

山地道路崩塌及護坡方法

嚴 恩 生

一、山地道路崩塌之嚴重性

山地道路，由於受地形、地質、土壤、氣候的影響，往往造成崩塌的現象，以致產生種種重大的危害，若不加以有效的防止，則所花下的精神，勞力之損失，將不堪設想。尤其近來山地資源的大量開發，引起道路無限度開築，使天然的表土遭受侵害，而暴露於大氣之中，受風吹雨淋等自然動力之剝蝕，久之，土壤鬆散，風化作用加速，土壤漸漸失去其結持力，而終遭嚴重沖蝕與崩塌之命運。故山地道路之開闢必須事先慎選路線，事後趕快做維護的工作，才能杜絕災害，保障道路的安全。

二、山地道路崩塌之原因

山地道路之崩塌，乃邊坡土石受重力作用而崩塌之謂也。追其發生之原因，不外為內在，外在因素之交互影響所致，茲以力學觀點視之，其原因為：

- ① 邊坡土壤內的應力增加：由坡頂加建房屋，積雪，土內所含水分增加，邊坡土壤之流失或挖掘而失去平衡所致，如地震、爆炸、邊坡表面產生裂痕等。
- ② 土壤抗剪強度之降低：膠結材料之老化或喪失，土壤變形或持續破壞，吸水膨脹，孔隙壓力增大，疏鬆土壤結構破壞。

三、山地道路地滑之穩定分析

邊坡之不穩定，往往造成地滑，使道路遭受嚴重的破壞。故欲求治理之道，首須了解其穩定之特性。

穩定之分析，因甚多的假設與事實有所偏差，故分析的結果，並不是問題的正確答案。但吾人可調整其偏差在一範圍內而探討之，以做為治理上有效的參考，並且由於數理上的推論，可使分析工作更為簡化清楚，其求出的各種數量亦可做為處理時的估價資料。

通常穩定分析之方法很多，茲舉 Swedish Method of Slices 討論如下：

$$\text{由公式 } S = C + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(1)$$

S: 剪力， C: 凝聚力， σ : 垂直滑落面之應力， ϕ : 內摩擦角。

此公式使用於具有凝聚力之土壤，並且在地下水水位之上。其滑落面若假設為圓形弧之一部份（事實上滑落面而不完全是單一圓形弧，而是各圓形弧綜合的曲線，此地為便於探討起見而立之假設），依其滑動中心而滑動，如圖 1。

其計算力之作用，可先將滑落土塊上等分成等寬幾部分之土塊（寬任意決定）。各分成之土塊本身有重力W，垂直分力N，滑落力T，（假設諸力皆作用於各土塊之中間）。其每單位寬度之土塊其凝聚力為C，作用方向為 BA，如圖 1 與圖 2。

摩擦力可由垂直分力乘上 $\tan \phi$ ，則滑落阻力為凝聚力加上摩擦力，安全係數如下：

$$f.s = \frac{\text{滑落阻力}}{\text{滑落力}} = \frac{C l + \sum N \tan \phi}{\sum T} \dots\dots\dots(2)$$

$\sum T$, $\sum N$: 圖 2 中各土塊之 T 與 N 之總和 l 為滑落面之長度，若滑落土塊之坡脚下有一阻擋滑落之力為 p，則安全係數為

$$f.s = \frac{C l + \sum N \tan \phi + p}{\sum T} \dots\dots\dots(3)$$

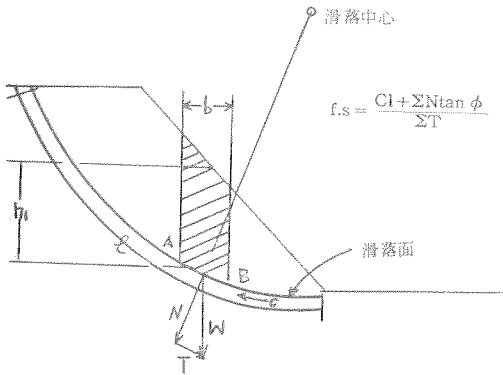


圖 1

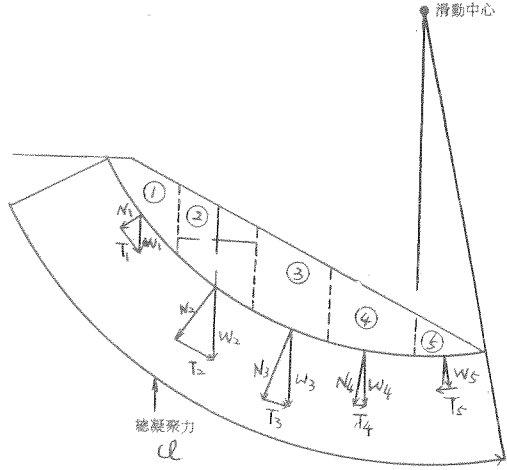


圖 2

假設地下水位在滑落面上時，則計算土重時包括有水重在內。其土壤中內之水份，可產生中和壓力 (Neutral pressure) 使滑落阻力減少，故安全係數為

$$f.s = \frac{C + \sum(N - \mu)\tan\phi}{\sum T} \dots\dots\dots(4)$$

μ : 中和壓力

設地下水位在滑落土塊表面，而其上水分尚未產生流動，則中和壓力求之如下：

$$\mu = h_1 r_w B A \dots\dots\dots(5)$$

r_w = 單位體積水重， h_1, BA 如圖 1 所示。

另有一法，以土重加水重決定滑落力，滑落阻力以有效單位體積土重決定，公式為

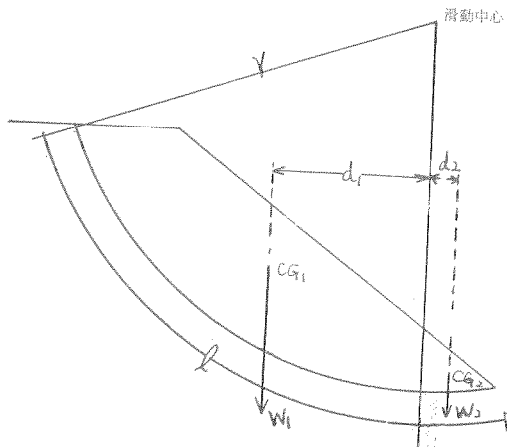
$$r'_m = r_m - r_w \quad r'_m: \text{有效單位體積土重}$$

$$r_m: \text{土壤單位體積土重 (包括土壤水分在內)}$$

$$r_w: \text{單位體積水之重。}$$

天然的飽和粘土其剪應力為

$$S = C \dots\dots\dots(6)$$



因為粘土滲漏慢，其土壤負荷力都由土壤中水分易土粒向造成之凝聚力所負擔，故摩擦力可視為零。其安全係數為

$$f.s = \frac{C}{\sum T} \dots\dots\dots(7)$$

若凝聚力等於零的砂則其剪應力如下；

$$S = \sigma \tan\phi \dots\dots\dots(8)$$

普通滑落土塊之剪應力都以平均剪應力估計，其求法以力矩之平衡導出如圖 3

$$\text{求得 } S = \frac{w_1 d_1 - w_2 d_2}{lr}$$

S : 平均剪應力。內包含有凝聚力 C 和 $N \tan\phi$ 兩者全部或其中之一。

w_1 : 滑落土塊之重量。

w_2 : 抵抗滑落土壤之重量。

d_1, d_2 爲 w_1, w_2 之力臂。

l : 滑落面長度。

c : 凝聚力。 r : 滑落半徑。

四、護坡之技術

做護坡的工作，首須了解當地土壤之力學性質，地質構造，植生情形以及氣候，地形之影響程度等，然後因地制宜選妥善方法處理，這樣本末兼顧，才能防止崩塌。處理方法大要如下：

A. 上下路坡及路面發生沖蝕時之一般處理方法：

- ① 植生方法：
 - (a) 種子噴射方法。
 - (b) 植生盤。
 - (c) 植生帶。
 - (d) 其他：如鋪草皮。
- ② P.N.C 板。
- ③ 木樁編柵。
- ④ 砂階。
- ⑤ 截洩溝、排水溝。
- ⑥ 安定山脚。
- ⑦ 排水 ③地上排水 ④地下排水。
- ⑧ 挖掘 ⑨挖掘易滑坡面之上下脚。
 - ⑩挖平坡面。
 - ⑪壩式挖掘。
- ⑨ 打樁理枝。
- ⑩ 其他。

B. 岩石構成的邊坡不穩定時之處理方法：

- ① 網罩（鐵絲網）法。
- ② 灌漿。
- ③ 炸掉不穩定的岩石。
- ④ 水泥牆。
- ⑤ 鐵籬（Wire fence）：
- ⑥ 其他。

五、結 論

山地道路之護坡工作完成後，只是做到局部的處理而已，其他山坡地若遭受到人為的破壞，如濫墾，也會破壞到已完成之護坡處理。故山地道路之護坡工作要與山坡地水土保持配合，才能達到永遠維護的目的。