

Q 與 A 專欄

歐 晉 德*

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。

Q25. 何謂預壘混凝土？其優劣點為何？適用之工程範圍為何？(台南善化楊三保先生提出)

A：預壘混凝土 (Prepacked Concrete) 係將粗骨材「預壘」在立妥之模板內，然後再將注漿以壓力灌滿粗骨材間之空隙，如是製成之混凝土謂之。今就其優劣點及適用之工程範圍分述如下：

一、預壘混凝土之優點

(一) 施工迅速，一天用2,000包水泥乃屬常事，較一般混凝土澆鑄快。美國 Machinac 橋基施工紀錄為24小時完成 4,780m³。

(二) 機具簡單，拌和機、灌漿泵均小巧，易於移動，管道搭設亦甚輕便，不若一般混凝土拌合機設備之龐大與複雜。

(三) 適於水中施工。預壘混凝土因有助注劑及預壘石料，與水之親和性低，不若水中混凝土易於流散，且絕無分離現象。

(四) 因漿液中摻有飛灰，飛灰中之矽化物，鋁化物與水泥中之水化石灰、游離石灰結成矽酸鈣及鋁酸鈣物 (Pozzolanic Action)，水密性增大，可阻止海水中鈉、鎂、鈣之硫酸鹽侵蝕混凝土，增長混凝土之壽命。

(五) 另有收縮量低，水化熱低等優點可用於大體積之混凝土工程上。

二、適用工程之範圍

(一) 水中預壘混凝土

1. 港灣設施：

岸壁，護岸，防波堤，修造船塢之塢門座，繫船樁叢之水下部份，有筋或無筋之沉箱填充，國內外之實績很多。

2. 橋墩之 F 部結構：

水深大、流速急之場所其橋墩基座水中部份經常使用，國內有澎湖跨海大橋之墩座，國外較著名者有1957年完成之馬奇諾橋，其主塔跨距為3,800 ft (1,158m)，墩座水深達206 ft (63m)，即以水中預壘混凝土鑄成。

(二) 重質混凝土

原子能發電廠之核子防護方面極有成效，主要原因乃由於骨材在整個構造中分佈均勻，除非灌漿壓力過大使粗骨材升起離開其原來位置，不致有粗骨材之沉澱現象。

(三) 修補，補強

其與舊混凝土之黏結能力極佳，以適於水壩、隧道、橋脚等工程之修補、補強工作。

四其他

水壩工程，臨時圍堰，臨時通水隧道之護面工，防潮堤，河川護岸等工程都會廣泛使用。

又由其對衝擊力之吸收能力佳，常被用來作為鍛造機之基礎。

三、預壘混凝土之問題

(一) 施工上之問題

* 榮民工程事業管理處總工程司

1. 灌漿狀況之無法確認：

通常預壘混凝土澆築是以漿液溢出租骨材面為完成之依據，而漿液是否已注滿所有之空隙却無法確定，須俟模板拆除後才能發現，此情況極易造成施工人員之不安全感。

故施工前有關注漿之配比、灌漿管之配置、灌漿機具之檢查等都應作完整之規劃，重要結構物尚須加設觀測管作為監視系統，即便如此，混凝土之品質還須硬化後，鑽取試體檢驗合格才能確定。

2. 施工中斷問題：

預壘混凝土施工程序為

- (1) 施工場地整平。
- (2) 模板組立、鋼筋彎紮。
- (3) 灌漿管之安置。
- (4) 粗骨材之填充。
- (5) 灌漿。

最後一項之灌漿作業一旦展開，就須連續灌注以迄完成，灌漿進行中若遇氣候惡化、機具故障或材料供應不及而至中斷，則因漿液頂面有一層浮游漿液，含有多量浮着之飛灰等類鬆軟雜質難以清除，使得兩次灌漿之結合面成為結構上之軟弱層。

3. 漏漿之問題：

注漿液之流動性、滲透性皆高，且需壓力灌漿，則模板間之縫隙、模板與底部基礎之隙縫都須確實做好防漏設施，以免漏漿造成結構體上之空洞，特別是在水下之防漏工作執行起來困難度甚高。

(二) 性質上之問題

1. 早期強度低：

由於漿液中含有多量之飛灰、濾渣、減水劑等故早期強度較低。若須提高早期強度，高性能之減水劑及低水灰比可達到目標。

2. 表面層之品質低：

灌漿至頂面時有一層浮游漿液，含有多量浮着之飛灰等鬆軟雜質，且與水接觸有被稀釋之情狀，品質低下。澎湖跨海大橋之經驗為灌漿之翌日，以壓力水沖洗去除此一弱層。（譚恩皓）

Q36. 隧道開挖中的塑性區域(Plastic Zone)

如何定義？與金屬(比如 Steel)塑性定義是否有別？又它與鬆動區域(Loosening Zone)是否有別？(台南縣歸仁鄉楊長義先生提供)

A：塑性區域的觀念主要由彈塑性理論(Theory of Elasticity-Plasticity)而來，視材料為理想之彈塑性體，如圖36-1所示，材料開始受力的初始狀態是彈性行為，當外力增加超過A點後，其行為則變為塑性狀態，金屬的塑性區域和隧道開挖中的塑性區域其定義上基本相同，都為應力超過A點應力之區域，只是A點的界定不同而已，於一般金屬中此點可為屈伏點(Yielding Point)而對於一般岩石或土壤而言則可依一般破壞理論所採用的強度定義，例如單軸抗壓強度，剪力強度或張力強度等等。

例如一長方形斷面的鋼樑受純彎曲(Pure Bending)(圖36-2a)其A點應力可定為

$$\sigma_y = \frac{M_y b h^2}{6}$$

其中 σ_y 是y方向的最大正應力，b是寬度，h是高度， M_y 是屈伏力矩(Yield Moment)，彈性區域的正應力小於 σ_y ，而塑性區域的正應力等於 σ_y ，(圖36-2b)，而對岩石或土壤而言，其塑性破壞的界定可以Mohr Coulomb Theory定之，即塑性區域之範圍為破壞面之剪應力，超過其剪力強度($\tau = c + \sigma \tan \phi$)，圓形隧道的彈性區域和塑性區域分佈如圖36-3所示。於非圓形斷面之隧道或地下坑室，則易於其轉角處產生應力集中，而致破壞形成塑性區域，如圖36-4所示。Bray(1967)曾導出圓形隧道，如圖36-5所示，應力狀況為軸對稱，即垂直應力等於水平應力條件下，塑性區域達到半徑R範圍內的各破壞面對徑向方向成 δ 角度傾斜對數螺旋線。

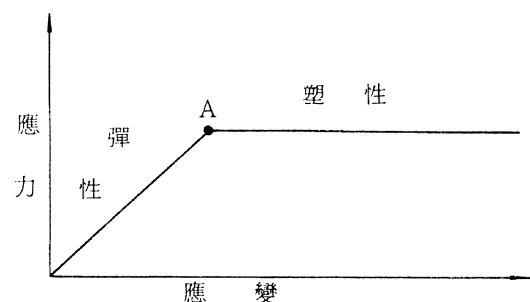


圖36-1 理想彈塑性材料應力-應變關係圖

鬆動區域(Loosening Zone)和塑性區域是不同的，前者是在緊鄰隧道周圍的擾動帶(Disturbance Zone)，主要是因開炸造成的。鬆動區域內的岩石已與母體分離鬆動(Disintegration)(圖36-6)，不是在塑性狀態中，它不具備圍壓強度，也不能負荷任何應力。若沒有支撐，鬆動區域只能靠拱作用(Arching)存在，否則已鬆動之岩石會因重力而落入隧道中。

總之，對於軟弱岩層，如泥岩、頁岩等，其材料性質較類似於理想之彈塑性材料，可應

用塑性區域的觀念，分析其對支撐的擠壓，選擇適當的支撐系統，然而對於較強的岩層，例如大理石、花崗岩等，因其材料較類似於彈性材料，對於支撐計算則較適用一般之彈性理論；而具有高潛變性質之岩鹽類岩石，和受節理控制之岩體就須應用別的理论去模擬。而鬆動區域的觀念可應用於隧道周圍因開炸或解壓造成的擾動帶，其行為全受重力控制，須靠拱作用或加以支撐維持其穩定性。(黃鎮臺、廖志中)

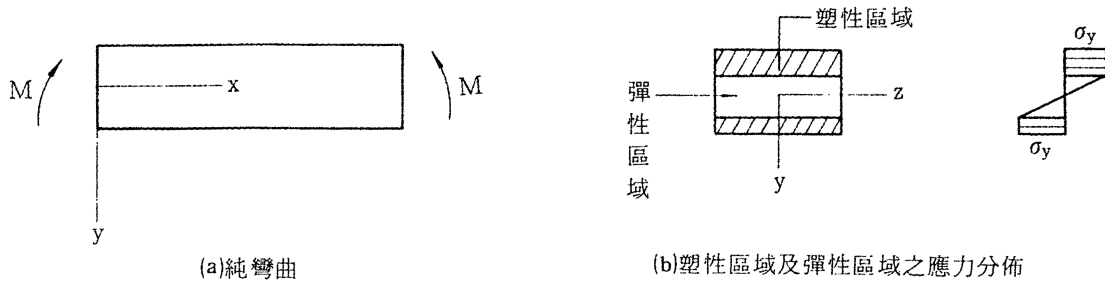


圖36-2 長方形斷面的鋼材之塑性區域及彈性區域

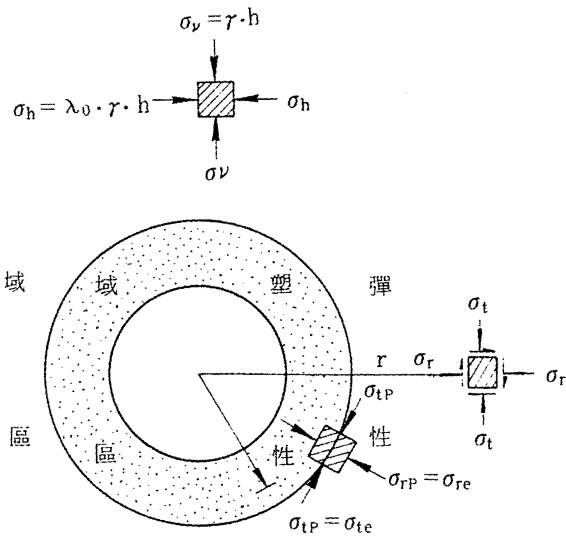


圖36-3 圓形隧道的塑性區域及彈性區域 (Jumikis, 1979)

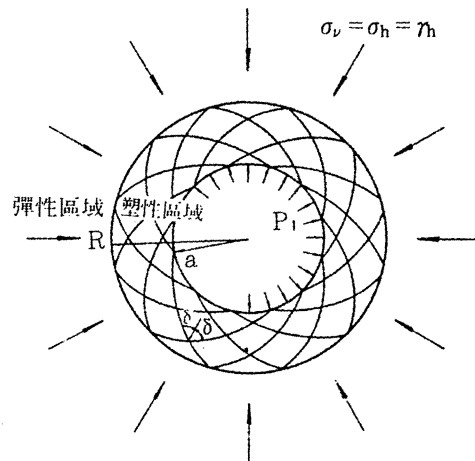


圖36-5 圓形隧道塑性區域之對數螺旋線狀破壞面 (Bray, 1967)

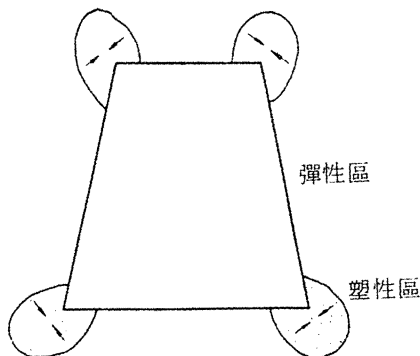


圖36-4 非圓形斷面開挖的塑性區域

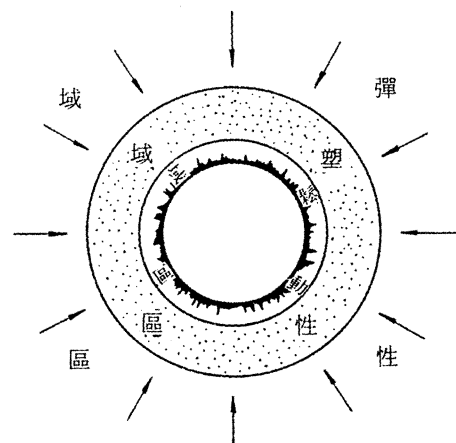


圖36-6 圓形隧道之鬆動區域 (Jumikis, 1979)

參考文獻

- BRADY, B.H.G. and BROWN, E. T. (1985) *Rock Mechanics for Underground Mining*, George Allen & (Publishers) Ltd. pp. 491–495.
- BRAY, J. W. (1967) “A study of Jointed and Fractured Rock – Part II: Theory of Limiting Equilibrium”, *Rock Mechanics and Engineering Geology*, Vol. V, 4, pp. 197–216.
- GOODMAN. R. E. (1980) *Introduction to Rock Mechanics*, John Wiley & Sons, pp. 211–239.
- HABIB, P. (1983) *An Outline of Soil and Rock Mechanics*, Cambridge University Press, pp. 120–129.
- JUMIKIS, A. R. (1979) *Rock Mechanics*, Gulf, pp. 221–237.
- TIMOSHENKO, S. P. and GERE, J.M. (1972), *Mechanics of Materials*, Wadsworth, pp. 289–298.