

# 工程地質調查

## 一、前言

地質資料為任何大型工程計劃中最重要之基本資料之一。任何工程計劃始自初步研議，進而各項工程規劃，以迄於工程細部設計與施工為止，在在均需根據詳盡的地質資料方能在工程經濟與工程安全兩者兼顧下如期完成。由於地質學所涉及的研究範圍相當龐雜而廣泛，因此，當土木或大地工程師著手進行某一工程計劃時，常會發現大部份學術性之地質研究報告或論文等，其所涵蓋之內容對工程並無太大的幫助，尤其一大堆的地質名詞，不僅無從瞭解，甚至令人更感迷惑。事實上，工程地質學與純地質學研究的目標與方法均有相當大的差異（謝敬義，民國 77 年）。因此，進行工程地質調查時，其觀察研究的目標係針對工程上的需要而擬定。缺乏工程經驗的地質師對某一工程計劃進行地質調查時，其調查報告之內容可能相當豐富，但往往無法充分提供工程上所需地質資料。反之，具有工程實務經驗的工程地質師，其調查報告可能相當精簡，但因瞭解工程上之需要，其內容却能協助土木或大地工程師解決工程上的地質問題。

## 二、工程地質資料強調之重點

工程地質資料顧名思義，主要係提供

謝敬義\*

與工程計劃有關之地質資料以作為工程計劃開發規劃、設計與施工之依據，因此地質師經過野外現場之地質調查以及各項地質探查後，撰寫工程地質報告時，首應瞭解所提工程地質資料主要係供土木工程師或大地工程師之參考。由於工程地質調查須配合工程計劃之作業時程分期進行，故所獲取地質資料之範圍與精度均有所不同，此外，每一項工程計劃亦有其特殊性，所需之地質資料，其重點亦有所差異。一般而言，工程地質資料較為強調之重點有如下數項：

### 2.1 地形與水系

對於邊坡開挖以及隧道工程等工程計劃，地形與水系為主要之調查重點所在。地形起伏與工程範圍內之水系分佈均與將來邊坡開挖或穩定措施以及隧道定線規劃等具有關鍵性之影響。

### 2.2 計劃區域內地盤之材料特性

結構物基礎之材料概可分為土壤與岩石兩種地盤。對於工程地質而言，土壤之組成材料、力學特性以及產狀與來源等均相當重要。但一般之區域性地質報告則較不重視。地層分類亦為工程地質與一般性地質調查具有較大之差異性。在地層學上，地層劃分常依其研究目的之不同而區分為(1)岩石地層單位；(2)生物地層單位；(3)年代地層單位等三種。其中岩石地層單位為工程地質之分類單位。雖然岩石學上各

\* 台灣電力公司專業地質工程師

類岩石之分類均有嚴謹之標準，但工程地質報告不宜作太詳細之分類，應以岩石之物理特性，尤其是力學特性作為分類之指標，以避免複雜之岩石分類對大地工程師造成不必要之困擾。例如不少之工程地質報告中常有泥岩、頁岩、粉砂岩、砂質頁岩等等之劃分。對工程師而言，上述岩類均屬細粒碎屑沈積岩。具有開裂性結構者(Fissility)可通稱之為頁岩，而具有塊狀(Massive)者，可稱之為泥岩。實際上，粉砂質頁岩、砂質頁岩、粉砂岩等在鑽探所取出之岩心中甚難分辨。即使能夠分辨也往往由於沈積岩之變化係漸變的，並無明顯之界限。在地質圖上實無必要加以細分。

### 2.3 岩體之構造特性

主要包括區域大地構造以及岩體內之次生構造。所謂區域大地構造係指區域性岩體受大地應力作用所形成之構造，如褶皺構造及斷層構造。次生構造則指岩體內弱面或不連續面。雖然斷層構造亦為岩體之弱面或不連續面。但本文係指構造性斷層而言。此類構造斷層均具有相當大之位移錯動，其剪動破碎範圍亦甚大，與一般小規模之剪裂帶或構造斷層帶附近附屬岩體之局部剪力帶不同。故此種構造性斷層方具有足夠之能量蓄積而引發地震，稱之為活動斷層。次生構造中之弱面或不連續面包括層面、節理面、劈理面、片理面、葉理面等。此類弱面與岩體之強度、穩定性具有密切關係。尤其在地下開挖工程中在評估岩體開挖後之自立性、開挖空間周圍之岩壓分佈等均為重要之考慮因素。前述構造性斷層應強調其規模大小，尤其是斷層之延伸長度、斷層破碎帶之範圍、斷層之屬性(活動或非活動)、斷層內材料

特性、透水性等。

### 2.4 地質異常帶

此處所指地質異常帶係指崩山帶、地盤下陷、喀斯特地質、廢礦坑、洪水氾濫地區，泉水自流井流出處，地震時會發生之地表斷裂、噴砂噴水等均屬工程地質調查報告中相當重要之資料。

## 三、重大工程計劃大地工程問題評估之要項

如前所述，工程地質資料主要係基於工程規劃、設計與施工上之需要以解決工程上的地工技術問題。因此在擬定工程地質探查計劃或實際工程地質調查工作時，首應瞭解與工程計劃有關之各項評估因素，然後針對各項評估因素採取必要之各種地質調查方法以獲取所需之各項資料。以下將簡略說明重大工程計劃中所應考量之評估項目。

### 3.1 基礎工程

對於高樓大廈(十層樓以上)或大型油槽，輸電線電塔等重型結構物之基礎評估，若基地位於平地，則調查評估項目應包括：

#### 3.1.1 基礎地盤之材料特性

調查基地範圍內垂直及水平土層或地層之分佈情況。調查之點數數量、位置與深度應依結構物之種類、規模及該結構物對相鄰結構體之重要性而定。根據內政部之基礎構造設計規範(民國77年)，原則上，每600平方公尺基地面積至少有一調查點，每一基地至少三處。基地面積超過5000平方公尺時或土層變化複雜者，可酌予調整。調查深度原則上應達基腳寬度之

4倍以上或筏式基礎寬度1.5倍以上，且不得少於6公尺，並需達可確認之承載層。

#### 3.1.2 地下水文資料及材料之透水性

基地內地下水位及基礎材料之透水性質均應調查以作為基礎開挖設計與施工之參考依據。

#### 3.1.3 土壤液化潛能評估

土壤液化潛能之評估與將來基礎設計時是否需要地質改良或特殊設計息息相關，對工程之造價影響重大。

#### 3.1.4 沈陷分析

此項評估應包括沈陷量與沈陷速率

#### 3.1.5 承載力分析

承載力之評估可作為將來基礎型式之選擇依據。

若結構物位於山坡上，其基地係經開挖整地而取得者，除了上述幾項評估要項外，尚需配合下述邊坡工程評估基地開挖後以及結構物加載後之邊坡穩定性問題。

### 3.2 邊坡工程

本文所指邊坡工程係指邊坡開挖整地以取得路基、建築基地而言。因此，評估之項目主要係開挖邊坡之穩定分析及穩定處理措施之選擇等。基本上，邊坡工程之評估項目包括：

#### 3.2.1 邊坡地盤之地形與地質特性

瞭解邊坡地盤之地形與地質特性可作為將來邊坡穩定分析時，其活動模式之評估依據。

#### 3.2.2 可能滑動面之評估

土壤邊坡與岩石邊坡之滑動模式不同，對於土壤與岩石兼具之複合式地盤，則其滑動模式或滑動面更為複雜，故滑動面

之評估需依邊坡地盤之地形與地質特性加以考量。目前對於深層或厚層土壤邊坡地盤常以普渡大學所發展之電腦程式(STABL)或類似之邊坡穩定分析模式求得最可能之滑動面以作為將來邊坡穩定處理措施設計之依據。但對於複合式地盤尤其含有堅硬岩石地盤，其可靠性如何仍有待進一步之探討。

#### 3.2.3 岩石邊坡地盤之不連續面分析

對於岩石邊坡，其滑動模式多屬平面滑動、楔形滑動或翻倒型滑動。不連續面之分析可作其滑動模式評估之依據。

#### 3.2.4 地盤之剪力強度分析

在進行邊坡穩定分析時，分析中所需之各項力學參數為最不易掌握之項目。若應用有限元素法(FEM)，則所涉及之參數更多，因此更增加分析時之不確定性。雖然力學參數可自試驗室或現場試驗或以逆算法求得，但所得數據僅能代表局部性之力學特性，未能涵蓋整體邊坡之力學情況，其精確度仍有待研討。因此，實際應用時，通常須以試驗數據加上經驗以及逆算法等經綜合研判後加以推估。

### 3.3 地下開挖工程

本文所指地下開挖工程係包括隧道工程以及大型地下開挖之地下電廠等而言。深基礎之地下開挖包括在前述之基礎工程。基本上，此類地下開挖工程所需之評估包括下列幾項：

#### 3.3.1 隧道沿線之地形地質情況

隧道沿線之地形與地質資料為隧道定線規劃中所不可或缺的基本考慮因素。隧道線決定後，隧道沿線兩測至少各500公尺範圍內之地形與地質條件對將來設計、施工計劃等甚為重要。尤其對於長隧道施

工時工作面考慮、隧道支撐系統選擇時之岩體分類等即需在評估之地形與地質資料中加以研判。

### 3.3.2 地盤穩定性評估

隧道線通過不穩定性地盤，如斷層帶崩山帶、崩積層以及軟弱地層以及地下具有空洞地區等常為隧道工程中發生災害之主要原因，因此定線時應儘可能避開不穩定性地盤地帶。（謝敬義，民國78年）

### 3.3.3 隧道施工不利因素

如礦坑、喀斯特空洞、瓦斯、溫泉、地熱以及地下湧水等對地下開挖之施工最為不利。

### 3.3.4 大地應力

對於大型地下開挖工程如地下電廠等設施，其開挖斷面常達數千平方公尺之鉅。地下開挖前後之力學行為除了地質構造因素外，周圍大地應力亦為重要之控制因素。因此，對此類大型地下開挖工程、大地應力之評估甚為重要。

### 3.3.5 骨材與棄土場

地下開挖工程中，結構體襯砌所需混凝土之骨材來源以及開挖時之大量石渣等之棄置場所亦為重要之考慮因素。

### 3.3.6 洞口之選擇

洞口位置為一般隧道工程規劃時最容易受到忽略的項目。隧道施工之過程中，因洞口選擇不當引起洞口邊坡穩定性問題，因而延誤工期，甚至發生災害之案例並不罕見。

## 3.4 大型水庫計劃工程

本文所指大型水庫係指壩體高度超過60公尺以上之高壩而言。由此類壩體所蓄成之水庫計劃，其評估之重點主要有如下

類數項：

- 3.4.1 壩址、壩高與壩型之選擇
- 3.4.2 水庫集水區之邊坡穩定性與水密性
- 3.4.3 壩體材料之來源
- 3.4.4 水工結構物位置之評估
- 3.4.5 地震因素、氣候因素以及施工時之可工性（Workability）

以上各項評估調查請參看地工技術雜誌36.37.38三期技術講座拙作「壩工與地質」一文。（未完，請待42期）

## 參考文獻

- 李寬材（民國72年），”現場試驗法概論”，地工技術雜誌第2期。
  - 林炳森、李豐博、賴聖耀（民國75年），”荷式錐貫入試驗與土壤動態性質關係”，地工技術雜誌第16期。
  - 洪如江（民國80年），”初等工程地質學大綱”，財團法人地工技術研究發展基金會。
  - 陳斗生（民國75年），”電子式圓錐貫入儀之工程應用”，地工技術雜誌第13期。
  - 秦中天（民國75年），”電子式兼測水壓貫入錐的應用”，地工技術雜誌第16期。
  - 趙基盛、陳福勝（民國72年），”標準貫入試驗在基礎設計之應用”，地工技術第3期。
  - 謝敬義（民國73年），”節理岩體現場壓力透水試驗之方法及資料之研判與分析”，土木水利工程學會73年年會論文專集27-50頁。
  - 謝敬義（民國77年），”工程地質學之重要性”，地工技術雜誌第22期。
  - 謝敬義（民國77年），”地質圖、工程地質圖”，地工技術雜誌第23期。
  - 謝敬義（民國78年），”隧道工程與地質”，地工技術雜誌第28期。
- Department of The Interier, Bureau of Re-claination, United Status (1968), Earth Manual A Water Resoucés Technical Publication.