

中長期土砂流出対策として効果的な新型砂防施設の開発（その3）

シバタ工業株式会社 ○石元慎也, 西村佳樹
株式会社建設技術研究所 宇野澤剛, 鴨志田毅, 吉田圭佐, 池上浩二, 中西宏彰

1. はじめに

平成31年3月に改定された国土交通省「河川砂防技術基準 計画編（基本計画編）」の「砂防（土砂災害等対策）計画」において、現象が生じる時間スケールを考慮して、従来より対象としている短期の土砂・流木流出対策に加えて、中期・長期の土砂流出対策計画を策定することとしている。

この改定内容に対応する中長期的な掃流砂状態による土砂流出に対応する新型砂防施設の開発を目的に、これまで宇野澤ら（2021）¹⁾では水路実験による基礎的研究を行い、宇野澤ら（2022）²⁾では施設を構成する基本構造を検討した。本発表では、この基本構造をもとにした施設「土砂捕捉スクリーン工（仮称）」（以下、「スクリーン」という）の実用化に向けて、実物大施設による静的圧力载荷実験を実施した結果を報告する。

2. スクリーンに期待する機能

スクリーンは中長期の土砂流出のうち、従来の透過型砂防堰堤では十分には捕捉できない掃流砂を対象とするものである。（図-1）

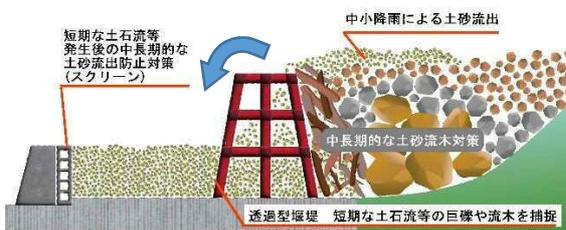


図-1 スクリーンの機能

3. スクリーンの基本構造

スクリーンは、H形鋼で構成した鋼製フレーム、及び弾性チェーンと鋼製チェーン（径φ19mm）を連結したものを構造部材とし、細粒な土砂を捕捉するための機能部材は超高分子量ポリエチレンネット（線径φ6mm、以下、「ネット」という）とした。各部材は工場では組み立てて搬入し、現地では、副堰堤等の位置に加工した非越流部の凹みに上から差し込む方法とすることで、施工の容易性等を確保できる構造とした（写真-1）。

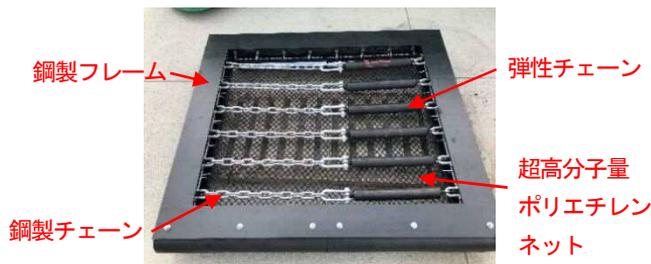


写真-1 スクリーンの構造（水通し幅2m用）

構造部材に用いた弾性チェーンは、鋼製チェーンを緩ま

せた状態でゴムを被覆一体化したものであり、流木対策製品等で使用実績があり、強度等検証された既製品を採用した（図-2）。また、機能部材であるネットは後述する作用外力に耐え、かつ紫外線曝露による耐劣化性に優れた製品を採用した。

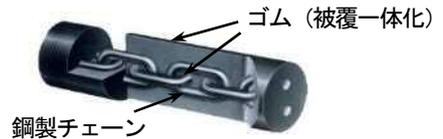


図-2 弾性チェーンの構造

4. 静的圧力载荷実験

スクリーンが土砂を捕捉した場合、スクリーン天端までの堆砂圧（ P_e ）とスクリーン天端から越流する水深の高さを考慮した静水圧（ P_w ）の合力が作用するため、その外力に対して構造が安全である必要がある。（図-3）

本実験では、その外力を想定した圧力をスクリーンに载荷し、構造部材が安全であるかを検証した。

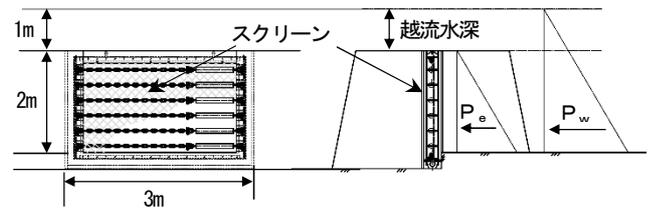


図-3 スクリーンに作用する外力図

4.1 作用外力の算出

スクリーンを構成する水平部材は最下段に作用する堆砂圧と静水圧の合力が最も大きい外力となる。水通し高さを2m、幅3mに設置したスクリーンを想定すると、最下段に作用する堆砂圧と静水圧の合力は、(1)、(2)、(3)式の結果から 32.61kN/m^2 となる。

$$P_w = W_0 \cdot (H+h) \quad \dots (1)$$

$$P_e = C_e \cdot W_s \cdot H \quad \dots (2)$$

$$P = P_w + P_e \quad \dots (3)$$

ここで、 P_w ：静水圧（ kN/m^2 ）、 P_e ：堆砂圧（ kN/m^2 ）、 W_0 ：清水の単位体積重量（ 9.81kN/m^3 ）、 H ：スクリーン天端から最下段の水平部材までの高さ（ 1.875m ）、 h ：越流水深（ 1.0m ）、 C_e ：土圧係数（ 0.30 ）、 W_s ：堆砂の水中単位体積重量（ 7.83kN/m^3 ）とした。

4.2 実験方法

実験は、4.1で算出した圧力を土砂の重量で鉛直に作用させるものとし、スクリーン本体（開口幅 0.9m ×長さ 3.1m ）、荷重用土砂を投入する载荷槽、スクリーンを水平に保持する架台で構成した。また、荷重用土砂の重量を測定するため、架台支柱4か所の基部に 50kN 用ロードセル（共和電業

製, LCTS-B-50kN, 許容限界荷重 $50\text{kN} \times 1.5 = 75\text{kN}$) を設置した。なお, 実験は屋外とし, 架台基部は, 沈下の防止のため基礎コンクリートを打設し, その上に設置した(写真-2)。投入する土砂の重量は4.1で算出した $32.61\text{kN}/\text{m}^2$ の圧力に対して, スクリーン開口面積 2.79m^2 を乗じた 91kN 以上とし, ネットに径 $20\sim 40\text{mm}$ の礫を厚さ 10cm 程度敷き並べてから, その上に土砂を 91.3kN 投入した。

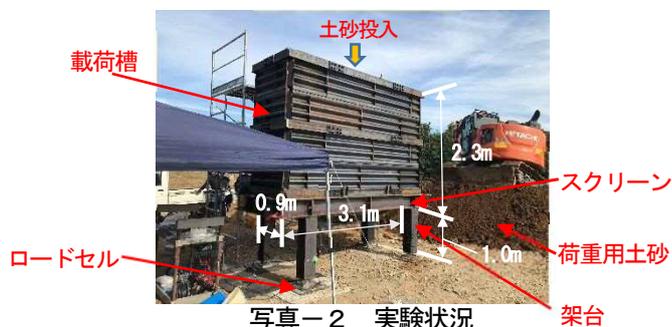


写真-2 実験状況

4.3 評価方法

評価は, 礫の捕捉性, 構造部材である鋼製チェーンのひずみ(荷重), 中央の最大たわみ量, 機能部材であるネット中央部のロープ最大伸び率, 最大たわみ量および外観変状, ネットを固定する金具のひずみ(荷重)を対象に行った。ここでは, 礫の捕捉性と鋼製チェーン及びネットの最大たわみ量, ネットの最大伸び率について抜粋して報告する。

5. 実験結果

5.1 捕捉性(外観)

ネットは超高分子量ポリエチレンネット(網目 40mm) を基本とし, 予備部材として線径 $\phi 2\text{mm}$, 網目 25mm の製品を併用した。実験の結果, 礫と荷重用土砂をほぼもれなく捕捉でき, 外観上の異常も確認されなかった(写真-3)。

なお, 礫の投入初期は礫が少量落下したが, その礫を40個採取し径を測定した結果, 個数の73%がネットの網目間隔 25mm 以下の短径であった(図-4)。



写真-3 礫の捕捉状況及び各部材のたわみ状況

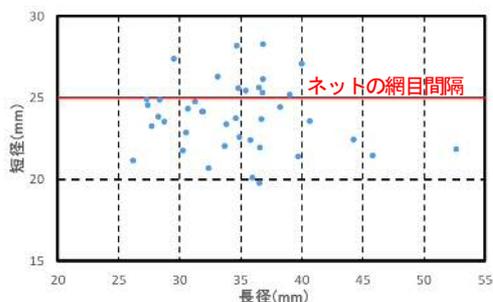


図-4 落下した礫の径

5.2 最大たわみ量

鋼製チェーンの中央部の最大たわみ量は約 290mm , ネットの最大たわみ量は約 390mm であった。いずれも各部材で強

要される変形量以下であり, 実験開始から97日経過後もたわみ量に大きな変化は見られず, 安定している状況が確認された(図-5)。

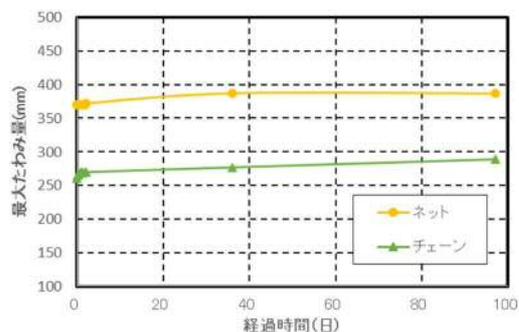


図-5 最大たわみ量と経過時間との関係

5.3 ネットの最大伸び率

ネット(ロープ部)の最大伸び率は4%となり, 97日経過後もクリープ特性等による変形も見られず, 安定状態であることが確認された。また, ロープ部の破断時伸び率は12%であるが, 計測された最大伸び率はその約 $1/3$ であり, 機能部材であるネットの安全性を確認できた(図-6)。

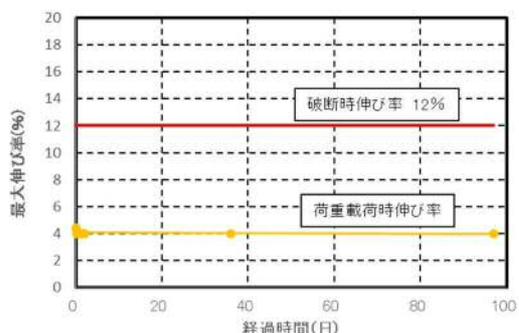


図-6 ネットの最大伸び率と経過時間との関係

6. まとめ

掃流砂状態による中長期的な流出土砂の捕捉を目的に開発したスクリーンの実用化に向け, 作用外力である堆砂圧と静水圧の合力と同等の荷重を土砂の重量で再現した静的圧力載荷実験を行い, 構造部材の安全性と機能部材の捕捉性について期待する機能を満たすことを確認できた。

今回の実験結果から, 本施設は細粒な土砂を効果的に捕捉することで, 短期災害後の中長期的な出水による氾濫被害を防止, 軽減できる施設として有効であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 宇野澤剛, 鴨志田毅, 池上浩二, 吉田圭佐, 中西宏彰(2021): 中期土砂流出対策として効果的な新型砂防施設の開発(その1) 令和3年度砂防学会研究発表会概要集, p. 201-202.
- 2) 宇野澤剛, 鴨志田毅, 池上浩二, 吉田圭佐, 中西宏彰, 北口滋雄, 西村佳樹(2022): 中・長期土砂流出対策として効果的な新型砂防施設の技術開発への取り組み, 令和4年度砂防学会研究発表会概要集, p. 441-442.