

Q 與 A 專欄

黃 鎮 臺*

本問題與解答專欄將定期於本刊登出，所擬問題均選自目前大地工程界於施工中可能遭遇之一些疑難小問題，此類問題雖小，但常造成施工人員之困擾。本欄歡迎名讀者提出問題，並歡迎學者專家就解答內容提供意見。有鑑於大地工程牽涉範圍及變化甚多，讀者亦請避免將本欄提供之解答視為唯一方案，以免造成施工或尋求解決方法之錯誤。

Q44：岩石隧道施工過程中之監測計劃應注意那些？如何控制及管制施工安全？（中聯工程顧問公司章致一、黃維仲先生提出）

A：監測計劃要考慮隧道的規模與經濟有效的監測項目，而且要注意監測作業的安全性。通常施工中之監測項目，包括七項，請參考地工技術雜誌第10期「隧道新奧工法監測之個案分析」一文中表二之1, 2, 3, 4, 7, 8, 9項。各項監測之施測位置與頻率可參考表一；實際施測時，須視現場情況而定。

施工安全之管制，需要預先擬就計測管制基準，如紅、黃、綠燈之管制基準，以應觀測值達某一程度時，可判斷危險性之大小及應有之施工對策。以下為例：

綠燈——繼續施工，照常監測。

黃燈——加強監測頻率，特別注意隧道周圍岩體之變形、支保之應力有否異常，但繼續施工。

紅燈——停工，採取補強措施。

就上述之監測內容而言，類似此燈號型施工管制基準，有些可依據設計資料，參考本刊第10期第63頁圖一之流程來預測岩體變位與支保應力等。另外部份計測值，則必須藉助經驗上之判斷，加以取捨，才能下結論。由事先擬定之變位管制基準，一定要依現場狀況，隨著計測資料之累積加以修正，才能使監測臻效。

監測之功能除了預防災害於未然，尚可據以做為設計變更或改進施工方法，使隧道

設計與施工趨於既安全又經濟之目的。其分析的流程，參考本刊第10期第63頁圖二。

Q45：永久性地錨與非永久性地錨如何區分？國內一般所採用地錨屬那一種？地錨應力鬆弛有那些原因，如何防止？較長之水平地錨，因鑽孔之向下弧度，造成應力鬆弛，應如何解決？（中聯工程顧問公司章致一、黃維仲先生提出）

A：永久地錨與非永久地錨主要以地錨之作用年限區分，永久地錨之需求年限大致上應與結構物相同，一般至少為30年。非永久性地錨則多屬臨時性支撐，其壽命視工程特性而略有差異，一般多為2~3年，最多不超過5年。此外，永久地錨多有周密之抗蝕處理，且其設計安全係數較高、非永久地錨則多無抗蝕處理或僅有基本之防蝕保護，安全係數則偏低。國內一般採用之地錨多為非永久性地錨。

造成地錨應力鬆弛之原因頗多，常見者為下列幾種：

- ① 夾片鬆動或滑動——更換夾片或填塞楔片
- ② 鑽孔偏斜——注意鑽孔之方位調整
- ③ 潛變——使用低鬆弛性鋼腱
- ④ 摩擦損失——使用間隔器及套管定位

水平地錨鑽孔造成向下弧度時，如鑽孔時已先得知，則可灌漿重鑽，或估計預力之損失而改用較粗之鋼腱以補償。如已灌漿完畢，則可降低該地錨之設計預力或另外增加一根地錨予以補償。

*工業技術研究院能礦所應用地質室研究員

Q46：永久性地錨在施工時須做那些處理？使用何種材料？（榮工處陳榮起先生提出）

A：地錨依其永久之要求，在施做過程中，有其嚴密的檢驗要求及試驗要求：

一、材料方面：

1. 鋼鍵要求為低鬆弛性鋼材 (Low Relax) (參查 ACI code)
2. 除固定端外，鋼鍵及錨座充填防蝕材
3. 灌漿使用的添加劑，須做浮水試驗 (Bleeding Test)。
4. 地錨之組件在加工場組合完畢，至工地時可直接入鍵。

二、施工試驗方面：

1. 破壞試驗：拉拔試驗至破壞為止，以確定極限拔抗力。
2. 岩心及試水試驗：判定固定端位置之地質，並決定是否先對岩盤進行預灌漿，或更改固定端長度。
3. 確認試驗：每支地錨均須施做，預力達設計強度 1.2 倍。

三、永久地錨特徵：

1. 自由端鋼鍵受套管及防蝕材保護（雙重防蝕保護）
2. 自由端在預力穩定後也不灌漿固定，且錨頭設計為可方便調整預力
3. 錨頭亦塗防蝕材
4. 安裝永久觀測儀器，如荷重儀

Q47：請說明現行可重複施預力之各種工法之特徵。

A：地錨按其可重複施拉預力之要求，其工法特徵為：

1. 鋼鍵使用低鬆弛性鋼材，以便於多次再拉過程中不致產生鬆弛變形。
2. 配合安裝荷重儀，以隨時可量測應力狀態。
3. 需長期保持可再拉性，故多使用在永久性地錨系統中，其自由端常以防蝕油脂等材料填充於鋼鍵與套管間。
4. 錨頭多使用保護蓋，而不以水泥沙漿直接覆蓋。

目前常見之工法可分成兩大類，第一類為 Strand System，施拉時直接於鋼鍵上施力並調整預力。如 USL, CCL, Dywidag

等均屬於此類。第二類為 Bar System，施拉時係於錨錠體上加裝預力棒，並藉施拉預力棒後調整錨錠裝置而達到調整預力之目的，如 VT, PZ, LUT, BBRU, KDB, SE-EE 等屬於此類。

Q48：NATM工法中，若開挖周圍岩環不平滑，超挖過多，鋼絲網應如何鋪設？是否須以大量噴凝土填補超挖部份？（中華工程公司吳文隆先生提出）

A：不論開挖面凹凸情況如何，鋼絲網之鋪設應儘量貼緊岩面。一般鋼絲網之直徑為 3-6 公厘，鋪設時不易隨岩壁凹凸面彎曲自如，因此在隧道內作業，若不使其緊靠岩面，則岩壁凹處距鋼絲網之間距必然增大，施噴凝土時，網眼極易先堵塞，致網後形成空洞，使岩壁與噴凝土接觸不良，而且一般噴凝土之厚度僅 10-25 公分，為了覆蓋鋼絲網，噴凝土厚度常會增加。一般而言，噴凝土之施工只需按設計厚度沿開挖面作平滑噴佈即可，超挖之處留待混凝土襯砌時一次澆置，較為經濟。倘若開挖面甚不平滑，可先噴一薄層，以利鋼絲網之鋪設。

Q49：濕式噴凝土機應優於乾式者，為何在國內不能被採用？（榮工處陳榮起先生提出）

A：噴凝土機依加水方式不同而有乾式與濕式，各有其特長須按施工條件選用，茲將目前比較常用噴凝土機之性能及構造列表如下（表一）（陳朝和，民國74年）：

乾式與濕式噴凝土機各有其優缺點，如表二所示：

國內噴凝土施工大致均使用於隧道工程及邊坡穩定工程，由於乾式噴凝土機成本較低，作業較靈活，是以一般均採乾式者居多，尤其隧道工程施工時得考慮：①機具機動性高，易適應洞內條件。②可作小面積施噴及分數次施噴者。③塞管時清除容易。④終凝強度高低等等。用表二之比較可知濕式噴凝土機除用於安全衛生要求標準較高的場合外，目前仍不適用於國內工程，國內濕式法多用於建築之隔間牆及耐火被覆。但隨著濕式噴漿機性能之改進，遙控機械臂之採用及勞工安全衛生之重視，濕式噴凝土機有逐漸被採用之趨勢。（編者按：Q44 至 Q49 由榮工處陳榮起先生提出）

表一 噴凝土機之性能及構造

方 式		乾 式		濕 式	
名 稱		Torukulet SIII	Aliva 260	Spirocrete TMS-1000	巨東 Shotcrete pc 08-60M
能 力	壓 送 量 m^3/hr	3 5 8	5~9	8~12	9 20
	骨材最大尺寸 mm	10 15 25	20~25	20	15 25
	壓送膠管內徑 mm	32 40 50	50~65	50	50 150
	空氣消耗量 m^3/min	6 8 12	12以上	10~12	6
	最大壓送 水平 m	400	300	50	100 200
	距 離 垂直 m	100	100	20	坍塌 8 cm 坍塌 18 cm
尺 寸	重 量 kg	640	1000		3300
	高 度 m	1.65	1.55	1.94	2.05
	寬 度 m	0.87	0.85	2.30	1.20
	長 度 m	1.83	1.65	4.18	5.30
需 要 電 力 KW		3	5	15	30
<p>噴凝土機構造圖</p> <p>壓縮空氣管 空氣閥 材料投入 壓 送</p> <p>螺旋型拌合機</p> <p>鑄型蓋 上室 空氣 下室 空氣馬達 至噴嘴 攪拌機</p> <p>至噴嘴 空氣 攪拌機 轉子 電動馬達</p> <p>至噴嘴 電動馬達 螺旋型拌合機 貯筒 速凝劑 空氣 至噴嘴 換壓泵 轉動閥 漏斗 至噴嘴</p>					

表二 乾式與濕式噴凝土機之比較

方 式 項 目	乾 式	濕 式
噴凝土品質	水灰比依賴噴嘴操作員之直覺調節	配比之管理與普通混凝土差不多，水灰比、品質控制較穩定
壓 送 距 離	較 遠 約 300 m	約 100 m
反彈量、灰塵	較 多 空氣污染較嚴重	較 少
噴凝土機尺寸	較 小 機具簡單、成本較低	較 大
施 噴 能 力	較 低 約 2~6 m^3/hr	較 高 約 6~10 m^3/hr
其他施工性	細骨材之表面水控制很重要拌合後至施噴之時間可較長，清洗容易，適於較小面積可分數次施工者。	稠度之控制重要；拌合後至施噴時間不可太久；施噴終了或中斷時機械之清洗很費力，適於大面積，能連續施工者。
吹 付 能 力	較 強 噴凝土壓實效果較佳，工作彈性大	較 差 噴漿機得盡量靠近工作面，而限制了活動半徑
終 凝 強 度	較 強	較 差 加入速凝劑之前，水先與水泥拌合發生水化作用，而影響速凝劑與水泥間之水化作用，而致終凝時間延長，強度亦較低。