

鉄鋼スラグを用いたため池堤体の動的挙動 Dynamic Behavior of Small Earth Dam Using Steel Slag

○泉 明良*・赤司有三**・澄川圭治**・大山峻一*

IZUMI Akira, AKASHI Yuzo, SUMIGAWA Keiji and OHYAMA Shunichi

1. はじめに

全国の防災重点農業用ため池において防災工事が推進されている。従来工法として、刃金土を遮水性材料として用いる前刃金工法があるが、刃金土の調達が困難である地域が多く新たな対策工法の開発が求められている。鉄生産の副産物である鉄鋼スラグや高炉水砕スラグを混合した鉄鋼スラグ混合材は材齢の経過に伴い強度が増加し透水係数が低下する潜在水硬性を有している。既往研究において、鉄鋼スラグ混合材をため池堤体に活用することを目的に力学特性や施工性、耐震性について検証されている。本研究では、動的遠心载荷実験を実施し、堤体の変形状態に関する動的挙動について解明する。

2. 実験概要

本実験は 50 G の遠心場で実施した。土槽はアルミ製で幅 1.35 m×高さ 0.45 m×奥行 0.4 m である。Fig. 1 に実験概要図を示す。堤体模型は実規模換算で堤高 10 m、地盤厚さは 7.5 m である。

基盤ならびに堤体材料には銚田砂を使用し、鉄鋼スラグ混合材は傾斜遮水性ゾーンに設置した。銚田砂の土粒子密度は 2.65 g/cm^3 、最大乾燥密度は 1.72 g/cm^3 、最適含水比は 15.6 % である。鉄鋼スラグ混合材の土粒子密度は 3.45 g/cm^3 、最大乾燥密度は 2.34 g/cm^3 、最適含水比は 10.2 % である。Fig. 2 に鉄鋼スラグ混合材の粒径加積曲線を示す。基盤および堤体は締固め度 90 % で作製し、鉄鋼スラグ混合材は 95 % で作製し、養生期間は 4 週とした。50 G の遠心力を载荷させ、地表面から 16 cm の位置まで注水し定常状態を確認してから加振した。入力波形は Fig. 3 に示すとおり sin 波を 300 波で最大振幅は 6 m/s^2 とした。Fig. 1 に示すように加速度および間隙水圧、天端部中央の 2 箇所を鉛直沈下量を計測した。また、実験前後に、堤体断面方向をレーザー変位計により形状を計測した。

3. 実験結果および考察

Fig. 4 に実規模換算した天端中央の沈下量の時刻歴を示す。入力波形の振幅の増加に伴い沈下量が増加する。天端中央 1 の計測位置では、加振後約 30 秒の時点で沈下量が

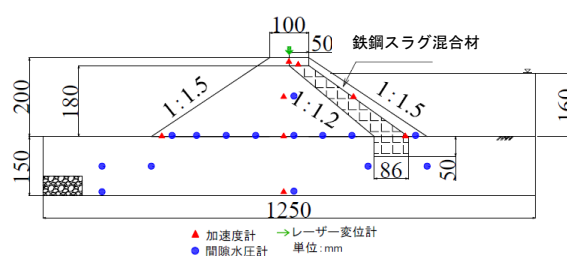


Fig. 1 実験概要図

Schematic layout of test

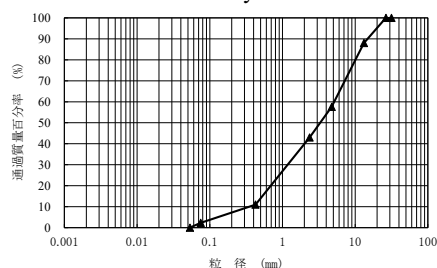


Fig. 2 鉄鋼スラグ混合材の粒径加積曲線
Grain size distribution of mixed steel slag

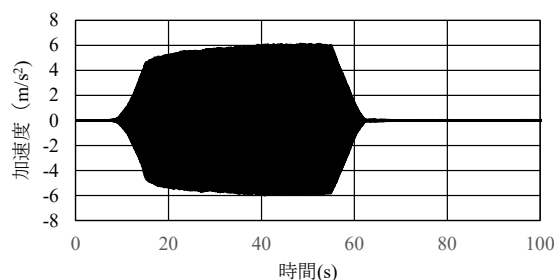


Fig. 3 入力波形
Input wave form

*農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

**日本製鉄株式会社 Nippon Steel Corporation

キーワード：ため池、スラグ、動的挙動

大きくなり加振終了後において、1.06 m 沈下した。天端中央 2 の計測位置では加振終了後において、0.74 m であった。

Fig. 5 に実験終了前後の模型中央測線における断面図を示す。横軸は堤体中央部を 0 とした水平距離を、縦軸は堤体底面を 150 mm とした高さを示している。実験の前後を比較すると上流法面は沈下し法先部では若干の側方流動が確認できる。天端部では中央を境界に下流側より上流側の方が沈下している。下流法面においては法肩部で沈下が発生しているが中腹から法先の変形はほとんど発生していない。

Fig. 6 に実験前後の鉄鋼スラグ混合材の状況を示す。実験終了後においてヘアクラックの発生が確認されたが、鉄鋼スラグ混合材を貫通する亀裂は発生していなかった。微小な損傷であれば潜在水硬性の発現により炭酸カルシウムが生成され損傷箇所を充填する作用が期待される。

本実験と同様の模型形状および実験条件で実施された無対策堤体模型と前刃金工法の実験結果²⁾の断面変形率を比較して本工法の耐震効果を評価する。断面変形率は、加振によって変化した断面積の和 (**Fig. 7** の網掛け部) を初期断面積で除して算定する。既往の実験結果および本実験結果から算定された断面変形率を **Table 1** に示す。無対策堤体と比較すると、上流法面や天端、下流法面いずれの区間においても鉄鋼スラグ混合材のケースでは断面変形率が低下しており、耐震効果を有していることがわかる。また、前刃金のケースと比較すると、上流法面および天端において同程度の断面変形が発生していることがわかる。下流法面に着目すると、前刃金のケースの断面変形率 17.5 % に対して鉄鋼スラグ混合材ケースでは 5.0 % であり下流部の変形を顕著に抑制していることがわかる。

4. まとめ

本研究では、鉄鋼スラグ混合材を刃金土の代替材料として用いたため池堤体模型を対象に、動的遠心載荷実験を実施した。実験結果から、厳しい加振条件においても鉄鋼スラグ混合材に大きな損傷は発生しないこと、無対策堤体と比較して変形抑制効果があること、天端や上流法面において前刃金工法と同程度の変形抑制効果があること、下流法面の変形抑制効果が大きいことがあきらかとなった。

参考文献：1) 泉ら (2020)：製鋼スラグと高炉水砕スラグ混合材料を用いたため池堤体の耐震性に関する遠心載荷模型実験，第 69 回農業農村工学会大会講演会講演要旨集，pp.505～506 2) 泉ら(2024)，ため池堤体の変形挙動に関する動的遠心載荷模型実験，第 73 回農業農村工学会大会講演会講演要旨集 pp.419～420

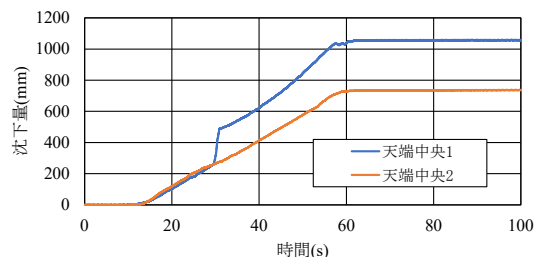


Fig. 4 沈下量の時刻歴
Recorded settlement of the top of the embankments

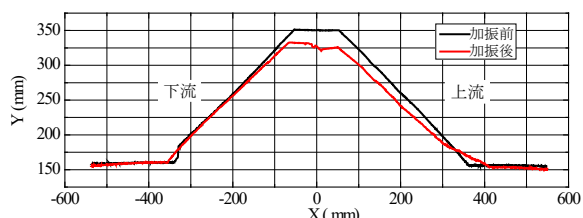
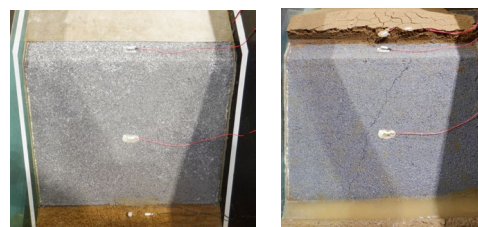


Fig. 5 加振後の堤体変形
Deformation of the embankment after shaking



(a)実験前 (b)実験後
Fig. 6 実験前後の鉄鋼スラグ混合材
Mixed steel slag before and after shaking

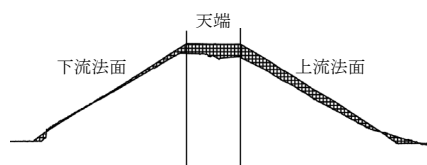


Fig. 7 断面変形率の算定
Calculation of sectional deformation rate

	断面変形率 Sectional deformation rate		
	上流法面	天端	下流法面
無対策	21.8 %	16.5 %	30.3 %
前刃金	17.9 %	11.4 %	17.5 %
鉄鋼スラグ混合材	17.2 %	12.0 %	5.0 %