



## Wedge 理論을 적용한 斜面安定解析의 平均 安全率에 關한 研究

A study on the Average Factor of Safety in Slope Stability  
Being Applied to Wedge theory

金 慶 鎮\*  
Kim, Kyung Jin

### (Abstract)

The analysis of Geotechnical stability problems by the limit equilibrium method involve assuming the shape of the failure and then investigating many surfaces of the shape to identify the one on which failure seems most likely to occur.

These arbitrary assumptions most frequently concern to the locations or directions of side force on slice and the overall factor of safety is considered identical to the local factor of safety.

In this paper, let the factor of safety of a slope at wedge block stage differently, when an upper part of the potential sliding mass has a simple active stress field and the lower part of the passive stress field and overall factor of safety is obtained by the average of local factor and computer program based on the modified wedge Method is proposed for this thesis.

The new algorithm based on the modified new method is made for estimating the safety factor of Earth Dam.

Compared with conventional method for many cases the average values of the factor of safety determined by the modified new method are very nearly the same. For all of the cases studied the difference was found 0.03. Finally this new method is thought to be very useful in slope stability analysis.

### I. 序 論

斜面의 安定解法은 자연지반을 切土하거나 盛土하여 人工斜面을 만들때 斜面의 破壞위험을 豫測하는 방법으로서 應力과 變形을 이용한 彈性解法과 힘의 平衡條件으로 解析하는 방법이 있

으나 계산이 간편하고 비교적 精度가 높은 平衡方程式에 대하여 많은 관심과 研究가 이루어지고 있다. 이들 방법에는 2次元 解析方法和 3次元 解析方法이 있으나 문제의 복잡성으로 인하여 斜面의 安定을 2次元으로 解析하는 방법이 주로 사용되어 왔다.

平衡方程式에 의한 2次元 解析方法들은 Fell-

\*安全技術士(建設安全)·慶熙大學校 經營大學院 講師

enius<sup>1)</sup>가 圓弧滑動으로 崩壞되는 解析方法을 발표한 이래 여러 학자들이 새로운 방법을 제시하였으며 모두 實際破壞形狀과 일치하는 解析方法에 着점을 두고 있다. 破壞形狀이 圓弧인것(土質이 비교적 均質한 경우)에 대해서는 Fellenius, Taylor<sup>2)</sup>, Bishop<sup>3)</sup>등이 研究하였고 한개의 直線을 따르는 滑動에 대해서는 Tschebotarioff,<sup>4)</sup> 두개 또는 세개의 直線을 이루는 滑動(댐의 core가 傾斜지게 있는 경우)에 대해서는 Fang,<sup>5)</sup> Janbu<sup>6)</sup>등의 研究가 있다. Siegel<sup>7)</sup>(1975年) Cater<sup>8)</sup>의 解法에 荷重, 地震, 地下水의 영향을 고려한 修正解法을 개발하여 均質의 Earth Dam, 堤防등과 같은 構造物의 解析에 적합한 理論式을 제안하였다. Huang은<sup>9)</sup> 1977年 非均質土로 構成된 Earth Dam의 安定設計를 위하여 滑動面을 여러개의 Wedge Block으로 假想하고 各Wedge를 不連續體인 構造로 假定한 平衡解法을 발표하였다. 그러나 連續體인 Wedge Block을 不連續體인 독립 구조로 假定하였기 때문에 各Wedge의 境界面에 의한 內力을 발생케 하므로 斜面全體의 平衡에 의한 安全率계산은 복잡하게 된다. 따라서 本 研究에서는 非均質로 構成된 斜面의 安定解析을 간편하게 하기 위하여 斜面의 滑動面을 Active, Central, Passive block의 Wedge로 分割하고 Active Wedge block에 작용하는 內力의 方向은 該 斜面의 傾斜角과 같게, Passive wedge block에서는 水平으로 假定하여 解析하였다.

위와 같이 內力, 흙의 自重, 間隙水壓比, 地震係數, 剪斷抵抗 및 反力에 의한 Wedge Block別 安全率은 相異한 값을 나타내므로 이를 斜面全體의 安全率로 적용키 위하여 平均值를 취하였으며, 各 Block의 安全率에 큰 영향을 주는 剪斷強度를 무게비로 사용하는 技法을 이용하여 解析하였다.

本 修正解法의 해석과정에 대한 信賴性을 검토 하기 위하여 土質 및 幾何定數를 변화하여 安全率과 이에대한 偏差百分率으로써 本 解法의 精度를 比較 分析하였다.

## II. Wedge Analysis 理論

Wedge 形態의 破壞面을 갖는 斜面安定 解法은 Rock, Earth 斜面의 安定解析에 매우 유용한 方法으로서 解를 구하기 위한 수단으로 靜力學的 方法에 필요한 假定을 제시하고 있다. Fig. 1과 같이 Huang은 破壞面을 Active, Central, Passive block으로 구분하여 Active block과 Passive block간의 힘의 분포가 Central block에서 靜力學的인 平衡狀態를 이루는 條件일때에 Active와 Passive block에서의 內力의 作用方向은 서로 일치하며 浸潤線의 위치에 따라 各block에서의 實際間隙水壓比는 서로 다르지만 同一하게 취급하고 破壞滑動面에 대한 安全率도 일정한 것으로 假定하여 解를 구하였다. 그러나 破壞土體內에는 土質의 成分, 幾何學的 條件, 強度定數, 間隙水壓比등의 不確實한 요인에 의해 內力의 方向은 서로 다르게 作用하고 있으며 內力의 作用方向角도 Active block에서는 斜面의 傾斜角과 일치하고 Passive block으로 갈수록 水平으로 변화하는 경향이 있으므로 本 論文에서는 傾斜面이 일정한 Earth Dam 斜面에서의 幾何學的 條件이나 間隙水壓, 強度定數를 고려하여 內力을 土壓式으로 算定한 Samara<sup>10)</sup>式을 各破壞 block의 平衡條件에 적용하였으며 Active block에서의 土壓의 作用方向은 斜面의 傾斜角과 평행하게 Passive block에서는 水平으로 假定하였고, 浸潤線의 위치에 따라 各 block의 間隙水壓比와 Active, Central, Passive block에서의 安全率도 각기 다르게 選定하여 修正된 安全率을 다음과 같이 誘導하였다.

### 1. 修正 理論式 展開

a) Active block의 平衡方程式

i) 垂直分力의 平衡條件

$$\sum F_v = 0$$

$$W_2 - E_A \sin \theta_A - N_2 \cos \theta_2 - r u_2 W_2 \cos^2 \theta_2 - T_2 \sin \theta_2 = 0 \quad (1)$$

$$T_2 = (C_2 l_2 + N_2 \tan \phi) / F_2 \quad (2)$$

ii) 水平分力의 平衡條件

$$\sum F_H = 0$$

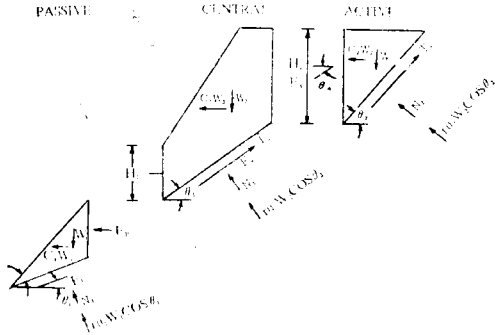


Fig. 1. Forces on Wedge Block

$$E_A \cos \theta_A - N_2 \sin \theta_2 - r_{u2} W_2 \cos \theta_2 \sin \theta_2 - C_2 W_2 + T_2 \cos \theta_2 = 0 \quad (3)$$

여기서  $E_A = \frac{1}{2} r_{u2} H_2^2 K'$  (samara's 式)

$K' =$

$$\frac{1 - \sin \beta [(1 - 2r_{u2}) \sin \phi + 4C' / r_{u2} H_2] \cos \phi}{1 + \sin \beta \sin \phi}$$

$$\beta = 2\theta_2 - \phi$$

b) Passive block 의 平衡方程式

i) 垂直分力の 平衡條件

$$i) \sum F_V = 0$$

$$W_1 - N_1 \cos \theta_1 - r_{u1} W_1 \cos^2 \theta_1 - T_1 \sin \theta_1 = 0 \quad (4)$$

$$T_1 = (C_1 l_1 + N_1 \tan \phi_1) / F_1 \quad (5)$$

ii) 水平分力の 平衡條件

$$\sum F_H = 0$$

$$E_p + N_1 \sin \theta_2 + r_{u1} W_1 \sin \theta_1 \cos \theta_1 + C_1 W_1 - T_1 \cos \theta_1 = 0 \quad (6)$$

여기서  $E_p = \frac{1}{2} r_{u1} H_1^2 K'$  (Samara's 式)

$K' =$

$$\frac{1 - \sin \beta [(1 - 2r_{u1}) \sin \phi + 4C' / r_{u1} H_1] \cos \phi}{1 + \sin \beta \sin \phi}$$

$$\beta = 2\theta_1 - \phi$$

c) central block 의 平衡方程式

i) 垂直分力の 平衡條件

$$\sum F_V = 0$$

$$W_3 + E_A \sin \theta_A - N_3 \cos \theta_3 - r_{u3} W_3 \cos^2 \theta_3 - T_3 \sin \theta_3 = 0 \quad (7)$$

$$F_3 = (C_3 l_3 + N_3 \tan \phi_3) / T_3 \quad (8)$$

ii) 水平分力の 平衡條件

$$\sum F_H = 0$$

$$E_A \cos \theta_A + C_2 W_2 - E_p - T_3 \cos \theta_3 + N_3 \sin \theta_3 + r_{u3} W_3 \cos \theta_2 \sin \theta_2 = 0 \quad (9)$$

式(2)(5)(8)으로

$$D_1 = (C_1 l_1 + N_1 \tan \phi_1) \quad (9)$$

$$D_2 = (C_2 l_2 + N_2 \tan \phi_2) \quad (10)$$

$$D_3 = (C_3 l_3 + N_3 \tan \phi_3) \quad (11)$$

各 破壞面에서의 安全率은

$$F_1 = D_1 / T_1 \quad (12)$$

$$F_2 = D_2 / T_2 \quad (13)$$

$$F_3 = D_3 / T_3 \quad (14)$$

全 破壞面에서의 平均安全率(Fave)은 剪斷強度(T)를 무게比로 하여 나타내면 다음과 같다.

$$F_{ave} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{T_1 + T_2 + T_3} \quad (15)$$

$$F_{ave} = \frac{F_1 T_1 + F_2 T_2 + F_3 T_3}{T_1 + T_2 + T_3} \quad (16)$$

### III. Model 設定 및 結果分析

#### 1. Model 設定

本 研究에서 設定한 Model 制限조건으로 斜面의 높이는 25m로 固定하고 斜面의 傾斜角은  $17^\circ 42'$  (1/1.5),  $21^\circ 28'$  (1/2.5),  $33^\circ 41'$  (1/3.5)로 變化시켰다. 흙의 單位重量은  $2.5t/m^3$  粘着力은  $1.0 \sim 15t/m^2$ , 內部控擦角은  $0^\circ \sim 40^\circ$  인 均質土로 假定하였다. 浸潤線의 형태는 Dam의 斷面 core의 透水係數, 下流側의 濾터설치 여부에 따라 變化하지만 本 研究에서는 不透水性 地盤위에 있는 Earth Dam에서 core나 filter가 없는 斜面으로 가정 Huang의 方法에 따른 圖表로 定하였으며 間隙水壓比는 破壞土體안에 포함되는 部分을 여러 切片으로 나누어 그 切片마다 각각의 間隙水壓比를 결정하여야 하나 각 切片마다의 間隙水壓比는 一定하지 않으므로 計算의 편리를 위하여 傾斜面이 一定한 Earth Dam 斜面 解析時 적용되는 Huang의 式을 사용하였다. Earth Dam의 마루폭, 餘裕高, Core, 地震係數 등은 Dam의 높이 透水 및 深度등에 의하여 결정되어야 하나 Dam의 높이에 따른 마루폭, 餘裕高를 定하였다. Core의 斷面은 盛土斷面에 비

하여 매우 작으므로 Core는 생략하였으며 地震係數는 Dam 높이 25m에 해당되는 0.15를 택하였다. 上記와 같은 假定에 의하여 斜面安定解析을 Fig.2와 같은 모델을 設定하고, Table과 같은 盛土材料를 적용하였다.

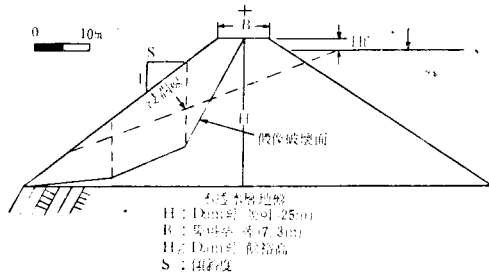


Fig. 2. Earth Dam

Table 1. Earth Dam 斜面의 盛土材料性質

| 인자   | $r_t(t/m^3)$ | $r_{sat}(t/m^3)$ | $C(t/m^2)$ | $\phi(^{\circ})$            |
|------|--------------|------------------|------------|-----------------------------|
| 변화범위 | 2.0          | 2.03             | 0~15       | $0^{\circ} \sim 40^{\circ}$ |
| 증분   | 0            | 0                | 9단계        | $10^{\circ}$                |

本 Model은 底部破壞과 발생치 않는 경우이므로 斜面의 破壞滑動面을 Earth Dam 斜面의 盛土材料와 斷面形狀에 결정하고 傾斜度(S) 1.5, 2.5, 3.5의 各 傾斜度에 따라 임의의 假像硬壞面을 50개씩 選定하여 最少安全率을 구하기 위한 산술과정은 컴퓨터(HP 3,000)를 이용하여 電算處理했으며 이에 대한 Flow chart Fig.3와 같다.

## 2. 結果分析

本 研究에서는 既存解法에 대하여 새로이 提案된 解法의 信賴性을 檢討하기 위하여 設定된 Model에 서로 다른 幾何定數와 土質定數를 적용한 결과 많은 자료를 얻을 수 있었으나 이러한 결과치에 대한 상호관계를 보다 간단 명료하게 解析할 수 있도록 하기 위하여 Tabl 2, 3, 4에서는 幾何定數인 斜面의 높이와 土質定數인 粘着力, 흙의 單位重量을 安定係數( $C/rH$ )로 표현하였다. 각각의 斜面傾斜도와 변화에 따른 安定係數와 安全率과의 關係를 Fig. 4, 5, 6로 나타내었으며 이를 既存解法과 比較한 結果 全般的

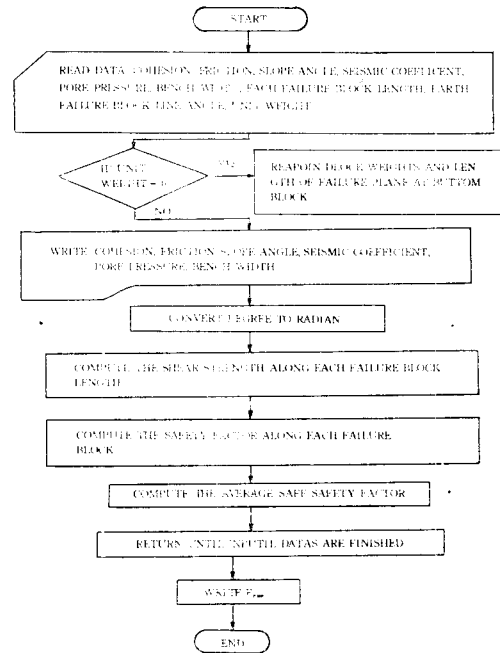


Fig. 3. Flow Chart

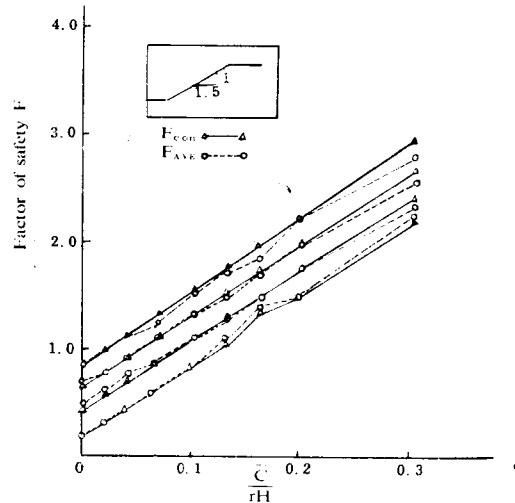


Fig. 4. Factor of Safety for Slope 1/1.5

으로 安全率의 相互偏差는 安定係數, 摩擦角의 크기에 따라 다소 增加하지만 安定係數가 0.2以下인 경우에는 既存解法과 거의 一致하고 있으며 0.2以上の 경우에는 약간 增加하는 傾向을 보이고 있다. 아울러 이러한 增加를 유발하는 要因을 粘差力보다 摩擦角이 크게 作用한 것으로 分析되었다.

**Table 2.** Factor of Safety for Homogenous Slope

| $S$     | $\bar{C}/rH$ | $\bar{C}(t/m^2)$ | $\phi$ | $F_{con}$ | $F_{ave}$ | $F_{dif}$ | $\frac{F_{dif}}{F_{con}} \times 100$ |
|---------|--------------|------------------|--------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------|
| 1 : 1.5 | 0            | 0                | 10°    | 0.20      | 0.22      | -0.01     | -5.00                                |
|         |              |                  | 20°    | 0.40      | 0.42      | -0.02     | -5.00                                |
|         |              |                  | 30°    | 0.62      | 0.66      | -0.04     | -6.45                                |
|         |              |                  | 40°    | 0.86      | 0.92      | -0.06     | -6.98                                |
|         | 0.02         | 1.0              | 10°    | 0.32      | 0.33      | -0.01     | -3.13                                |
|         |              |                  | 20°    | 0.54      | 0.58      | -0.04     | -7.14                                |
|         |              |                  | 30°    | 0.76      | 0.75      | 0.01      | 1.32                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.01      | 0.99      | 0.02      | 1.98                                 |
|         | 0.04         | 2.0              | 10°    | 0.45      | 0.48      | -0.03     | -6.67                                |
|         |              |                  | 20°    | 0.65      | 0.68      | -0.03     | -4.62                                |
|         |              |                  | 30°    | 0.88      | 0.85      | 0.03      | 3.41                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.13      | 1.09      | 0.04      | 3.54                                 |
|         | 0.06         | 3.0              | 10°    | 0.59      | 0.58      | 0.01      | 1.69                                 |
|         |              |                  | 20°    | 0.78      | 0.77      | 0.01      | 1.28                                 |
|         |              |                  | 30°    | 1.01      | 1.00      | 0.01      | 0.99                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.30      | 1.21      | 0.10      | 7.69                                 |
|         | 0.1          | 5.0              | 10°    | 0.82      | 0.84      | -0.02     | -2.44                                |
|         |              |                  | 20°    | 1.03      | 1.04      | -0.01     | -0.97                                |
|         |              |                  | 30°    | 1.27      | 1.25      | 0.02      | 1.57                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.53      | 1.49      | 0.04      | 2.61                                 |
|         | 0.13         | 6.5              | 10°    | 1.00      | 1.05      | -0.05     | -5.00                                |
|         |              |                  | 20°    | 1.21      | 1.18      | 0.03      | 2.48                                 |
|         |              |                  | 30°    | 1.45      | 1.40      | 0.05      | 3.45                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.75      | 1.68      | 0.07      | 4.00                                 |
|         | 0.16         | 8.0              | 10°    | 1.30      | 1.34      | -0.04     | -3.08                                |
|         |              |                  | 20°    | 1.41      | 1.40      | 0.01      | 0.71                                 |
|         |              |                  | 30°    | 1.64      | 1.60      | 0.04      | 2.44                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.86      | 1.80      | 0.06      | 3.23                                 |
|         | 0.2          | 10.0             | 10°    | 1.41      | 1.44      | -0.03     | -2.13                                |
|         |              |                  | 20°    | 1.65      | 1.60      | 0.05      | 3.03                                 |
|         |              |                  | 30°    | 1.91      | 1.87      | 0.04      | 2.09                                 |
|         |              |                  | 40°    | 2.18      | 2.12      | 0.06      | 2.75                                 |
|         | 0.3          | 15.0             | 10°    | 2.06      | 2.14      | -0.08     | -3.88                                |
|         |              |                  | 20°    | 2.27      | 2.20      | 0.07      | 3.05                                 |
|         |              |                  | 30°    | 2.50      | 2.36      | 0.14      | 5.60                                 |
|         |              |                  | 40°    | 2.88      | 2.70      | 0.18      | 6.25                                 |

**Table 3.** Factor of Safety for Homogeneous Slope

| $S$     | $\bar{C}/rH$ | $\bar{C}(t/m^2)$ | $\phi$ | $F_{con}$ | $F_{ave}$ | $F_{dif}$ | $\frac{F_{dif}}{F_{con}} \times 100$ |
|---------|--------------|------------------|--------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------|
| 1 : 2.5 | 0            | 0                | 10°    | 0.22      | 0.23      | -0.01     | -4.55                                |
|         |              |                  | 20°    | 0.45      | 0.44      | 0.01      | 2.22                                 |
|         |              |                  | 30°    | 0.71      | 0.73      | -0.02     | -2.82                                |
|         |              |                  | 40°    | 1.04      | 1.03      | 0.01      | 0.96                                 |
|         | 0.02         | 1.0              | 10°    | 0.39      | 0.40      | -0.01     | -2.56                                |
|         |              |                  | 20°    | 0.64      | 0.65      | -0.01     | -1.56                                |
|         |              |                  | 30°    | 0.89      | 0.88      | 0.01      | 1.12                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.22      | 1.22      | 0.00      | 0.00                                 |
|         | 0.04         | 2.0              | 10°    | 0.54      | 0.56      | -0.02     | -3.70                                |
|         |              |                  | 20°    | 0.79      | 0.76      | -0.03     | -3.80                                |
|         |              |                  | 30°    | 1.07      | 1.07      | 0.00      | 0.00                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.39      | 1.41      | 0.02      | 1.44                                 |
|         | 0.06         | 3.0              | 10°    | 0.68      | 0.70      | -0.02     | -2.94                                |
|         |              |                  | 20°    | 0.94      | 0.93      | 0.01      | 1.06                                 |
|         |              |                  | 30°    | 1.23      | 1.19      | 0.04      | 3.25                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.56      | 1.55      | 0.01      | 0.64                                 |
|         | 0.1          | 5.0              | 10°    | 0.96      | 1.01      | -0.05     | -5.21                                |
|         |              |                  | 20°    | 1.24      | 1.26      | -0.02     | -1.61                                |
|         |              |                  | 30°    | 1.53      | 1.52      | 0.01      | 0.65                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.89      | 1.89      | 0.00      | 0.00                                 |
|         | 0.13         | 6.5              | 10°    | 1.19      | 1.22      | -0.03     | -2.53                                |
|         |              |                  | 20°    | 1.45      | 1.46      | -0.01     | -0.69                                |
|         |              |                  | 30°    | 1.75      | 1.71      | 0.04      | 2.29                                 |
|         |              |                  | 40°    | 2.11      | 2.08      | 0.03      | 1.42                                 |
|         | 0.16         | 8.0              | 10°    | 1.42      | 1.48      | -0.06     | -4.23                                |
|         |              |                  | 20°    | 1.65      | 1.68      | -0.03     | -1.82                                |
|         |              |                  | 30°    | 1.97      | 2.02      | 0.05      | 2.54                                 |
|         |              |                  | 40°    | 2.33      | 2.27      | 0.06      | 2.58                                 |
|         | 0.2          | 10.0             | 10°    | 1.68      | 1.65      | 0.03      | 1.79                                 |
|         |              |                  | 20°    | 1.93      | 1.97      | -0.05     | -2.59                                |
|         |              |                  | 30°    | 2.27      | 2.20      | 0.07      | 3.08                                 |
|         |              |                  | 40°    | 2.63      | 2.55      | 0.08      | 3.04                                 |
|         | 0.3          | 15.0             | 10°    | 2.39      | 2.40      | -0.10     | -4.18                                |
|         |              |                  | 20°    | 2.68      | 2.62      | 0.06      | 2.34                                 |
|         |              |                  | 30°    | 2.97      | 2.95      | 0.02      | 0.67                                 |
|         |              |                  | 40°    | 3.33      | 3.23      | 0.10      | 3.00                                 |

**Table 4.** Factor of Safety for Homogenous Slope

| $S$     | $\bar{C}/rH$ | $\bar{C}(t/m^2)$ | $\phi$ | $F_{con}$ | $F_{ave}$ | $F_{dif}$ | $\frac{F_{dif}}{F_{con}} \times 100$ |
|---------|--------------|------------------|--------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------|
| 1 : 3.5 | 0            | 0                | 10°    | 0.26      | 0.26      | 0.00      | 0.00                                 |
|         |              |                  | 20°    | 0.54      | 0.53      | 0.01      | 1.85                                 |
|         |              |                  | 30°    | 0.85      | 0.85      | 0.00      | 0.00                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.24      | 1.24      | 0.00      | 0.00                                 |
|         | 0.02         | 1.0              | 10°    | 0.42      | 0.42      | 0.00      | 0.00                                 |
|         |              |                  | 20°    | 0.69      | 0.70      | -0.01     | -1.45                                |
|         |              |                  | 30°    | 1.00      | 0.97      | 0.03      | 3.00                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.37      | 1.35      | 0.02      | 1.46                                 |
|         | 0.04         | 2.0              | 10°    | 0.59      | 0.58      | 0.01      | 1.69                                 |
|         |              |                  | 20°    | 0.86      | 0.85      | 0.01      | 1.16                                 |
|         |              |                  | 30°    | 1.18      | 1.14      | 0.04      | 3.39                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.54      | 1.49      | 0.05      | 3.25                                 |
|         | 0.06         | 3.0              | 10°    | 0.75      | 0.75      | 0.00      | 0.00                                 |
|         |              |                  | 20°    | 1.03      | 1.02      | 0.01      | 0.97                                 |
|         |              |                  | 30°    | 1.34      | 1.34      | 0.00      | 0.00                                 |
|         |              |                  | 40°    | 1.73      | 1.69      | 0.04      | 2.31                                 |
|         | 0.10         | 5.0              | 10°    | 1.07      | 1.06      | 0.01      | 0.93                                 |
|         |              |                  | 20°    | 1.35      | 1.32      | 0.03      | 2.22                                 |
|         |              |                  | 30°    | 1.67      | 1.62      | 0.05      | 2.99                                 |
|         |              |                  | 40°    | 2.05      | 2.02      | 0.03      | 1.46                                 |
|         | 0.13         | 6.5              | 10°    | 1.30      | 1.31      | -0.01     | 0.77                                 |
|         |              |                  | 20°    | 1.60      | 1.57      | 0.03      | 1.88                                 |
|         |              |                  | 30°    | 1.91      | 1.91      | 0.00      | 0.00                                 |
|         |              |                  | 40°    | 2.30      | 2.24      | 0.06      | 2.61                                 |
|         | 0.16         | 8.0              | 10°    | 1.54      | 1.52      | 0.02      | 1.30                                 |
|         |              |                  | 20°    | 1.84      | 1.81      | 0.03      | 1.63                                 |
|         |              |                  | 30°    | 2.16      | 2.09      | 0.07      | 3.24                                 |
|         |              |                  | 40°    | 2.54      | 2.46      | 0.08      | 3.15                                 |
|         | 0.20         | 10.0             | 10°    | 1.85      | 1.82      | 0.03      | 1.62                                 |
|         |              |                  | 20°    | 2.23      | 2.19      | 0.04      | 1.79                                 |
|         |              |                  | 30°    | 2.48      | 2.42      | 0.06      | 2.42                                 |
|         |              |                  | 40°    | 2.87      | 2.78      | 0.09      | 3.14                                 |
|         | 0.30         | 15.0             | 10°    | 2.76      | 2.70      | 0.06      | 2.17                                 |
|         |              |                  | 20°    | 2.97      | 2.87      | 0.10      | 3.37                                 |
|         |              |                  | 30°    | 3.31      | 3.20      | 0.11      | 3.32                                 |
|         |              |                  | 40°    | 3.69      | 3.54      | 0.15      | 4.07                                 |

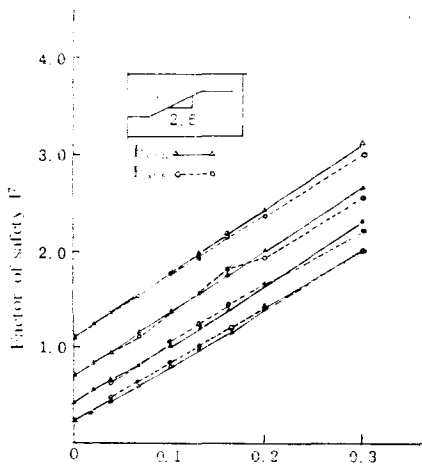


Fig. 5. Factor of safety for slope 1/2.5

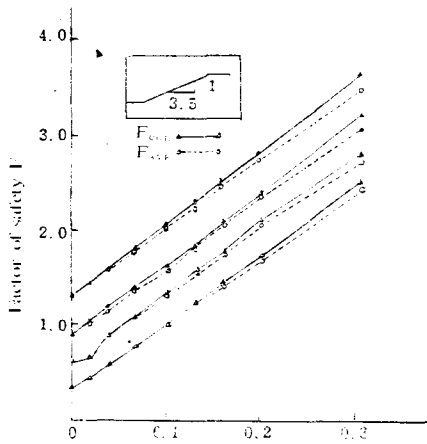


Fig. 6. Factor of safety for slope 1/3.5

安定係數가 0.3인 경우에 대부분 最大의 偏差가 발생하고 있으며 이때의 平均偏差값은  $\pm 0.03$  정도로 既存解法에 대하여 아주 미소한 값임을 알 수 있었다. 대체로 安定係數의 增加에 따라 偏差도 增加하였고 既存解法에 대한 本解法의 信賴性을 檢討하기 위하여 偏差百分率을 구하고 이를 Fig. 7, 8, 9과 같이 정리한 結果 傾斜度, 摩擦角, 安定係數의 變化에 관계없이 거의 均등한 偏差百分率幅으로 나타났으며, 또한 斜面傾斜가 완만할수록 既存解法에 接近함을 보이

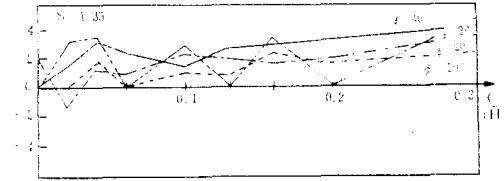


Fig. 7. Percentage of Deviation for slope 1/3.5

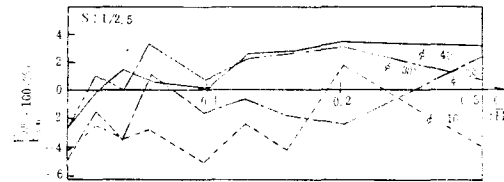


Fig. 8. Percentage of Deviation for slope 1/2.5

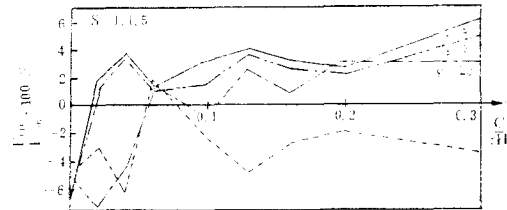


Fig. 9. Percentage of Deviation for slope 1/1.5

므로써 本 解析方法은 幾何定數 및 土質定數의 값에 큰 關係없이 信賴性이 있음을 알 수 있었다.

특히 內力의 平衡條件을 이용한 既存解法은 trial-error 方法으로 구해야 하지만 本 研究에서는 內力을 土壓式으로 직접구하는 方法을 제안함으로 計算過程을 단축시키는 效果가 있었다.

#### IV. 結 論

堅固한 不透水層 地盤위에 축조한 Earth Dam에 대하여 既存의 Wedge 解法과 修正한 本 研究의 解法을 적용하여 比較分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1. 修正解法은 既存解法에 比하여 解析過程이 간편하고 信賴性도 既存解法과 近似한 結果를 나타내었으며 解析過程을 電算化함으로써 實用性이 증대되었다.



2. 安全率의 相互偏差는 安定係數, 摩擦角의 크기에 따라 다소 增加하며 安定係數가 0.2 以下에서는 거의 없었고 그 以上에서는 약간 增加하는 경향이 있으나 差百分率은 全般的으로 均等하게 나타났다.

3. 本 解法에 의한 安全率은 斜面傾斜가 완만 한 경우에는 既存解法으로 求한 結果値와 거의 一致되었으며 斜面의 傾斜가 급한 경우에 있어서도 근소한 差異를 나타내었다.

### Reference

- 1) Fellenius, W., "Calculation of the Stability of Earth Dam", Trans 2nd Congress on Large Dams, Vol. 4, p. 445, 1936.
- 2) Taylor, D.W., "Stability of Earth Slopes", Boston Society of Civil Engineers, pp. 23~36, 1973.
- 3) Bishop, A.W., "The use of the slip circle in the Stability Analysis of Slopes", Geotechnique, Vol. 5, pp. 7~17, 1955

- 4) Tschebotariof, G.P. soil Mechanics, Foundations and Earth Structures, McGraw-Hill, New York, 1951.
- 5) Fang, F.Y. "Application of Plasticity Theory to slope Stability problems, Highway Research Record, No. 323, 1970.
- 6) Janbu, N. Slope stability computations, New York John Wiley & Sons, pp. 47~86, 1973.
- 7) Siegel, R.A. Stable user Manual, Purdue university p. 164, 1985.
- 8) Cater, R.K. "Computer Oriented Slope Stability Analysis by Method of Slice" MSCE Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 1971.
- 9) Yang, H. Huang, Stability Analysis of Earth Slopes, pp. 42~44. 1982.
- 10) Samara, S.K. "Stability Analysis of Embankment and Slopes", Geotechnique, No. 123, pp. 423~432, 1973.