

## 施工事例 【富士山の落石防止工】

三菱油化産資株式会社 吉川 進

### 1. はじめに

テンサー（ジオグリッド）による急勾配補強盛土工法は、道路、造成工事等への普及が急速に進み 全国で2,000件を超える実績があり、その実績の中からも施工場所、用途等が珍しい施工事例を紹介する。

富士山の登山道は、時々、落石による被害が発生している。これを防止するために、落石対策工として 堰堤を構築することになり種々の工法が検討されましたが

- ① 施工場所が8合目のため施工、運搬等が簡単であること
  - ② 落雷を受けないこと
  - ③ 自然に対して調和がとれること
  - ④ 耐久性（紫外線劣化、耐寒性）に優れること
  - ⑤ 工期の制約（夏のシーズン終了後約1ヶ月）があること
- 等によりテンサーによる落石防止擁壁工が採用されました。

工事名 「県道富士吉田線落石対策工」（富士山の山梨県側8合目登山道）

施工日 平成1年9月

### 2. 対策工設計

#### 2-1 設計条件

- ① 擁壁高 :  $H = 5.5 \text{ m}$   
背面の落石防護高として約2.0m確保できる高さとする。
- ② 上載荷重：盛土（法勾配：1.8）2.0m + 活荷重（ $1.0 \text{ t/m}^2$ ）  
完成時は背面に約2.0m堆積高があるが、落石、土砂などの堆積が考えられ、又雪崩等の荷重加わる可能性があるため、上載盛土高  $h = 2.0 \text{ m}$  とする。土砂排除、補修などで、車両の進入があることから活荷重  $p = 1.0 \text{ t/m}^2$  を考慮する。
- ③ 土質条件：  $\gamma = 1.32 \text{ t/m}^3$   
 $\phi = 40^\circ$   
 $c = 0 \text{ t/m}^2$
- ④ 補強材 : テンサー SR-55（規格強度  $T_a = 5.5 \text{ tf/m}$ ）  
設計強度  $T_D = 2.2 \text{ tf/m}$ （クリープ強度を考慮）

## 2-2 設計計算

設計計算は英国で発表されたデザインチャートを採用（土質工学会編 土質基礎ライブラリ-29「補強土工法」p300~316に紹介されている）

その設計手法は、図-1の様な2分割すべりを考えその土圧をテンサーにより支持できる様にテンサーの敷設間隔を決定する。

又、テンサーの引き抜け支持力活動に対する安定性からその敷設長が決定される。

具体的な設計方法は、JEWELLらにより開発され、一連の電子計算機シリーズ計算（WAGGLEプログラム）により法勾配角度（ $\beta$ ）、内部摩擦角（ $\phi$ ）

に対し図-2より長さ係数（ $f$ ）敷設長/盛土高]、図-3より土圧係数（ $K$ ）が求められ、次のデザインチャートとして簡便にテンサーの最適配置を決定することができる。

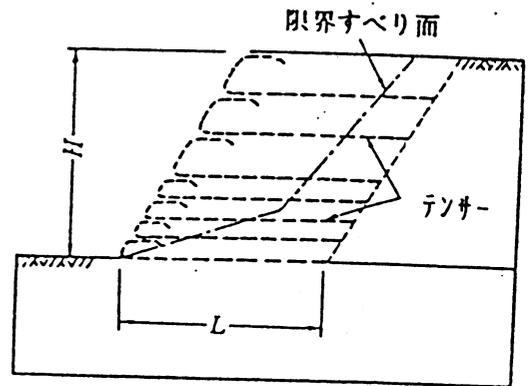


図-1 2分割すべり機構

### ① 安定のために必要な補強材の許容最小長さ（ $L$ ）

$$\begin{aligned} L &= f \times (H + q / \gamma) \\ &= 0.42 \times (5.5 + 3.017 / 1.32) \\ &= 3.27 \text{ m} \end{aligned}$$

$L$  : 補強材の必要長さ = 4.0 m  
 $f$  : 長さ係数 = 0.42 (図-2 参照)  
 $H$  : 盛土高さ = 5.5 m  
 $q$  : 上載盛土荷重 = 3.017  
 $\gamma$  : 土の単位体積当重量 = 1.32

法勾配 = 0.2割  
 ( $\beta = 78.69^\circ$ )

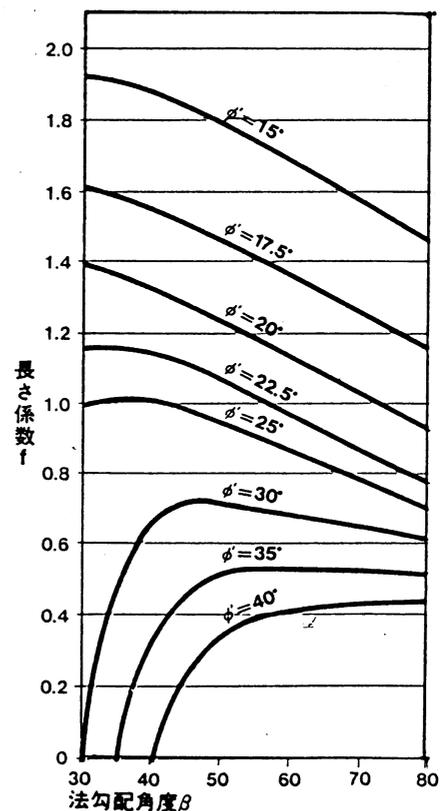


図-2 長さ係数  $f$  と法勾配角  $\beta$

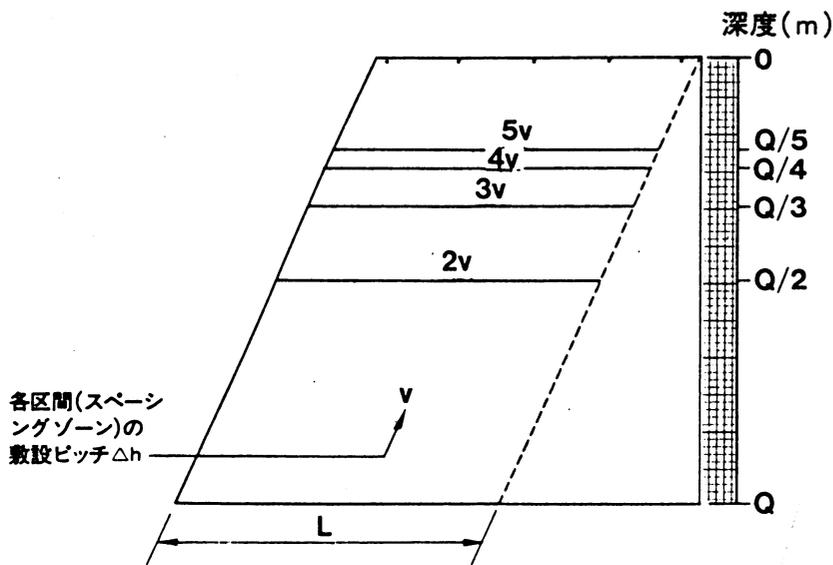
② 補強材垂直間隔の決定

補強材の敷設の垂直間隔は、盛土の施工性を考慮し転圧規準厚（V）に合わせるのが好ましい。

スペーシング定数 Q（m）は、転圧規準厚（V）1回毎に補強材を1層敷込むべき仮想的な最大深度を示す。

盛土転圧規準厚  $V = 0.5 \text{ m}$

$$Q = T_D / (K \times \gamma \times V)$$



$$q / \gamma = 3.017 / 1.32 = 2.29 \text{ m}$$

(仮想天端面)

$$H + q / \gamma = 5.5 + 3.017 / 1.32 = 7.79 \text{ m}$$

(スペーシング定数)

$$Q = T_D / (K \times \gamma \times V) = 2.2 / 0.16 / 1.32 / 0.5 = 20.83 \text{ m}$$

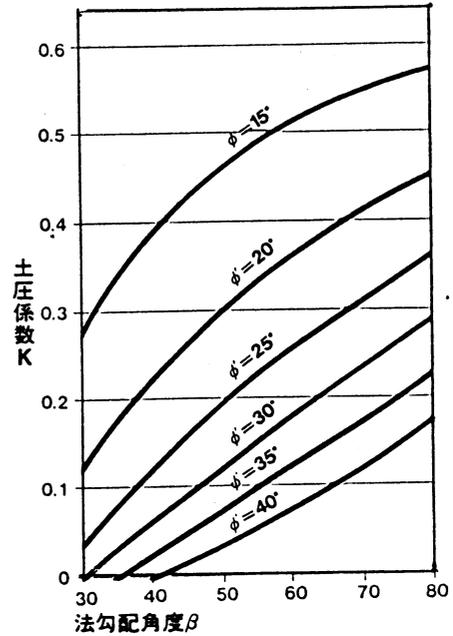


図-3 土圧係数 k と法勾配角  $\beta$

Q（m）：スペーシング定数

V（m）：盛土転圧規準厚

K：土圧係数（図-3 参照）

補強材の敷設間隔を計算すると表-1の様になる。尚、補強材の敷設間隔は大きくなりすぎると

- ① 法面分の補強材のたるみ等によりはらみ出す可能性があること
- ② 補強材の上下の土を充分補強できないこと
- ③ 実績
- ④ 施工性
- ⑤ 断面形状
- ⑥ 高所で工期が短いこと

を考慮し、最大敷設間隔を1mとした。

敷設間隔計画は次の様に計画する。

表-1 敷設間隔の結果

区間	各区間の敷設間隔 ( $i \cdot V$ )	各区間の最大深度 ( $Q/i$ )	各区間厚み $d_1=Q/i-Q/(i+1)$	各区間の層数計算 $d_1/(i \cdot V)$	各区間の層数 $n$	各区間の余厚の計算 $d_i-n \cdot i \cdot V$
1	0.5	$Q=20.83$	$d_1=0$		基礎=1	
2	1.0	$Q/2=10.42$ $H'=7.79$ 実盛土天端=2.29 仮想的天端=0	$d_2=7.79-2.29$ =5.50	$5.50/1.0=5.50$	5	$5.5-5 \cdot 1.0$ =0.5
全層数 $\Sigma n$					$N=6$	

③ 全土圧に対する安全性のチェック

②で検討したのは、土圧強度に対する安定性であり、全土圧に対する安定性の確認をする必要がある。

$$\begin{aligned}
 \text{全土圧は } T &= K \times \gamma \times (H + q / \gamma)^2 / 2 \\
 &= 0.16 \times 1.32 \times (5.5 + 3.017 / 1.32)^2 / 2 \\
 &= 6.4 \text{ ton} / \text{m}
 \end{aligned}$$

全土圧との平衡からみた理論的な最小補強材層数  $N_{\min}$  は

$$N_{\min} = T / T_D = 6.4 / 2.2 = 2.9$$

②で求めた全テンスー層数  $N$  は+であるから、補強された盛土の全土圧に対する安全率  $F_s = N / N_{\min} = 6 / 2.9 = 2.1$  となり安全である。

3. テンサー擁壁に期待される性能

3-1 耐候（紫外線）性

施工場所が高所（8合目）であり緑化等の保護対策が不可能であることからテンスーが暴露されるため 耐候性が要求される。

耐候性は 材料の種類、厚み、着色材によって異なる。テプサーは屋外暴露試験で 8 年の実績、促進試験 25, 000 時間 (50 年の屋外暴露に対応する) の実績があり耐候性に優れる。

又、そのほか副資材のシート、土嚢も耐候性の良好な黒色の土嚢を使用した。

### 3-2 耐寒性

施工場所を考えると低温における特性が要求される。テプサーの原料である高密度ポリエチレンは、JIS の試験方法 (K-6760・K-7216) によるぜい化温度は  $-80^{\circ}\text{C}$  以下であり、低温ぜい化は問題ない。

## 4. まとめ

以上のことより図-5 に標準断面図及び、施工後の写真を示す。

今回の報告は、富士山の様な特殊な場所での施工であったが緑化工併用により自然環境になじむ落石防止擁壁とし多くの採用が期待できると考える。

又、落石によるテプサーの損傷が危惧される場合は、落石を受ける内側に土嚢等の緩衝対策で充分対応できる。

尚、今回の施工事例報告は、平成 1 年の基本設計書に基づきそのまま報告しました。現在のテプサーの設計に用いる諸物性は、平成 4 年 2 月の (財) 土木研究センターの土木系材料技術・技術審査証明報告書 (技審証第 0304 号) 盛土・地盤補強用ジオグリッド「テプサー」に基づき設計を実施している。

### 参考文献

- ◎ 土質工学会編 土質基礎工学ライブラリ「補強土工法」
- ◎ ジオグリッド研究会 「ジオグリッドガイドライン」(1990.7)
- ◎ 土木系材料技術・技術審査証明報告書 (技審証第 0304 号)  
盛土・地盤補強用ジオグリッド 「テプサー」(1992.2)
- ◎ 三菱油化産資㈱ 「テプサー技術資料」、「テプサー物件概況」

図-5 標準施工断面図・施工写真

