

# 水庫貯水對側坡土壤物理性之影響

謝大鈞\*

## 一、前言

水的來源主要為降水(Precipitation)。降水降至地面後，一部份滲透入地中成地下水(underground water)，一部分則由蒸發作用(Evaporation)或蒸散作用(Transpiration)回到大氣中，其餘大部分在地面上成爲逕流(Surface Runoff)，這些逕流均在短時間內，儘速流入海洋，不但不能爲吾人所利用，且往往造成不可估計之災害，而在乾燥竭水期(Water Shortage)則水量呈不足狀態。因此吾人須將洪水期之豐富過剩水量以種種適當方法蓄積起來，以備缺水期之需。其中以建築水庫爲最有效。然水庫貯水使土壤長期浸在水中，對土壤之物理性質影響非小，本文僅就其對土壤團粒穩定及土壤抗剪力做簡易探討。


## 二、貯水與土壤穩定

土壤構造之安定乃指團粒抵抗力與機械操作之破壞作用而言，水有兩種方法誘致構造破壞，第一爲雨水可以破壞團粒及劣化土壤構造，雨水對土壤露面衝擊，可促使團粒發生顯着的分散作用(Separation)其後分散粒子進入土壤孔隙中，而引起土壤緊密度增加與孔隙度減少，甚而造成沖蝕(Erosion)。第二爲土經加水作用(hydration effect)所引起之膨脹與陷入之空氣噴出。任何物質在膨脹中均能產生巨大的壓力，如埃及人利用木材之膨脹性質，以分裂岩石。又如古人也曾將乾燥之碗豆放置於樹幹之孔隙中，灌水使之膨脹，而以其膨脹分裂樹幹。據 Posnjak 氏(1912)研究膨脹壓力與吸入液體間之關係，發現吸着少量液體時可發生巨大的壓力。例如橡皮吸收其重量  $1\frac{1}{2}$  倍重量的氯化乙烯(Ethylene chloride)時可產生 7 大氣壓以上之壓力。Freundlich 氏應用下列實驗加入於 Posnjak 氏資料中。

$$P = P_1 C^k$$

式中 P 爲膨脹壓力。P<sub>1</sub> 爲 C=1 時之膨脹壓力。C 爲橡皮膨脹而成膠狀時之濃度。k 爲常數。

由於土壤遭遇長久的濕潤，團粒因受過度的吸水，即隨充分之加水作用而膨脹，進而誘致多數土壤變爲密實，並減低土壤中水分流動速率。且因水爲優良溶劑，土壤粒子易爲水所溶。據本人做一種簡易的觀察，發現砂土在水中極速地溶解，壤土則部分溶解，粘土則發生懸浮作用(Suspension)。土壤含水量與結構情形可由下表示之：

	Dry	Moist	Wet
Consistency forms	Hard or harsh	Soft, friable	Tough, plastic, sticky
	Clods form here	Optimum condition for working here	Soil puddles here
			Soil runs together here
	 increasing moisture		

由上表知土壤水分含量低時，土壤呈緊實而有強大粘着性，係由乾燥土粒間之膠結物而表現者。當土壤水分增加時，則土粒表面將吸着更多水分子，以致粘着性減低，而使土體呈易碎性。土壤中水

謝大鈞\*：國立中興大學水土保持系四年級

分繼續增加，則粒子周圍水膜之加厚與黏合，將引致土粒之內聚而使土壤呈現塑性，土壤在水分狀態時，容易變成粘閉性。

### 三、貯水與土壤抗剪力

一天然土壤之剪力強度 (Shearing Strength)，係由內摩擦力和凝聚力 (Cohesion) 所組合而成。凝聚力為一固定值，摩擦力則與垂直應力 (Normal stress) 成正比例。Coulomb 氏即將兩者之關係以下式表示：

$$\tau = C + \sigma \tan \phi$$

式中  $\tau$  為剪力強度。

$C$  為凝聚力。

$\sigma$  為正應力。

$\phi$  為內摩擦角 (Angle of Internal friction)

若乾砂土壤因無凝聚力，其剪力為

$$\tau = \sigma \tan \phi$$

在飽和土壤中，孔隙 (Pore Space) 內充滿水，因而發生孔隙壓力 (Pore pressure)，其大小與水頭深度成正比。可用下式表示之：

$$P_w = (u_i + \gamma_w \cdot h_p)$$

式中  $P_w$  為孔隙壓力

$h_p$  為孔隙水的壓力水頭

$u_i$  為瞬時孔隙壓力 (instantaneous pore pressure)

$\gamma_w$  為水之單位重 (Specific Weight)

作用於飽和土壤之壓力可分成有效應力 (Effective Pressure Stress) 及孔隙壓力 (Pore-water pressure)。有效壓力係由土粒傳遞壓力所產生，孔隙壓力係作用於土壤孔隙水之壓力。土壤體積之變化，僅賴於有效壓力，孔隙壓力實際上不能承受任何重量故亦稱為中和應力 (Neutral stress) 由於有中和壓力，因而土之抗剪力 (Shearing resistance) 為

$$S = C + (P - U_w) \tan \phi$$

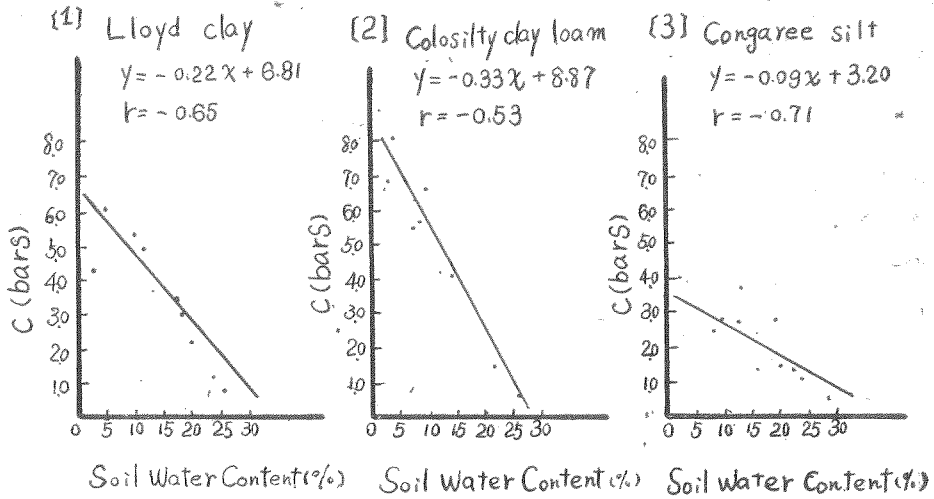
$$= C + \bar{P} \tan \phi$$

$U_w$  為孔隙壓力 (Pore-Water pressure)

$\bar{P}$  為有效壓力

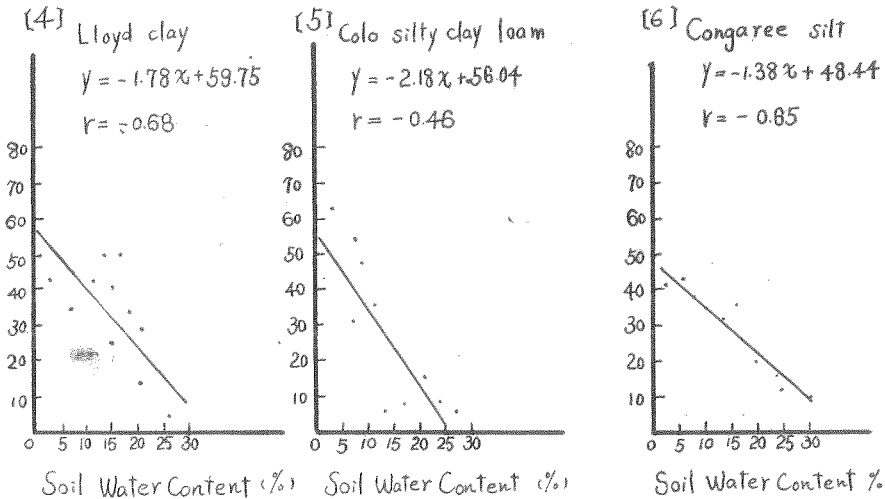
粗粒土壤之抗剪強度，主要是由於土粒間之滑動摩擦 (Rolling friction) 及土粒互相結合 (Interlock) 的阻力所致。此二者均與土壤之內擦角 ( $\phi$ ) 及土壤之正壓力 ( $\sigma$ ) 有關。而影響內摩擦角之因素有夯實程度 (Compaction)，顆粒粗細，顆粒形狀，表面粗糙度，級配等。

據 C. R. Camp And W. R. Gill 作 Lloyd Clay, Colo Silty Clay loam 及 Congaree Silt 三種土壤的實驗報告中，其結果如下圖所示：



圖中表示內聚力 (Cohesion) (C) 與土壤含水量之關係。三種土壤之相關係數 (Correlation Coefficient) 為  $-0.65$ ,  $-0.53$ ,  $-0.71$ 。顯示出內聚力與土壤含水量有顯著的線性相關。一般而言, 土壤含水量減少則土壤內聚力因以增加。

內摩擦角與三種土壤含水量之關係如圖:



其相關係數 (r) 分別為  $-0.68$ ,  $-0.46$ ,  $-0.56$ , 顯示出  $\phi$  與土壤水分含量有顯著關係。即土壤含水量減少, 內摩擦角反有增大趨勢。

土壤因吸水膨脹, 孔隙壓力增大及反覆脹縮而引起土壤的裂縫, 均使土壤之抗剪強度減低。且土內含水量增加, 使土壤重量提高而增加土壤之剪應力。常導致土壤之崩塌。

#### 四、結論及展望

綜合上述可知應用貯水庫, 雖可收一時之效, 終非持久之計, 尤其對上游淹沒地之處理更非易事, 且易引起土壤之崩塌。近數十年來, 人類在科學方面的進步可謂一日千里, 然對於氣候方面之研究仍停留在治標階段, 雖然有人造雨之實驗, 但尚無『反降雨』之研究。因而在多雨地區常造成水災,

尤其臺灣位于亞熱帶，雨季集中在夏季，加上熱帶氣旋的盛行，更常遭受其害。

『反降雨』乃是指阻止（或緩和）降水，而使其不造成水災。降水乃是大氣中之水汽（Water Vapor）遇冷凝結成小水滴，當然需要凝結核（Condensation nuclei），這些小水滴因空氣流動，互相碰撞結合而成水滴，若其重量超過空氣對它的浮力（Buoyancy）時即成降水。因而吾人可由兩方面達到『反降雨』的目的。第一為如何來減少大氣中之水氣，即如何來防止地表面的蒸發散作用（Evapotranspiration），然這方面牽涉範圍甚廣，且效果小。第二為提高大氣中水氣之露點（Dewpoint），可利用化學物品在其反應時所產生之高能量（Energy）。如金屬鈉（Na）與水作用時能產生高溫。其反應式如下：



其缺點為有氫之產生，因而會產生爆炸聲。又如矽化物也可產生高能量。利用這些能量，使大氣中之水氣不而達到飽和，即可緩和降雨。今後如果能有人研究這方面問題，以使人類能充分控制降水，利用水資源而不受其害。

### 參 考 文 獻

1. L. D. Baver (1961) "Soil Physics" third Edition
2. Terzaghi & Peck "Soil Mechanics in Engineering Practice"
3. C.R. Camp and W. R. Gill, "The effect of Drying on soil strength parameters" Soil Science. Volume 33. No 5. p.p. (61-64)
4. Linsley, Kohler, Paulhus "Hydrology for Engineering"
5. Journal of Soil and water Conservation, Vol. I.