

室内試験による蛇籠擁壁の耐震性評価 (その2) — 模型蛇籠擁壁の水平載荷実験 —

蛇籠 擁壁 模型実験

佐賀大学 国際会員 ○末次 大輔
高知大学 国際会員 原 忠
防災科学技術研究所 国際会員 中澤 博志
高知大学大学院 学生会員 田所佑理佳
エイト日本技術開発 正会員 栗林健太郎
CPC 正会員 西 剛整

1. はじめに

著者らは2015年4月25日のネパール・ゴルカ地震発生後に、首都カトマンズと中国国境を結ぶ主要幹線道路（アランコ・ハイウェイ）の蛇籠構造物の全数調査を実施し、構造形式と被災形態を整理した¹⁾。ネパールでは蛇籠構造物が多用されているが、それらの建設は経験的な方法に頼っているのが現状であり、統一された設計・施工法の確立が望まれる。本研究では蛇籠擁壁の地震時挙動に及ぼす蛇籠中詰め材ならびに蛇籠構造の影響について検討を行っている²⁾⁻⁵⁾。本報では蛇籠擁壁の変形抵抗に及ぼす中詰め材の形状、充填密度、蛇籠同士の緊結ならびに上載荷重の影響を調べた模型実験の結果について述べる。

2. 模型蛇籠擁壁の水平載荷実験の概要

本実験で使用した模型蛇籠の寸法は、20cm×20cm×20cmである。一連の実験に用いた中詰め材は、市販砕石（筑波産）の角礫と、高知県の奈半利川で採取した円礫である。粒径の範囲は37mm～19mmとした。角礫と円礫の最大・最小密度を求めると、角礫は $\rho_{dmax}=1.682\text{g/cm}^3$ および $\rho_{dmin}=1.376\text{g/cm}^3$ 、円礫は $\rho_{dmax}=1.773\text{g/cm}^3$ および $\rho_{dmin}=1.470\text{g/cm}^3$ であった。模型蛇籠擁壁の水平載荷実験装置の概略を図-1に示す。本装置は平面ひずみ状態で1列3段直立積み込みの模型蛇籠擁壁に、水平・鉛直方向の2方向から荷重載荷する。模型蛇籠擁壁前面に変位計と、ガラス製側壁からのデジタル画像撮影により載荷時の蛇籠の挙動を測定する。載荷方法は、最上段蛇籠上面に剛板を介して鉛直方向に一定圧力を載荷させた状態で、中段の蛇籠背面を剛板（18cm×18cm）を介して水平方向に一定速度で水平に載荷する。今回は変位速度1.5mm/minで載荷した。なお、下段蛇籠下面および上段蛇籠上面ですべり変位が生じないように、図に示すストッパーで固定する。側壁内面にはシリコングリースを薄く塗布して摩擦軽減を図る。今回実施した実験ケースを表-1に示す。中詰め材の形状（円礫、角礫）、密度（密詰め、緩詰め）、上下の蛇籠同士を針金で前面、後面を2箇所ずつ結びつける条件（緊結有り、無し）および上載圧による水平抵抗の違いを比較する。なお、角礫の密詰めの一部において相対密度が100%を超えている条件があるが、蛇籠網の剛性が小さいため充填時に変形することや網目から砕石の一部がはみ出たことが原因である。

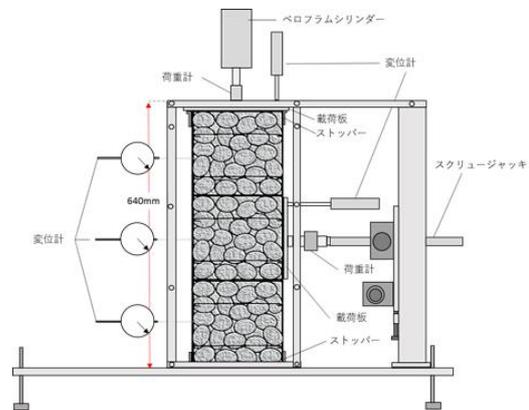


図-1 使用した水平載荷実験装置の概略図

表-1 実験条件

実験条件	中詰め材	詰め方	相対密度 (%)	緊結の有無	上載圧 (kPa)
Case 1r	円礫	密詰め	90.0	有り	6.0
Case 1a	角礫	密詰め	111.4	有り	6.0
Case 2r	円礫	密詰め	88.5	無し	6.0
Case 2a	角礫	密詰め	111.1	無し	6.0
Case 3r	円礫	緩詰め	21.3	有り	6.0
Case 3a	角礫	緩詰め	57.3	有り	6.0
Case 4r	円礫	密詰め	95.2	有り	12.0
Case 4a	角礫	密詰め	96.9	有り	12.0

3. 実験結果と考察

Case1（密詰め・緊結有り）の水平抵抗と水平変位の関係を図-2に示す。なお、計測される水平荷重を載荷板の面積で除したものを水平抵抗と定義する。角礫の水平抵抗は小刻みな変化を示しながらピーク値30.6kPaを示し、水平変位が60mmを越えた付近で急激に減少した。円礫の水平抵抗はピークを示さず単調に増加した。角礫の場合における水平抵抗の急激な減少は、蛇籠前面緊結部の針金が破断したことに起因する。一方で円礫では緊結部の針金が破断しなかったが、蛇籠網が大きく伸びていた。円礫と角礫の載荷直後の剛性を比較すると、円礫の方が大きく水平変位が10mm

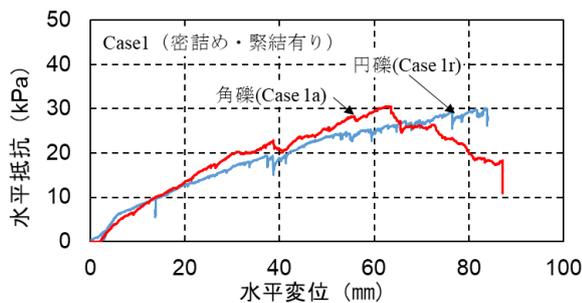


図-2 Case1 の水平抵抗と水平変位の関係

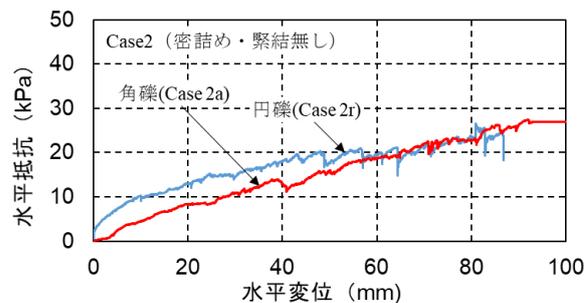


図-3 Case2 における水平抵抗と水平変位の関係

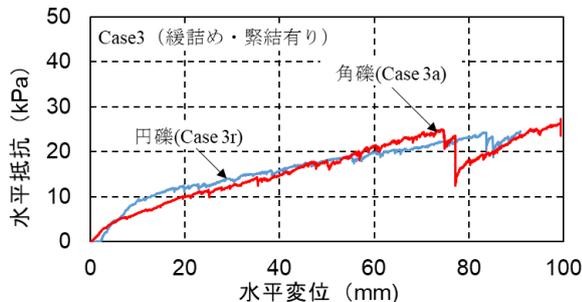


図-4 Case3 における水平抵抗と水平変位の関係

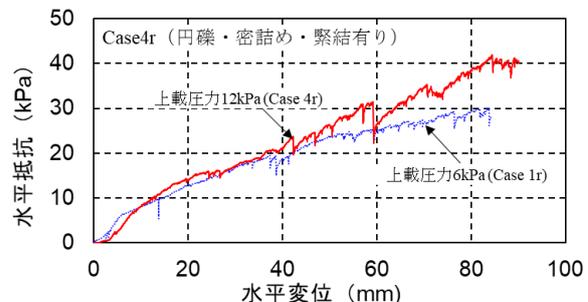


図-5 Case4r における水平抵抗と水平変位の関係

より大きい範囲では角礫の方が大きい。Case2r, 2a (密詰め・緊結無し) の結果を図-3 に示す。角礫, 円礫ともに, 水平抵抗力は水平変位の増加に伴い単調に増加した。载荷直後の剛性は角礫よりも円礫の方が大きい。また, 緊結無しの場合には, 図-2 に示した緊結有りの場合よりも水平抵抗は小さくなる事が確認できる。Case3 (緩詰め・緊結あり) の結果を図-4 に示す。角礫の水平抵抗はピーク値 25.0 kPa を示した後に急激に減少した。図-2 に示した角礫の結果と同様の挙動と同様に, 蛇籠前面緊結部の針金が破断したことが確認された。ただし, 水平抵抗がピークを示すときの水平変位量は, 密詰め (Case1) よりも大きい。円礫の水平抵抗はピークを示さず単調に増加した。試験終了時における蛇籠前面緊結部の状態は Case1 と同様に, 緊結していた針金は破断せず蛇籠網が大きく伸びていた。緩詰めの場合も载荷直後の剛性は円礫の方が角礫よりも大きい。Case4 (上載圧 12kPa・緊結有り) の結果を図-5, 6 に示す。なお, それぞれに図-2 に示した結果を併記している。図-5 に示す円礫の場合, 水平抵抗ならびに初期剛性は水平変位が 37mm に到達するまで, 12.0kPa の場合と 6.0kPa の場合とでほとんど変わらない。それより水平変位が大きくなると, 水平抵抗は 12kPa の方が大きくなる。角礫についても図-6 に示すように, 円礫と同様な挙動を示す。

4. まとめ

本研究では蛇籠擁壁の水平抵抗に及ぼす中詰め材の形状, ならびに上載荷重の影響を模型実験を行って調べた。その結果, 擁壁の変形量が小さいときの変形抵抗は角礫に比べて円礫の方が大きいことがわかった。蛇籠同士の緊結は中詰め材の形状に関わらず変形抵抗を増加させる効果があることが確認された。今回設定した荷重レベルでは変形抵抗に及ぼす上載荷重の影響は小さいと考えられた。

謝辞: 本研究は日本学術振興会科学研究費補助金 (基盤 B (一般) 16H04413 および (海外学術調査) 16H05746) によるものです。また, 本実験は佐賀大学卒業生の松田衛君に実施していただきました。記して謝意を表します。

参考文献: 1)中澤他: 2015 年ネパール・ゴルカ地震における蛇籠構造物に関する被害調査～その 2 蛇籠実態調査～, 第 51 回地盤工学研究発表会, pp. 1659-1660, 2016. 2)原他: 蛇籠を用いた道路擁壁の耐震性評価に関する実大規模振動台実験 (その 1) - 実験概要 -, 第 52 回地盤工学研究発表会, 2017. 3)末次他: 蛇籠を用いた道路擁壁の耐震性評価に関する実大規模振動台実験 - 加振実験 -, 第 52 回地盤工学研究発表会, 2017. 4)原他: 蛇籠擁壁の耐震性評価手法の検討 (その 1) - 中詰め材の要素試験 -, 第 72 回年次学術講演会, pp.481-482, 2017. 5)末次他: 蛇籠擁壁の耐震性評価手法の検討 (その 2) - 蛇籠構造の模型実験 -, 第 72 回年次学術講演会, pp.483-484, 2017. 6)栗林他: 蛇籠擁壁の耐震性評価手法の検討 (その 3) - 再現解析による評価 -, 第 72 回年次学術講演会, pp.485-486, 2017.

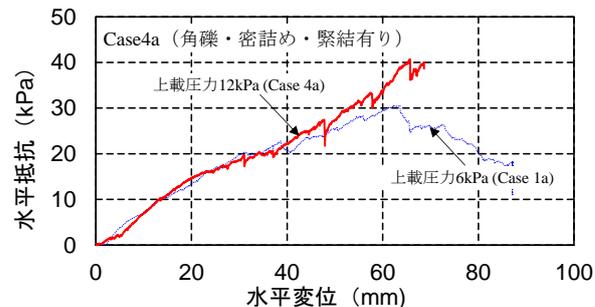


図-6 Case4a (密詰め・上載圧 12kPa) における水平抵抗と水平変位の関係