

雪山隧道主隧道 TBM 施工之環片拆除作業探討

簡敦頤

國道新建工程局第三區工程處 工程司

摘要

國道 5 號高速公路雪山隧道工程包含一前進導坑及兩主隧道，任一隧道單孔長度約 12.9km。其中主隧道原設計係大部分採全斷面隧道鑽掘機 (TBM) 開挖施工，TBM 開挖後立即施設之初期支撐為厚度達 35cm、強度 $350\text{kg}/\text{cm}^2$ 之六片預鑄混凝土環片樁接組成斷面約 11.5m 外徑之圓形，並背填環片後方空隙，利用隧道圍壓自然形成一極穩定之拱型結構。

本隧道因高速公路長隧道通風需要，隧道內設有六組機房，主隧道在與機房交叉處則佈設有約 87~106m 不等長度的擴挖斷面；另為因應緊急事故處理，隧道內設有 8 條車行聯絡隧道，主隧道在與車行聯絡隧道交叉處皆設有 45m 長擴挖斷面之緊急停車彎。

本工程承包商為榮民工程股份有限公司，其最早關於擴挖段面施工構想，係先行以鑽炸法挖除，或俟隧道貫通後無干擾下墊土擴挖，然因隧道多次遭遇惡劣地質及災變，致施工方法、順序大幅調整。這幾個擴挖斷面，已無法藉其它施工通道先行以鑽炸法挖除，必須在 TBM 開挖並組完環片過後，拆除大斷面且僅藉樁接及隧道圍壓固定的高強度環片，再以鑽炸法及鋼肋、噴凝土、岩栓等支撐構件，完成擴挖作業；另雪山隧道工程為趨趕工進，必須同時進行前方開挖及襯砌等作業，故拆除環片過程中，仍須維持隧道內雙線軌道之動線暢通。

為了達成同時安全擴挖及維持動線之目的，承包商採用自走型重型工作架，讓大型施工機具可在工作架上方工作，並安全地逐一拆除頂拱環片後，按步就班拆除兩側環片及完成擴挖與支撐作業，並同時維持下方軌道暢通。

關鍵詞：全斷面隧道鑽掘機、TBM、預鑄環片、環片拆除

一、 前言

雪山隧道主隧道單孔長 12.9km，規劃設計係主要以全斷面隧道鑽掘機法開挖施工成直徑為 11.8m 之圓形斷面，並以預鑄混凝土環片組裝作為初期支撐。為因應通風及緊急事故處理需要，主隧道設置通風站、通風中繼站機房及緊急停車彎等 28 個異於 TBM 標準圓型斷面之擴挖斷面，並須另施作噴凝土、鋼肋、岩栓等構件組成初期支撐。

施工單位原規劃主隧道通風站、通風中繼站機房擴挖段擬藉由導坑先行以鑽炸法開挖橫坑至主隧道完成擴挖段，後再讓主隧道 TBM 通過，緊急停車彎則於主隧道開挖完成後，拆除已組立環片再以鑽炸法擴挖。

然因隧道遭遇地質情況不如預期及經多次災變，致施工方法、順序大幅調整，前述擴挖段既無法藉由導坑先行開挖，亦不能等到 TBM 開挖完成後再擴挖，而須於 TBM 開挖通過並組立支撐環片後，適時拆除環片擴挖。環片拆除作業相對於開挖作業屬次要作業，須考量隧道結構穩定及施工人員安全，且若單獨施作將影響後續作業及整體工期，在隧道內施工動線有限下，而如何在不影響主要工作面 TBM 開挖的前提下同時拆除環片及完成擴挖、支撐，施工單位尋找的可行方式是獨特的環片拆除作業高架平台施工法。

二、 工程概況

雪山隧道工程為國道 5 號高速公路之關鍵工程，承包商為榮民工程股份有限公司，監造單位為中興工程顧問股份有限公司。本工程包含一前進導坑及兩主隧道，任一隧道單孔長度約 12.9km，隧道佈置如圖 1、圖 2。本隧道通過雪山山脈連接宜蘭縣頭城鎮及臺北縣坪林鄉，其間經過六條較大斷層、近百處剪裂帶、3.6km 之四稜砂岩段及數十處高壓水層，地質情形如圖 3。

主隧道原規劃設計係大部分（約 12km）採直徑 11.74m 之全斷面隧道鑽掘機（以下稱 TBM）由頭城端（東口）向坪林端（西口）開挖施工，TBM 開挖約一至二環（150 ~300cm）後，立即使用厚度 35cm、寬 150 cm、強度 350kg/cm² 之 6 片預鑄混凝土環片榫接組成斷面為外徑約 11.5m 圓形之初期支撐，並以粒料及水泥灌漿背填環片後方空隙，利用隧道圍壓自然形成一極穩定之拱型結構。該 6 片環片分別為頂拱之 A 片、側壁之 B 及 C 片、仰拱之 D、E 片及小塊 K 片(key block)，其中除 K 片外，各環片重達 10 噸左右。隧道下半部安置拱型蓋版，其上設置 4 線鐵軌，中間二軌行駛軌式車輛以供運輸大量之開挖渣料及施工材料（環片、背填粒料、機器零件），兩側軌道則做為襯砌鋼模及預備用。TBM 施工隧道斷面及

環片支撐如圖 4、圖 5。

本隧道因高速公路長隧道通風需要，隧道內設有通風站三組、通風中繼站三組、計六組機房，主隧道在與機房交叉處則佈設有約 87~106m 不等長度的擴挖斷面以導引通風（如圖 6、圖 7、圖 8、表 1）；另為因應緊急事故處理，隧道內設有 8 條車行聯絡隧道，主隧道在與車行聯絡隧道交叉處皆設有 45m 長擴挖斷面之緊急停車彎（如圖 9、圖 10）。

上述主隧道擴挖段之斷面皆較 TBM 所能開挖之單一圓型尺寸之標準斷面為大，擴挖段開挖施工，可經由前進導坑以鑽炸開挖至主坑先行開挖完成，或者於 TBM 開挖通過後再拆除隧道支撐環片後以鑽炸法擴挖。

三、 施工方法演進

(一) 擴挖段開挖施工原始構想

TBM 僅能開挖單一尺寸之圓型隧道斷面，原設計之擴挖段，皆是 TBM 開挖通過組立支撐環片後，再適時拆除環片擴挖。各擴挖段之擴挖支撐圖如圖 11、圖 12、圖 13。

但本工程承包商所提之施工基本計畫關於擴挖段施工構想，通風站及通風中繼站站機房旁擴挖段，因斷面較大，係經已貫通之導坑，以鑽炸法開挖爬昇橫坑至主坑擴挖段，分層降挖，先行開挖完成後，再構築滑床供 TBM 滑行通過，至於緊急停車彎，則俟隧道貫通後，在無干擾下墊土拆除環片後以鑽炸法擴挖。

(二) 雪山隧道工法變更

TBM 開挖初期，西行線已因 TBM 遭土石掩埋損毀改為鑽炸法施工（尚未挖至第一個擴挖斷面段）；東行線 TBM 在惡劣地質區段，改採鑽炸法頂導坑先行開挖處理前方不良地質，再由 TBM 開挖其它下部斷面通過不良地質區段。

雪山隧道仍不斷遭遇惡劣地質、高壓湧水及多次災變，經承商建議大幅調整施工方法、順序，並獲業方及監造單位研議認屬可行。其中導坑變更為東（南）段仍由 TBM 開挖 6938m，西（北）段以鑽炸法開挖 4685m，並由二號豎井增闢工作面 1319m；西行（北上）線全線改鑽炸法施工，分由東（南）口開挖 4977m，導坑二號通風中繼站增闢工作面 521m，二號豎井增闢工作面 3024m，西（北）口開挖 4421m；東行（南下）線部份，東（南）段仍由 TBM 由東（南）洞口（里程 40K+244.1）推進開挖至里程 32K+198 長約 8046m，期間之不良地質區段增加

頂導坑及 TBM 混合工法，餘 4871m 改由西（北）洞口以鑽炸法開挖。其中鑽炸法之車輛運動係使用輪胎工法，與 TBM 使用之軌道工法不同。工法變更如圖 14。

(三) 東行線 8 號緊急停車彎及 3 號通風中繼站擴挖段之環片拆除作業

89 年 10 月，東行線 TBM 前方之頂導坑正藉由西行線經橫坑向前開挖施工，TBM 則暫停機於橫坑前維修削刀頭，東行線內施工動線暫時騰出，承商遂利用此空檔，對 TBM 開挖通過之第一次擴挖斷面—東行線 8 號緊急停車彎及 3 號通風中繼站擴挖段進行首次環片拆除作業。

東行線 8 號緊急停車彎及 3 號通風中繼站擴挖段，皆處於地質惡劣區段，係先以鑽炸法頂導坑開挖通過，在 TBM 開挖下半斷面之前，西行線已改為鑽炸法且完成 8 號車行聯絡道及 3 號通風中繼站上半斷面開挖。本擴挖段原可藉由西行線經 8 號車行聯絡道等橫坑先行擴挖完成，惟考慮到該區段正處於地質弱帶，全斷面擴挖不利於大隧道斷面之穩定，且該處滑床施作將困難費時，故修正原施工構想。

首先頂導坑開挖通過後，由西行線經橫坑至東行線施工，依擴挖段斷面降挖至起拱線及完成相關支撐（噴凝土、鋼支保及岩栓）後，洞台部份復沿著標準斷面邊緣組立模板回填低強度混凝土至 B、C 環片上緣，作為 TBM 撐座之反力點（以利 TBM 開挖通過時之穩定及安全，如圖 15），再讓 TBM 開挖下半斷面通過，並組立全環片，其中 A 環片以 2 支 200×200 弧形鋼肋代替以承受該環其它環片之閉合壓力，頂拱 A 環片上方未背填。亦即該擴挖段之上半斷面業以擴挖完成，再回填讓 TBM 通過並組裝環片。因頂拱上方為空洞未背填，且替代環片之鋼肋亦不能與 B、C 環片穩固結合，為維持環片穩定，A 環片之替代鋼肋皆以二組縱向之鋼肋交替焊接加固，每環環片內側增設臨時組立的兩組 200×200 組成環狀鋼支保，藉以固定環片。

為拆除環片，怪手具有如環片組裝機之特製夾具，可穿入環片之抓取孔牢牢抓住環片。拆除作業係逐環進行，先切除頂拱之 2 支替代鋼肋，以怪手固定 B、C 環片，再拆除臨時環狀鋼支保，即分別將 B、C 環片向內拉開隧道壁拆卸，拆下環片即以板車載出運棄；依上述順序再進行下一環環片拆除工作；環片拆除完後，再以鑽炸法清除回填混凝土及開挖起拱線下之下半斷面擴挖區域。

在本次環片拆除施工，8 號緊急停車彎環片拆除（不含擴挖）花了 24 天工期（89 年 10 月 20 日至 89 年 11 月 12 日）、3 號通風中繼站擴挖段環片拆除（不含擴挖）花了 19 天工期（89 年 10 月 23 日至 89 年 11 月 10 日）。

8 號緊急停車彎的上半斷面開挖支撐已先行完成，環片拆除期間不須擔心環片後方岩壁發生坍塌情形，但作業手仍必須非常小心，避免 B、C 環片傾倒，危及人員、機具安全，故拆除期間東行線隧道動線中斷，僅能進行環片拆除作業。

(四) 後續東行線擴挖段開挖作業

後續雪山隧道東口東行線與西行線及導坑開挖面相去不遠，且導坑及西行線內施工繁忙，東行線 TBM 段的其它擴挖段皆無法藉由導坑或西行線等施工通道先行挖除，而必須在 TBM 開挖並組立完成環片支撐，通過一段距離後，拆除大斷面且僅藉樁接及隧道圍壓固定的高強度環片，再以鑽炸法開挖及鋼肋、噴凝土、岩栓等支撐構件，完成擴挖作業。

四、環片拆除高架平台施工方法：

(一) 環片拆除之區段

經過工法調整後，TBM 開挖經過擴挖段，扣除已完成拆除環片之 8 號緊急停車彎，有東行（南下）線之 4、5、6、7 號緊急停車彎、二號通風站及通風中繼站、三號通風站等共 7 個擴挖段。

(二) 擴挖段環片拆除之困難

主隧道 TBM 開挖斷面為外徑 11.8m 之圓型，以 6 片預鑄環片樁接及粒料、水泥灌漿背填形成一極穩定之拱型結構，每環支撐環片分別為頂拱之 A 片、側壁之 B 及 C 片、仰拱之 D、E 片及小塊 K 片(key block)，其中除 K 片外，各環片重達 10 噸左右，環片拆除作業須拆除每環之 A、B、C 等 3 塊環片。

環片拆除作業之困難如后：

1. 環片拆除將破壞隧道環片拱型結構，若無適當加固，原為支撐之環片變成荷重，恐將危及隧道安全。故須先固定其它環片，環片拆除後須立刻擴挖及完成支撐，以維隧道安全。
2. A 環片拆除後，頂拱即暫無支撐，若地質破碎，可能發生頂拱落盤。
3. 頂拱（A 環片內面）至施工路面（拱型蓋版）高度差約 8m，拆除環片後尚須再向上鑽炸開挖約達 2m，必須安排適當機具進行如此高度之作業。
4. A 環片重達 10 噸，須從 8m 高空拆除放下。
5. 開挖為最主要工作，本作業應完全配合 TBM 開挖作業之施作。且工作工期緊

- 迫，本作業無法俟 TBM 開挖完後再行施作，以免延誤後續襯砌等相關作業。
6. 隧道內同步作業眾多、車輛進出頻繁且動線有限，施工易受其它工作面干擾。且主隧道東行線為軌道工法，難藉西行線或導坑之動線支援。

故環片拆除擴挖作業，除須拆除 8m 高重達 10 噸的頂拱 A 片後，立即進行鑽炸擴挖及完成噴凝土、鋼支保及岩栓等支撐以維護隧道結構安全；並且因應雪山隧道工程趨趕工進，必須在不干擾 TBM 開挖之原則下與襯砌等其它工作併行作業。

(三) 環片拆除作業高架平台

爲了達成同時安全擴挖及維持動線之目的，並顧及施工效率，本作業採用自走型重型高架平台，讓大型施工機具得以在高架平台上工作，並同時維持隧道下方軌道之暢通，以利安全地拆除頂拱環片後，快速完成擴挖與支撐作業，並避免妨礙其它工作同時作業。環片拆除作業高架平台必須包括下列性能：

1. 能維持東口東行線隧道內現有 TBM 施工運輸雙線軌道正常運作。
2. 能安全承載適當之襯砌環片拆除或擴挖施工機具於高架平台上進行環片拆除或擴挖作業，其平台之長度及寬度必須足敷前述施工機具之作業空間，並能容納拆除後襯砌環片或擴挖鑿修之碴料暫時堆置。
3. 須具備自動昇降平台設備，俾襯砌環片拆除及擴挖等施工機具與施工人員能方便上下高架平台。
4. 須具備自動昇降及洩料之出碴料斗設備，俾配合東口東行線隧道內現有軌道運輸設備。
5. 須具備於軌道上自行移動之功能，俾能配合襯砌環片拆除或擴挖施工工進之需要。

爲符合前述條件，由新峰機械股份有限公司設計及製造、組裝環片拆除高架平台，如圖 16、照片 1、照片 2、照片 3、照片 4。拆除下 A 環片以環片昇降平台緩緩放下，工作高台可容納現有的自走式機具在其上施工，施工時配置 1 至 2 台具有短手臂之怪手及氣動自走式鑽孔機具（如 ROC601 等），可藉自動昇降活動棧橋（代替昇降平台）快速登上高架平台作業或暫時退出平台，至於相關開挖碴料的運出及施工材料的運入，仍藉由現有的軌式碴車及平板車運輸。該高架作業平台原設有環片吊移作業車，可快速將環片由高架平台吊下至板車後運出，可惜因申請安檢耗時，不敷趕工時程要求，而未曾使用，改爲另以道版上之怪手吊下環片至板車上。

(四) 環片拆除作業流程

1. B、C 環片固定：擴挖段每環之 B、C 環片先分別鑽設兩支 4m 岩栓固定。
2. 拆除 A 環片：一次一環，先提高高架平台之環片昇降平台貼近 A 片下方，以破碎機敲除 A 環片與 B、C 片楔接位置，使其與 B、C 兩環片脫離；若 A 片難以敲落，於 A 片靠 B、C 片邊鑽孔埋少許炸藥後開炸，若 A 環片仍未掉落，則再以破碎機將 A 片側邊之楔角破除，使其與 B、C 兩環片脫離。如照片 5。
3. A 片移除：A 環片鬆脫至昇降平台，放低平台再以怪手將已拆下之環片吊下至平板車上；或暫置隧道兩側，適時利用怪手吊運至平板車上。環片以平板車載運至洞外，經敲除破碎後載運至合法之營建土石方再利用處理場。如照片 6、照片 7。
4. 頂拱擴挖：A 環片拆除後，即以破碎機開挖或鑽炸法擴挖（視地質情形而定）至設計斷面，開挖下之碴料先暫置於平台上，隨即組立鋼支保、鋼線網，施噴噴凝土，再打設岩栓等初期支撐措施，開挖下之碴料再以升降平台及漏斗洩入碴車內運出。如照片 8、照片 9、照片 10。
5. B、C 環片拆除：A 環片拆除完成一段距離後（約 30M 以上），高架平台已移開，即可進行 B、C 環片之拆除工作，先切除臨時固定岩栓，以怪手等機具將環片頃倒移除，暫置隧道兩側，後續環片處理方式如 A 環片。如照片 11。
6. 洞台擴挖：B 或 C 環片視地質情況最多可連續拆完 3 片左右，再鑽炸擴挖，碴料暫置隧道兩側，以鋼肋、鋼線網、噴凝土、岩栓等作為支撐。開挖暫置下之碴料適時裝載入碴車內運出，或以卡車藉由旁邊橫坑經西行線運出。如照片 12。

(五) 環片拆除作業注意事項

1. 以上環片拆除載運及擴挖等工作之進行，均必須配合 TBM 開挖工作之進行。
2. 開挖落至鐵軌上方之碴料必需立即派員清理以確保火車動線之暢通。
3. 施工區段之水管、高壓氣管、電纜線及電話線等線路，施工時必須遷移及做好適當的保護措施。
4. 若施工機具必須於跨越軌道行駛移動時，鐵軌必須做好適當的保護，以避免鐵軌變形，進而造成火車出軌等影響 TBM 開挖面工作之進行情形發生。
5. 高架平台使用前，環片拆除昇降平台上方覆土及碎石雜物等確實清理乾淨，避免荷重超量。清理昇降系統鋼索軌道上之碎石或雜物，避免操作時碎石絞

進軌道內，對鋼索造成損傷。

6. 高架平台使用時，環片拆除工作架上昇至預定位置時，將安全扣環固定後，再進行環片的拆除工作。工作架下降時，需注意唧筒受力狀況，必要時單側慢慢調整，以避免鋼索脫離軌道或及唧筒受力不均。

五、 環片拆除施工成果：

1. 環片拆除高架平台組立：約需 20 天左右，其中約有 14 天左右將中斷施工動線。
2. 各擴挖段環片拆除施工情形詳表 2。
3. 環片拆除作業於 94 年 3 月 7 日完成，TBM 於 94 年 2 月 2 日全部開挖完成並於 94 年 3 月 15 日拆除完成，環片拆除高架平台已達到與 TBM 併行作業之目的。
4. 雪山隧道工程原設計東行線擴挖段計有 955m，西行線擴挖段計有 905m，佔原設計 TBM 開挖段約 8%，但東行線 TBM 實際開挖及組裝全環片之長度為 7314m（扣除洞口推進長度），實際 TBM 通過之擴挖段計 621m。
5. 擴挖段拆除環片作業若於 TBM 開挖完及拆除後再進行，即成要徑作業，環片拆除及擴挖工率以每天 1 環計（比照 6 號緊急停車彎進度），兩組工作平台及工班同時於兩擴挖段施工，若不考慮實際施工併行作業的相互干擾影響，推估較實際作業約額外增加工期 195 天（389/2/1）。而本隧道使用 2 組高架平台（後期承商爲了趕工又再增加一組），每組造價 5 佰餘萬，總價 1 千萬，而北宜高速公路坪林-頭城段工程費用約 2 佰億。環片拆除高架平台計畫，以相對低微的費用，縮短雪山隧道工期，使北宜高速公路坪林-頭城段提早通車使用，應符經濟效益。

六、 檢討及建議：

1. 大斷面 TBM 隧道支撐環片之拆除作業，並無前例可循。若要於 TBM 開挖時兼顧進行環片拆除，環片拆除高架平台施工方法應屬可行。惟高架平台組立及拆除將中繼隧道動線，且施工時環片及碴料運出、支撐材料運入仍將佔用部分隧道運輸資源，故拆除作業對隧道開挖及襯砌施工等作業仍多少有影響。
2. 預鑄環片支撐，符合 TBM 工法快速開挖之需求，而其預鑄混凝土環片之高勁度及快速完成初期支撐等特性，更能克服隧道所遭遇之惡劣地質。惟環片若有一片遭破壞，則隧道之拱型結構效應即不復存在，且環片反變成自重。在

擴挖段內 A、B、C 等環片將依序拆除，作業當中 B、C 環片的臨時固定絕不可免；由此考慮人行聯絡隧道交叉段僅拆除主隧道 B 或 C 環片，其它環片仍永久保留的情況下，固定已組裝之其它環片更為重要。

3. 7 號緊急停車彎、2 號通風站及 4 號緊急停車彎等擴挖段係頂導坑及 TBM 混合工法開挖，A 環片上方並未背填。上述區段拆除 A 環片的速度雖較快，惟因隧道環片未能成完整閉合拱型，支撐結構不夠穩定，故須視地質情況而設。
4. 隧道最前端的開挖面向前掘進，後續工作才能陸續展開，故其它工作若與 TBM 開挖施工有施工資源（施工動線及水、電、氣、人力、機具等）衝突情形，仍應以 TBM 施工為第一優先。
5. 環片拆除高架平台法擴挖下之碴料若掉落道版未清理乾淨，或施工機具移動碾壓在鐵軌上造成鐵軌變型，皆可能造成火車出軌延誤全部隧道內作業，故施工時須小心避免。
6. TBM 快速開挖，大量材料運入及碴料運出，運輸火車進出頻繁。而拆除下的環片、擴挖出的碴料及施工材料，也須藉用軌式車輛運輸，在僅有二條軌道之動線下，如何安排火車避免對 TBM 開挖之干擾，需要各工作面密切地連繫與良好現場管理安排。
7. 高架平台之升降平台，因需較大距離之升降，故係使用鋼索，常發生鋼索斷裂或馬達故障等情事，致影響工進。故施工機具應儘量設計為簡單易維修，施工使用者亦應遵守操作規則，避免機具一再故障影響工進。
8. 高架平台組立及拆除時將造成隧道動線中斷，故應儘速避免高架平台組拆作業。本工程除 TBM 正在前方開挖面施工外，中間尚有數組襯砌鋼模施作襯砌，各鋼模及工作架之移動無法互相直接跨越，為避免高架平台組拆作業頻繁影響整體隧道施工，各高架平台及鋼模位置及施工順序應妥善規劃。
9. TBM 開挖加上預鑄環片支撐在地質適當的長隧道開挖，相較於鑽炸法具有開挖速度快及施工費用低廉等優勢，惟若該隧道有大量之不規則斷面，且須於 TBM 開挖並組裝全環片後再擴挖，則應納入環片拆除及擴挖所需之工期及成本加以考量。

參考文獻

1. 交通部國道新建工程局，「北宜高速公路第四標工程(坪林頭城段)詳細設計

- 圖」，(1993)
2. 榮民工程股份有限公司，「北宜高速公路第四標工程(坪林頭城段)施工基本計畫」，(1994)
 3. 交通部國道新建工程局，「北宜高速公路第四標工程(坪林頭城段)整體改善方案修正計畫契約變更書」，(2005)
 4. 榮民工程股份有限公司，「雪山隧道東行線主隧南襯砌環片拆除作業工作平台之構件功能說明與結構計算書」，(2003)
 5. 中興工程顧問股份有限公司，「雪山隧道施工檢驗紀錄」



圖 1 雪山隧道透視圖

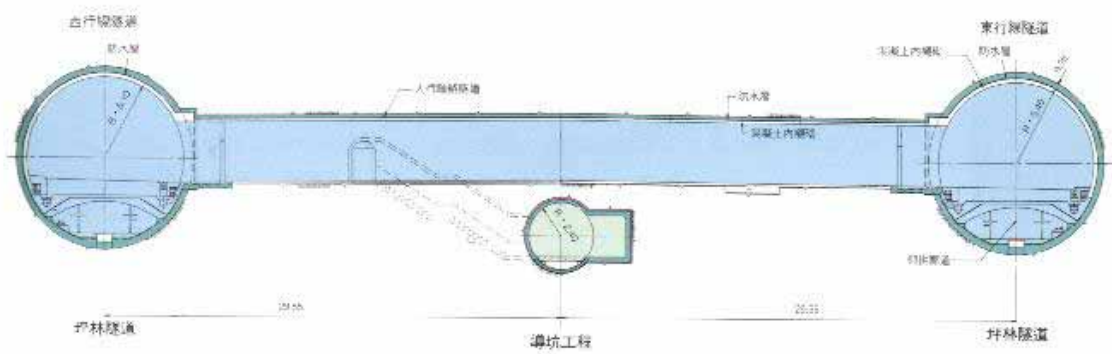


圖 2 雪山隧道橫斷面圖

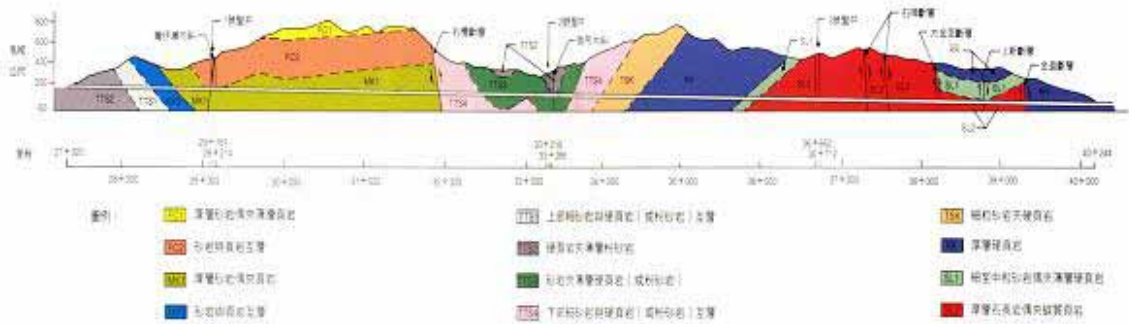


圖 3 雪山隧道地質圖

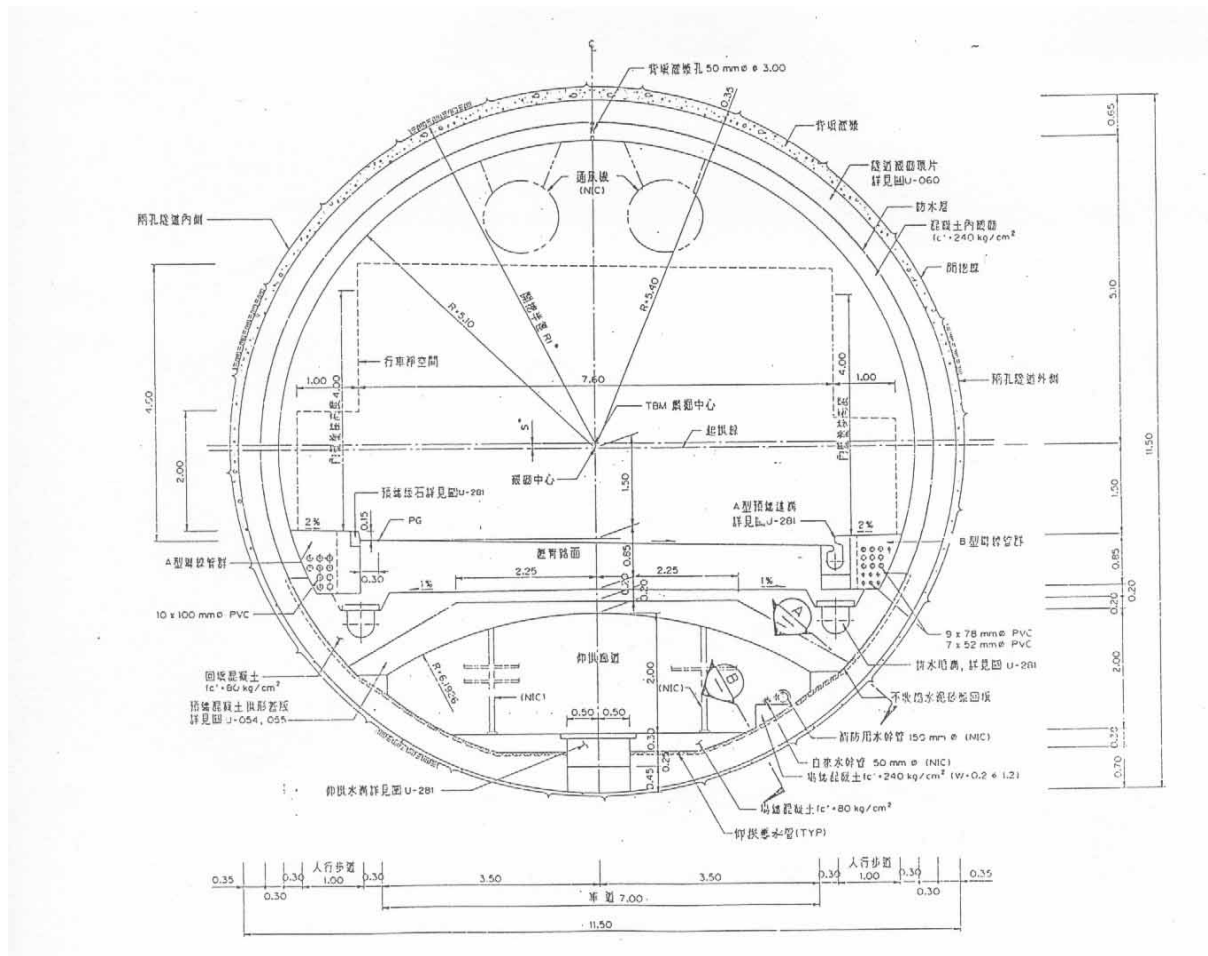


圖 4 TBM 開挖標準斷面圖

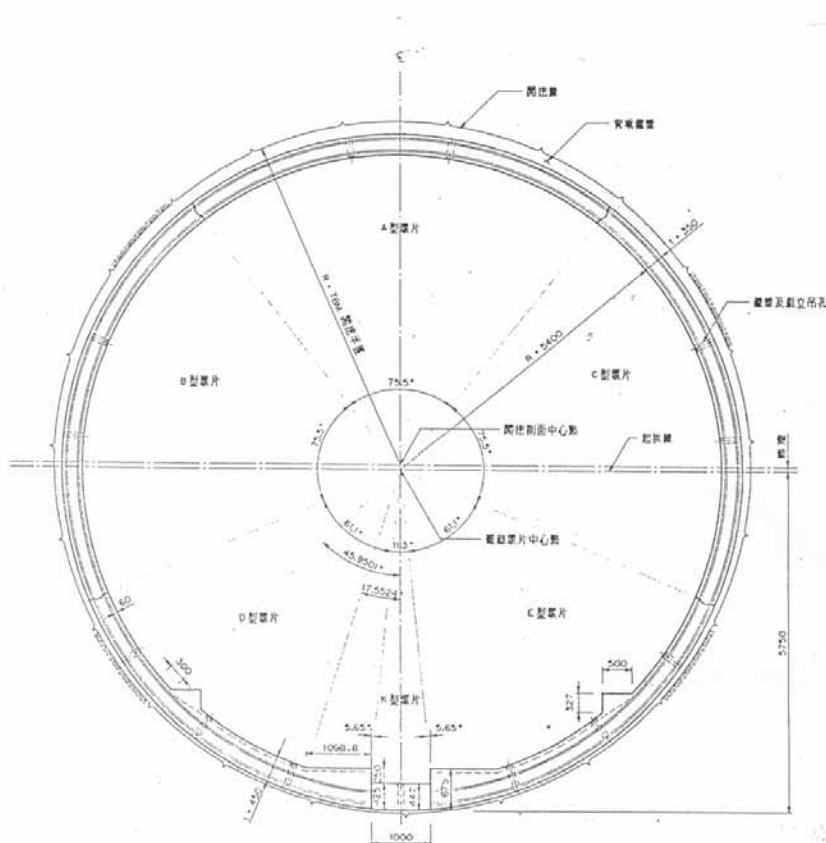


圖 5 TBM 開挖環片支撐斷面圖

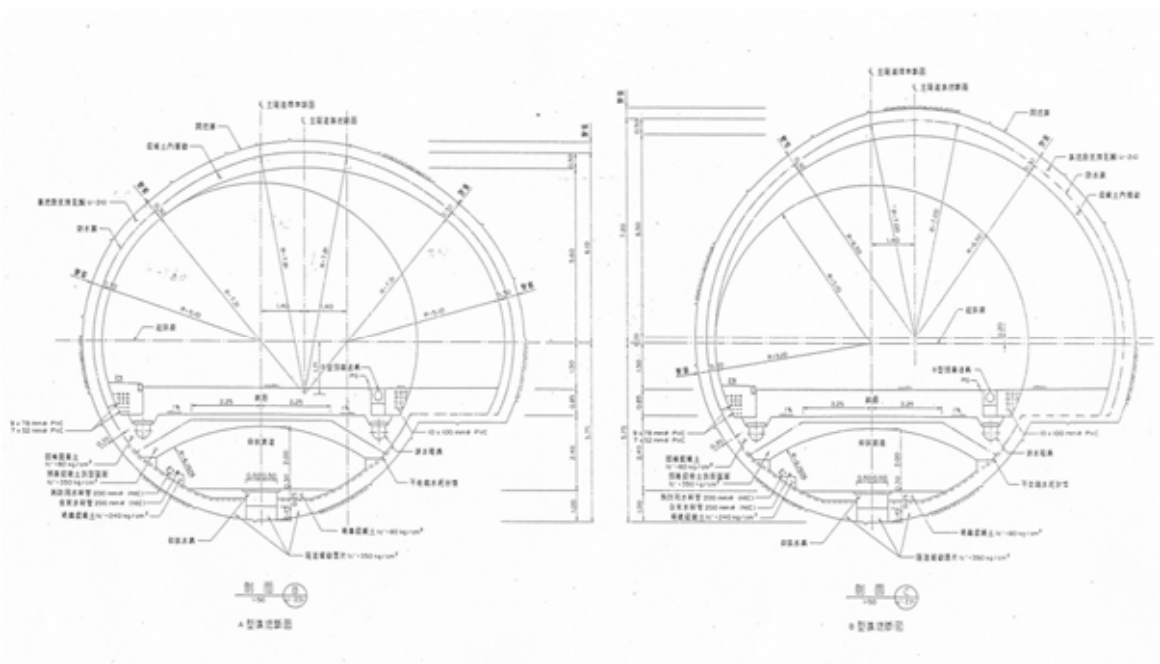


圖 6 通風（中繼）站主隧道擴挖段斷面圖

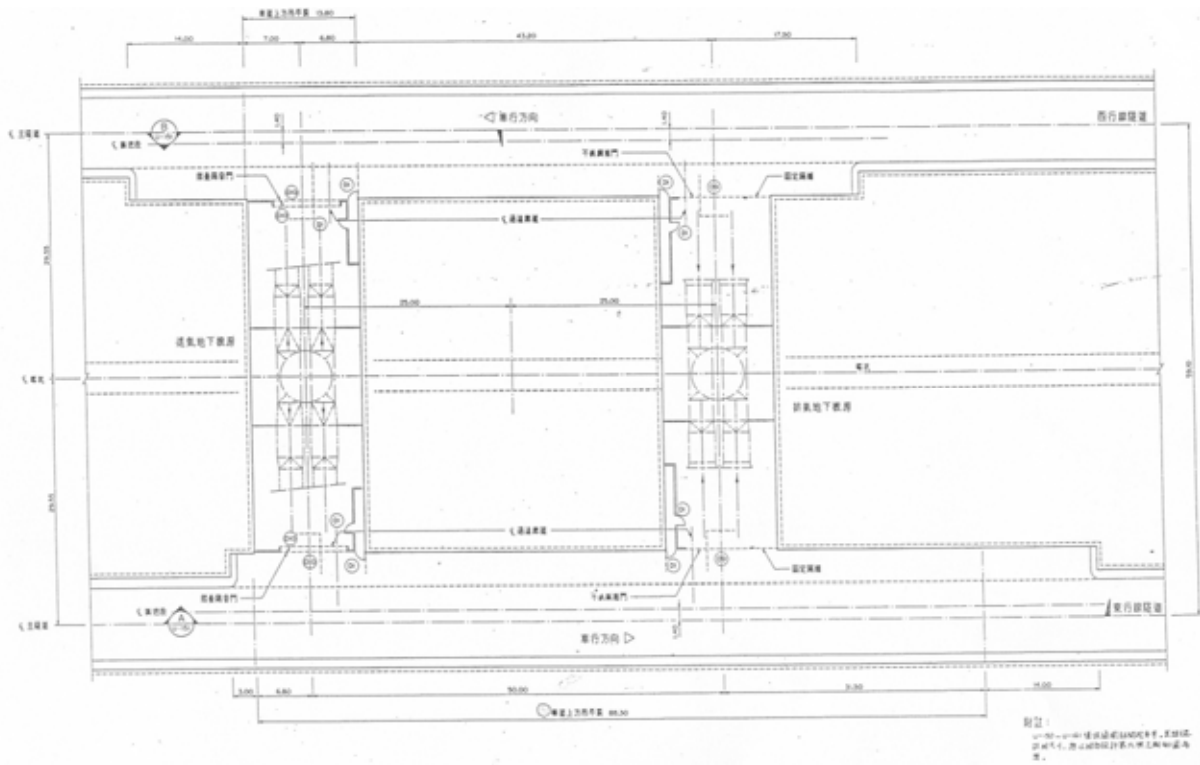


圖 7 通風站主隧道擴挖段平面圖

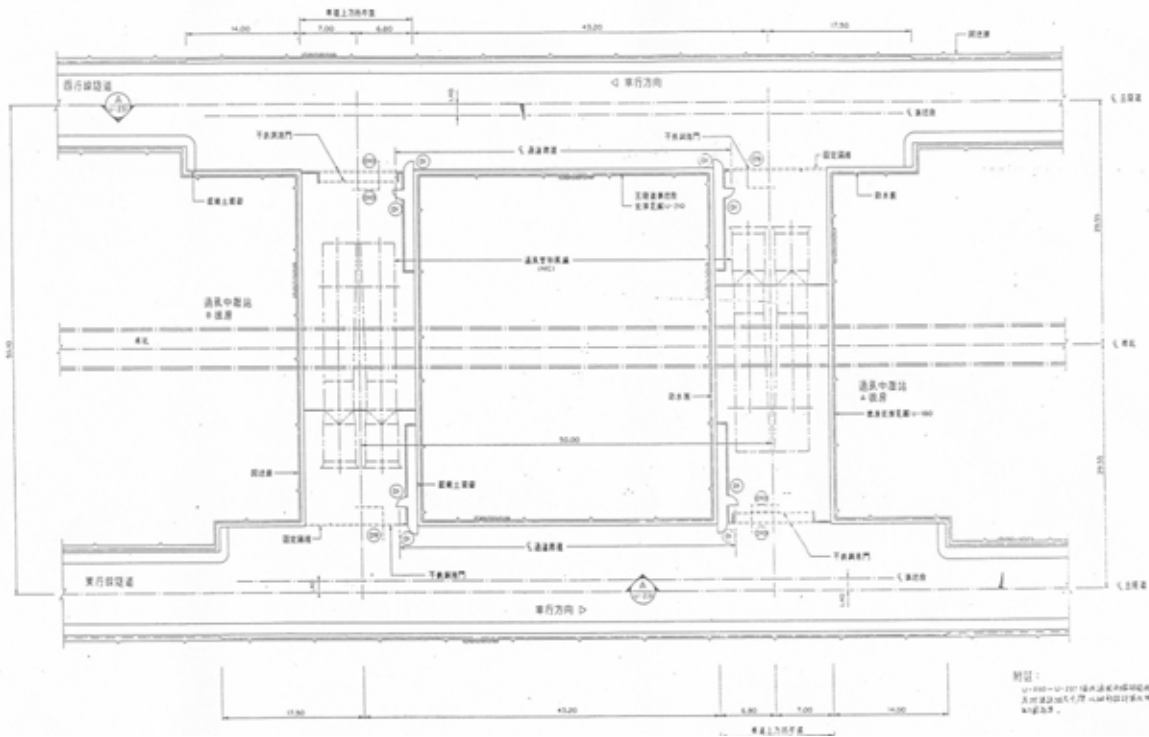


圖 8 通風中繼站主隧道擴挖段平面圖

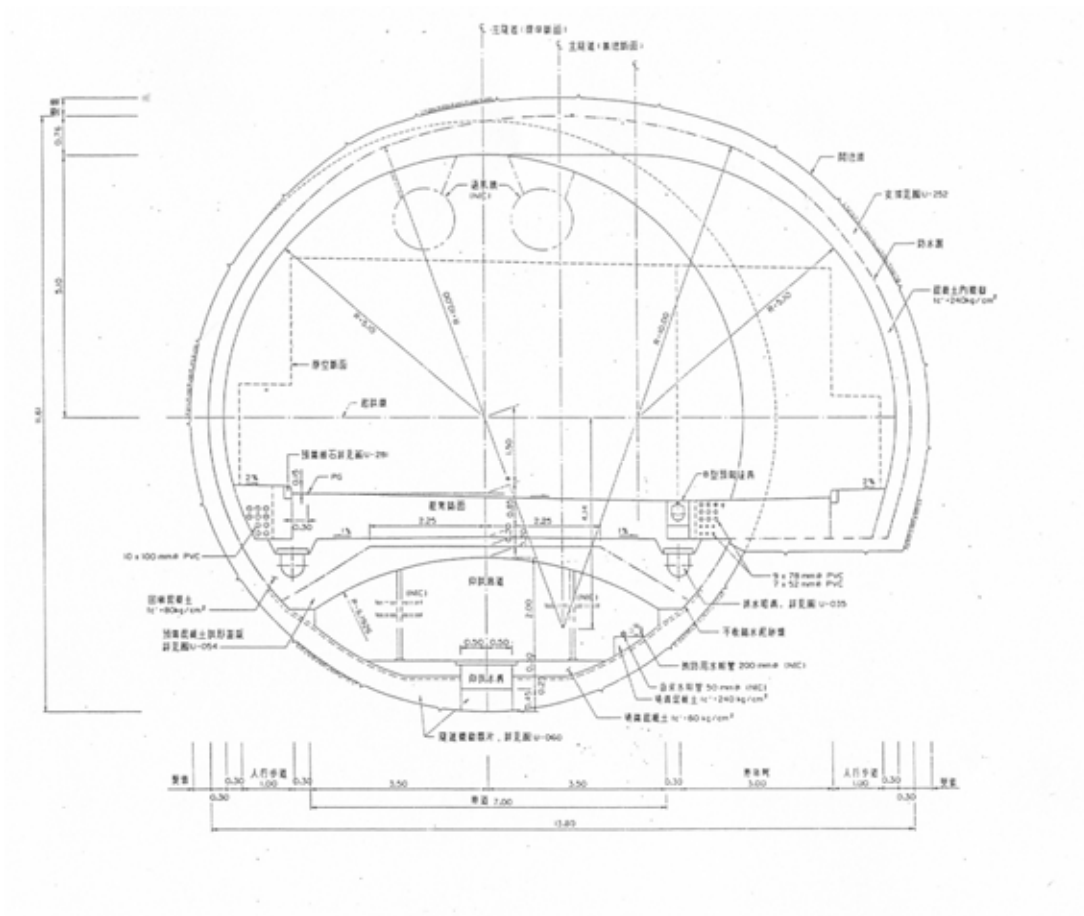


圖 9 主隧道緊急停車彎擴挖段斷面圖

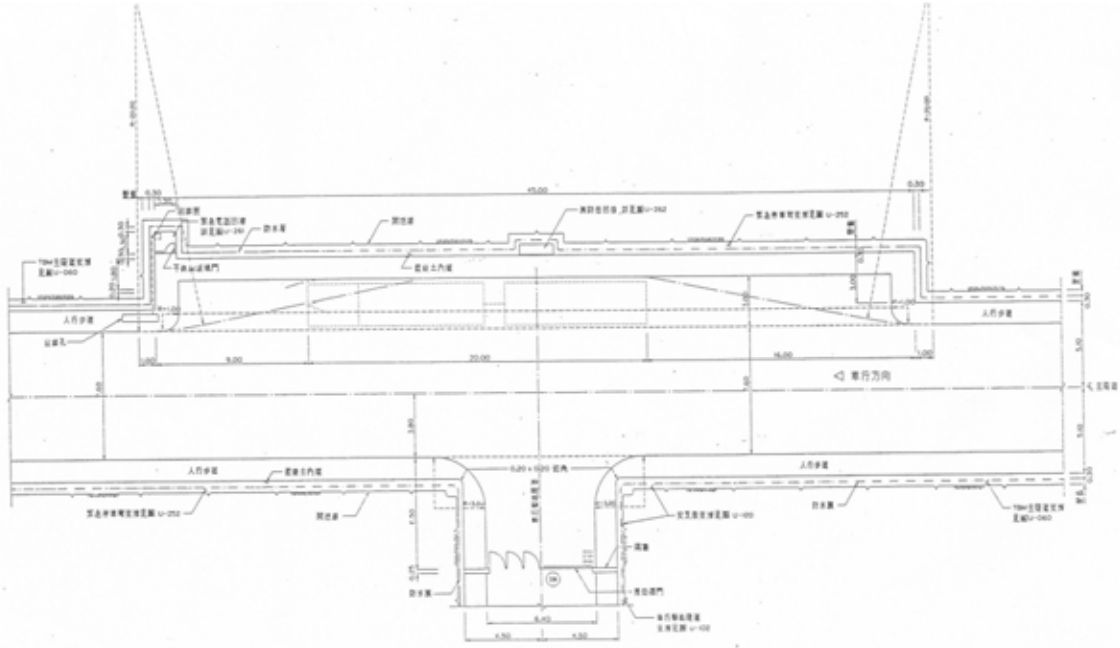


圖 10 主隧道緊急停車彎擴挖段平面圖

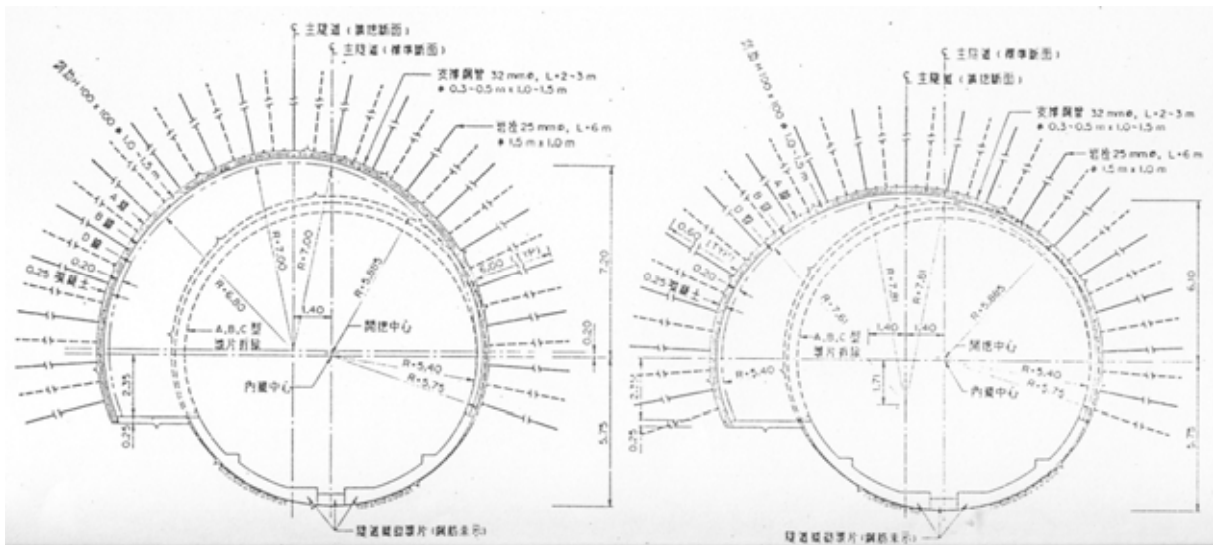


圖 11 通風（中繼）站主隧道擴挖段開挖支撐-第 \sim 級

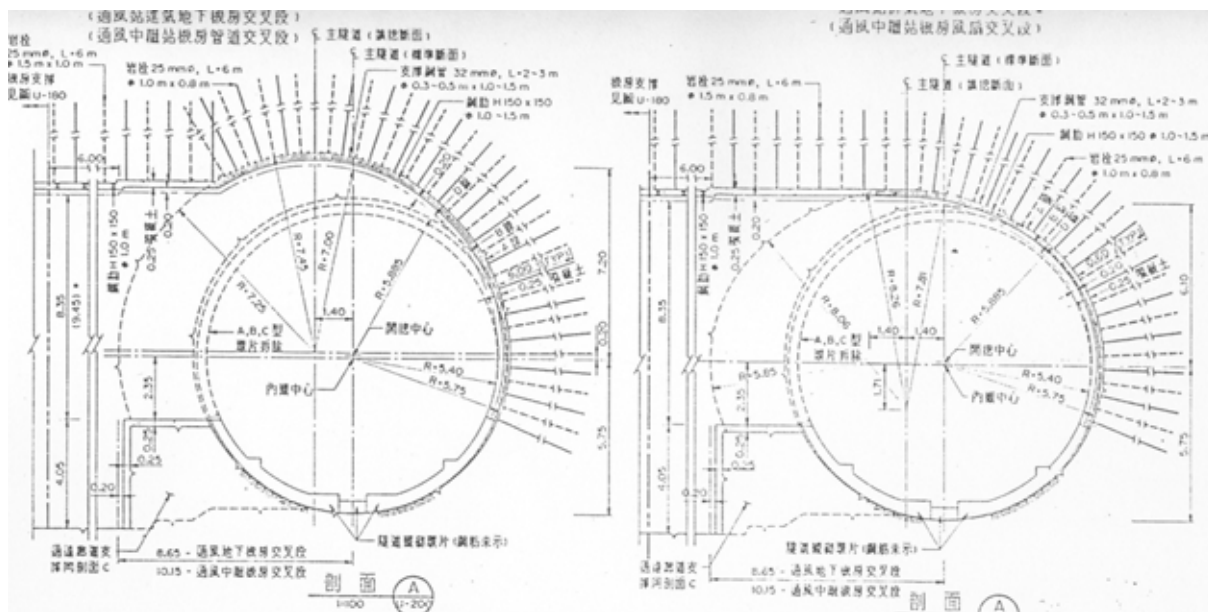


圖 12 通風(中繼)站與主隧道交叉段之主隧道開挖支撐-第Ⅰ級

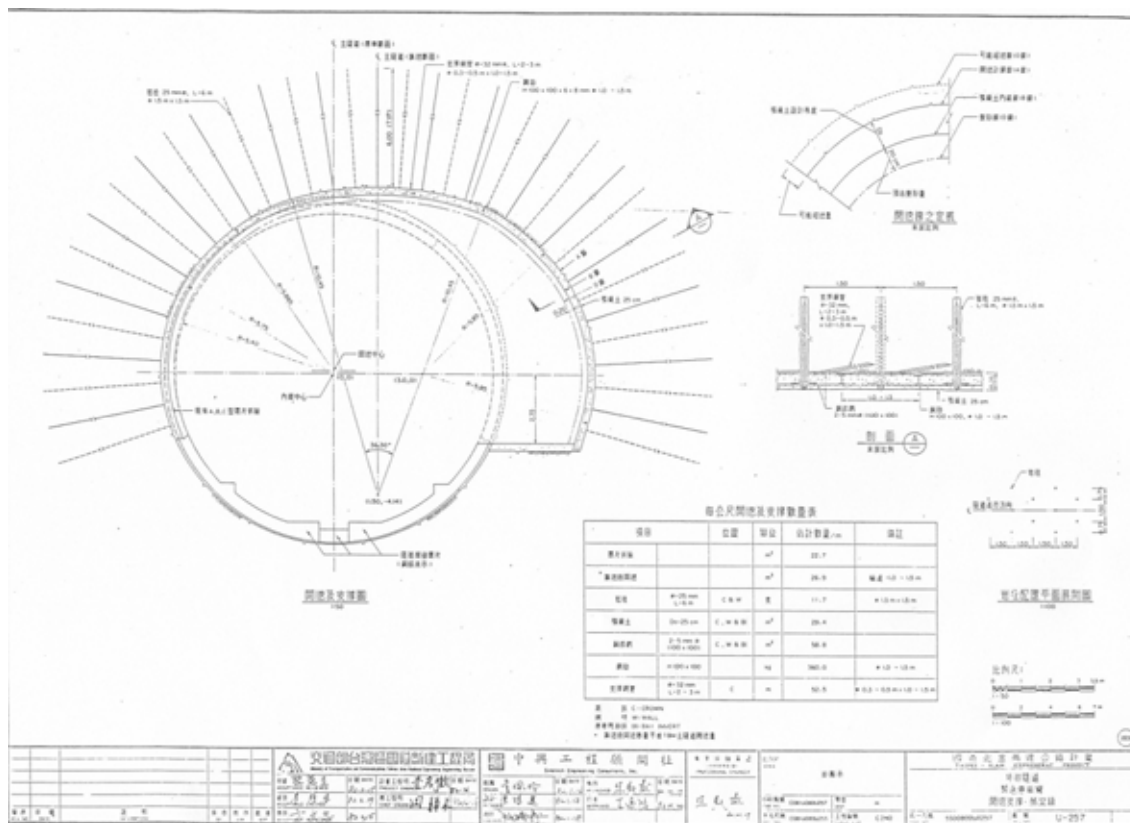


圖 13 主隧道緊急停車彎開挖支撐-第Ⅰ級

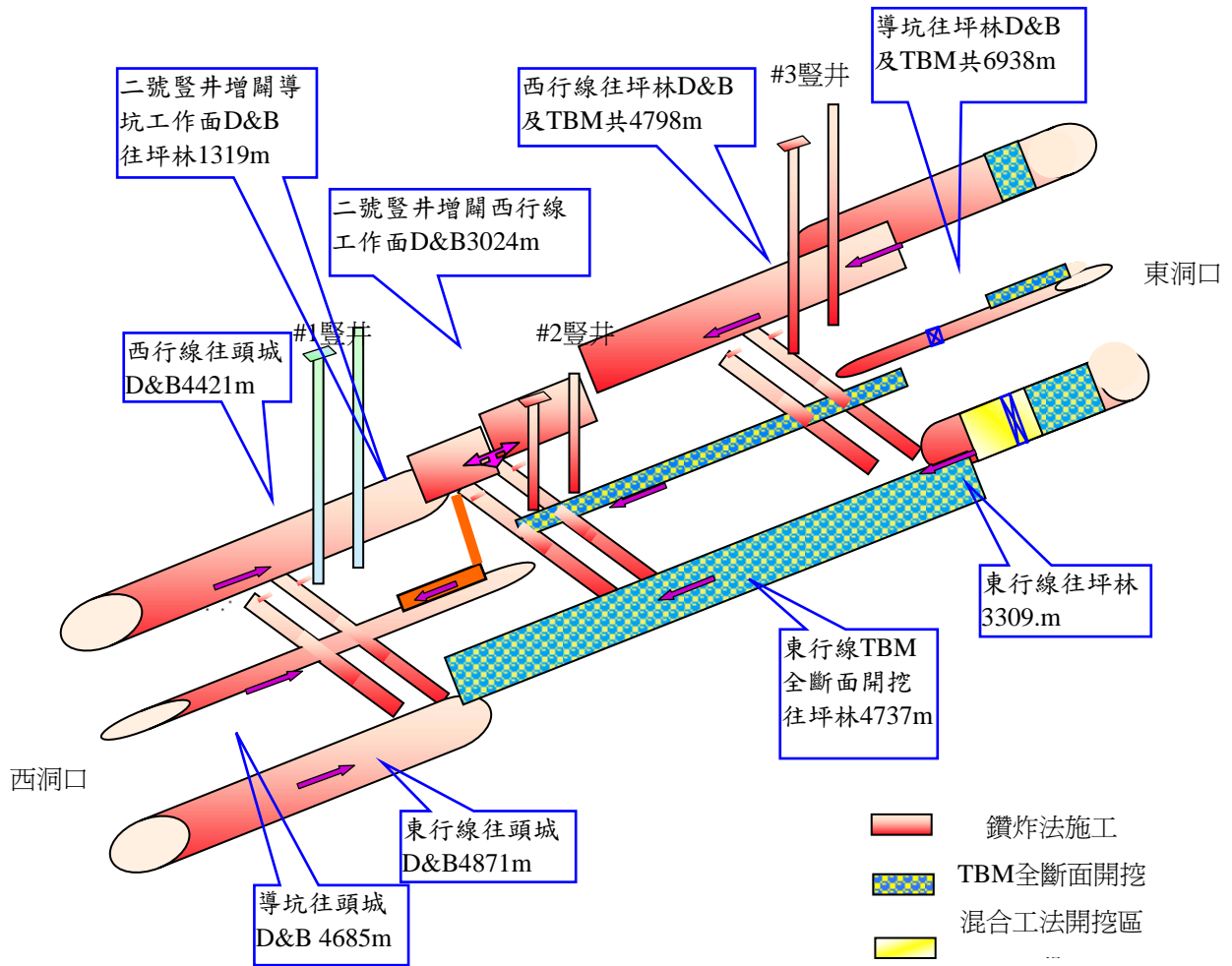


圖 14 雪山隧道因應地質惡劣整體改善方案修正計畫示意圖

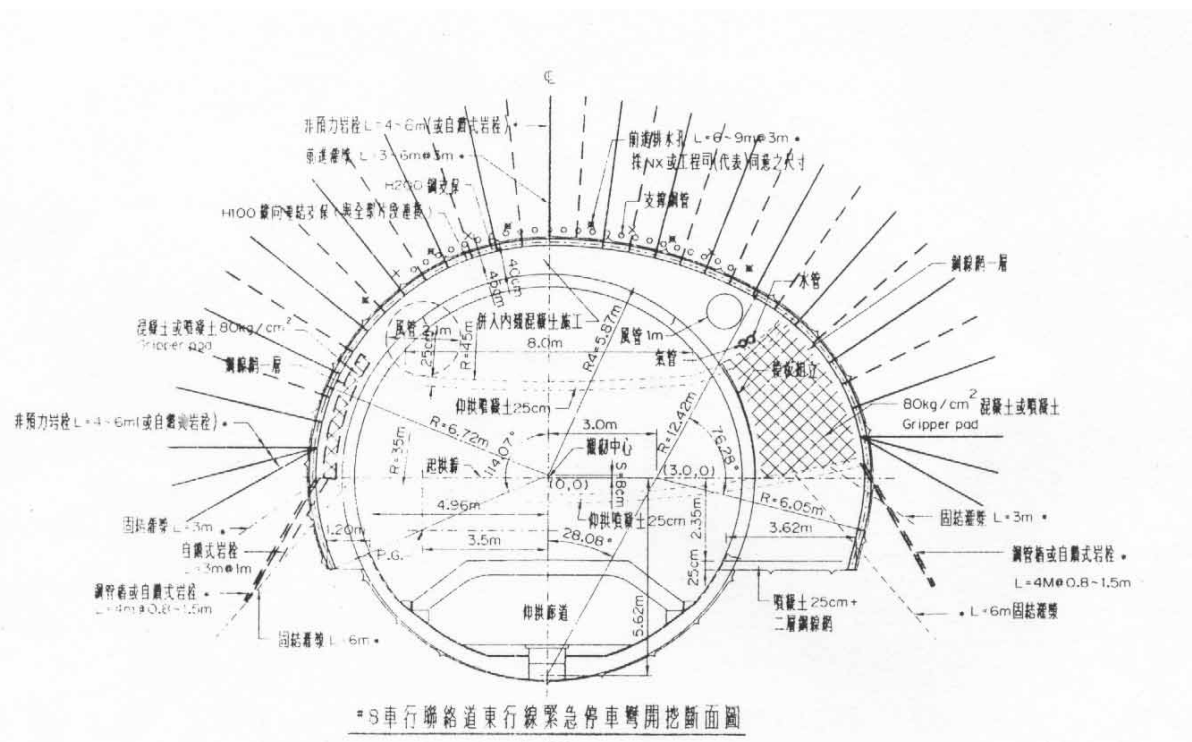


圖 15 8號緊急停車彎開挖支撐

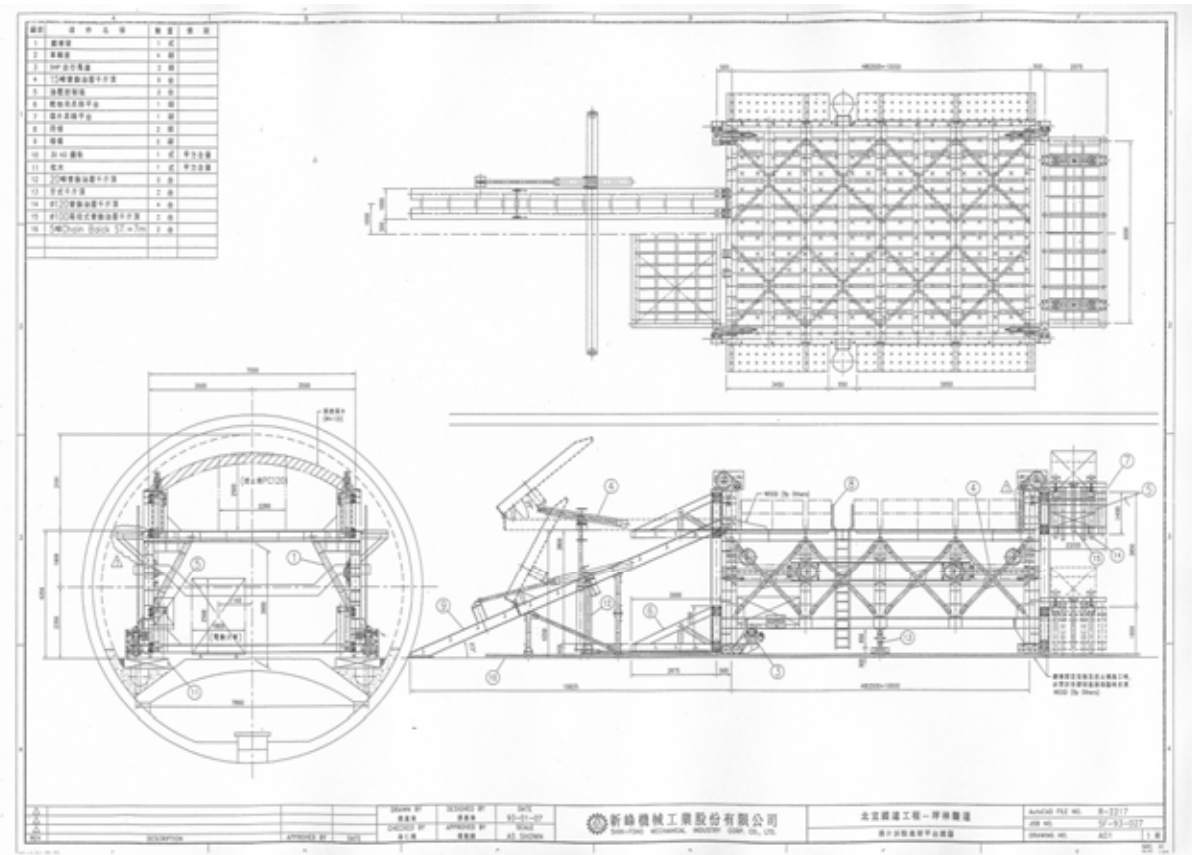


圖 16 環片拆除作業高架平台總圖

表 1 原設計之擴挖段長度

擴挖段位置	東行線	西行線
通風站	106.3m 共 3 座 318.9m	89.5m 共 3 座 268.5m
通風中繼站	89.5m 共 3 座 268.5m	89.5m 共 3 座 268.5m
緊急停車彎	46m 共 8 座 368m	46m 共 8 座 368m
總計	955.4m	905m

表 2 各擴挖段環片拆除施工情形

擴挖段位置*	擴挖長度 (m)	拆除環數	施工工期**	備註
8 號緊急停車彎	46.0	31	24 天 89.10.20~ 89.11.12	頂導坑+TBM 工法，A 環片以 2 支 200×200 鋼肋代替
3 號通風中繼站	89.0	61	19 天 89.10.23~ 89.11.10	頂導坑+TBM 工法，A 環片以 2 支 200×200 鋼肋代替
7 號緊急停車彎	46.0	31	34 天 93.07.06~ 93.08.08	頂導坑+TBM 工法（A 環片上方未回填）
3 號通風站	106.3	72	202 天 92.10.25~ 93.5.14	高架平台故障 55 天
6 號緊急停車彎	46.0	31	30 天 93.06.13~ 93.07.12	
2 號通風中繼站	89.5	61	101 天 93.9.13~ 93.12.21	
5 號緊急停車彎	46.0	31	39 天 93.11.01~ 93.12.09	
2 號通風站	106.0	71	9 天 94.02.21~ 94.03.01	頂導坑+TBM 工法（A 環片上方未回填）
4 號緊急停車彎	46.0	31	3 天 94.03.04~ 94.03.07	頂導坑+TBM 工法（A 環片上方未回填）

*擴挖段位置按東口往西口之順序排列

**施工工期僅指 A 環片拆除為準，不含 B、C 環片及洞台擴挖作業



照片 1 環片拆除高架平台前端及環片昇降平台



照片 2 環片拆除高架平台後端及活動棧橋



照片 3 環片拆除高架平台上佈設情形



照片 4 環片拆除高架平台下方動線



照片 5 A 環片拆除落於環片昇降平台上



照片 6 環片昇降平台載運 A 環片緩緩下降



照片 7 拆除之環片運出隧道暫置



照片 8 頂拱擴挖後鋼支保組立



照片 9 頂拱擴挖後鋼線網組立



照片 10 頂拱擴挖後岩栓鑽設



照片 11 B、C 環片拆除



照片 12 洞台擴挖後鋼線網、鋼支保組立