地工技術，第101期 （民國93年9月） 第89-94頁
SINO-GEOTECHNICS， No.101 (SEP. 2004) PP.89-94

雪山隧道施工概述

何吉伸
交通部國道新建工程局

一、前言

北宜高速公路雪山隧道全長12.9公里，貫穿台灣北部雪山山脈，隧道於地球板塊接壤之衝斷帶，斷層及剪裂帶密集、岩體破碎並蘊含豐沛高壓地下湧水，地質情況惡劣多變，自80年7月開工以來，無論採用傳統鑽炸工法或TBM工法開挖，均遭遇非常大的困難。92年10月導坑隧道及93年3月西行線隧道的貫通，使94年底主隧道全線完工通車之目標露出一線曙光。歷經了十三個年頭的努力，雪山隧道全線將於9月16日貫通。值此貫通前夕，本文回顧過往，展望未來，將雪山隧道施工所遭遇的困難與處理作一簡單概述，冀望將十三年來的寶貴經驗，提供隧道工程界參考。

二、工程概述

雪山隧道長達12.9公里，為北宜高速公路隧道群中最長的一條隧道，隧道整體由二條主線隧道及一條導坑組成(如圖一)，主線隧道直徑10.8公尺，導坑直徑4.8公尺。導坑開工日期為80年7月15日，原契約完工日期為雪山隧道完工時程為北宜高速公路通車之主要工程。主隧道開工日期為82年7月23，原契約完工期為88年9月19日。

雪山隧道穿越雪山山脈，其上方最大岩覆厚度達750公尺，因為隧道沿線地質變化無法以有限的鑽孔資料及地表地質調查完全掌握。因此於主線隧道施工前，在兩條主隧道間之下方，先行開挖導坑，除了探查隧道全線地質，並可針對特殊惡劣地質區段，進行必要的地盤處理以及利用導坑排水以降低地下水壓。主隧道分東、西行兩條雙車道之隧道，兩隧道間距約42至60m，開挖直徑約12m。兩隧道間橫向之聯絡隧道，計有28條人行聯絡隧道、8條車行聯絡隧道、三組共六座通風豎井、機房、六座通風中繼站機房及兩座洞口機房(如圖二)。

三、雪山隧道地質概況

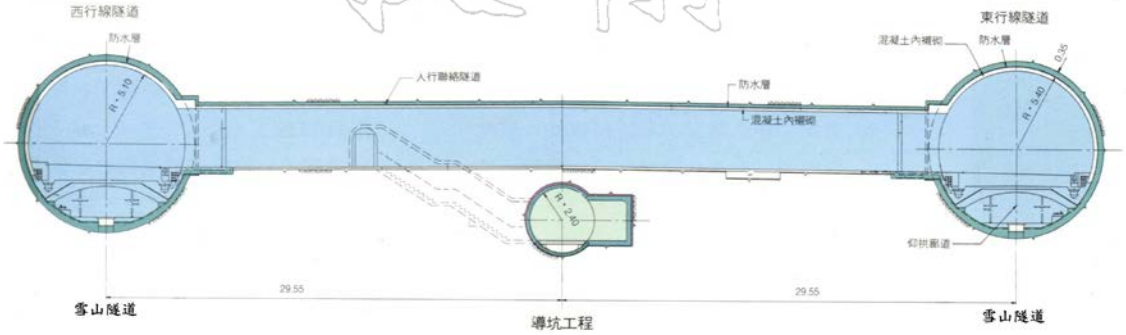
雪山隧道位於雪山山脈，由於岩層受板塊衝擊作用影響，形成多褶皺並為多條呈東北或東北東走向之斷層所切割，隧道沿線地質變化相當複雜。岩層由西口較年輕的中新世漸變為東口較古老的始新世，依序通過枋腳、媽岡、大桶山、粗窟、乾溝及四稜砂岩等地層，並穿越鶯仔瀨、倒吊子向斜以及石　、石牌南、北支、巴陵、上新及金盈等斷層構造。穿越的六條斷層中，五條集中在隧道東口前三公里範圍內，形成一正斷層群，加上此區域地體構造恰位於板塊衝撞及弧後張裂作用的交會點，造成許多平移斷層，構造型式遠比正斷層群的模式更加複雜。也因斷層出現頻繁，造成雪山隧道東口段岩盤高度破碎，岩體品質多為差至極差。沿線地質剖面圖詳附圖三。

四、施工經過

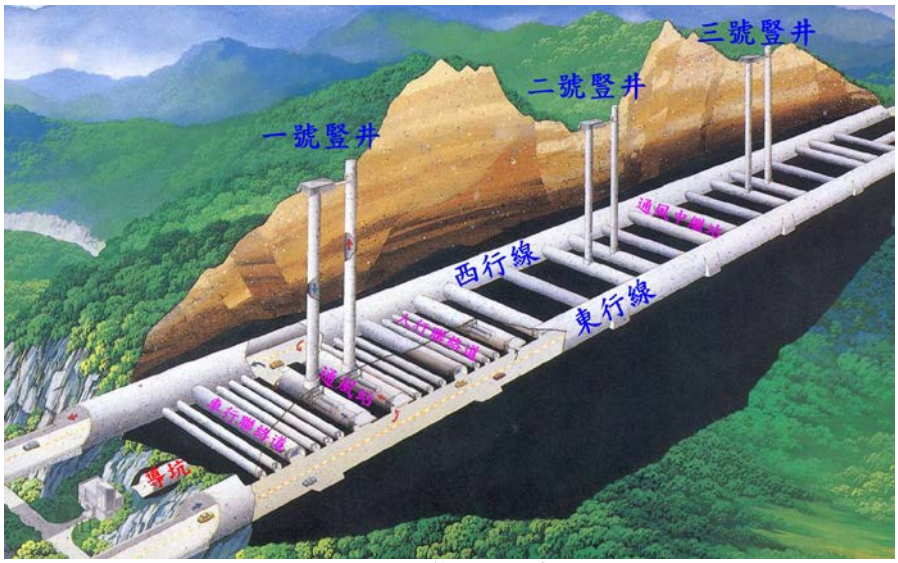
雪山隧道自80年7月導坑開工，由於複雜的地質條件，造成隧道開挖災害頻傳，影響施工進度至鉅，85年確定無法於預定之八十八年底完工通車，經檢討於86年11月以增加工作面及改變開挖工法之措施，提出「整體改善因應方案」，報經行政院核定執行，將完工時程設定於九十二年六月為目標。

整體改善因應方案執行時，隧道東段仍然在惡劣複雜的地質區段，導坑及主坑再度發生數次大量岩盤抽坍及湧水災變，耗費長時間處理，無法按照修訂的進度施工，施工團隊於九十年間即

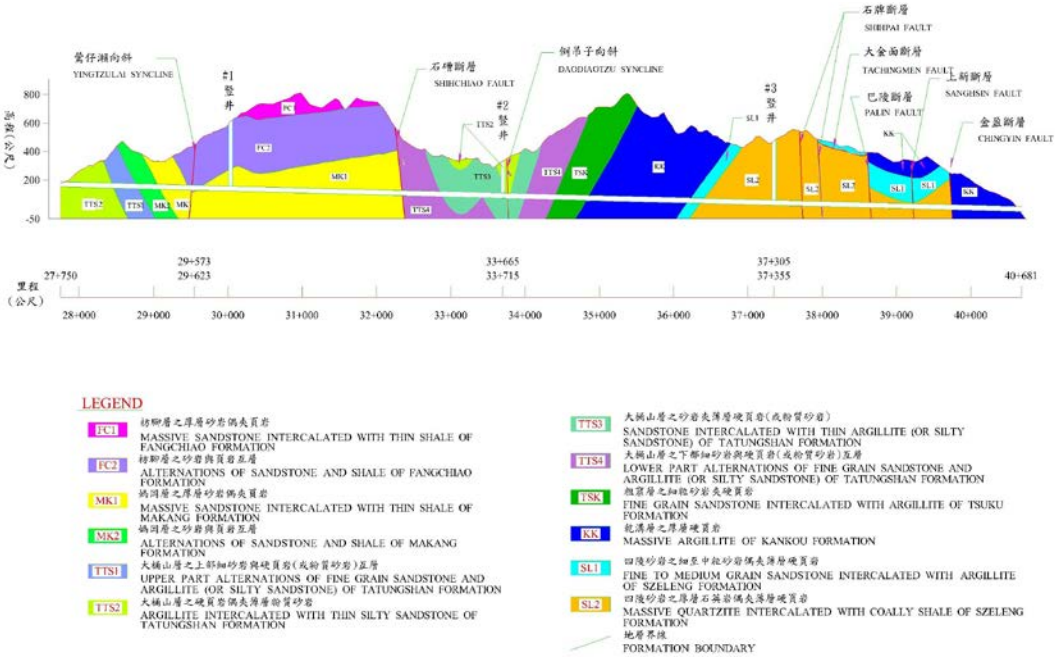
地工技術



圖一　雪山隧道與導坑關係位置圖



圖二　雪山隧道配置示意圖



圖三　雪山隧道沿線地質剖面圖

地工技術

召集三單位主管審慎檢討，以當時的實況評估可能的完工時程，並於90年12月召開國內專家學者諮詢顧問會議，聽取建言，並研擬修正整體改善方案，將完工通車期程設定為九十四年十二月。雪山隧道施工迄今，可概分以下三個階段。

1. 第一階段

80年7月至87年12月，係依原契約之施工計畫執行，設定88年底為通車目標。導坑及主坑東、西行線隧道，主要係以TBM由東往西開挖，東口約800m及西口約150m，計劃採鑽炸法開挖，其餘則採TBM開挖，TBM開挖工率視地質狀況約67～650m/月，鑽炸法開挖工率約50～60m/月。各工作面開挖進度如表一~表三。

表一　雪山隧道導坑 80 年～87 年開挖進度表

年月	工作面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
80	東口	–	–	–	–	–	–	0.00	14.70	26.70	43.20	44.30	42.90
81	東口	48.40	28.10	70.10	28.50	53.50	47.90	73.00	3.80	0.00	0.00	0.00	0.00
82	東口	20.40	0.00	0.00	6.00	49.50	0.00	1.00	7.63	0.00	33.63	0.00	14.06
83	東口	22.26	32.01	0.00	54.44	76.98	0.07	24.87	0.00	38.61	179.98	66.97	43.59
84	東口	204.60	113.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.47
85	東口	40.93	7.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	西口	–	–	8.40	42.00	52.50	40.10	5.40	0.00	27.30	35.60	45.00	4.00
86	東口	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	西口	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	34.30	0.00	0.00	22.30	85.00	87.80
87	東口	0.00	15.00	31.20	22.10	8.00	3.99	0.00	19.00	35.80	8.60	0.00	0.00
	西口	61.10	64.00	90.60	62.00	45.00	57.80	58.90	85.30	69.00	86.70	68.50	99.50

表二　雪山隧道主坑東行線 80 年～87 年開挖進度表

年月	工作面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
82	東口	–	–	–	–	–	–	–	43.70	38.00	47.00	51.80	52.10
83	東口	54.50	34.40	58.90	60.70	60.00	53.50	59.80	48.10	28.60	0.00	0.00	0.00
84	東口	14.00	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.40
85	東口	38.60	23.00	34.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	西口	–	–	–	–	–	–	9.00	6.00	16.00	30.40	13.50	0.00
86	東口	0.00	0.00	94.36	139.13	161.35	95.56	40.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	西口	0.00	6.60	32.50	19.50	16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.50
87	東口	0.00	27.90	38.60	27.00	33.90	32.90	28.80	0.00	16.40	9.20	26.20	30.00
	西口	30.50	36.00	54.00	51.00	66.00	57.00	0.00	0.00	12.00	48.50	58.00	71.50

表三　雪山隧道主坑西行線 80 年～87 年開挖進度表

年月	工作面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
82	東口	–	–	–	–	–	–	–	15.46	20.00	35.80	37.60	44.60
83	東口	51.90	34.80	51.50	56.50	67.50	63.10	63.40	55.60	53.90	43.00	29.50	41.00
84	東口	44.50	36.90	32.60	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85	東口	0.00	0.00	0.00	0.00	15.84	5.10	12.90	1.76	51.66	31.66	0.00	0.00
	西口	–	–	–	–	–	15.00	0.00	0.00	21.20	29.10	15.00	0.00
86	東口	1.78	0.00	5.48	14.86	68.80	62.85	35.68	63.61	59.81	0.00	0.00	23.71
	西口	0.00	6.00	30.50	19.50	13.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00
87	東口	0.00	0.00	0.00	0.00	13.40	21.40	37.40	61.70	42.40	25.00	35.40	43.30
	西口	40.50	42.00	59.60	46.50	56.00	46.50	0.00	6.50	40.50	46.70	62.00	69.50

地工技術

2. 第二階段

雪山隧道東口因地質不佳，開工以來無論是鑽炸法或TBM法，開挖均不順利，致進度嚴重落後，為了趲趕落後進度，於88年1月召開國外專家學者諮詢會議，依據該會議結論與建議，承商提出「整體改善因應方案」，經行政院公共工程建設委員會成立專案小組審理，以契約變更方式增加工程費，設定92年6月為通車目標，並經行政院核定。因應方案內容如下:

(1)東口東行線繼續以頂導坑將不良地質挖除，長度約628m，再視地質情況恢復TBM全斷面開挖。

(2)東口西行線TBM拆解，全線改採鑽炸法施工，並適時由東行線經聯絡隧道增闢西行線工作面。

(3)導坑東口工作面TBM第10次受困，以開闢繞行隧道方式至機頭前方處理TBM受困，並以鑽炸法往前開挖，TBM修復後，再繼續開挖。

(4)西口主隧道及導坑工作面，繼續以鑽炸法延長3.8公里。

(5)二號豎井增闢西行線雙向工作面開挖2.5公里。

各工作面開挖進度如表4~表6。

表四　雪山隧道導坑 88 年～90 年開挖進度表

年月	工作面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
88	東口	21.10	37.60	64.50	68.40	66.00	45.00	64.10	39.20	39.60	42.60	31.00	44.40
	西口	98.70	60.00	105.00	94.90	55.50	3.00	0.00	0.90	0.00	0.00	5.10	42.50
89	東口	77.70	36.20	71.70	28.30	7.50	39.10	96.50	96.40	81.81	0.00	0.00	15.60
	西口	57.20	56.50	66.50	73.00	90.50	123.00	110.00	93.00	102.00	114.00	54.00	69.50
90	東口	68.39	142.99	167.67	10.99	0.00	0.00	0.00	64.54	0.00	0.00	83.05	0.00
	西口	50.50	35.50	69.50	75.00	89.00	1.50	10.50	73.50	49.50	76.20	80.00	80.30

表五 雪山隧道主坑東行線 88 年～90 年開挖進度表

年月	工作面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
88	東口	34.40	24.50	48.50	56.20	57.50	48.40	52.10	56.50	44.00	53.00	48.50	42.00
	西口	88.50	65.00	88.00	83.00	90.00	75.50	68.50	77.50	67.00	74.50	57.50	83.00
89	東口	39.50	26.50	40.00	99.76	54.50	50.00	56.00	52.50	62.50	68.00	60.50	58.00
	西口	72.00	46.00	28.50	48.00	43.00	62.50	75.50	80.00	86.50	89.50	61.00	65.00
90	東口	44.00	54.50	50.00	30.00	0.00	8.80	31.50	25.40	48.60	31.70	27.50	2.40
	西口	54.50	52.00	72.00	58.00	88.50	29.50	34.80	40.50	56.00	64.50	64.00	75.70

表六 雪山隧道主坑西行線 88 年～90 年開挖進度表

年月	工作面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
88	東口	3.80	3.80	19.00	35.40	35.80	62.20	66.50	58.50	42.50	58.00	67.00	85.90
	西口	85.00	65.00	74.50	98.50	84.50	66.50	61.20	79.50	59.80	70.50	55.80	69.20
89	東口	58.10	42.00	42.50	34.00	25.50	41.50	72.00	71.20	70.80	76.00	91.00	72.00
	西口	73.50	54.00	43.00	14.00	15.00	42.50	68.50	80.00	83.50	75.50	72.00	81.00
	#2豎井(頭)	—	—	—	—	7.75	6.00	7.50	3.24	16.00	24.51	3.50	0.00
	#2豎井(坪)	—	—	—	—	6.75	7.00	4.50	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	東口	72.00	85.50	100.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	西口	42.00	42.00	73.00	57.00	69.00	86.00	48.50	41.20	38.70	60.80	43.50	61.90
	#2豎井(頭)	5.00	0.00	0.00	25.74	54.00	49.50	81.50	45.00	17.00	30.50	19.50	0.00
	#2豎井(坪)	10.00	0.00	0.00	18.38	9.90	5.60	14.40	70.00	78.00	86.73	82.50	71.00

地工技術

3. 第三階段

第二階段之整體改善因應方案原預定於92年6月為通車目標，惟迄90年12月，東、西行線開挖進度分別為48%及53%，確定無法於92年6月完工通車，於是90年12月再度召開國內專家諮詢顧問會議。承商依該會議之建議，提出修正施工改善因應方案循序陳報，並重新設定以94年底為通車目標，業經行政院核定。其內容如下：

(1)修正TBM開挖工率: 導坑300～450公尺/月；主隧道150～200公尺/月。

(2)由二號豎井增闢導坑坪林向工作面，如東口TBM施工不順，再增闢頭城向工作面。

(3)導坑西口工作面鑽炸法由3.8公里再延長0.8公里。

(4)主隧道西口東、西行線鑽炸法由3.8公里再分別延長0.9公里及0.5公里。

(5由西行線經人行聯絡隧道協助東行線以鑽炸工法開挖1.1公里，並挖除TBM將開挖之地質弱帶頂導坑150m。

(6)東口東行線繼續施作頂導坑，俟良好地質再恢復TBM全斷面開挖。

(7)西行線由導坑經二號通風中繼站以鑽炸法增闢工作面，協助西行線開挖528m。

各工作面開挖進度如表七~表九。

五、結論

雪山隧道主隧道工程於82年7 月開工迄93年8月止，歷經了11個年頭，終於將於93年9月15日全部貫通。由於沿線地質情況詭譎多變，四稜砂岩岩層堅硬且破碎又蘊藏大量地下水，致隧道開挖期間遭遇大量湧水抽坍、造成隧道支撐變形、損壞，施工人員喪生、TBM損壞等情況。施工期間雖多次邀集國、內外隧道專家、學者共同研商對策，以克服此一困難地質，但仍遭遇許多困難。看過本工程之專家、學者，無一不稱本工程隧道施工之困難，為舉世難見，可見本工程之困難度為世界級的，但在施工團隊積極努力的克服下，終將雪山隧道一一打通，為國內隧道工程在世界之隧道施工技術提昇一大步。

表七 雪山隧道導坑 91 年～92 年開挖進度表

年月	工作面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
91	東口	95.73	102.84	235.29	221.65	262.97	32.34	57.86	202.72	347.64	319.05	89.11	0.00
	西口	81.50	66.50	67.50	66.00	62.00	56.50	53.00	74.50	92.00	64.70	87.50	93.00
	#2豎井	—	—	—	—	—	52.00	42.00	79.00	44.80	69.20	101.00	121.00
92	東口	5.86	185.24	312.86	360.88	400.82	60.95	0.00	0.00	96.00	145.5	—	—
	西口	69.50	43.80	57.00	58.00	74.50	—	—	—	—	—	—	—
	西行線(坪)	93.50	93.50	99.00	96.50	8.00	—	—	—	—	—	—	—
	西行線(頭)	—	—	—	—	—	8.00	73.00	94.00	68.00	—	—	—
	#2豎井(頭)	—	—	—	—	—	—	17.00	42.50	26.50	—	—	—
	#2豎井(坪)	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	82.50	9.65	—	—

表八 雪山隧道主坑東行線 91 年～93 年開挖進度表

年月	工作面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
91	東口	1.20	29.80	42.10	3.79	0.00	0.00	0.00	0.00	137.03	115.38	181.45	48.52
	西口	78.50	34.50	75.00	62.50	101.50	88.50	86.50	86.00	90.50	22.50	104.50	51.00
92	東口	1.06	0.00	0.00	0.00	106.53	217.40	149.60	91.64	237.78	233.40	215.98	230.86
	西口	31.50	68.50	106.50	73.50	78.00	91.50	76.00	42.20	48.30	52.00	58.00	94.00
93	東口	190.13	174.21	360.06	203.64	200.81	143.71	229.65	170.03	0.72			
	西口	84.00	54.50	0.00	0.00	21.00	52.50	67.50	59.50	1.50			

地工技術

表九　雪山隧道主坑西行線 91 年～93 年開挖進度表

年月	工作面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
91	東口	0.00	0.00	12.00	22.20	30.30	53.50	48.50	56.60	92.90	79.50	65.25	52.15
	西口	56.90	51.00	71.00	69.00	58.50	61.50	81.50	86.50	112.00	104.50	74.00	71.50
	#2豎井(頭)	0.00	0.00	0.00	5.10	21.60	46.50	26.00	6.00	21.00	68.50	62.00	79.86
	#2豎井(坪)	34.00	12.50	75.50	67.00	80.05	54.50	38.50	47.50	56.50	65.50	60.50	84.15
92	東口	59.60	62.00	84.50	90.50	126.40	103.10	65.00	83.00	89.00	104.00	103.00	110.00
	西口	46.00	39.00	59.70	100.30	88.00	73.50	83.50	81.00	35.00			
	#2豎井(頭)	59.94	10.00	72.50	97.50	97.80	36.50	0.00	25.20	48.00	60.00	69.00	74.00
	#2豎井(坪)	75.10	75.40	53.00	58.80	56.40	26.60						
	PT#2(頭)	–	–	–	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.20
	PT#2(坪)	–	–	–	20.00	25.40	15.50	19.50	15.50	22.50	20.50	35.10	46.50
93	東口	112.80	92.00	26.99									
	西口												
	#2豎井(頭)	47.80	78.00	25.40									
	#2豎井(坪)												
	PT#2(頭)	62.00	56.00	10.01									
	PT#2(坪)	58.30	52.70	32.30									

值此隧道貫通前夕，本文對本工程隧道施工作一簡單概述，為本工程施工人員付出的辛勞與汗水喝采，以及不幸罹難的人員致敬。本工程仍需要這些默默耕耘的無名英雄繼續努力，因為隧道貫通後的作業，更是繁雜，真正忙碌的時候才剛剛開始，因此，需更積極的管理與協調，方能順利於94年12月達成完工通車之目標，為雪山隧道工程施工，劃下完美的句點。

參考文獻

曾大仁、林振基，回顧雪山隧道規劃與設計。

國道新建工程局，「國道北宜高速公路工程基本設計階段坪林-頭城段地質調查工作期末報告」。

曾大仁、蔡秉儒、張龍均「山岳隧道湧水地盤處理案例探討」，第二屆海峽兩岸隧道與地下工程學術研討會論文集。