

スマートガビオンを用いた農業用ため池の耐越水補強工の設計

Design proposal for overtopping protection of farm pond embankment by using Smart Gabion

○小林秀一*・小林龍平*・小林千佳子**・田中富雄***・村山和夫****・鈴木哲也*****・森井俊廣*****

KOBAYASHI S., KOBAYASHI R., KOBAYASHI C., TANAKA T., MURAYAMA K., SUZUKI T. and MORII T.

1. ため池堤の耐越水性能の創出

多くのため池が洪水越水の危険にさらされている。洪水吐幅幅だけの対応は難しく、越水を許容したうえで、ため池堤自身に越水に耐える能力、つまり耐越水性能を新たに創出するのが現実策であると考え。それを効果的に実現できる耐越水補強工として、図1に示すスマートガビオンの開発を進めてきた¹⁻⁴⁾。鉄線かご砕石詰め層を堤体天端と下流斜面に平張り状に敷設し、越水による斜面土の侵食を防ごうとするものである。具体化に際し、洪水流量(図1の①)によって生じる越水の流況を算定(②)し、越流下での鉄線かご砕石詰め層の力学的安定性(③、④)と敷設に伴う堤体の斜面すべり安全性と変位挙動への影響(⑦)を照査する必要がある。

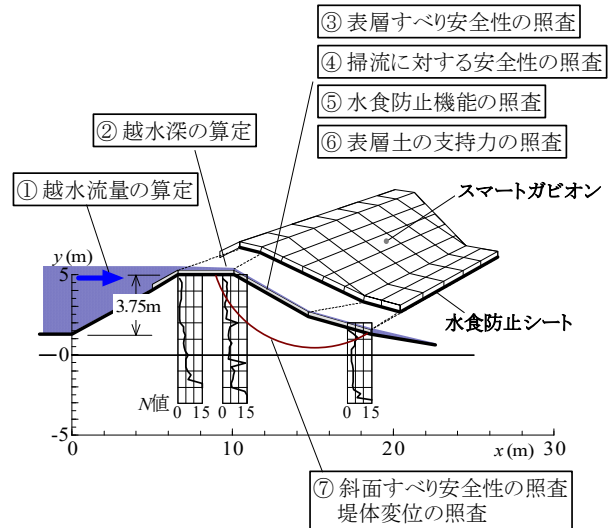


図1 スマートガビオンによるため池堤の耐越水補強工

本文では、小規模なため池を対象に、越水流量の算定から安全性照査までの一連の検討を進め、その成果として、耐越水補強工としてのスマートガビオンの技術設計フローが仕上がったので、報告する。

2. 設計洪水流量と越水流量の算定

表1に示す小規模な古い谷池を対象とした。設計洪水流量は表2のように2.891m³/sであり、洪水吐の流下能力は見込まず、単位堤頂長あたりの越水流量を0.094m³/s/mと算定した。

3. スマートガビオンおよび堤体の安全性の照査

3.1 表層すべりに対する安全性の照査

鉄線かご砕石詰め層が水食防止シートを堤体斜面に被覆着することにより、越水による斜面土の侵食を防ぐ²⁾。このため、石詰め層の表層すべり(滑動)と掃流に対する力学的安全性が優先的に確保される必要がある。表層すべりに対する安全性は、石詰め層の重量(つまり層の厚さ)、越水深(越水流量と粒径・粒形に関係した石詰め層の水の通しやすさの2つの要因が関与)および斜面土とのせん断摩擦係数によって決まる。したがって表層すべりに対する安全性は、石詰め層の厚さと使用す

表1 ため池の諸元

築造年	明治時代
型式	均一型・谷池、土(粘性土)
天端幅(m)	3.5
堤高(m)	3.75(図1参照)
堤頂長(m)	30.8
法勾配	上流29.1°、下流29.3°
流域面積(km ²)	0.1390
満水面積(km ²)	0.0014
洪水吐諸元	水路流入型 h 0.8m×b 0.7m 流下能力 0.700(m ³ /s)

表2 設計洪水流量と越水流量の算定

	A項流量	C項流量
洪水到達時間 t_p (min.)	44.2	46.1
有効降雨強度 r_e (mm/h)	62.4	55.3
洪水ピーク流量 (m ³ /s)	2.4091	2.1348
設計洪水流量 (m ³ /s)	2.891	
単位堤頂長あたりの越水流量 (m ³ /s/m)	0.094	

*株式会社水倉組 Mizukuragumi Co. Ltd., **東網工業株式会社 Tomokogyo Co. Ltd., ***大原技術株式会社 Oharagijutsu Co. Ltd., ****新潟県農地部 Department of Agricultural Land, Niigata Prefecture, *****新潟大学自然科学系 Institute of Science and Technology, Niigata University, *****新潟大学名誉教授 Professor Emeritus, Niigata University キーワード: 構造物の設計手法, ため池, 耐越水補強工, スマートガビオン, 安全性

る石礫粒子の粒径・粒形の組合わせに対する設計試算の過程で照査されることになる。設計試算で決定した石詰め層の諸元は表3に示す通りで、図2のように表層すべりに対して十分安全であることを確認した。この表層すべりに対する安全性の照査では、天端に敷設した石詰め層が斜面下り方向に作用するすべり力に対するカウンターバランスとして機能するとしており、実施工にあたっては、鉄線かご枠の連結部において引張り強度が確保される構造仕様とした。

掃流(粒子の転動や跳躍移動)に対する安全性は、鉄線かご枠により確実に確保される。このことは、当該越水流量をはるかに上回る最大 $0.35\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ の傾斜水路における越水実験³⁾により確認している。

3.2 堤体斜面のすべり安全性への影響

スマートガビオンの敷設荷重に伴う斜面すべりへの影響を、円形すべり面スライス法により算定した⁴⁾。図3に示すように、平常時、地震時(設計震度0.15)のいずれも安全率に大きな低下は認められない。弾性応力変形解析により、沈下量は堤頂ブリンク近傍で0.03m(堤高比で0.85%)とわずかであり、ため池の管理運営に支障をきたすものではないことを確認した。

4. まとめ

ため池堤の耐越水補強工として、鉄線かご枠に粒径100~200mmの粗石を詰めたスマートガビオンを提案した。その越水処理能力、越水下での構造安定性ならびに斜面安定性への影響について検討を進め、技術設計のフローがほぼ固まるとともに、対象としたため池に対する実装が現実的に可能となった⁵⁾。「外付け」・「後付け」の工法であり、低経費で短期に施工できることから、その開発と実装化はため池保全管理に十分に貢献しうると考える。

本研究開発は官民連携新技術研究開発事業(新技術開発研究)の一環で進めている。事業を所管しご支援いただいている農林水産省農村振興局の関連の皆さまに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, 農業農村工学会大会講演会, 3-25, 2022.
- 2) 小林龍平他:ため池堤越水時におけるスマートガビオンによる斜面土の水食防止効果の実験検証, 農業農村工学会第79回京都支部研究発表会, 2022.
- 3) 小林龍平他:越水掃流に対するスマートガビオンの構造安定性, 農業農村工学会大会講演会, 3-26, 2022.
- 4) 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, 農業農村工学会大会講演会, 3-27, 2022.
- 5) 小林龍平他:スマートガビオンを用いた農業用ため池の耐越水補強工の試験施工, 農業農村工学会大会講演会, 2023.

表3 石詰め層の諸元設定と越水流れの算定

石詰め層諸元	厚さ 0.3m 嵩単位体積重量 $\gamma_s=16.624$ (kN/m ³)
石材	粒径 100-200mm (河川由来の粗石)
越水流量	$0.094\text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
越水流れ水深 ⁵⁾	層内流れ(満流)水深 0.3m (直交方向) 層上流れ水深 0.03m (直交方向)

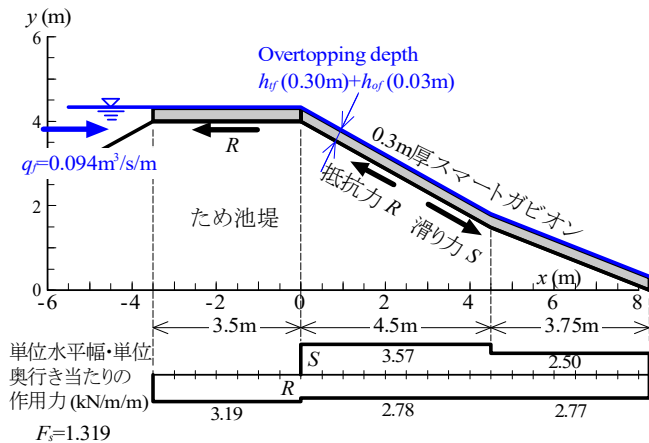


図2 越水時の表層すべりに対する安全性の照査

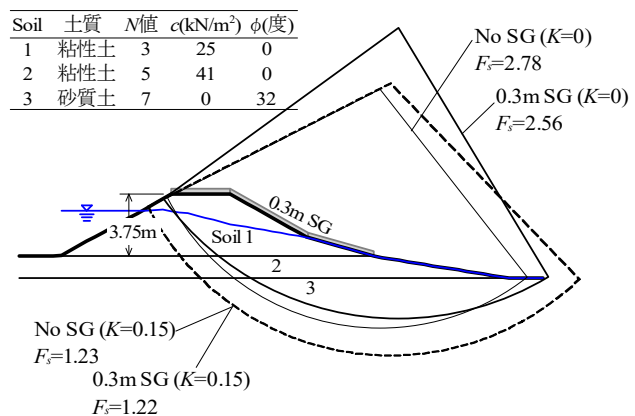


図3 スマートガビオン敷設に伴う斜面すべり安全率の変化(平常時および地震時)