

Q 與 A

本問題與解答專欄將不定期於本刊登出, 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。本欄更歡迎讀者提出問題, 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答方法之錯誤。

Q: 水平排水管(橫向排水管)使用於邊坡整治之成效如何? 為何有時坡面不斷有水滲出而水平排水管卻無法有效集水, 如何改善之?

A: 引致坡地邊坡發生坍塌的原因(包括潛因與誘因)很多, 諸如豪雨、沖蝕、地震、地質地層條件、地下水狀況、植被地貌改變或人為因素等均可能造成, 但絕大多數邊坡坍塌災害都與水有密切關聯。由於水為影響坡地穩定的最主要因素係無庸置疑的, 因此有效地避免或降低水的影響, 實為邊坡坍塌整治措施中最重要的一環, 並應於設計時妥適加以考量。

雨水於坡地除造成地表逕流外, 亦滲入地下變成地下水, 於滲入地層與沿其間滲流時, 將降低土岩體之凝聚力及增加其單位重量, 且由於地下水位上升使得水壓力增大, 土岩體之有效應力減小, 致剪力強度降低及下滑力增加。又當此地下水滲透到坡腳時, 亦極易促使坡腳土岩質軟化, 以致產生較顯著之變形位移及局部破

壞現象, 此位移與破壞範圍逐漸向坡頂周圍擴大將導致坡地大規模之坍塌。故整治坡地之邊坡坍塌最有效的方法即是阻絕水的侵入及降低坡體內之地下水位, 除利用坡地表面逕流之截排水措施外, 亦採地下排水工法降低滑動體內的地下水位及孔隙水壓, 使坡地趨於穩定。

坡地排水措施之表面排水及地下排水所發揮之功效係相輔相成的, 缺一將使坡地整治效果大打折扣, 甚至失敗。表面排水法可採排水明溝、邊坡處理、植生覆蓋、噴漿及裂縫填充等方法截流地表水或阻止、減少滲入滑動體之水量; 而地下排水法一般較常用的有地下排水盲溝法、水平排水管工法、集水井工法及排水廊道法等, 用以排除由滑動體外向滑動體滲流之地下水, 以上各排水工法之應用及限制如表一所示。

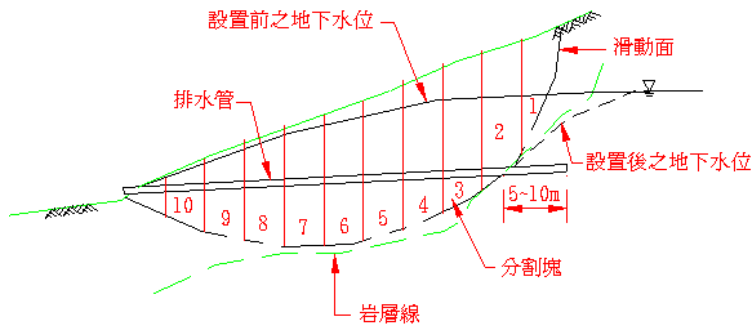
表一 排水法之應用及限制

處理方法	一般用途		應用的坍塌型式			設置部位	適用條件及限制
	防止	治理	崩落	滑動	流潰		
表面排水:							
• 排水溝	✓	✓	1	1	1	坍塌區域上方	對於各類型坍塌破壞均甚重要 石砌或漿砌坡面, 或設置可控制 滲透水之透水層
• 坡面處理	✓	✓	3	3	3	滑動體表面	
• 刮平坡面	✓	✓	1	1	1	滑動體表面	對於任何型坍塌均有益 對於任何型坍塌均有益 用於岩石邊坡
• 封塞裂縫	✓	✓	2	2	2	整個坍塌區	
• 封塞節理及裂縫	✓	✓	3	3	N	整個坍塌區	
地下排水:							
• 水平排水管	✓	✓	N	2	2	可截除地下水之部位	用於有地下水存在之廣大坍塌區 用於土層較淺, 而有地下水之處
• 地下排水溝	✓	✓	N	1	3	同上	
• 排水廊道	✓	✓	N	3	N	同上	用於深廣且有相當滲透性之處 用於滑動體較深且有地下水之處 軟弱黏土層
• 集水井	✓	✓	N	3	3	同上	
• 垂直砂樁	✓	✓	N	2	3	同上	

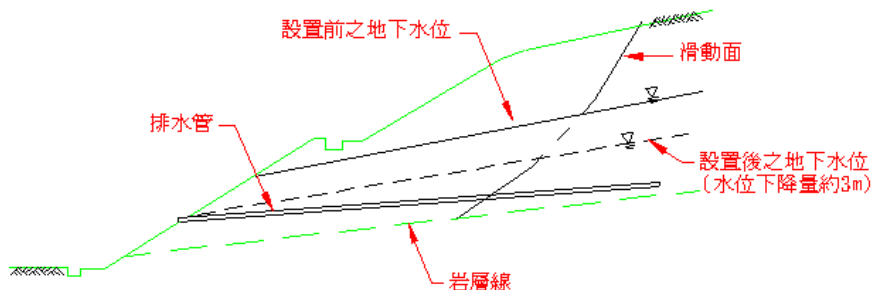
1: 常用 2: 偶而採用 3: 甚少採用 N: 不考慮採用

地下排水工法中，水平排水管工法由於施工簡易、經費低，且對於一般淺層或深層的排水功效均佳，故長期以來即廣泛應用於坡地整治工程，藉以排除滲入滑動體之地下水或降低滑動體範圍內之地下水位。一般水平排水管係以 $5\sim 10^\circ$ 的仰角朝含水層鑽孔，其長度以貫穿滑動面 $5\sim 10\text{m}$ 為原則，完鑽之後再插入 $50\sim 100\text{mm}$ 之 PVC 保孔管以收集地下水，其效果依 HRB (1958) 針對圖一的分析，其抗滑動安全係數約提高 22%，另外依公路局路基及邊坡穩定之研究(第二期)水平排水管施工後地下水位約下降 3m(如圖二所示)，顯示水平排水管工法確可有效降低滑動體之地下水位，進而提高邊坡穩定之安全係數。

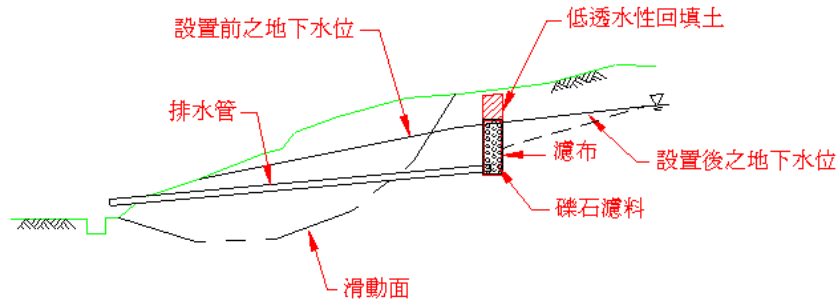
為確切掌握地下排水工法之功效，其設計首先應確知地下水之補注來源、滲流方式及存積何處，再決定適合的排水工法與佈置，以順利有效地將地下水予以截、導、集流後，藉由排水管予以排除，故於地下排水工法設計前應確實做好地表勘查、地質(含水文地質)調查、地下水調查及降雨氣象資料蒐集等工作。一般常見及慣用之水平排水管設計時往往忽略地下水於地層內之滲流方式及形態，以致所設置之水平排水管無法有效地截導出地層內之地下水，尤其在節理尚稱發達之岩層或崩積土層、紅土礫石層，因其實際地下水之滲流狀態並非呈現理想均勻材料內之規



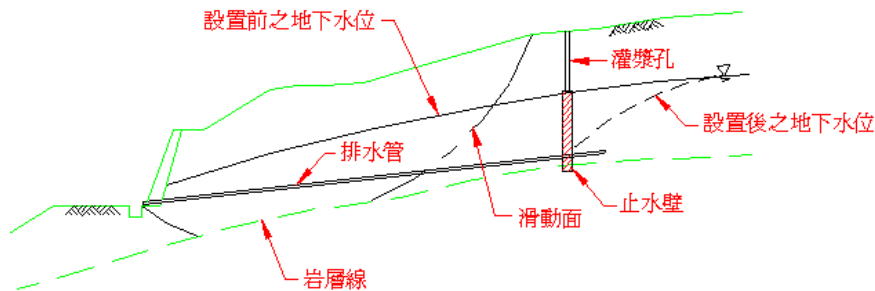
圖一 水平排水管降低水位之滑動圖分析示意圖



圖二 水平排水管降低水位示意圖



三 盲溝與水平排水管降低水位示意圖



圖四 止水壁與水平排水管降低水位示意圖

律滲流行為，而係受節理分佈之連續狀況、土層內粘土含量多寡之變異性所影響，使得地層內之地下水滲流呈不定點、不定向之非規則性滲流特性，亦即其水路或滲流水脈難以掌握，致水平排水管往往無法發揮預期之導、排水效果，究其原因乃無法確實掌握地下水滲流路徑及位置所致，其可能解決之方法如下：

一、盲溝+水平排水溝

於滑動體頂部或其外部設置截排水盲溝，盲溝以鉛直面形式之平面攔截方式有效地將地層內不定點、不定向之滲流水路、水脈，予以”全面”截住，藉以截流上游補注或向滑動體滲流之地下水，再利用水平排水管將地下水導至滑動體之外，其示意如圖三所

示，通常盲溝之經濟開挖深度有其限制(一般不超過 5m)，惟若配合止滑鋼軌樁之打設，利用鋼軌樁兼作盲溝開挖之臨時擋土措施時，深度可略為增加。此盲溝與水平排水管工法之組合適用於淺層(3~5m)排水為主。

二、止水壁+水平排水管

當地下排水屬深層排水時，利用盲溝截流設施之施工成本即顯得不經濟，此時可於滑動體外利用止水灌漿形成一止水壁，其功用在于阻絕地下水進入滑動體，再利用水平排水管將阻絕之地下水導至滑動體之外，圖四為其示意圖。應用此法時應考量止水壁設置位置、地下水補注情況及排水管之排水能力，否則可能因排水管阻塞或排水能力不及，造成止水壁上游面水位上升，導致新的

滑動體產生。此工法國內目前尚未有類似應用案例之報導。

除了以上情形外，岩層排水可視其岩體內節理裂縫形成之滲流路徑或有效含水層及破碎帶，利用垂直排水井或排水砂樁貫通含水層，再以水平排水管將地下水排除。

(中華顧問工程司地工部 陳聰海)