

## Q 與 A 專欄

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。

### 歐 晉 德\*

**Q37：隧道之選線應注意那些技術與資料？(預壘營造工程公司王川傑先生提出)**

A：隧道的選線工作從踏勘、工程環境評估與可行性分析各階段必須注意下列諸重要因素：

- (1)隧道長度
- (2)覆蓋厚度
- (3)大地應力
- (4)活性斷層
- (5)與河谷的相關性
- (6)不穩定及軟弱地層

(1)隧道長度  
隧道愈長，開挖效率愈低、危險愈高、成本也愈高。一般自洞口開挖達 2 公里時開挖工作即相當困難（通風、出渣等問題）為此，選線時對沿線之地形、地質及種種環境因素，宜充分瞭解，才能選定最短的隧道長度，或在適當之處另闢施工坑道。

(2)覆蓋厚度

覆蓋厚度指隧道頂至地表之垂直距離。覆蓋太深有下列之缺點：

(a)地質調查困難，在地表所做的地質調查，難於延伸至隧道高程，由山頂向下鑽探則費用高。

(b)覆蓋壓力太高，有岩爆危險，支撐費高。

覆蓋太淺，不但正應力小，而且因為風

化程度高固結度低，故剪力強度也低，當隧道開挖之後，拱部以上之岩石甚易坍塌。

(3)大地應力

大地應力之來源，除動力之外，可能是沖刷解壓板塊運動，或地球收縮等等與大地構造有關之動力。根據 Russenes(1974)之研究，當隧道內壁切向應力對岩石材料強度之比值超過某一限度，就可能發生岩爆，隧道側壁岩石跳離原地，彈入隧道之中。有隧道內壁最大切向應力正比於大地應力，因此，若岩石材料強度一定，則大地應力愈大者，岩爆愈易發生。

圖37-1 示岩爆潛勢分級，僅可供選線之初步估算，不宜在未作進一步調查、試驗及分析之前，作為設計之用。

(4)活性斷層

活性斷層，在地震之時，在潛變之時，皆有相當大之錯動。隧道若與活性斷層正交，則可能在斷層活動之時被破壞。隧道若與活性斷層同行，則情況更為不利，全線都有受破壞之可能。即使二者平行，也是不妙，因為活性斷層之寬度常常很大，斷層線附近地盤必然脆弱。在其中開挖隧道，施工困難，支保需求必大。因此在選線之時，宜及早調查活性斷層之位置、及其寬度，以求避免意外災害、縮短工期、降低工程費用。

斷層，即使不是活性者，也很脆弱，能

\* 榮民工程事業管理處總工程師

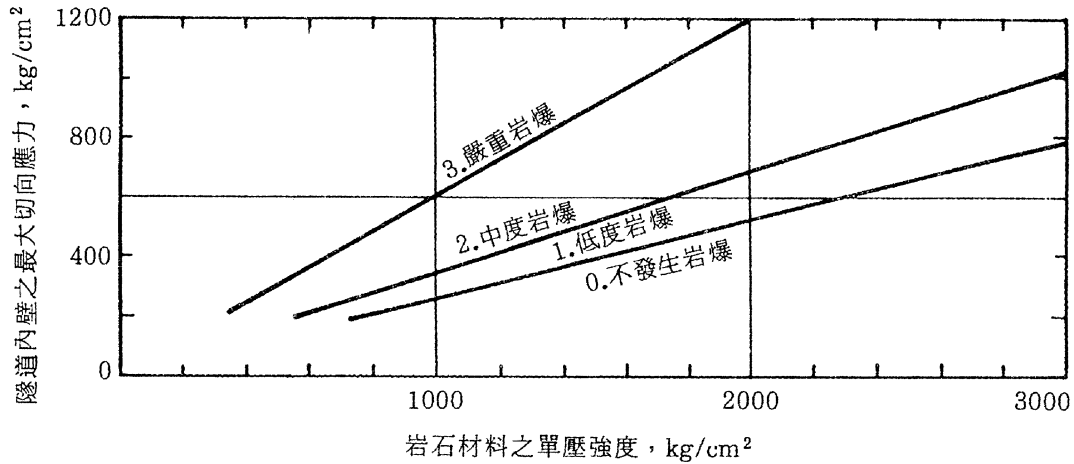


圖37-1 岩爆潛勢之分級 (根據 Russenes, 1974; Broch and Sorheim, 1984 改繪)

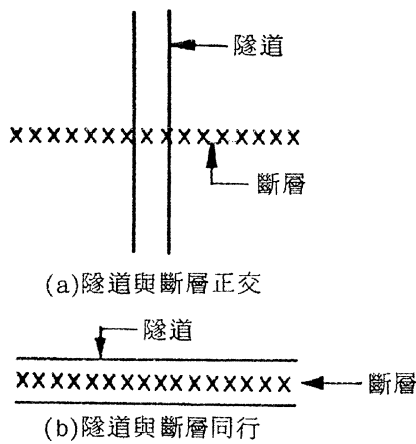


圖37-2 隧道寧與斷層正交而不同行

避開最好。萬一不能避開，寧願隧道與之正交，也不要同行(圖37-2)。(洪如江，民國74年7月)

(5)與河谷之相關性

隧道如太接近河谷且平行者，河岸因解壓而生之開口節理，可能逐片向河谷翻落，隧道一側暴露或下側淘空，終致破壞。隧道愈靠近河谷，其內壁最大切向應力也愈大，岩爆機會也愈大。此外，若在河床下開挖隧道，則河川水流或伏流可能湧入隧道之中。

(6)不穩定及軟弱地層

在不穩定或軟弱地層中開挖隧道，不但開挖時困難多，支保量大，意外災變機會大，而且完工之後還有可能整條隧道隨不穩地層橫移或扭曲。例如崩積土層、膨脹性地層、石灰岩多洞穴地區、風化層、水位下之飽和砂土以及土、岩交界等。因此，在選線時，應注意此等特殊地層之位置、範圍、及性質，儘量避開之。

Q38：隧道之開挖應如何選定明確之施工法，俾能達到經濟、安全、迅速。(預壘營造工程公司王川傑先生提出)

A：開挖隧道之施工法，因隧道所穿越之地質狀況、地理位置以及隧道斷面不同，必須考慮可行且經濟的開挖方法。就地質狀況而言，岩石隧道以鑽炸法最經濟；岩石較風化或強度較差之岩石隧道可考慮採用掘削機，至於都市沖積層則以潛盾機或掘削機較適宜。

以隧道經過之周圍環境來考慮，有時因隧道靠近市區或重要建築物，或是位於都市淺層中，為避免爆破震盪力之破壞，不能使用鑽炸法，則必須選擇掘削機或潛盾機。

至於因隧道斷面大小不等，所需考慮之開挖方法(順序)，視地質情況儘可能採全斷面開挖最為經濟也最迅速。倘隧道斷面相當大，而岩石條件不佳，則以半斷面開挖，或是導坑先進再擴挖至全斷面。半斷面開挖或導坑開挖之斷面，除了依據岩石自立時間設計外，尚需考慮施作支保工所需時間，以避免開挖面暴露太久而鬆動。

為使隧道開挖工作，達到更經濟更安全，施工監測是不可或缺的。在開挖過程中，觀測隧道淨空變形之速率，隧道周圍岩體之變位範圍以及岩栓受力情況等，可研判該斷面附近是否已趨穩定狀態，隨時採取應變補強措施，防止災害發生，進而可回饋分析支保系統之支撐力，以修正既有之支保數量。