

技術講座專欄

2. 各種工程工址調查之重點

洪如江*

2.1 引言

各種土木水利工程，因工程環境、地質、工程作業階段、以及工程性質等等情況不同，而有不同之工址調查。

工程作業如何劃分階段，每一階段工址調查之精度如何，筆者已另文討論（洪如江，民國七十年八月，土木水利季刊）。

本文，所討論之工程包括：高樓基礎、自然邊坡、路工、電廠、油槽、水庫、壩址、隧道、河工、及海洋工程等。

2.2 高樓基礎之調查重點

2.2.1 地層分佈之調查

地層之水平分佈及垂直分佈，對於基礎型式之選擇，甚為重要，通常以鑽探調查之。有時，為瞭解較廣闊之地層分佈、為減少盲目鑽探，亦有先以地球物理探測概查之。

2.2.2 地下水之調查

地下水位或水壓，對深基礎開挖、液化分析、承载力分析、沉陷分析、……等等，都必需查明。

2.2.3 土壤液化分析之調查

地層分佈，地下水位，土壤粒徑分佈、密度、剪力強度及空隙比，標準貫入試驗之N值，地震資料等，都是液化分析所必需。較重要之基礎，需辦理動力三軸試驗，以求土壤液化潛能。

2.2.4 土壤或岩石承载力分析之調查

為求承载力，需求土壤或岩石之剪力強度，通常，以標準貫入試驗、十字片剪試驗、荷蘭錐試驗、鉸載重試驗、採取不擾動土樣辦理剪力強度試驗、……等等求出之。

2.2.5 沉陷分析之調查

地層分佈、地下水、土壤一般物理性質、土壤

壓縮性（壓密試驗、三軸試驗、或鉸載重試驗、或標準貫入試驗）等資料，為沉陷分析所必需。

2.2.6 深開挖穩定分析、擋土、排水等之調查

高樓，通常建有地下室，其開挖及擋土，皆需土壤剪力強度及變形性資料，地下水資料對排水工作至為重要。

2.3 自然邊坡工程工址調查之重點

2.3.1 自然邊坡幾何形狀之調查

(1) 地表地形及地物

一切邊坡工程、荷重之估算，常以地質材料之重量及地物之重量為出發點，因此，地表地形及地物之測量最為重要，通常需要1/100至1/200之地形圖。如曾發生過坍方，則坍方前後之地形皆屬必需，坍方所造成之地表裂縫尤其需要精密測定。

(2) 滑動面位置

滑動土體或岩體之重量，必需知道滑動面之精確位置，通常由地球物理學探測或鑽探結果求知之。若尚無坍方，也應根據地層剖面推斷之。

(3) 地質構造

地層剖面之建立，必需對地質構造有所瞭解。滑動面（或可能之滑動面）之位置，常可由地質構造推斷之。地質構造之調查，地表地質調查配合鑽探工作最為有效，偶而可利用地球物理學方法。各地層之走向、傾角、厚度；各裂縫之間距、連續性、內寬、粗糙程度、軟弱夾心之種類等等，皆需查明之。

2.3.2 地下水位、水壓、及水流之調查

包括地下水之靜態及動態性質，例如水位及水壓之變化、流量之變化，尤其注重裂縫及可能滑動面之水壓及滲水情形。

地下水對岩石土壤強度之損害、也應從短期及長期觀點檢討調查之。

* 國立臺灣大學土木工程學系教授

2.3.3 岩石、土壤之力學性質之調查

岩石或土壤材料之強度，凝聚力及摩擦角，為計算穩定性安全係數所必需，故應採樣，辦理剪力強度試驗。但若地層中有明顯裂面，為可能之滑動面，則應採取裂面樣品，辦理直接剪力試驗，以求得剪力強度。

若應用有限單元法(FEM)分析邊坡，則尚需求知岩石材料之彈性模數、裂面之勁度。

另一種求自然邊坡滑動面剪力強度之方法為「倒算法」(Back analysis)，根據自然邊坡之幾何圖形及地下水位，倒算滑動面之剪力強度。

有時，若經費許可，辦理當地直接剪力試驗，以求得較大規模裂面之剪力強度。

2.4 路工之工址調查重點

2.4.1 自然邊坡之崩坍

道路工程，難免有挖有填。許多道路工程常因坍方而延誤工期，甚至在通車之後因坍方而使交通中斷。因此，有必要早期找出可能發生坍方之地點。最可能發生坍方之地層有(1)崩積土，(2)順向坡，(3)紅土，尤其是紅土之下有不透水泥岩或頁岩者，(4)泥岩，(5)其他軟弱地層，例如片岩、集塊岩、礦渣堆、棄土區等。前四項，一般而言，範圍較大；第(5)項，通常範圍較小。

以路工言而，早期找出這些可能造成坍方之地點，甚為重要，因關係工期與費用。至於各種自然邊坡崩坍之調查重點，請見第2.3節。

2.4.2 軟弱地盤之路堤基礎、橋樑基礎

路工選線，若非經過軟弱地盤不可，則路堤及橋樑之基礎就有沉陷大而久、承载力不足等可能。因此，軟弱地盤調查之重點在於：距岩盤或實土之深度、土壤之強度、壓密性、及透水性。深度可由鑽探查明。強度則宜以現地十字片剪儀(黏土)或靜力圓錐試驗(砂土)求出之，或使用高度精密之取樣工具採取原狀土樣，辦理精密試驗。壓密性及透水性也應取得原狀土樣辦理壓密試驗及透水試驗。又透水係數如能辦理當地試驗，更為準確。透水性及壓密之資料，不但沉陷分析需要，若採預壓法施工，更是必需。

2.4.3 施工材料之調查

許多路工，常需要在短期內取得大量填方材料，而運距之遠近對造價影響很大。因此，調查之重點自然是：借土區之地點，施工道路，材料之數量、品質、與價格。

2.4.4 地下洞穴

廢棄之礦坑、石灰岩地區之地下洞穴、古代河川、沖刷之深洞等，皆不利於路工。其規模有的很大，有的很小，但都不易調查。地球物理探測、鑽探等方法可能有效。

2.5 電廠工程工址調查重點

2.5.1 一般調查重點

電廠工程，投資龐大、對工業及經濟之影響重大，不允許因災害而停電。若屬核能電廠，尤其不允許有任何災害發生。因此，一般調查重點為：

- (1)活動斷層之調查，
- (2)基礎之調查：同高樓基礎之調查，2.2節，
- (3)自然邊坡穩定之調查：同2.3節，
- (4)環境評估之調查：避免風及水之侵襲以及其所引起之災害。

2.5.2 活動斷層之調查

電廠，自應避免建在活動斷層之附近。其調查工作，除文獻考查外，可用下列幾種方法之一或多種混合應用：

- (1)遙測或航照。
- (2)地球物理探測或大地測量。
- (3)地表地質調查。
- (4)鑽探、探樣、及室內試驗分析。
- (5)開挖調查：包括明坑、明塹、暗坑或隧道等。
- (6)微震調查，求微震震源之包絡面。

2.6 油槽工程工址調查重點

大致與電廠工程之工址調查重點相同，但重要性不如電廠者，調查範圍及精度也略遜。

電廠極少建於山坡地上，但油槽却可能建於山坡地，因此，與山坡地邊坡穩定、挖方、填方、排水等有關工作所需之調查，皆屬必要，參閱2.3節。

2.7 水庫計劃之工址調查重點

2.7.1 水密性之調查

水庫蓄水之後，不希望所蓄之水由壩基或壩翼漏出，但漏入則歡迎。因此，下游以及相鄰流域與水庫之間的水文狀況，需詳細調查。

水庫兩側山內之地下水位、水壓，皆需以地球物理探測、地質調查、鑽探、水位計查明之。

2.7.2 河谷邊坡穩定之調查

坍方不只減少水庫蓄水容積，且可能造成巨量

之水突然以高速溢溢壩頂，奔向下游，造成災害。故需檢討水庫集水區之坍方潛能。其調查重點同2.3節，但須注意蓄水對潛在滑動面水壓之不良影響。

2.7.3 施工材料之調查

施工材料對壩型之選擇，關係重大。施工材料之分佈、產量、品質、採運方法、距離……等等，皆需調查之。

2.7.4 活動斷層

考參2.5.2節。

2.7.5 壩址條件之調查

壩址為水庫計劃之一重點，其選定及詳查，皆屬極為重大之事。不但壩之造價高，且其安全性關係到下游居民生命財產之安全。詳見2.8節。

2.7.6 淤積速率之調查

水庫之壽命，決定於其淤積之速率，而淤積則決定於流域內之沖刷。軟弱鬆散之表土、風化之岩石、古老崩積土、黃土、紅土、火山灰等，皆應調查，確定其範圍、深度、性質。至於山崩將提供水庫多少泥砂及石方，也應設法調查預估之。

2.8 壩址調查重點

2.8.1 一般性重點

- (1)地形：與壩址及壩型之選擇，關係重大。
- (2)地質條件：包括地質材料、地質構造、地下水、風化侵蝕程度、以及活動斷層。
- (3)壩址岩石或土壤之力學性質調查。
- (4)施工材料。

2.8.2 重力壩址調查重點

重力壩，安全顧慮在壩底的滑動及整個壩沿壩趾而傾覆。因此，壩基下面上頂力 (Uplift) 的大小，最需調查。

2.8.3 土石壩址調查重點

土石壩基，常挖出一止水壑 (Key trench)，然後填以黏土。止水壑上游岩盤，若透水性高，滲水可能沖蝕止水壑中黏土而引起管湧，導致整個大壩之破壞。因此，土石壩基之透水性質，最需查明。

2.8.4 拱壩壩址調查重點

拱壩之安定，與兩側壩翼及壩基之剪力強度、變形性、及透水性，最有密切關係。地質條件之調查及岩盤力學性質之試驗 (室內及當地)，其要求程度，在量與質方面，皆是最高的。

2.8.5 壩址調查方法舉例

調查方法包括：地球物理探勘、地表地質調查、地表剝洗、鑽探、取樣、明坑、明壑、暗坑與隧道、岩石力學試驗、土壤力學試驗、灌漿試驗、裝設觀測儀器等。

2.9 隧道工程工址調查重點

2.9.1 選線階段之調查重點

- (1)地形：製備1/1000~1/2000地形圖。
- (2)不利之地質條件：例如區域性(大)斷層或斷層帶、風化岩石或崩積土、石灰岩洞穴、蛇紋石、膨脹性岩石、水位下之砂土等。

2.9.2 設計階段之調查重點

- (1)地質材料之軟硬、膨脹性、強度與變形性。
- (2)地質構造：平面及剖面之地質構造圖，尤其注意土壤與岩石之界面。
- (3)地下水位。
- (4)風化程度。
- (5)斷層。
- (6)大地應力 (Tectonic stress)。
- (7)可能發生災變之種類及地點。
- (8)每立方公尺開挖所需之炸藥量。

2.9.3 調查方法

地球物理學試驗、鑽探、室內及當地岩石力學與土壤力學試驗、坑道探查、甚至開實驗隧道，(Experimental tunnel)。

2.10 河工

整個流域之地形、地貌、地表情況、地表水與地下之情形及其相互關係，對於流量的估計頗為重要，應在工程環境研究階段加以調查分析。

河床料的數量與品質，對於輸砂量與施工材料之估計甚為重要，可以地形圖、地質圖、現地勘查、地球物理探勘、及鑽探試驗等方法調查之。

河工基礎，通常變化很大，通常以地球物理探勘、鑽探、岩石力學或土壤力學試驗等方法調查。

2.11 海洋工程

海浪、風力與地震，為海洋工程之控制因素。海底之潮流也對泥沙之移動、海洋工程基礎之安全有很大影響。

海浪、風力、地震與潮流，需由專業人員從事調查。地質調查也與陸地上者不全相同。海底沉積物之鑽探與採樣，也比較特殊。地球物理方法是必需的。