

## 越水掃流に対するスマートガビオンの構造安定性

Stability of smart gabion constructed on soil embankment against tractive force due to overtopping flow

○小林龍平\*・小林秀一\*・板垣知也\*・青木勇武\*\*・高橋直哉\*\*・鈴木哲也\*\*\*・森井俊廣\*\*\*

Kobayashi, R., Kobayashi, S., Itagaki, T., Aoki, I., Takahashi, N., Suzuki, T. and Morii, T.

### 1. スマートガビオンの開発・実装化に向けた技術課題

頻発する豪雨出水により越水損傷を受け、多くのため池が危険にさらされている。際限なく増えるようにもみえる降雨量を前に、越水は許容するとして、現在のため池堤体自身に越水に耐えられる能力、つまり耐越水性能を新たに創出するのが現実的な対策の一つになる。その具体的な案として、図1に示すように、ため池堤の天端および下流斜面に鉄線かご枠マットタイプの平張り石礫層（スマートガビオン）を敷設し、斜面土の浸食を抑制し堤体損傷が起きないようにしながら洪水による越水流れを安全に放流できる耐越水補強工を提案した<sup>1)</sup>。実装化に向けては、①越水掃流に対するスマートガビオンの構造安定性、②低減された流速状況における斜面土の浸食抑制効果、③ため池堤の斜面安定性への

影響<sup>2)</sup>および④スマートガビオン自体の表層すべりに対する安定性を定量評価する必要がある。本文では、主に水路実験に基づき、上記の技術課題①に関して進めてきた検討の成果を報告する。

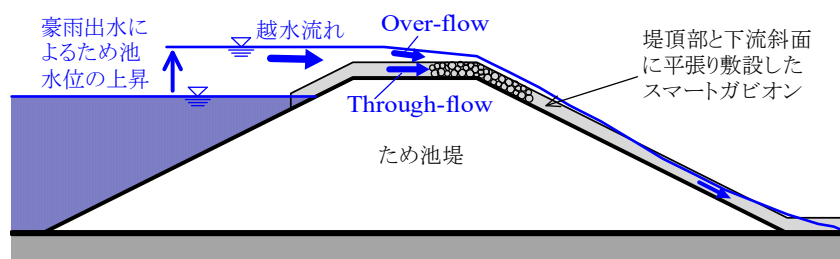


図1 スマートガビオンを用いたため池堤の耐越水補強工

### 2. 越水掃流に対する構造安定性

図2に示す長さ4m、幅0.5mの水路に鉄線かご枠を設置し石礫材を石詰めしたのち、一端を持ち上げ傾斜20°、続いて30°の状態、越水流況下での構造安定性を観察するとともに、through-flowとover-flowの流速分布にもとづいて掃流力に対する安全性を定量評価した。粒径D100~150mmおよび150~200mmを用い、石礫層の厚さは0.3mとした。最大越水量は、既往フィルダムの設計洪水流量から想定される越水量を十分にカバーする0.35m<sup>3</sup>/s/mとした。

いずれの実験ケースにおいても越流状況下で石礫層が変形する、あるいは粒子が大きく移動するなどの不安定さはまったく観察されず、十分な構造安定性を確認できた。最も過酷な条件（傾斜30°、越水量0.355m<sup>3</sup>/s/m、継続時間4時間）で実施したケースで測定した、越水前後の石礫層表面形状を図3に示す。石礫層表面にまったく変形はな

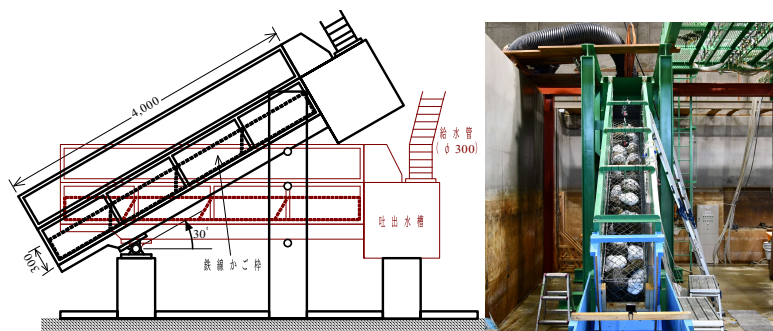


図2 スマートガビオンの構造安定性を調べるための傾斜水路実験装置

\*株式会社水倉組 Mizukuragumi Co. Ltd., \*\* 東網工業株式会社 Tomokogyo Co. Ltd., \*\*\*新潟大学自然科学系 Institute of Science and Technology, Niigata University

キーワード：ため池堤，耐越水性能，耐越水補強工，スマートガビオン，越水掃流，構造安定性

く粒子移動も起きていないことが分かる。加えて、越水前後で石礫層表面を写真撮影し、両者の画像比較により粒子の移動の有無を調べたところ、図4に示すように、石詰め時にできた隙間に粒子が傾いて生じたと推察されるわずかな粒子変位が確認された程度であった。総じて、石礫層の変形や粒子の移動・転石などは起きず、越水掃流に対し十分な構造安定性を有すると判断した。

### 3. 越水流れの水理モデル

傾斜状のスマートガビオンで生じる越水流れを、図5(a)に示すように、**through-flow** と **over-flow** の独立した2つの流れで表すこととし、前者は **unconfined** の非線形浸透流れとして **Forchheimer** 式により、後者は **Manning** 式により記述する。同図(b)と(c)は、このような水理モデルに基づいて算定した石礫層内の **through-flow** の流速と **over-flow** の流速をまとめたものである。算定にあたって必要となる **through-flow** の非線形水頭損失係数ならびに石礫層表面の粗度係数は、別途、同じ石礫材を用いた水路実験を行って求めた。同図(b)、(c)の **D150-200** 実験における算定値に対し、フロートを流下させて測定した流速を対比しているが、両者はおおむね良好に対応しているのが分かる。実際のところ **through-flow** と **over-flow** には境界面を挟んで水量の出入りがあり、その結果、前者は **confined** の非線形浸透流れ、後者は **spatially varied flow** とした取扱いが必要となる<sup>3)</sup>が、図4(b)と(c)からは、同図(a)のような非常に単純な水理モデルによっても、越水流れをうまく説明できるようである。この流速分布に基づき、河川の護岸設計で提案されている構造モデル<sup>4)</sup>を用いて無次元限界掃流力を逆算すると、通常は **0.05~0.12** が必要とされるところ、**0.25** ほどにもなり、鉄線かご枠によって十分に大きな構造安定性を有するとの定量評価が得られた。

### 4. まとめ

ため池堤に新たに耐越水性能を創出することを目的に、スマートガビオンを用いた耐越水補強工を提案した。その実装化に向け解決すべき技術課題として、越水掃流に対する構造安定性を、傾斜水路実験を通して明らかにした。

本研究開発は令和3年度官民連携新技術研究開発事業（新技術開発研究）の一環で進めた。傾斜水路実験では農研機構農村工学研究部門の技術助言をいただいた。ここに記して厚くお礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 小林秀一他：スマートガビオンを用いたため池堤の耐越水補強工の開発，第71回農業農村工学会大会講演会，2022。
- 2) 小林千佳子他：スマートガビオンを敷設したため池堤の斜面安定性，第71回農業農村工学会大会講演会，2022。
- 3) J. A. Kells: Spatially varied flow over rockfill embankment, Canadian Journal of Civil Engineering, 20, 820-827, 1993.
- 4) 国土技術研究センター（編）：護岸の力学設計法，山海堂，2007。

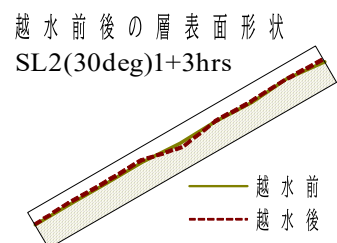
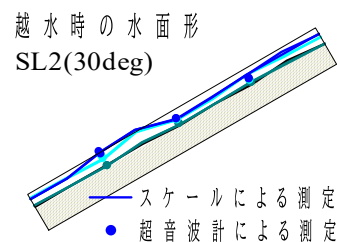
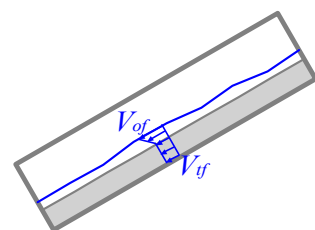


図3 大流量時の越水流況と越水前後における石礫層の表面形状



図4 石礫層表面の粒子変位



(a) 越水流れを記述する水理モデル(仮案)

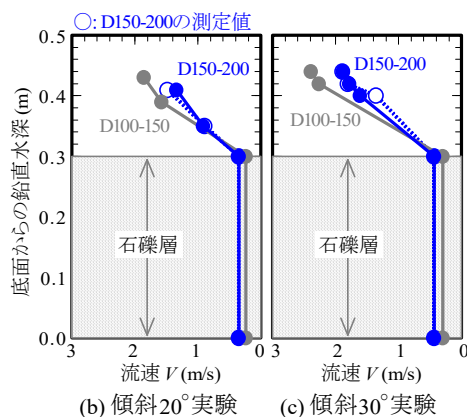


図5 越水流れの水理モデルと流速分布