

# 壩工與地質

謝敬義\*

## 一、前言

築壩的主要目的不外乎蓄水或攔砂以供發電、防洪、灌溉、防止淤積以及其他工業民生之用。因此，壩體本身及其基礎必須承受蓄水攔砂後龐大的水平壓力。故其穩定性攸關壩址下游人民生命財產之安全。此外，在壩址上游所形成之水庫，其兩岸邊坡之穩定性以及淹沒區內各種地下資源等環境因素均大大改變其原有之自然平衡狀態。因此，築壩工程不僅在壩址與壩型選擇上必須考慮地形與地質條件，其他水工附屬結構物之建造；諸如進水口、水路隧道、平壓塔、壓力鋼管、地下電廠等莫不與工程地質息息相關。

本省自光復以來，由於經濟發展突飛猛進，人口增加快速，因此電力之需求以及水資源之利用等均促使政府致力於大壩之建造；如早期之霧社大壩、谷關壩、德基大壩、石門、曾文大壩等、以及完工不久之翡翠大壩或目前正施工中之鯉魚潭水庫、南化水庫計劃之大壩等。上述大壩之建造培養了不少的壩工人才。由於經濟持續不斷的發展，水庫之需求乃勢不可免，以台灣之地形條件，理想之大型水庫雖不多見，但可資利用之中小型水庫壩址則所在多有。本文旨在介紹選擇壩址與壩型時有關之考慮因素，並對各類壩型之特性加

以探討，同時並說明與壩工有關之附屬結構物在規劃與設計時所應調查之重點以供工程地質師從事此項工程時之參考。

## 二、壩型之分類及其特性

有關壩體型態之分類雖有各種不同的說法，但通常可依築壩的功能以及壩體材料作為分類之標準。

### 2.1 築壩功能之分類名稱

依築壩之目的或功能，約可分為如下數種：

#### 2.1.1 多功能（或多目標）壩 (Multipurpose dam)

此類型之築壩目的多兼具有蓄水發電、防洪與灌溉等功能。如石門、曾文大壩等。

#### 2.1.2 引水壩(Diversion dam)

主要為築壩攔水或抬高水位將溪水導引至某一主水庫（此類水庫又稱離巢水庫）以供利用。如台電之武界壩、本瓜溪上游各支流之引水壩、南化水庫鄰溪之甲仙引水壩等。

#### 2.1.3 攔砂壩(Check dam)

主要為防止砂石流入下游或主流而造成之淤積，如石門水庫上游之榮華壩以及山地或丘陵地區小山溝中所常見之攔砂

\*台灣電力公司專業地質工程師

壩。

### 2.1.4 堤壩(Weir)

在河道水流中為抬高水位所構築之結構體，一般僅在河道部份蓄築，與上述壩體之結構稍有不同。如台北新店之青潭堰。

### 2.1.5 圍壩(Cofferdam)

大壩施工時，在主壩上下游所臨時構築之壩體以防止河水流入主壩基礎開挖地區而影響施工。下游之圍壩在主壩完工後，尚可作為將來瀉洪時水流消能之靜水池。

## 2.2 壩體材料之分類名稱

依壩體組成之材料，大致上可分為如下兩大類：

### 2.2.1 堤壩類(Embankment dam)

主要係由天然開挖之土石經壓密夯實後所形成之壩體。根據壩體所採用之材料，又可分為：

#### (1) 土石壩(Earthfill dam or Earth dam)

此類壩體之重要材料為較均質之土壤與礫石，其中土方較石方為多，約佔50%以上。如日月潭之水社壩及頭社壩等。此種壩型因組成材料均屬鬆散之土方，故需經分層壓密。為獲取較佳之穩定性，壩體之體積均相當龐大，故壩體上下游基腳間之距離常達壩高之數倍以上。一般而言，此類土石壩，其高度多在100公尺以下。

#### (2) 堆石壩(Rock fill dam)

堆石壩與土石壩相似，主要亦由土石材料所構成。堆石壩之材料與土石壩相較，石方多於土方，故壩體之透水性較大，為防止因壩體透水所引起龐大之孔隙水壓力，堆石壩之中心須有一不透水壩心

(core)。壩體基礎下方亦須有周全之排水措施。此類壩型體積亦甚龐大，其穩定性端視壩殼(shell)所組成石塊之性質而定。一般而言，較土石壩為佳，故其高度可達100公尺以上。目前甚多之堆石壩之上游面常採用混凝土或瀝青混凝土舖面，以增加壩體之水密性，並減少壩體之材料體積。

事實上，土石壩與堆石壩並未有很明顯之界線，因兩者均以土石所組成，主要分別為壩體材料中，壩殼部份所採用土方與石方之多寡而定，如本省之石門大壩與曾文大壩均為土石壩，但亦有人因其上下游面均採用相當數量之塊石舖面，其厚度深入壩殼部份，故又稱之為堆石壩。

### 2.2.2 混凝土壩(Concrete dam)

混凝土壩顧名思義即壩體係由混凝土所構成。由於混凝土強度甚高，故其體積可大幅縮減。一般而言，同一壩高，混凝土壩之體積約為前述土石壩或堆石壩之 $1/7 \sim 1/9$ 左右。根據壩體穩定力學特性，混凝土壩又多為如下數種：

#### (1) 重力式混凝土壩(Gravity concrete dam)

此類壩型之壩體全部由巨積混凝土(Mass concrete)所構成。壩體之穩定性主要係依靠壩身之自重以及混凝土與基礎間之抗剪強度，以防止壩體結構與其基礎間之剪力與翻覆破壞(Shearing and overturning)。壩體之縱剖面大多呈梯形，上游面多為垂直，而下游面則呈高角度之斜坡。

#### (2) 增壩(Buttress dam)

由於混凝土之施工、尤以對100公尺以上之高壩而言，其強度、品質之控制、澆置過程以及骨材之來源等均使混凝土

之單價甚為高昂，為減少混凝土之數量，此種壩體之體積僅約為重力壩之 $1/3$ 至 $2/3$ 。此類壩體雖由混凝土所構成，但僅在上游面為一鋼筋混凝土版面(Concret deck)或曲拱形版，在此混凝土版面之下游，每隔一定之距離，由一稱之為垛(Buttress)之結構物以支撐上游面混凝土版面所承受之壓力。此類壩型之外形較為特殊，施工時基礎開挖與模版組立均較需高度之技術性與複雜性。本省目前尚無此種壩型。(圖一)

### (3) 拱壩(Arch dam)

拱壩係由一呈拱形之混凝土結構體

所構成。根據混凝土拱狀之結構又可分為單拱與雙拱(又稱雙曲線拱)壩，單拱壩係指壩體在水平截切面為一向上游凸出之壩體，但其縱剖面之上游側仍呈直線。如台電之谷關壩即屬此類(圖二)。一般而言，拱壩之壩基厚度大多在壩高之 $60\%$ 以下，因此拱壩之混凝土數量較前述重力壩或垛壩更少，若壩址兩側壩座及基礎之地質良好，則雙拱壩之壩體厚度可更大幅減少。根據統計，拱壩之體積依壩頂河谷之寬度，約為重力壩之 $20\%$ 至 $80\%$ 左右(圖三)。台電之德基大壩屬於雙拱壩，壩高180公尺，但壩頂寬度僅4.5公尺，壩基寬



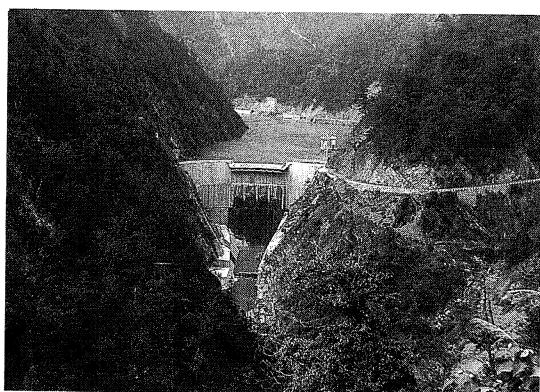
圖一 加拿大Daniel Johnson (Manicougan 5) 壓壩全景及電廠與平壓塔

度為20公尺，僅為壩高之11%。（圖四）

(4) 重力式拱壩(Gravity arch or arch gravity dam)

依壩體承受之壓力分配，拱作用較重力為大，亦即水庫之壓力，50%以上藉拱作用由兩翼壩座束承受時，即可稱之為拱壩。若50%為拱作用，另50%由下方基礎來承受時，可稱之為重力式拱壩。

(5) 其他對於10餘公尺大小之小型壩，亦有由木材、鋼版以及橡膠質材料所構成



圖二 台電谷關壩頂溢流設計

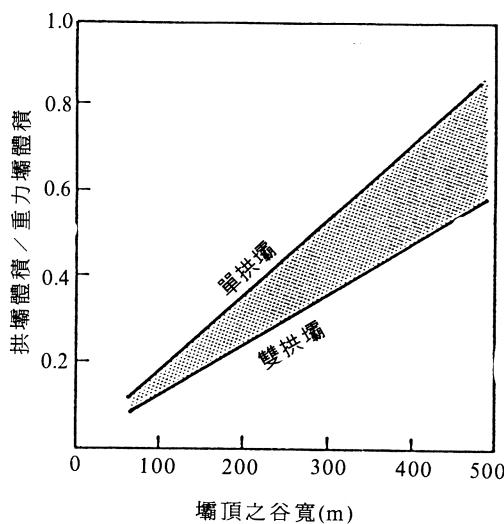
之壩體。如台北新店碧潭橋附近之橡皮壩等，但此類壩型為數甚少。

由以上之說明，堤壩與混凝土壩除了築壩材料不同外，其壩體之結構及外型或縱剖面亦有顯著之差異。圖五所示，堤壩類多呈一寬厚之梯形，有如河谷中之一座人造山，而混凝土壩則為一呈窄而薄之梯形體或版牆，有如河谷中之一道擋土牆。

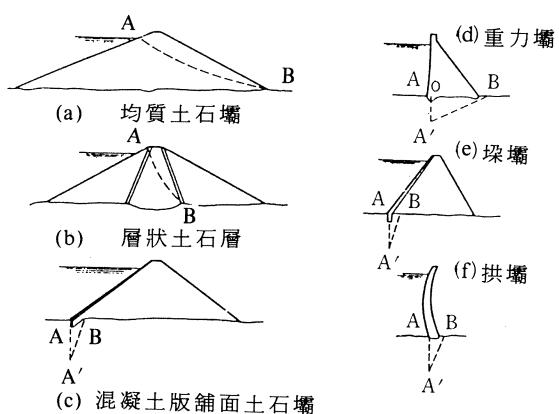
(下期待續……)



圖四 台電德基大壩全景



圖三 拱壩與重力壩體積之比較



圖五 各類壩型之縱剖面