

山岳隧道軟弱地層開挖之個案分析

張文城

國道新建工程局

摘要

北宜高速公路坪林隧道全長約 12.9 公里，共分為三條坑道，其中兩主坑直徑約 13m，導坑直徑約 5 m。坪林隧道係由頭城端先以鑽炸法開挖約 850m，爾後再以全斷面隧道鑽掘機開挖以貫通隧道。在以鑽炸法開挖的路段中，最重要的地質構造為寬約 60m 之金盈斷層，該斷層泥材料經挖開、解壓及吸水後極易膨脹瓦解，並可能有高膨脹壓力產生，因此隧道開挖時，其開挖順序與支撐便需有特殊之考量，並輔以灌漿補強工作及提高預估變形量，以避免開挖後開挖面入侵設計線。此外有系統之監測作業，亦為開挖過程重要工作項目之一。由監測結果顯示，開挖後仰拱噴凝土的儘速施作，以閉合隧道之支撐系統，為抑制隧道變形較經濟而有效之措施。

關鍵字：坪林隧道，金盈斷層。

A CASE STUDY OF TUNNEL EXCAVATION IN SOFT ROCK GROUND

CHANG WEN-CHERNG

National Expressway Engineering Bureau

ABSTRACT

The Pinglin tunnel of Taipei-Ilan expressway, including two main tubes and one pilot tube, is approximately 12.9km in length. The diameter of the main tubes and pilot tube are approximately 13m and 5m respectively. The Pinglin tunnel was excavated approximately 850m with drilling and blasting method from the Tou-Cheng portal firstly. Tunnel boring machine method will be adopted to complete the remaining section of the tunnel. The Chinyin fault with 60m wide is the most important geological structure in the drilling and blasting section. The dialation behavior of the fault gouge material is very sensitive to the water, therefore the excavation sequence and support systems should be carefully studied. Some reinforced measures and more anticipated rock deformation also have been considered in order to avoid the excavated section intruding into the designed section. Systematic monitoring is also a very important task during the

excavation. According to the monitoring results, the placing of the invert shotcrete to close the support system is the most effective and economic method to reduce the deformation of the rock mass after excavation.

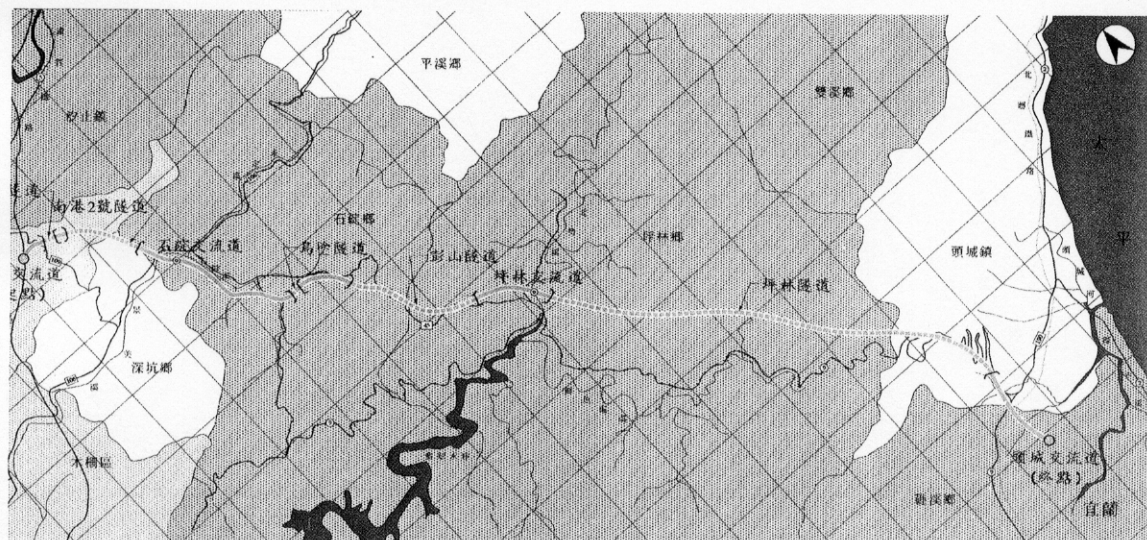
KEY WORDS : pinglin tunnel, chinyin fault.

一、前言

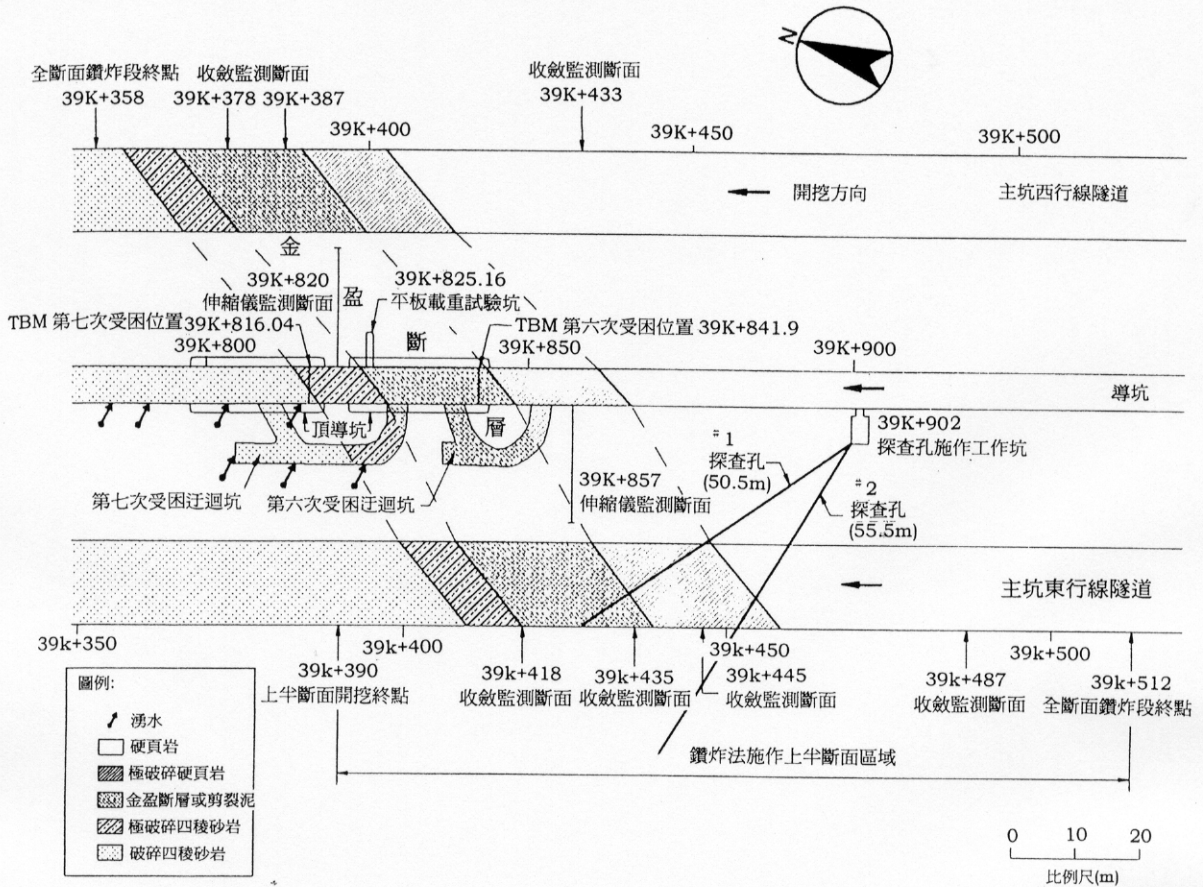
坪林隧道由台北縣坪林鄉境內之北勢溪左岸開始，貫穿崎嶇之雪山山脈，從宜蘭縣之頭城鎮穿出，全長約 12.9 公里（詳如圖一），為北宜高速公路施工之關鍵工程。坪林隧道共分為三條坑道，其中兩主坑設計為雙車道，係做為完工後供通行車輛之用，另外於兩主坑之中間位置設置一斷面較小之前進導坑，以做為主坑施工前，了解前方地質及必要時預做地質處理之坑道，完工後並可做為主坑維修及緊急逃生之用。基於施工進度及地質因素之考量，坪林隧道之頭城端係先以鑽炸法施工，爾後再以全斷面隧道鑽掘機(TBM)開挖，以貫通坪林隧道。鑽炸法施工之斷面，

主坑之直徑約為 13.5m，導坑約為 5.2m，而 TBM 工法施工之斷面，主坑之直徑約為 11.7m，導坑則為 4.8m。

坪林隧道之導坑及主坑已分別於民國 80 年 7 月及 82 年 7 月由頭城端先行開工，至八十五年十二月底止，導坑以鑽炸法完成約 520 公尺，其後並以 TBM 工法完成約 1100 公尺，主坑則以鑽炸法完成約 850 公尺。在已開挖的區段中，沿線遭遇到最重要的地質構造為金盈斷層，該斷層位於距離頭城端洞口約 800 公尺之位置。導坑係以 TBM 工法方式通過金盈斷層，在通過金盈斷層之時，由於地質情況極為惡劣，故 TBM 先後兩次因機頭前方岩盤抽坍，導致機頭無法轉動，必須停機由 TBM 側面開挖迂迴坑至機頭前方（詳如圖二），將機頭附近坍落之岩塊及其前方不



圖一 北宜高速公路平面位置圖



圖二 坪林隧道金盈斷層實際開挖地質平面圖

良好地質路段之土石挖除後，再恢復開挖前進，兩次 TBM 受困總計耗費約四個月之時間。因此為使爾後主坑之 TBM 開挖時，避免於通過金盈斷層遭遇相同地層施工風險，並考慮原規劃之工程進度，主坑乃決定採用鑽炸法之方式通過金盈斷層，其中西行線以全斷面開挖通過，而東行線僅以上半斷面開挖通過。本文之內容，即介紹主坑以鑽炸法方式通過金盈斷層時，相關之施工補強與監測成果，以做為爾後類似工程案例施工之參考。

二、工程地質概述

坪林隧道位於雪山山脈地質區，雪山山脈由已褶皺之第三紀輕度變質沉積岩所構成，在坪林隧道頭城端約 4 公里的路段，主要由破碎之硬頁岩及四稜石英砂岩所組成，該路段並以金盈斷層為分界點，金盈斷層以東，即頭城端洞口至金盈斷層約 800 公尺路段，主要由破碎之乾溝層硬頁岩所組成，通過金盈斷層後約 3 公里多之路段，則主要由四稜砂岩層夾薄層硬頁岩所構成。

根據設計階段之地質調查推估，金盈斷層寬約 20 公尺，其斷層泥為不透水層，而四稜砂岩層側之石英岩角礫則透水性相當高，並可能蘊含高壓之地下水層。圖二為坪林隧道於金盈斷層附近開挖後之地質平面圖，由圖中顯示實際開挖後之金盈斷層，斷層剪裂泥寬約 20 公尺，兩側之破碎帶則各延伸約 10 ~ 20 公尺，一側為破碎之硬頁岩，另一側則為破碎之石英砂岩。此外由導坑之開挖結果顯示，硬頁岩側及斷層剪裂泥並未蘊含地下水，石英砂岩側開挖面之地下水出水量則約為 10 l/sec。

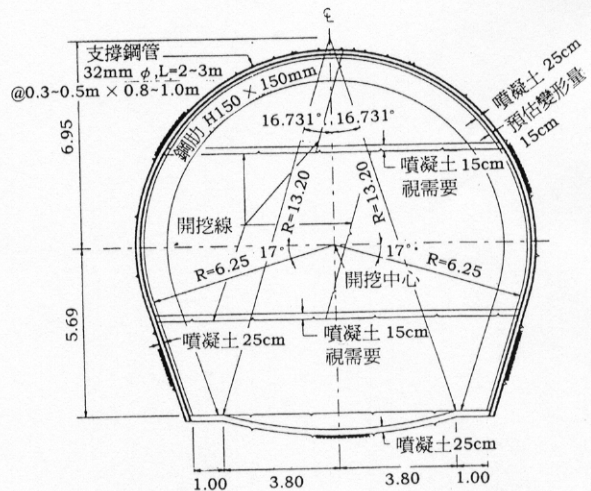
導坑開挖通過金盈斷層後，曾於現場採取斷層泥材料進行試驗(沈建志, 民國 84 年), 由試驗結果得知其塑性指數約為 11，孔隙比約為 0.18 ~ 0.24，濕密度約為 2.30 ~ 2.41g/cm³，回脹率約為 6.78% ~ 9.62%，回脹壓力約為 400 ~ 500 Kpa，屬粘土質砂土材料。另外由三軸試驗結果顯示其尖峰強度時之有效凝聚力約為 14 ~ 40 Kpa，有效摩擦角約為 13° ~ 20°，而於斷層帶內進行之現場平板載重試驗結果，其承载力大於 2Mpa，變形模數約為 49 Mpa，彈性模數則約為 303 Mpa。由以上之物理性質及力學試驗結果顯示，金盈斷層之斷層泥材料，其孔隙比及密度與一般岩石材料接近，而力學強度則與弱岩或較高強度之粘土接近，由此可推知其開挖裸露後未遇地下水入侵時，應可有頗佳之自立性，而若吸水後應極易膨脹瓦解，並可能有高膨脹壓力產生。

三、支撐設計

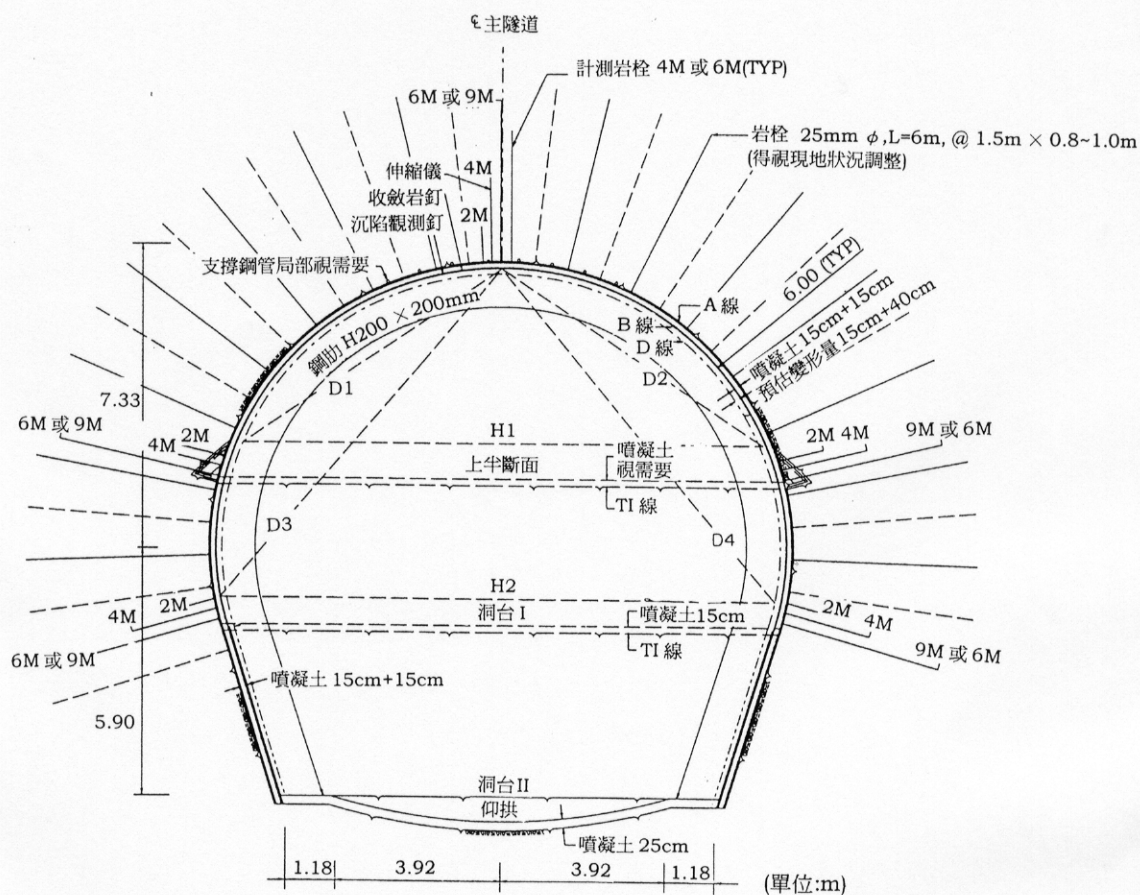
根據坪林隧道之原設計理念，係將開挖時之支撐系統，依 Bieniawski 之岩體評

分 RMR 值分成六類。金盈斷層依其岩體評分應採用第六類之支撐系統，圖三即為坪林隧道主坑鑽炸法原設計之第六類支撐標準圖，包括間距 1m 之 H150 × 150 鋼肋，25cm 厚之噴凝土，並視地質之需要採用支撐鋼管及臨時噴凝土仰拱以閉合開挖面，隧道開挖後之預估變形量為 15cm。由於導坑通過金盈斷層時，先後發生兩次受困事件，而需以開挖迂迴坑處理，因此主坑開挖時，其支撐乃考慮採用較為保守之方式，以避免重蹈導坑之覆轍。

主坑西行線依原設計之進度，係以鑽炸法通過金盈斷層，圖四為主坑西行線於金盈斷層路段，實際採用之支撐型式，包括間距 1m 之 H200 × 200 鋼肋，30cm 厚之噴凝土，6m 長之系統岩栓，並於頂拱及隧道兩側施作固結灌漿，上半斷面開挖後，視需要於兩側基腳再施作一排 6m 長向下 45° 之岩栓，以進一步穩固基腳。此外為考慮金盈斷層之特性，且由已開挖路段實際之監測結果顯示，頂拱之沉陷量最大曾達三十幾公分，因此預估變形量乃



圖三 坪林隧道主坑鑽炸法第六類支撐標準圖



圖四 坪林隧道主坑西行線金盈斷層路段支撐標準圖

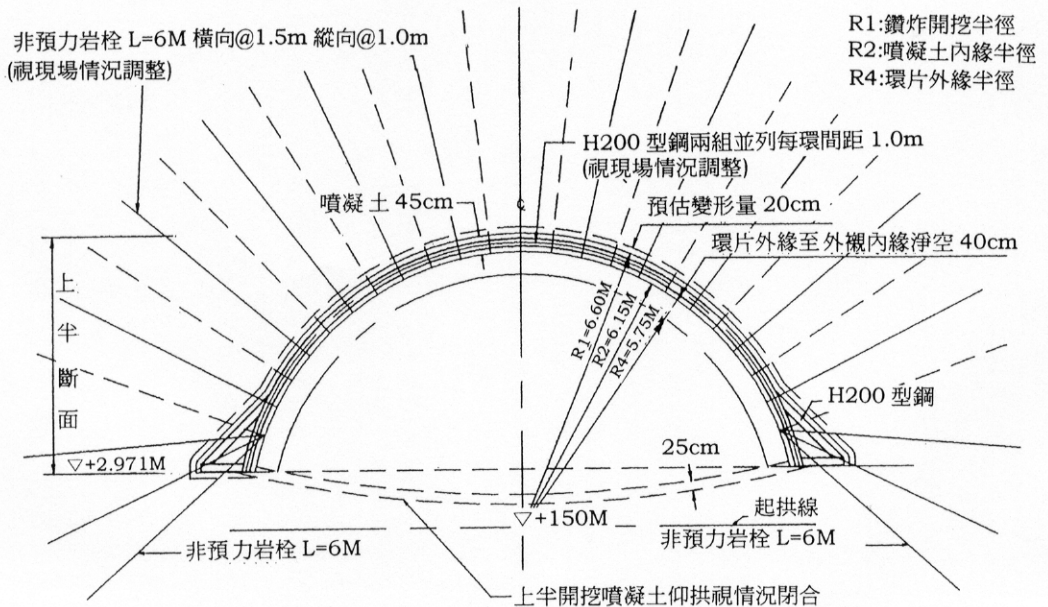
由原設計之 15cm 提高為 55cm。

主坑東行線依原預定進度應以 TBM 方法通過金盈斷層，其後於導坑內施作兩孔長約 50m 之取心探查孔(詳如圖二)，了解東行線金盈斷層之岩性與已開挖之導坑及西行線相同，因此綜合導坑和西行線之施工經驗及地質因素，並考量施工進度之要求，東行線之上半斷面乃決定改以鑽炸法之方式通過，而下半斷面則仍以 TBM 之方式通過。由於西行線開挖時，雖採用比原設計較為保守之支撐，但開挖完成後上半斷面及洞台 I 兩側收斂釘量得之收斂變形量仍達 50cm，故東行線上半斷面乃使用較西行線更保守之支撐。圖五為主坑東

行線金盈斷層路段，上半斷面開挖時實際採用之支撐型式，包括每間距 1m 採用兩對 H200 × 200 之鋼肋並列，45cm 厚之噴凝土，6m 長之系統岩栓及於頂拱與隧道兩側施作固結灌漿，基腳處並再打設三排 6m 長之岩栓，以避免後續 TBM 開挖下半斷面時基腳側壁崩落，此外預估變形量則由原設計之 15cm 調整為 20cm。

四、施工

主坑通過金盈斷層時，上半斷面係採用環狀開挖，中間預留土心，於架設支撐後再將土心挖除。洞台 I 及洞台 II 則分為



圖五 坪林隧道主坑東行線金盈斷層路段上半斷面開挖支撐標準圖

左、右兩側開挖，待一側開挖完成支撐後，再進行另外一側之開挖及支撐工作。洞台 I 之降挖工作，係於上半斷面全部通過金盈斷層帶(包括斷層泥及前後破碎帶共約 55m 寬)後才開始進行，而洞台 I 降挖通過斷層帶後，再進行洞台 II 之降挖。此外為抑制隧道之變形並形成整體之支撐效應，洞台 I 降挖時，於洞台 I 之基腳以 H150 × 150 之型鋼將已架設之鋼肋以縱向相連結，並施作 15cm 厚之臨時仰拱噴凝土。另洞台 II 則於降挖後，每完成 10m 施作一次 25cm 厚之仰拱噴凝土，以完成隧道支撐系統之閉合效應，不過其後因變形仍持續擴大，故洞台 II 改成每開挖 5m，即施作仰拱，最後甚至調整為每開挖 2m 後，即進行仰拱閉合工作，以使隧道變形儘速趨於收斂。

由於採用了較原設計更強之支撐系統，且坪林隧道以鑽炸法通過金盈斷層時，岩體比預期中還乾燥，並無顯著地下

水，故大致上無重大災害發生，僅於開挖過程曾產生局部約 5 ~ 30 m³ 之坍方(西行線上半斷面共發生兩次，洞台 I 及洞台 II 各發生乙次，東行線上半斷面則發生乙次)。坍方發生後，現場隨即以噴凝土將坍方後之岩盤面封面，並以 H100 × 100 型鋼、鋼矢板及鋼線網等，於原設計開挖線位置架設臨時拱型支撐後，再施噴噴凝土，最後並以混凝土回填坍方後形成之洞穴以穩定隧道。

坪林隧道主坑通過 55m 寬金盈斷層帶之開挖及坍方處理，西行線之上半斷面約耗費四十天的時間，洞台 I 約三十五天，洞台 II 及仰拱約四十五天，合計約一百二十天，東行線上半斷面則約四十五天。主坑西行線金盈斷層帶之開挖工作全部完成後，經收方測量結果顯示，部份路段之開挖面有入侵設計斷面之現象，而必須再進行甚為耗時及昂貴之修挖補強工作，造成此種現象的原因，除因隧道變形

過大所引起者之外，隧道開挖時由於定線測量不夠精準，造成開挖後之斷面即已有明顯淨空不足之現象，亦為一重要因素，尤其是上半斷面開挖時若淨空已明顯不足，再加上其後隧道因岩體解壓所產生之變形，將使後續洞台 I 及洞台 II 降挖時，無法挽回開挖面入侵設計線之厄運。

五、監測與支撐成果評估

監測為隧道於軟弱地盤施工時，極為重要之工作，蓋由監測之成果，可充份掌握施工行為與地質環境結合後之整體反應，以做為評估進而調整施工行為之重要依據。因此坪林隧道於金盈斷層路段亦配合實際地質需要，共裝設七組監測斷面(詳如圖二)，其中導坑二組為伸縮儀，分別位於里程 39^K+857 及 39^K+820 ，每組伸縮儀計有 3m，6m, 12m 及 18m 四種長度，其中 39^K+857 之監測斷面係於主坑開挖面到達前即已裝設完成，以量測岩盤在整個主坑東行線開挖過程中之全部變形量。另外主坑東行線及西行線亦分別於開挖後裝設三組及二組監測斷面，唯僅安裝頂拱沉陷觀測釘及收斂岩釘，以觀測隧道開挖後之變形行為。收斂岩釘之配置如圖四所示，包括 H1，H2，D1，D2，D3 及 D4 六條測線。

圖六為主坑西行線分別於里程 39^K+387 及 39^K+378 (參考圖二)所設置之監測斷面，於金盈斷層開挖期間量得之變形歷時曲線。根據圖六可將各開挖階段所產生之總變形量整理如表一。由於監測儀器係於隧道開挖後方能安裝，因此儀器安裝前已產生之先期變形量並無法量得，而根據歐晉德及張文城(Ou and Chang

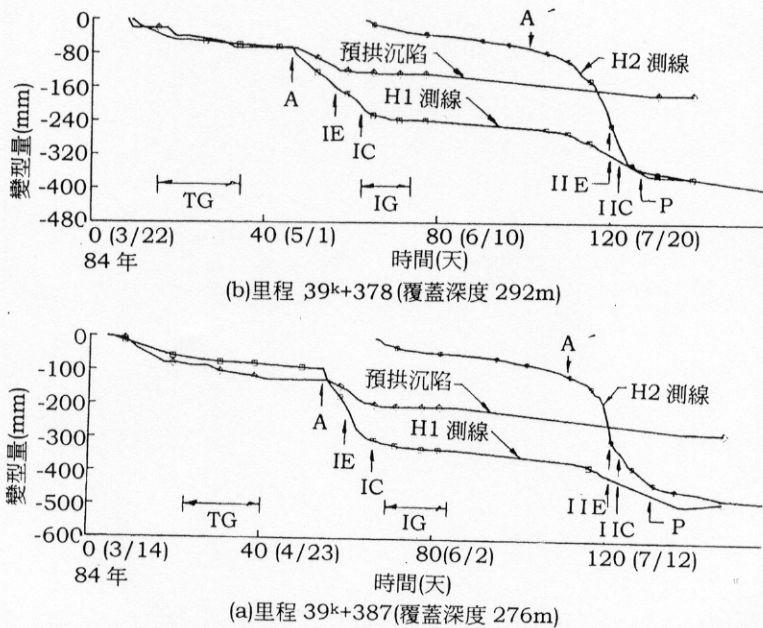
1996)等針對坪林隧道以鑽炸法開挖路段，隧道三維變形行為之研究成果發現，當開挖面通過監測斷面時，已約有 70%~80%之全部變形量產生，因此本文之監測斷面，假設於開始量測時已有 80%之先期變形量產生，故可由儀器安裝後量得之變形量(表中註明 * 號者)，推估開挖過程全部之變形量(表中註明()內之數字)。至於表中未註明 * 號者乃因該監測儀器(如頂拱沉陷釘)，係於對應之開挖工作施工前(如洞台 I 開挖)，即已安裝完成，故其量得之變形量，即應代表該監測儀器於該對應之開挖階段，所產生之全部變形量。由圖六及表一之結果可推得以下幾點結論：

1. 若考慮儀器安裝前已發生之先期變形量，則頂拱於上半斷面開挖後，大部份的沉陷量即已完成，其後因洞台 I 及洞台 II 之開挖所產生之沉陷量並不大，此點與陳堯中等對於隧道開挖時三維之彈塑性變形行為之研究成果(陳堯中等，民國 84 年)相吻合。

2. H1 測線及 H2 測線量得之變形量主要分別因洞台 I 及洞台 II 開挖所產生，且當該洞台之開挖面到達監測斷面前，即已有明顯之變形產生，而變形速率大致上於開挖面通過監測斷面時達最大值，此點亦與前述陳堯中等之研究結論相吻合。

3. H1 及 H2 測線量得之最大變形量約達 500mm，以力學觀點而言，此主要可能係因金盈斷層之變形模數甚低，因此開挖後需有足夠之變形，方可使岩壓與支撐系統間之互制達到平衡之故。因此於此等低變形模數之軟弱地層內開挖時，提供足夠之側向支撐力，應為抑制隧道變形之重要措施。

4. 頂拱沉陷量約為 H1 及 H2 測線的二分之一至三分之二，由此推知金盈斷層



圖例: 1. IE, IC: 洞台 I 開挖及仰拱閉合 IIE, IIC: 洞台 II 開挖及仰拱閉合
TG, IG: 頂拱及洞台 I 側壁灌漿補強
2. “-” 號表示沉陷或收斂

圖六 坪林隧道西行線金盈斷層開挖隧道變形歷時曲線圖

表一 坪林隧道西行線金盈斷層各開挖階段頂拱沉陷及側壁收斂變形量統計表

測 點		上半斷面開挖(mm)	洞台 I 開挖(mm)	洞台 II 開挖(mm)	合計(mm)
39K + 387	頂拱	120*(600)	80	H1	280*(760)
	H1	80*(400)	250	H2	480*(800)
	H2	---	100*(500)	400	500*(900)
39K + 387	頂拱	60*(300)	60	60	180*(420)
	H1	60*(300)	180	120	360*(600)
	H2	---	50*(250)	350	400*(600)

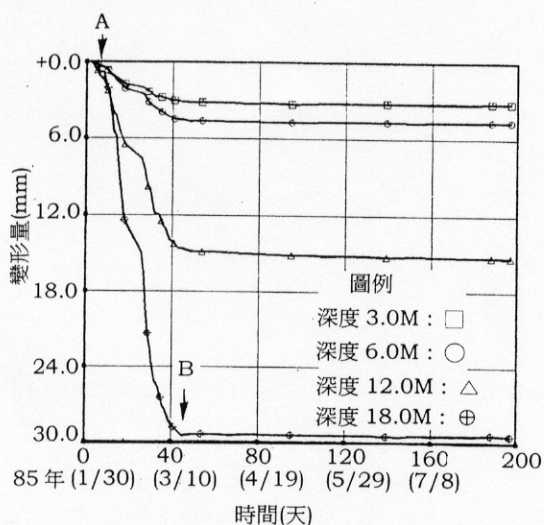
說明: 1. 變形量以八十五年八月三十一日之量測值為準。
2. *: 不包含量測儀器安裝前已發生之先期變形量。
(): 包含量測儀器安裝前推估之先期變形量。

帶於開挖後所顯現的變形行為, 應較接近於應力控制(stress control)之模式。

關於金盈斷層對於隧道開挖後之變形, 是否具有「整體性」及「關鍵性」之影響, 亦可由圖六進一步了解。由圖二知對於主坑西行線而言, 大約於里程 39^K+400 開始進入斷層剪裂泥帶, 而由圖六知不論是里程 39^K+387 或 39^K+378, 當洞台 I (II) 開挖面到達里程 39^K+400 時[即圖中

之 A (A') 點], 其 H1 (H2) 測線即開始有相當明顯之變形產生。又圖七為導坑於里程 39^K+857 (參考圖二) 所安裝之伸縮儀, 因後續主坑東行線開挖所產生之變形歷時曲線, 由圖二知, 對於東行線而言, 其斷層剪裂泥大約位於里程 39^K+440 ~ 39^K+410, 而由圖七知, 當東行線開挖面通過里程 39^K+440 (即圖中之 A 點) 後, 伸縮儀開始量得明顯之岩體變形, 而當開挖面

通過里程 $39^k + 410$ (即圖中之 B 點) 後，岩體之變形即告迅速收斂。由以上之說明應可推知，金盈斷層之剪裂泥帶對於隧道開挖通過此路段時之變形行為，具有相當「整體性」及「關鍵性」之影響。



圖七 坪林隧道導坑里程 $39^k + 857$ 之伸縮儀量得之變形歷時曲線圖

此外由圖六亦可知，當隧道開挖後儘速施作仰拱噴凝土，以閉合支撐系統，對於隧道變形行為之影響。由圖六顯示，當洞台 I 開挖面通過監測斷面時 (圖中註明 I E 點)，對於頂拱沉陷之影響較小，不過對於 H1 測線卻有相當明顯之影響，H1 測線仰拱未閉合前之變形速率，幾乎與開挖面通過監測斷面時之變形速率相當，不過當仰拱施作後 (圖中註明 I C 點，此時開挖面已通過監測斷面約 10m 之距離)，其變形量即迅速收斂而趨於穩定。當洞台 II 開挖面通過監測斷面時 (圖中註明 II E 之點)，對於頂拱沉陷之影響仍然不明顯，對於 H1 測線之影響則不若洞台 I 降挖時明顯，不過對於 H2 測線則有甚為顯著之影響。基於洞台 I 之開挖經驗，洞台 II 開挖後，仰拱由原來之每開挖 10m 縮減為每開挖 2m 即先行施作，以閉合支撐

系統 (如圖中之 II C 點)。唯由圖中顯示，仰拱施作後，H2 測線變形並未如預期迅速收斂，推測其原因可能係仰拱雖已儘速施作，但因開挖面與監測斷面之距離仍近，故開挖面之前進效應，對於監測斷面仍具有決定性影響之故，不過變形量於施作仰拱後雖未能如預期迅速收斂，但變形速率仍略有減緩，並於開挖面通過計測斷面約 10m 之距離後 (圖中之 P 點)，變形量即再度迅速趨於收斂。

灌漿為隧道施工時經常採用之補強措施之一，蓋灌漿具有固結岩體提高岩體之強度，同時亦可提高其變形模數而減低隧道開挖後之變形量之功能。理論上灌漿工作應於隧道開挖前岩體仍未受擾動時施作，此時灌漿工作可發揮其最大之功能，唯實務上受於施工之限制，常於隧道開挖後，方於開挖面之周圍進行灌漿。圖六中標示坪林隧道西行線通過金盈斷層時，先後於頂拱及洞台 I 側壁灌漿補強之時間，全部灌注之水泥量約為 2,000 包，由於灌漿時監測儀器之量測值剛好位於階段性收斂穩定之區域，故其成效如何並不易評估。唯由圖中了解灌漿後，因後續開挖工作產生之變形量，相對於灌漿前之變形量仍佔相當之比例，故以抑制變形觀點而言，灌漿之成效似並不如預期中理想。

最後有關採用重型支撐工之成效，亦可由監測成果略加評估。主坑東、西行線於金盈斷層路段，其採用之支撐型式略有不同，包括 H200 × 200 鋼肋，西行線每公尺一對，而東行線每公尺兩對，噴凝土西行線為 30cm 厚，但東行線為 45cm 厚，西行線於上半斷面兩側基腳各加打一排岩栓，而東行線則加打三排岩栓，預估變形量西行線為全斷面開挖，故預估為 55cm，但東行線因採用前述更強之支撐系統，且只有上半斷面開挖，故預估變形量為 20cm。表二為東、西行線上半斷面開

挖後，頂拱沉陷及 H1 測線於開挖後剛好一個月，變形趨近於穩定收斂後，量得變形量之比較。由表中知東行線量得之變形量，大致上較西行線為小，平均約減少 20 ~ 50mm，此顯示重型支撐確實可達到抑制隧道變形之效果。不過由於新奧工法 (NATM) 的精神，應為於隧道開挖後，在維持岩體原有強度之理念下，允許岩體有適當之變形產生，以降低岩壓而達到減少支撐工之目的，尤其是於軟弱岩盤中施工，因岩盤之變形模數甚低，故更需有充份之變形產生，方可能使岩壓降低足夠之規模，因此於軟弱岩盤中進行開挖工作，若岩盤本身之力學行為及地質條件具有足夠之穩定性，則是否應斷然採用重型而幾近於剛性之支撐系統，以大量抑制隧道之變形，實仍有進一步評估之必要。

表二 坪林隧道金盈斷層路段因上半斷面開挖所產生之頂拱及 H1 測線變形統計表

里	程	頂拱沉陷量 (mm)	H1 測線 收斂量 (mm)
東行線	39 ^K + 387	120	80
	39 ^K + 378	60	60
西行線	39 ^K + 435	90	40
	39 ^K + 418	30	10

說明：1. 變形量未包含儀器安裝前已發生之先期變形量。
2. 變形量以監測斷面安裝調好一個月時之量測值為準。

六、結論

監測為於軟弱岩盤中進行開挖甚為重要之工作，蓋由監測之成果除可立即反應岩盤之變形行為，迅速採取必要之補強措施，以避免工程失敗外，並可做為事後評估岩體及支撐工互制行為之重要依據，以做為爾後類似工程施工之參考。

坪林隧道金盈斷層路段，經設計階段之調查，施工中之觀察與監測成果之評估後了解，金盈斷層於力學上應具有相當整體性之行為，尤其是對於隧道開挖後之變形行為，

更具有關鍵性與整體性之影響。此外隧道開挖後，側壁產生甚大之收斂變形量，由力學觀點而言，因係斷層材料之變形模數甚低之故，因此如何提供隧道橫向足夠之支撐力，以抑制過大之側向變形量，必須有詳細之考慮，而開挖時提高預估之變形量，以免開挖後變形量過大，導致設計淨空不足，而須於事後再進行費時費事之整修工作，亦為重要考量因素之一。

施作仰拱以閉合支撐系統，為防止隧道變形過大之較有效而經濟之措施，唯若開挖面與監測斷面之距離太近時，雖然仰拱已儘速施作，但開挖面之前進效應對於隧道之變形仍具有極大之影響，此點必須特別考量。至於採用重型之剛性支撐，對於抑制隧道變形亦具有相當程度之功用，唯以經濟觀點而言，採用重型之剛性支撐，似不若施作仰拱以閉合支撐系統有利。

灌漿雖然為提高岩體強度及變形模數之有效措施，唯若於隧道開挖而岩體受擾動後再進行灌漿工作，則其成效可能會不如預期中之理想。

參考文獻

- 沈建志(民國 84 年), "斷層泥力學特性之初步研究", 國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
- 陳堯中、陳希舜、翁世樑、陳志南(民國 84 年), "岩石隧道開挖行為數值分析之研究", 交通部台灣區國道新建工程局。
- OU, C.D. AND CHANG, W.C (1996), "Behavior of Rock Mass During Excavation of a Twin Tube Roadway Tunnel with Pilot Tunnel in Metamorphic Rock Formation", ISRM Symposium, Eurock '96, P.P. 1033 ~ 1039.

本文之討論意見將在後期刊出，請您將意見於兩個月內寄交本刊編輯委員會。

85 年 10 月 28 日 收稿
85 年 12 月 19 日 修改
85 年 12 月 29 日 接受