

## 支柱強化型崩壊土砂防護柵の実験による性能検証

東亜グラウト工業株式会社 梅沢広幸, 鈴木利治, 宇野友稀, ○奥田峻

### 1. はじめに

近年、豪雨や地震などの異常気象による土砂災害が増加傾向にあり、その大部分ががけ崩れによる災害である。増加し続ける土砂災害から、人命または財産を守る土砂崩壊対策施設の必要性が高まっている。このような背景から筆者らは、構成部材が軽量であるため地形条件に関わらず短期施工が可能であり、土砂捕捉後の維持管理が容易な着脱式二重管構造を採用することにより、施工性およびメンテナンス性で優位性を持つ支柱強化型崩壊土砂防護柵（技術名称：サスティナブルフェンス）を開発した。

本技術の開発にあたっては、防護柵の安全性を確保するため、崩壊土砂の耐衝撃性能および支柱のメンテナンス性能について性能検証を実施した。

本報では、これらの性能検証にあたり、崩壊土砂の耐衝撃性能を検証するための実物大土砂衝突実験の結果および支柱のメンテナンス性能を検証するため別途に実施した支柱引き抜き試験の結果を示す。

### 2. 防護柵の構造

#### 2.1 基本構造

図-2.1に基本構造を示す。本技術は、高強度ひし形金網（TECCO ネット）、エネルギー吸収装置（U ブレーキ）、支柱、ワイヤロープ、間隔保持材等から構成されている。

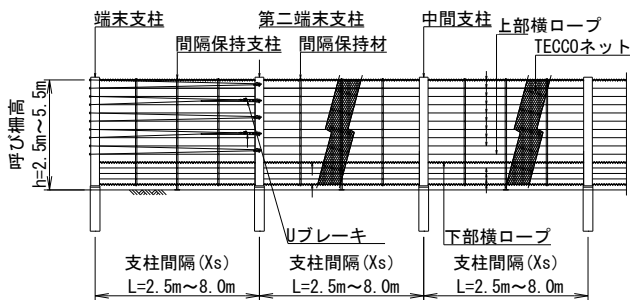


図-2.1 基本構造

#### 2.2 着脱式二重管支柱

図-2.2に着脱式二重管支柱の構造を示す。本支柱は孔壁保護管にあたる下杭を支柱本体に組み込むことで、二重管杭として剛性の向上および施工性の向上を図ることができる。この構造により、削孔後の孔壁崩壊が懸念される場合に仮設として設置する孔壁保護管が不要となる。また、着脱式にしたことで複数回の土砂捕捉の影響により支柱の交換が必要となる場合は、上杭の交換のみで完了し、下杭は再使用が可能である。加えて上杭または下杭ごとに運搬、設置が可能であるため施工

性の向上を図ることができる。

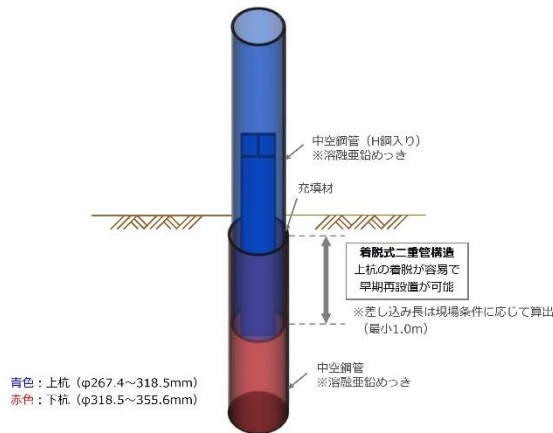


図-2.2 着脱式二重管支柱の構造

### 3. 実物大土砂衝突実験

防護柵構造における耐衝撃性能を検証するため、実物大の土砂衝突実験を実施した。

#### 3.1 実物大実験概要

図-3.1に実験施設の状況および実験条件を示す。

急傾斜崩壊対策においては、土砂等が堆積していない状態において崩壊土砂を捕捉することを待受け工に要求しているが、本実験では、防護柵の耐衝撃性能に加え安全性を確認するため、土砂流下を計3回実施し、満砂状態に近づく過程においても安定した状態で流下土砂の捕捉が可能であるか検証した。

実験施設		実験条件	
斜面高	H=20m	柵延長	L=13m
斜面傾斜度	$\theta=40^\circ$	柵高	H=4m
斜面長	L=31.1m	投下土砂量	V=21m <sup>3</sup> (1回目) V=51m <sup>3</sup> (2回目) V=33m <sup>3</sup> (3回目)

図-3.1 実験施設状況および実験条件

#### 3.2 測定項目および測定方法

表-3.1に実験時の測定項目および測定方法を示す。流下土砂速度は、動画解析ソフトのAIによる自動追尾機能を用いて高速度カメラで撮影した動画から算出した。

表-3.1 測定項目および測定方法

測定項目	測定方法
流下前土砂の比重	室内土質試験
流下土砂の速度	高速度カメラ

なお、流下土砂の比重は、現地で実施した簡易的な計測の結果  $\rho_d=2.2 \text{ t/m}^3$  であったが、保守的な評価とするため、本実験では一般的に用いられる土砂の比重<sup>1)</sup>である  $\rho_d=1.8 \text{ t/m}^3$  とした。

### 3.3 実験実施結果

図-3.2 に実験実施状況、図-3.3 に土砂衝突後における実験柵の状況を示す。実験柵は、3 回目の流下土砂衝突時に越流状態に至った。実験後の状態確認においては、一部の各ワイヤロープに付属するエネルギー吸収装置の作動および間隔保持材の一部変状を確認していたが、ひし形金網やワイヤロープ、支柱等の破断および変状は確認されず、柵の耐衝撃性および安全性が確保された状態であった。



図-3.2 実験実施状況



図-3.3 土砂衝突後の実験柵状況

### 3.4 測定結果に基づく実験柵への作用力の推定

流下速度解析の代表例として、図-3.4 に3 回目流下速度解析結果、表-3.2 に測定結果を示す。実験柵への作用力の推定は、「国土交通省告示第332号」における土石流により建築物に作用すると想定される力の大きさ ( $F_d=\rho_d U^2$ ) に基づき実施した。ここで、 $\rho_d$ : 土石の密度、 $U$ : 流下土砂の流速となる。流下速度の解析結果では1~3 回目の斜面流下速度が  $U=10\sim 13\text{m/sec}$  を示し、3 回目の土砂堆積部での流下速度が  $U=9.5\text{m/sec}$  を示した。安全性を考慮し評価上の流速は  $U=9.5\text{m/sec}$  とした。

以上より、流下土砂の比重および評価上の流下速度から実験柵への作用力は、 $F_d=1.8 \times 9.5^2=162.5 \text{ kN/m}^2$  と推定した。

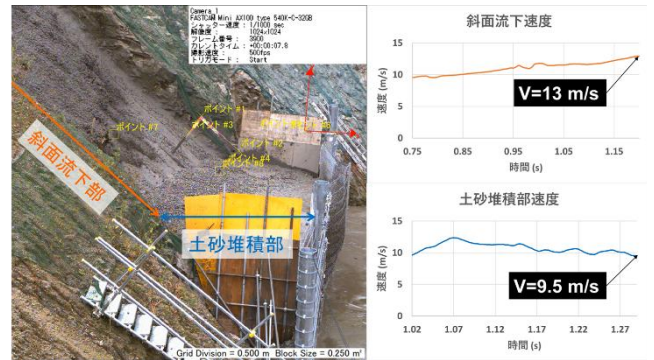


図-3.4 3 回目流下速度解析結果

表-3.2 測定結果

測定項目	測定結果
流下前土砂の比重	2.2 t/m <sup>3</sup>
流下土砂の速度(1回目)	10 m/sec : 斜面流下部
〃 (2回目)	13 m/sec : 斜面流下部
〃 (3回目)	13 m/sec : 斜面流下部 9.5 m/sec : 土砂堆積部

### 4. 支柱引抜き試験

図-4.1 に支柱引抜き試験実施状況を示す。着脱式二重管支柱のメンテナンス性能を検証するため、別途に実施した複数回の土砂衝突に対する安全性限界実験後に変状した支柱上杭の引抜き試験を実施した。試験は重機によって吊り上げる方法で実施し、変状した上杭を問題なく引抜き可能であることを確認した。



図-4.1 支柱引抜き試験実施状況

### 5. おわりに

本技術は施工性およびメンテナンス性の優位性が特徴であるため、斜面上に設置可能なほか、道路脇や線路脇などの狭隘な箇所での崩壊土砂対策にも効果が期待できる。

### 参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所 (2021) : 急傾斜地崩壊対策における有限要素法を用いた待ち受け擁壁安定解析手法, p.7