

工程地質學之重要性

謝 敬 義*

一般而言，應用地質的兩大部門是採油與探礦，其中尤以石油探勘所應用到的地質知識最為廣泛。因為石油探勘技術必須涉及岩石學、礦物學、地層學、沉積學、古生物學以及構造地質學等專業知識。事實上，在應用地質範圍裏尚有一門不甚起眼的所謂「工程地質學」，但此一學門長久以來，卻被傳統的地質學界所忽視。因為過去的所謂「工程地質」，只不過是量量岩層的走向、傾斜；看看岩石的分類；瞭解一下地質構造等一般性之地質資料。假如我們翻開數十年前所出版的一些所謂「工程地質學」或「地質學在工程上的應用」等一類中外教科書，不難發現這些所謂的工程地質學與一般的普通地質學並無太大的差別。事實上，目前在大地工程領域裏所應用到的工程地質知識實不應屬於地質科學的一個部門，與傳統地質科學中的岩石學、礦物學、古生物學等等不相互平行。因此，在歐美先進國家的大學地質系研究所裡很少有專攻「工程地質」的碩士或博士學位的課程。前美國陸軍工程師團總工程師 Edward B. Burwell，以及工程地質專家 George D. Roberts 認為「工程地質學並不是地質科學的一環，它是把地質學所有各部門的知識，應用在工程實際問題上的一門專業知識。地形學、地史學、地層學、構造地質學、岩石學、經濟地質學、地下水文學，甚至古生物學等，對土木工程方面的應用均有其重要性」。因此，「工

程地質學」可視為目前所謂「大地工程」範疇內的一種專門知識。換句話說，也就是地工技術的一個部門，與大地工程科學之土壤力學、岩石力學、基礎工程學、結構學等平行的一環。嚴格而言，比較偏向於實際工程的應用，而隸屬於工學的一部份。目前在德國的幾所大學內之土木工程系以及台大土木系等均有「工程地質」的研究所課程。日本人甚至稱工程地質學為地質工學或土木地質學。

在實際應用上，我們可以發現工程地質學與地質學所研究的目標與方法均有相當大的差異。一般地質學所研究的對象為整個地球的時空演變，其空間範圍多包括數以哩計的區域性研究。反之，工程地質學則不然，其調查研究的目標，雖仍涉及一些地質作用的演變，但其研究的空間範圍，則大多限於與工程結構物有關的局部地區。地質學的研究方法通常多以直接觀察或間接之論證，根據邏輯學的推演而導出可能之地質演變過程，其結論往往含有大量的測驗成分，有時甚至很難加以證實。但是工程地質學則不能以理論性的推測來下判斷。為了工程上的需要，應以各種可能的探查方法，直接觀察、採樣、試驗與計量性之分析，對實際之地質情況作合理之研判，其結論應切實可行，不應模稜兩可，俾作為工程規劃、設計與施工之依據。

一般而言，由於土木工程師的地質知識

*台灣電力公司專業地質師

有限，因此常忽略了地質因素的重要性。我們常可以發現，由土木工程師所設計的地下結構物，很少是因結構體的強度不足而發生破壞。例如，隧道的災害，大多不是隧道內部混凝土強度不足以承受土壓而發生者，主要多為隧道通過不安定地盤，如崩山帶或斷層帶所引起之災變，又如意大利 Vaiont 大壩之災害，壩體本身屹立不移，但由於左岸數億立方之大崩山，而將水庫之龐大水量，溢流而沖向大壩下游，引起空前之災難。對於土木工程師而言，他們重視的是土壤、岩石的強度；土壤岩石的應力應變形態。因此，若由土木工程師所擬定的工程地質調查計畫書，幾乎多屬力學試驗項目。反之，由於地質師大多欠缺工程方面的知識；因此，其所提供的地質資料，往往無法充分的解決工程問題。因此，一位優良的工程師，除了本身必備的工程知識以外，也必需具備基本的地質常識，同理，一位良好的工程地質師，除了本身具備的地質知識外，也應具備工程常識。如此，兩者之間，方能對所遭遇之工程問題，密切配合，從而由雙方擬定安全而經濟可行之解決方案。

任何工程計畫在最初步的篩選過程中，地質資料是最基本的參考依據之一。因此，地質資料之可靠性及精確性常左右工程計畫之可行性。十餘年前，台電公司進行抽蓄水力電廠規劃調查時，明湖抽蓄電廠為當時候選計畫之一，台電公司的一家西德工程顧問公司曾派遣一位地質專家來台協同現場調查，根據該西德地質專家的勘查結果，認為明湖下池壩址右岸邊坡地質不佳，將來水庫蓄水後，可能發生大規模的地盤滑動而將水庫淤滿，因此建議台電公司取消明湖抽蓄電廠之工程方案。經台電邀集國內、日本及美國方面之地質專家再三之調查與研究，確認並無此種潛在的危險性，故並未採納西德地質專家之建言，毅然投入建廠工作，該廠已於民國七十四年全部完工。在完工後之運轉當中，並未發現右岸山坡有任何不穩定之跡象。前述西德地質專家之誤判，可能係未深入

瞭解壩址的詳細地質情況所致，經事後之瞭解，原來該西德地質專家的專長是古生物學。由此可見，工程地質之研判對計劃之可行性影響實在非常重大。

地質資料之取得與分析，必須根據工程計畫開發階段之成熟度循序進行。由最初步之工程踏勘，可行性研究以及設計與施工期中之各種資料收集，地質調查工作是永不可或缺的工作項目。因此，調查計畫之擬定，必須根據前述工程計畫之開發階段，工程結構物之重要性，設計與施工之需求，環境影響，以及工程計畫區域範圍內地質之複雜性與現有地質資料之詳略等條件，加以適當的考量。在整個工程計畫開發過程中，工程地質調查所涉及的主要工作項目主要有如下幾項：

- (1) 工址之選擇：諸如壩址、隧道線、橋址、油槽、輸電線鐵塔、以及其他結構物，如電廠廠址等位置之選定。
- (2) 工程計畫中，結構物基礎之細部地質情況；包括設計施工所需之各項靜態與動態力學資料。
- (3) 工程材料之調查：材料之來源與性質常與工程結構物型態之選擇具有密不可分之關係，尤對於混凝土壩、土壩、或堆石壩等之考慮，材料之供給對工程之造價關係重大。
- (4) 施工規範之考慮：施工時，計價方式有時與地質條件有關。例如，施工中所遭遇到在事先無法預料之地質災害，開挖工程中，挖方之分類標準、設計變更所涉及之地質問題等，其地質評估均佔有相當重要之地位。
- (5) 環境景觀之影響：愈來愈多的環保意識，尤其對工程施工時或施工後，環境景觀可能之改變，使得任何工程計畫可行性之研究中，在對於環境之自然演變與人為改變之間如何取得和諧，為當今所謂工程環境調查中不可或缺之項目。由以上之說明可知，地質資料在規劃、設計與施工階段有舉足輕重之地位。尤以近

年來，由於工程技術之突飛猛進，大量電子計算機之應用，使得所需之資料必須定量化。因之，目前之工程地質已趨向定量化之方面發展，各種地質情況均以計量形態加以評估，不似以往多以主觀或約定成俗之判定。但另一方面，由於地質因素之複雜性，土壤或岩體之力學特性，因其組織材料之不同、形成原因、產狀，以及地質作用中之受力情況與構造演變過程等之差異，兩者之間對結構物產生之力學行為大不相同。為了使土壤與岩體之力學特性更能符合現場之實際情況，對於大型或重型結構物設計所需之力學資料，目前多趨向於大型之岩樣以及現地大型之力學試驗作為評估之依據。綜上所述，現代的工程地質師，已非過去單純由地質師才能扮演之角色，土木工程師或大地工程師亦可扮演此一角色，無論由何者扮演此一角色，工程師與工程地質師之間，必須協同合作，互補所短，各發揮所長，方能使工程計畫之完成更臻完美。

鑑於「工程地質」在大地工程上之重要性，本技術講座專欄將由本人延續洪如江教授自第1期至16期有關工程地質學在工程上之應用以及自17期至21期，何春蓀教授「台灣的地質」等，再編撰有關工程地質實務方面之特定主題，在以下各系列之講座專欄中，將儘量以實際的案例作為研討的重點，希

望藉以拋磚引玉，引發大地工程界從業人員之迴響，專欄內容希望對土木工程師及地質師均具有可讀性。對於討論的內容，若具有爭議性或不周全的考量，亦希望由讀者指正、提出補充或加以討論。

最後，讓我引用 Robert F. Legget 及 Paul F. Karrow 在他們所合著之「Handbook Of Geology In Civil Engineering」一書中，其首頁書名下，引用一句英國大哲學家 Francis Bacon 之名言與大地工程師相互勉勵。他說「Nature, To Be Commanded, Must Be Obeyed.」，此一名言可作為大地工程技術之最高指導原則。人類萬能，但要克服自然，仍需遵循自然的法則。人可與天爭，但切不可逆天行事。

參 考 文 獻

- 洪如江（1983），「工程地質學導論」，地工技術雜誌第1期pp.67~70。
- 洪如江（1983），「工程地質中之材料因素」，地工技術雜誌第4期，pp.109~116。
- 洪如江（1984），「工程地質之計量化及其應用」，地工技術雜誌第6期，pp.90~101。
- PAIGE SIDNEY (1950) *Application of Geology to Engineering Practice*, Berkey Volume, pp. 1~9.
- LEGGET, ROBERT F., KARROW, PAUL F.(1983) *Handbook of Geology in Civil Engineering*, McGraw Hill Book Company.