

無流水溪流対策におけるケーブル式堰堤の性能評価に関する検討

防衛大学校 学生会員 ○宮原 邑太 正会員 堀口 俊行
(株) エスイー 正会員 竹家 宏治 非会員 萬徳 昌昭

1. 緒 言

近年、無流水溪流と呼ばれる流域面積が 0.05 km² 以下の比較的規模の小さな溪流による土砂災害の被害が増加している。無流水溪流は、写真-1 に示すように谷出口が人家等に隣接しているため、人的被害に繋がりやすい。特に、平成 30 年 7 月豪雨において人的被害のあった溪流の 7 割が無流水溪流であったことから対策が進められている²⁾。

無流水溪流を対象とした地区は、民家等の密集により施工ヤードが狭いことが多いため、施工の容易性が対策構造物に望まれている。そこで、対策構造物としてケーブル式透過型砂防堰堤（以下、ケーブル式堰堤と呼称する。）が提案されている。これは、既存の堰堤で用いているコンクリート基礎の代わりにケーブルにより安定性を保つ構造である。しかし、このような構造の施工事例はなく、その性能は不明確である。

そこで本研究では、弾塑性解析を用いて、ケーブル式堰堤に対し無流水溪流の諸元に基づいた設計荷重を作用させ、その応答から無流水溪流における適用性につ

いて検討するものである。

2. 解析の概要

解析は、動的な弾塑性解析プログラムを用いた³⁾。これは、陽解法を用いて時々刻々節点の状態を計算し、大変形問題を解くことができる。

図-1 に堰堤モデルを示す。幅 5.5 m、高さ 3.0 m の堰堤を 469 個の節点と 493 個の梁要素を用いてモデル化した。堰堤モデルの底面は x 軸方向にのみ自由度を持つ。また、完全弾塑性要素を配置することで、摩擦力の抵抗を表現した。横材は、鋼管 $\phi 406.4$ mm、肉厚 $t12.7$ mm、フレームは、H 鋼 $200 \times 200 \times 8 \times 12$ であり、それぞれ材質は SS400 とした。SS400 の諸元は図-2 のようにモデル化した。ケーブルは、上段に PC ケーブルの F50T を 1 本、下段には左右に F20TD を配置した。ここで、F50T は堰堤の過度な滑動を抑制するための主ケーブルであり、下段ケーブルは堰堤の回転に対する補助ケーブルである。それぞれのケーブルの性能は図-3 のようなトリリニアモデルで与えた。

図-4 に荷重モデルを示す。荷重の算定には表-1 に

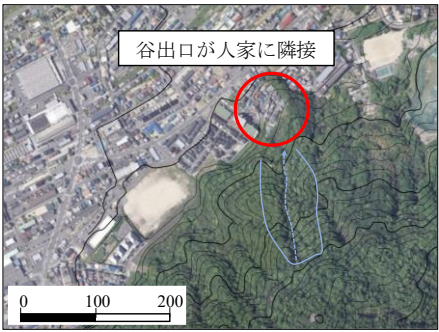


写真-1 無流水溪流概景 1)に加筆

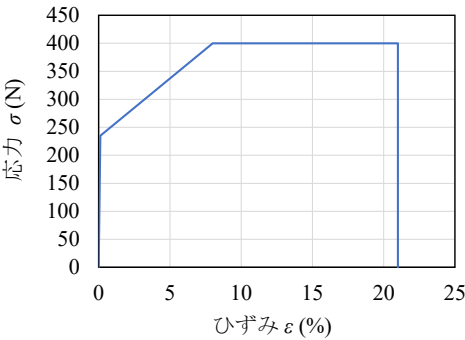


図-2 SS400 諸元

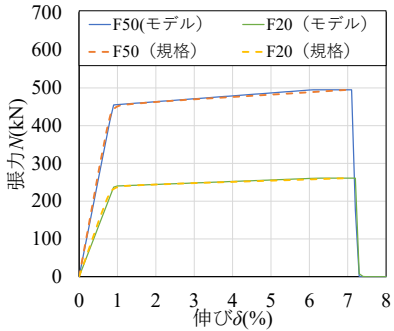


図-3 ケーブル諸元

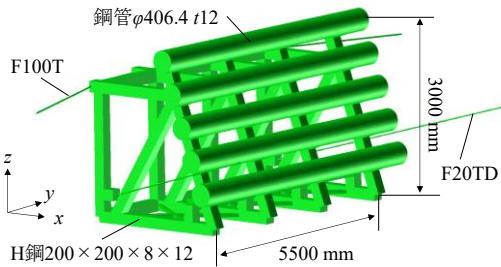


図-1 堰堤モデル

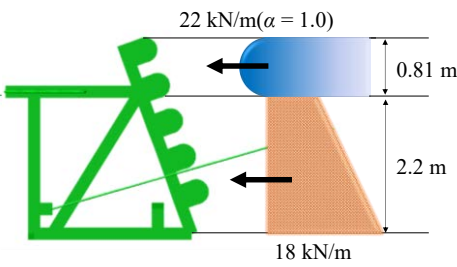


図-4 荷重モデル

表-1 溪流諸元

溪床勾配 θ (deg)	12
計画流出土砂量 V_d (m ³)	1000
一波の土石流により流出する土砂量 V_{dqp} (m ³)	1000
流れの幅 B_{da} (m)	5.5
土石流ピーク流量 Q_{sp} (m ³ /s)	17
土石流流速 U (m/s)	4.0

キーワード 無流水溪流, 透過型砂防堰堤, ケーブル
連絡先 〒239-0811 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL046-841-3810(3506)

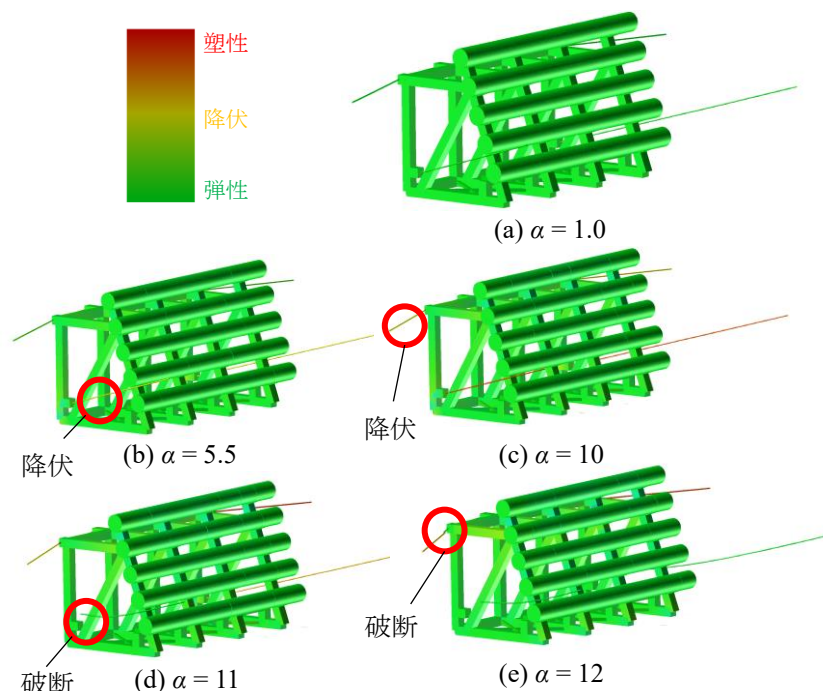


図-5 荷重係数に応じた部材の応答

示す無流水溪流の特徴に基づく諸元を用いた。ここで、土石流流体力を荷重係数 α ($\alpha = 1.0$: 現行の設計荷重) で漸増させ、ケーブルの破断まで検討した。

3. 解析結果

図-5 に荷重係数に応じた堰堤モデルの応答を示す。 $\alpha = 1.0$ の現行設計荷重では、全ての部材が弾性域内にある。続いて $\alpha = 5.5$ において下段ケーブルが降伏し、 $\alpha = 10$ で上段ケーブルが降伏した。ケーブルが破断するのは、下段ケーブルが $\alpha = 11$ 、上段ケーブルが $\alpha = 12$ であった。上段ケーブルが降伏するのは、現行設計の 10 倍の土石流流体力が作用した際であり、破断時には 12 倍の土石流流体力が作用している。よって、現行の設計において安全な構造である。

図-6 に堰堤の変位と荷重係数の関係を示す。堰堤が滑動を開始するのは $\alpha = 0.5$ であり、作用力が摩擦力を超過している。すなわち、現行の設計荷重以下で堰堤は滑動する。次に、 $\alpha = 5.0$ において下段ケーブルが降伏するため、変位の増加率がわずかに大きくなっている。 $\alpha = 12$ では上段ケーブルが破断するため増加率が急激に上昇した。つまり、ケーブルが無ければ堰堤は流出してしまうが、ケーブルで支えることにより堰堤の変位はケーブルの伸びのみとなり過度な変位を抑制できる。

図-7 に上段ケーブルと下段ケーブルの張力と荷重係数の関係を示す。 $\alpha = 1.0$ では、下段ケーブルに生じる張力は $N = 15$ kN、上段ケーブルは $N = 6.6$ kN であり、それぞれ降伏張力の 5.0 % および 1.3 % 程であるた

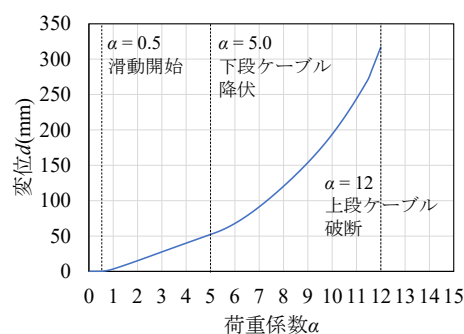


図-6 堰堤変位

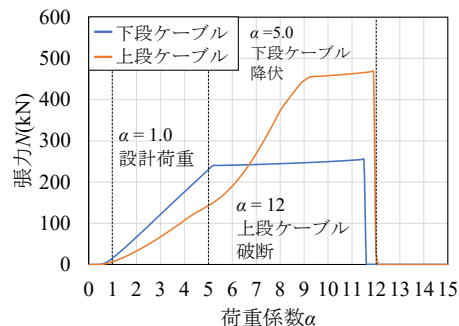


図-7 ケーブル張力

め現行設計荷重では安全である。下段ケーブルは $\alpha = 5.5$ で降伏するものの、この時の上段ケーブルの張力は $N = 163$ kN で降伏張力の 33 % であり、堰堤を保持する性能を維持している。

ケーブル式堰堤は対策工としての機能を損失するまでに十分な余裕を保持しており、無流水溪流における対策構造物として適用可能であると考えられる。

4. 結 言

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- 1) 現行の設計荷重において、ケーブル式堰堤は安全であると考えられる。
- 2) ケーブル式堰堤は無流水溪流における対策構造物として適用可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土地理院：地理院地図 (GSIMaps), https://maps.gsi.go.jp/index_m.html#18/34.363232/132.543543/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m (2023 年 3 月 16 日閲覧)
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部：無流水溪流対策に係る技術的留意事項（試行案），https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/sabo/muryuusuikeiryuu_ryuuzikou_r0403.pdf (2023 年 3 月 20 日閲覧)
- 3) 小松喜治，堀口俊行，香月智：鋼製透過型砂防堰堤の二段階設計に対応する補強効果解析，土木学会論文集 A2 分冊（応用力学）特集号，（応用力学論文集 Vol. 22），I_361-I_370, 2019.2.