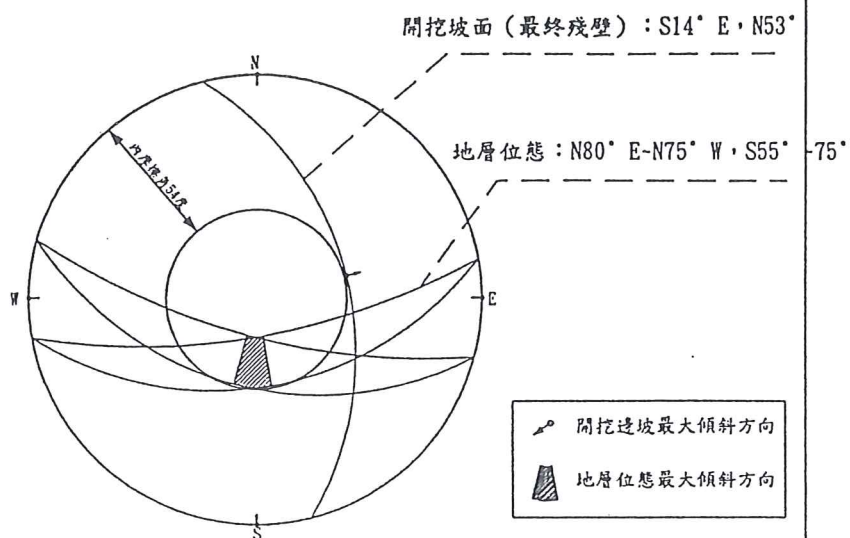
本案開挖坡面最大傾斜方向並未與地層位態最大傾斜方向重疊，故不會造成順向坡滑動之災害。

邊坡穩定分析—地層位態之立體投影圖(三)



邊坡穩定分析—地層位態之立體投影圖（四）

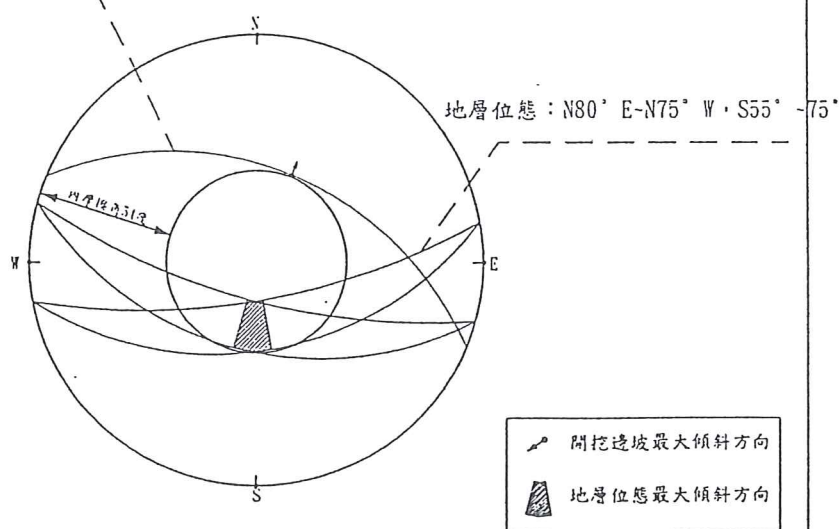
南1區



本案開挖坡面最大傾斜方向並未與地層位態最大傾斜方向重疊，故不會造成順向坡滑動之災害。

南2區

開挖坡面（最終殘壁）：S68° E · N53°



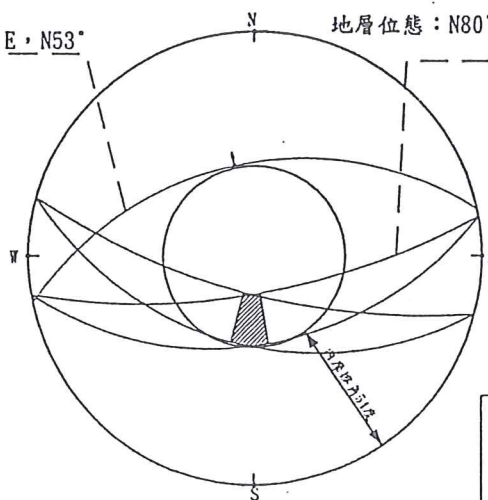
本案開挖坡面最大傾斜方向並未與地層位態最大傾斜方向重疊，故不會造成順向坡滑動之災害。

邊坡穩定分析—地層位態之立體投影圖（五）

南3區

開挖坡面（最終殘壁）： $N78^{\circ} E, N53^{\circ}$

地層位態： $N80^{\circ} E-N75^{\circ} W, S55^{\circ} \sim 75^{\circ}$

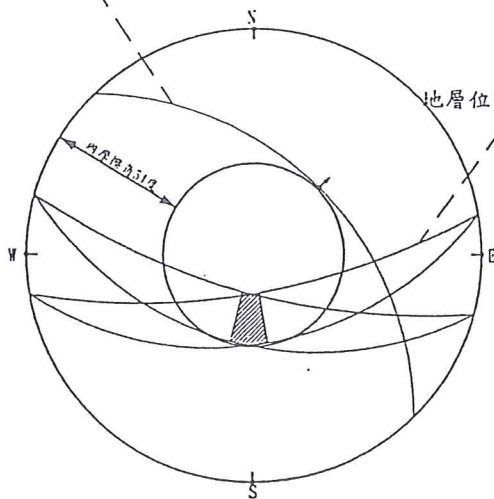


本案開挖坡面最大傾斜方向並未與地層位態最大傾斜方向重疊，故不會造成順向坡滑動之災害。

南4區

開挖坡面（最終殘壁）： $S45^{\circ} E, N53^{\circ}$

地層位態： $N80^{\circ} E-N75^{\circ} W, S55^{\circ} \sim 75^{\circ}$



本案開挖坡面最大傾斜方向並未與地層位態最大傾斜方向重疊，故不會造成順向坡滑動之災害。

邊坡穩定分析—地層位態之立體投影圖(六)