

## 実大振動台実験による蛇籠擁壁の耐震性評価 その1-実験概要-

蛇籠擁壁  
中詰材  
実大振動台実験

防災科学技術研究所 国際会員 中澤 博志, 高知大学 国際会員 原 忠  
高知大学 学生会員 柴原 隆, 学生会員 田所 佑理佳  
佐賀大学 国際会員 末次 大輔, 非会員 松田 衛  
(株)エイト日本技術開発 正会員 栗林 健太郎, 正会員 ○木村 瞬  
(株)CPC 正会員 西 剛整, 大旺新洋(株) 正会員 下村 昭司, 松井金網工業(株) 非会員 三好 克明

### 1. はじめに

ネパール国では、斜面崩壊を抑制する方法の一つとして蛇籠擁壁が広く普及している<sup>1),2)</sup>。一方、2015年ネパール・ゴルカ地震では強い揺れやその後の集中豪雨により、蛇籠擁壁の大きな孕み出しや崩壊が多く確認され、特に直立3段積蛇籠擁壁の被災が顕著であった<sup>3)</sup>。このような背景から、昨年、筆者らによってネパール国の道路擁壁に多用されている直立3段積擁壁(壁高 H=3.0m)における地震時の挙動及び安定性を確認することを目的に実大規模模型実験(以下、「実験ケース1」という。)が実施された。図1に実験ケース1の断面図を示す<sup>4),5)</sup>。実験ケース1では4回の加振(目標入力加速度 50,100,150,200Gal)を通して蛇籠天端で約70cmの前傾及び約18°の蛇籠擁壁の傾斜が確認された<sup>6)</sup>。この結果を受けて、筆者らは実験ケース1との比較実験として、“蛇籠擁壁の転倒に対する抵抗モーメントの増加”及び“蛇籠の変位抑制に伴う背後地盤の主働崩壊抑制”が期待される直立3段積2列擁壁を考案し、実大規模模型実験を実施したので報告する。本報では、背後地盤材料の室内土質試験を含む、直立3段積み2列擁壁における実大規模模型実験の概要や施工方法について述べる。

### 2. 実験概要

本実験は、国立研究開発法人防災科学技術研究所が所有する大型耐震実験施設で、蛇籠の地震時における耐震性能および動的挙動を検証するため実施した実大規模模型実験である。図2に当模型実験の断面図を示す。加振前後の背後地盤の強度を比較するため、サウンディング試験2種(簡易動的コーン貫入試験及び軽量簡易動的貫入試験)を蛇籠近傍背後と蛇籠から1.0m, 3.0m, 6.0m離れた場所で実施した。さらに、加振毎に背後地盤の詳細な破壊形態を調べるため、背後地盤地表面上の14地点に標点を置いて沈下量を測定した。本実験の入力加振波は、漸増部、定常部及び漸減部で構成される3Hzの正弦波であり、加速度振幅を4段階に分けて加振を行い、目標入力加速度は50,100,150,200Galとした。各加振の振動台の応答加速度は、それぞれ83,151,249,302Galとなった。図3に目標入力加速度200Galを与えた時の振動台の応答加速度波形を示す。なお、蛇籠擁壁の単位体積重量は蛇籠擁壁の段毎で、蛇籠作成時の中詰材の重量と、施工後の蛇籠擁壁の寸法から算出し、全体の平均値としている。

#### 2-1 蛇籠擁壁

本実験で検討した蛇籠擁壁の仕様は、蛇籠の配列を除き実験ケース1と同条件とした(表1)。これは、配列の相違が蛇籠擁壁の地震時の挙動及び安定性に及ぼす影響を明確に把握し、実験結果を実験ケース1のそれと比較するためである。本実験における蛇籠配列は、前章で述べたように、3段積×2列(加振方向)を配置する(図2)。また、蛇籠同士の緊結は前回と同様に上下左右に隣り合う蛇籠同士を緊結したほか、1列目と2列目の蛇籠の籠枠同士を緊結した(図4)。

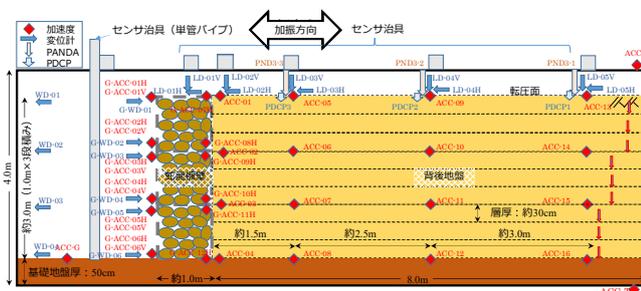


図1 実験ケース1(直立3段積1列擁壁)の断面図

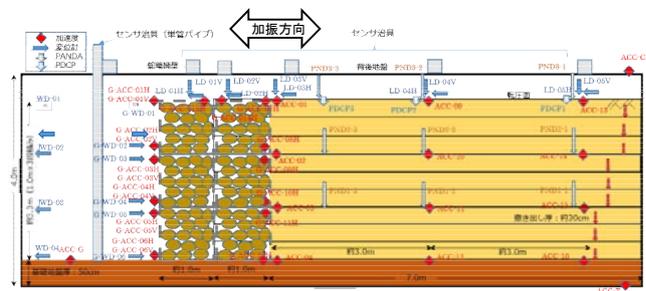


図2 当模型実験(直立3段積2列擁壁)の断面図

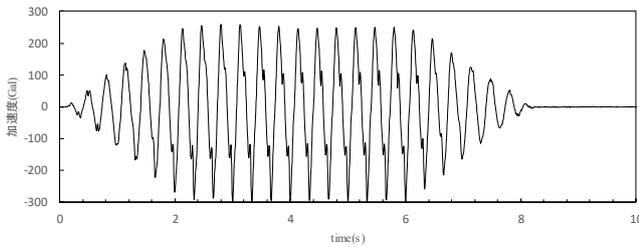


図3 加振波(入力目標加速度 200Gal)の例

### 2-2 中詰材

本実験の中詰材は実験ケース 1 と同様の材料を使用した。この割栗石は「石分を含む地盤材料の粒度試験方法」(JGS 0132-2009)により計測した粒径のヒストグラムより、平均粒径は約 18cm であり、粒径のピークはネパール国アラニコ・ハイウェイ沿線での蛇籠全数調査<sup>7)</sup>で得られた中詰め材と概ね一致していることが確認されている<sup>4)</sup>。また、実験ケース 1 における中詰材の各試験結果より、本実験で使用した中詰め材の力学的・物理的性質はネパール国で用いられている材料と概ね類似する特性を有していることが確認されている<sup>4)</sup>(表 2)。さらに、本実験とネパール国の中詰材の多くはロックハンマーによる反発度の測定結果から、岩級区分で  $C_{H1}$ (比較程岩質堅硬)に分類される。

### 2-3 模型地盤

土槽内の背後地盤施工は実験ケース 1 と同様の方法で実施した(図 5)<sup>4)</sup>。この際の転圧回数は締固め土との関係に基づき、5 回/層とした。表 3 に背後地盤に使用するまさ土の物理特性を示す。模型地盤造成時の平均含水比は約 7% であり、最適含水比 11.6% よりわずかに小さい。地盤の締固め度は、 $D_c \approx 90\%$  で造成した。なお、加振前の PDCP による各層の換算平均 N 値は 4 であった。蛇籠擁壁と背後地盤には、加振時の動的挙動を観測するため、図 2 に示すように加速度計を設置した。蛇籠擁壁には擁壁の前面と背面に 6 個ずつ設置し、背後地盤には地盤高さが 0.9m, 1.8m, 3.0m, の各層で蛇籠背後近傍から 0.0m, 1.5m, 4.0m, 7.0m, 離れた地点に 1 個ずつ設置した。また、巻き取り式変位計を 1 列目蛇籠前面に 6 個設置し、レーザー変位計を中央の蛇籠天端と背後地盤の地表面の 4 箇所 で水平、垂直方向に設置した。加速度計、各変位計の設置位置は実験ケース 1 と同様である。

## 3. まとめ

過年度に実施された実験結果を踏まえて、蛇かご 3 段×2 列配置の蛇かご擁壁に対する実物大の振動台実験を実施した。本報では、実験模型の概要について述べており、中詰め材やかご材の特性および地盤条件は過年度の条件と同等であることを確認している。すなわち、過年度と異なるのは蛇かごの配置のみであり、蛇かごの配置の違いによる挙動の変化を把握することを目的としている。その 2 では、実験結果を地震動による振動特性と変形量の観点から報告する。また、その 3 では蛇籠実験を定量評価するための基礎資料を得ることを目的とし、背面に盛土を有さない蛇籠擁壁単体及び実験ケース 1 の安定性に関する解析的検討・評価を行ったので報告する。

### 謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(基礎研究 B(一般)16H04413 および基礎研究 B(海外学術調査)16H05746)の助成を受けたものです。関係者各位に謝意を表します。

【参考文献】1)原他：2015 年ネパール・ゴルカ地震における蛇籠の利用実態と被害傾向に関する調査～その 1 調査概要～、第 51 回地盤工学研究発表会、pp.1657-1658, 2016. 2)栗林他：2015 年ネパール・ゴルカ地震における蛇籠の利用実態と被害傾向に関する調査～その 4 蛇籠中詰め材の施工方法～、第 51 回地盤工学研究発表会、pp.1663-1664, 2016. 3)中澤他：2015 年ネパール・ゴルカ地震における蛇籠の利用実態と被害傾向に関する調査～その 2 蛇籠実地調査～、第 51 回地盤工学研究発表会、pp.1659-1660, 2016. 4)田所他：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、pp.1555-1556, 2017. 5)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(その 2)～加振実験～、第 52 回地盤工学研究発表会、pp.1557-1558, 2017. 6)白倉他：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 3)～残留変形の評価～、第 52 回地盤工学研究発表会、pp.1559-1560, 2017. 7)末次他：2015 年ネパール・ゴルカ地震における蛇籠の利用実態と被害傾向に関する調査～その 3 蛇籠中詰め材の物理的性質～、第 51 回地盤工学研究発表会、pp.1661-1662, 2016.

表 1 蛇籠擁壁の仕様

項目	仕様
蛇籠網	線径：3.2mm, 網目：13.0cm, 材質：亜鉛メッキ鉄線
寸法(1個当たり)	1.0m×1.0m×1.0m (ネパール国内で広く用いられている寸法)
中詰材の積み方	手積みによる (ネパール国内で一般に行われる方法)
蛇籠同士の緊結	上下左右及び1列目と2列目の蛇籠同士(1辺につき5箇所程度、針金を使用)
たわみ防止策	籠内部の中間高さ付近に張り線を使用し、固定した。
孕み出し防止策	2段目と3段目の蛇籠には当て板を設置し、中詰材充填後に撤去した。

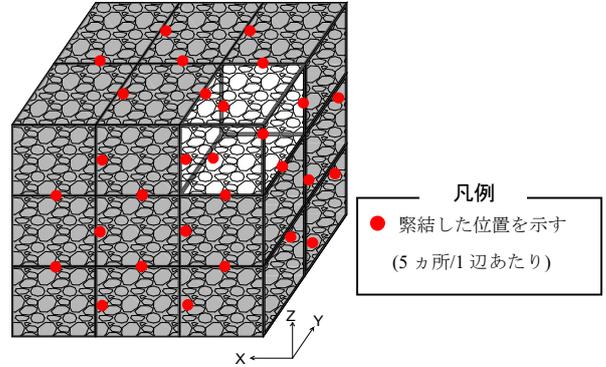


図 4 蛇籠の緊結位置

表 2 中詰材(割栗石)の力学的・物理的性質

	湿潤密度 $\rho_w(\text{g/cm}^3)$	吸収率 (%)	一軸圧縮強さ $q_u(\text{MN/m}^2)$	変形係数 $E_{cs}(\text{GN/m}^2)$	ポアソン比 $\nu_s$
ネパール国蛇籠	2.651	0.5	124.25	48.22	0.233
割栗石	2.696	0.6	154.04	48.25	0.291

表 3 背後地盤(まさ土)の物理特性

$\rho_s$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$\rho_{dmax}$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$\omega_{opt}$ (%)	$D_{max}$ (mm)	$D_{50}$ (mm)	$U_c$	$F_c$ (%)	$I_p$
2.660	1.88	11.6	19.0	1.61	19.5	6.1	NP



図 5 模型地盤の施工手順