

切盛土の設計信頼度決定に関する基礎的研究

名古屋大学工学部 正員 工博 松尾 稔
 京都大学工学部 正員 工修 黒田勝彦
 秘蔵建設 正員 村田 治

1. はじめに; 筆者らは土構造物の設計安全係数を合理的に決定するための方法論について従来から研究を進めている。第1段階は土の諸性質のバラツキを定量化すること、安全係数の定義を行なうこと、第2段階は安全係数と信頼度(逆に云えば破壊確率)を結びつけること、第3段階は信頼度を適当な評価モデルの中に組み入れること、以上の段階を踏まえて合理的な設計信頼度の決定法について考察できると考えている。こゝでは評価モデルとして経済的評価モデルを考え、対象として道路の切盛土を取上げた。(一部発表済²⁾)

2. 信頼度係数と破壊確率; 図-1に示すように施工基面における斜面こう配が与える自然斜面を考え、この斜面を図中の諸元を用いて(1)式の様な連続関数で置換し、この斜面に切盛土を実施して道路を建設する場合を考える。

図-1

$$y = f(x) = \frac{H_0 H_c}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{\pi \tan \alpha}{H_0 H_c} \right) \frac{1}{\cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{H_0 H_c}{H_0 H_c} \right) \right)} x + \tan \left(\frac{\pi}{2} \frac{H_0 H_c}{H_0 H_c} \right) + \frac{1}{2} (H_c - H_0) \quad (1)$$

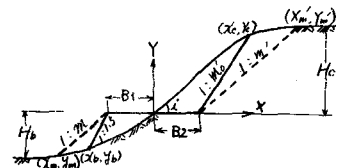


図1のような自然斜面を切土したときの崩壊にはいくつかのパターンがあり、地山の性質も種々異なる。しかし、こゝでは説明を簡単にするため、つぎの仮定を設ける。すなわち、地山も盛土部分ともにせん断抵抗角は無視できる程度に小さく、円弧すべりの試行法によってそれぞれの破壊に関する検討が可能であるとする。このとき粘着力 c 、単位体積重量 γ に対し、それぞれ平均値を $\bar{c}$ 、 $\bar{\gamma}$ とすると信頼度係数は次式で与えられる。

$$\bar{K} = \bar{c} / f(R) \bar{\gamma} \quad (2)$$

c および γ の変動係数を V_c および V_γ とすると破壊確率は次式で与えられる。^{2), 3), 4), 5)}

$$P_R = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi e^{-\frac{1}{2} K^2 \sin^2 \theta} d\theta, \quad K = (\bar{K}^2 - 1) / \sqrt{\bar{K}^2 + (\bar{K}^2 V_c)^2} \quad (3)$$

以上の準備の下に(3)式の P_R と切盛土の費用との関係は次節で述べる方法で結びつけられる。

3. 期待総費用と破壊確率; 本節で述べる各費用関数は土質工学的な考察を基礎としている。さて、切盛土に関する期待総費用 C_T および C_R は次式で与えられる。

$$C_T \text{ or } C_R = C_E(R) + C_0(R) + \bar{\gamma} \cdot C_F(R) \quad (4)$$

こゝに C_E は地盤調査費、 $C_0(R)$ は初期建設費、 $C_F(R)$ は破壊損失費であり、各費用項目は R の関数である。多くの便宜のため(4)式を無次元化し次式のように書き直す。

$$\gamma(R) = [C_E(\gamma) + C_0(\gamma) + \gamma \cdot C_F(\gamma)] / C_T, \quad \gamma = R / \bar{R} \quad (5)$$

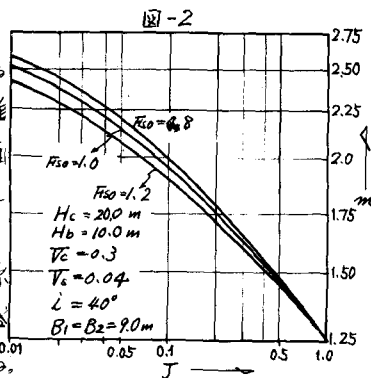
上式で C_T 、 P_R はつぎのとおりである。すなわち、盛土部分に関しては、その斜面こう配 m を一般に考えうる最急の値1.25として無処理で建設した場合を考え、この状態に対応する C_T 、 P_R をそれぞれ G_0 、 P_0 とする。また切土部分に関しては、安定係数 $N_0 = H_0 \gamma / c$ を求め、これに対応する傾斜角 β 。(すなわち m'_0)を基準となる傾斜角と考え、これに対応する C_T 、 P_R をそれぞれ G_0 、 P_0 とする。

3-1. 地盤調査費 C_F と破壊確率比 γ の関係; すでに発表している⁵⁾、本調査個数 n と γ の関係は $n = Ae^{\gamma B_0} + C_e$ (A_e, B_e, C_e は定数) の形となり、単位施工長当りの調査費 $C_F(\gamma)$ は、

$$C_F(\gamma) = C_{F0} + A_e \gamma (A_e \gamma^{B_0} + C_e) + b_e \quad \dots (6)$$

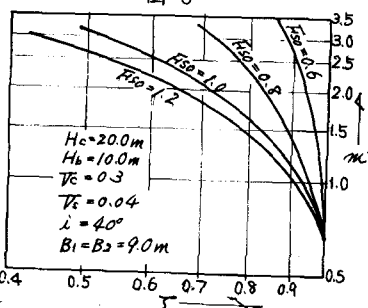
で与えられる。ただし C_{F0} は先行調査費、 A_e は土質試験1個の費用、 b_e はサンプリングその他の費用である。

3-2. 建設費 C_0 と破壊確率比 γ の関係; 建設費 C_0 は基準となる建設費 C_{00} と破壊確率をさらに減少させるための対策工に必要な追加建設費 C_{0m} に分けると便利である。ここでは対策工として斜面コンクリートを緩かにする方法についてのみ考察する。調査費の場合と同様の考察により $m \sim \gamma$ 関係として例えば図-2が得られ、 $m \sim \gamma$ 関係として図-3が得られる。これらはいずれも両対数線上で直線となり、図中に示す関数であてはめられることができる。これより盛土部および切土部の建設費 C_{0b} , C_{0c} はそれぞれ(7), (8)式で与えられる。



$$C_{0b} = C_{0b0} + a \left[\int_{x_m}^{B_1} \left\{ \frac{1}{m} (x+B_1) - f(x) \right\} dx - \int_{x_b}^{B_1} \left\{ \frac{1}{\gamma B_1} (x+B_1) - f(x) \right\} dx \right] + b (x_m - x_b) + c \left(\sqrt{(x_m+B_1)^2 + Y_m^2} - \sqrt{(x_b+B_1)^2 + Y_b^2} \right) \quad \dots (7)$$

$$C_{0c} = C_{0c0} + a' \left[\int_{B_2}^{x_c} \left\{ (x-B_2) \left(\frac{1}{m'} - \frac{1}{\gamma'} \right) \right\} dx + \int_{x_c}^{x'_m} \left\{ f(x) - \frac{1}{m'} (x-B_2) \right\} dx \right] + b (x'_m - x_c) + c' \left(\sqrt{(x'_m-B_2)^2 + Y_c^2} - \sqrt{(x_c-B_2)^2 + Y_c^2} \right) \quad \dots (8)$$



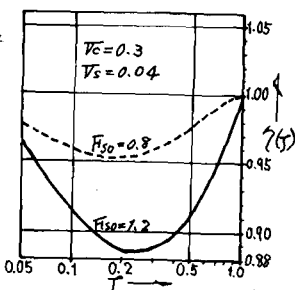
(7), (8)式において第1項は基準建設費、第2項は土工費(a, a' は土工単価)、第3項は地山買収費(b は地山の地価)、第4項は斜面保護土工費(c, c' は保護工単価)である。

3-3. 破壊損失費 C_F と破壊確率比 γ の関係; 破壊損失費は破壊調査費 C_{F0} 、整地費 C_a 、損害賠償費 C_r 、再建費 C_F 等からなり、これらはいずれも γ の関数であるが簡単のため、一応 γ の関数として再建費のみを考えると C_F は次式で与えられる。

$$C_F = C_{F0} + C_a + C_r + C_c' \quad \dots (9)$$

ただし上式において C_c' は片盛土の場合は(7)式の場合の C_{0b} の代りに C_{0b0} を切土の場合は(8)式の C_{0c} の代りに C_{0c0} を用いる。こ

に C_{0b0} , C_{0c0} は基準断面を再建するための費用である。図-4は(9)式による片盛土部の数値計算例の1つである。他の例および詳述は講演時に譲る。



4. 参考文献

1. 松尾, 黒田, 林; 84.5.18のばらつきが盛土の安定に及ぼす影響について, 土木学会関西支部講演概要, S46, 5月, pp. 35-37, 1~2.
2. 松尾, 黒田; 土質調査結果のばらつきと盛土の破壊確率の関係について, 第26回土木学会年次講演概要, S46, 10月, pp. 321~322.
3. 松尾, 黒田; 盛土建設のための土質調査と盛土の安定性に関する研究, 土木学会論文報告集, 第196号, pp. 75~86, 1971年12月.
4. 松尾, 黒田; 盛土の破壊確率を考慮した土質調査規模の決定法について, 土木学会論文報告集, 第198号, pp. 69~81, 1972年2月.
5. 松尾, 黒田; 切盛土の信頼度と費用の関係, 第6回土木計画学シンポジウム前刷, pp. 51~57, 1972年1月.