

令和元年6月4日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H05746

研究課題名(和文)ネパール地震における山地道路被害の要因分析と簡易な地盤災害抑制構造物の開発

研究課題名(英文)Factor analysis of mountains road damage and development on simple ground disaster control structure in the Nepal earthquake

研究代表者

原 忠 (Hara, Tadashi)

高知大学・教育研究部自然科学系理工学部門・教授

研究者番号：80407874

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,320,000円

研究成果の概要(和文)：2015年に発生したネパール・ゴルカ地震では、建物の倒壊による人的被害や道路・河川施設などの被害が見られたが、中山間地域では蛇籠構造物が高い屈撓性を発揮し、機能を維持した例が確認された。

研究代表者らは、蛇籠構造物の耐震性を評価するため、ゴルカ地震で斜面災害が多発したアラニコ・ハイウェイを対象に現地調査、原位置試験、室内試験を行い、力学的性質を調べた。ネパール国では安価で施工が容易で、中詰材が簡単に入手できる蛇籠構造物が広く普及し、道路・河川等の様々な用途に多く活用されていた。一連の研究から、ネパール国での蛇籠の利用実態や構造的な特徴を整理し、蛇籠擁壁の設計・施工ガイドラインを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ネパール国内で利用例の多い蛇籠の、積極的な利活用と道路擁壁への応用という具体的な成果を目標に掲げ、現地調査と室内試験、数値解析などの組み合わせから、研究例の少ない蛇籠擁壁の耐震性を定量的に評価することに独創性がある。研究事例の乏しい蛇籠の設計・施工例や耐震性を、Evidence baseのアプローチから評価する点に新規性がある。

さらに、得られた実験結果から、現地の実情に即した設計・施工マニュアルをまとめ普及させることにより、開発途上国で頻発する地震に対する災害抑制策の強化と現地への指針類の定着に貢献し、自然災害発生後の迅速な復旧・復興に寄与され、我が国の防災技術の向上に資するものである。

研究成果の概要(英文)：Though human losses due to collapses of buildings and damages related to roads and river facilities were observed during the 2015 Nepal Gokha Earthquake, the functions of many gabion structures were found to be maintained because of their high flexibility against earthquake in mountainous areas. In order to evaluate the earthquake resistance of gabion structures, the Researchers conducted field surveys, in-site tests, laboratory tests along the Araniko Highway where a lot of slope failure occurred during the earthquake. It was found that due to the advantage of low cost and easy construction, as well as the readily available construction materials, gabion structures were widely used in roads, rivers and erosion control works in Nepal. Based on the surveys and the laboratory tests, we analyzed the current status of gabion applications and structural features of gabion structures, and suggested a gabion walls design and construction manual.

研究分野：地盤工学

キーワード：蛇籠 擁壁 斜面崩壊 耐震性 設計・施工マニュアル

様式 C-19, F-19-1, Z-19, CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ネパール国は面積約 14.7 万 km² の発展途上国である。その地形・地質は変化に富み、北部はヒマラヤ山脈からなる急峻な山地で構成され、中央部の丘陵地帯と南部のタライ平原から成る。中央部の首都カトマンズ近傍は、山地に囲まれた典型的な盆地地形を呈している。一方、国土全体で風水害や地震のリスクが高く、山間地の斜面災害や市街地の地盤沈下、液状化など様々な地盤工学的課題を抱えている。2015 年 4 月 25 日に発生したネパール地震 ($M_w7.3$) では、死傷者 2 万人以上、経済損失は 50 億ドルにおよび、インフラ施設の復旧には多くの時間と費用を要した。地震災害を防ぐための技術開発は、市民生活や経済活動を継続する上で喫緊の課題であり、自然災害の脅威に備えるための技術開発の必要性は我が国と共通する部分も多い。

2. 研究の目的

本研究の目的は、我が国と地形・地質が類似し、技術的課題を共有するネパール国で生じた斜面崩壊と道路閉塞の要因を分析し、地震時の道路法面崩壊を抑制するための簡易な対策工を開発することである。現地の研究機関、政府機関などと協働しながら、ネパール地震で生じた山地道路の被害要因や擁壁工の実態を調査し、技術的動向や設計・施工法を整理した。さらに、原位置試験や室内試験を取りまとめ、現地での適応実績の多い蛇籠を活用した耐震性擁壁を提案し、我が国の伝統的知見の海外への普及と、固有技術の高度化、地震による道路法面被害を軽減するための方法論を簡便に記した設計・施工マニュアルを提案した。

3. 研究の方法

主要な研究項目と研究の実施方法を下記に示す。

- (1) ネパール地震による山地道路の被害と蛇籠擁壁に関する現地調査
アラニコ・ハイウェイを対象とした実態調査・蛇籠擁壁に対する原位置試験と蛇籠の積層数、籠枠の形状、中詰材の寸法等を計測するための簡易測量調査。
- (2) ネパール国における蛇籠の利用形態に関する現地調査と既存資料の収集
アラニコ・ハイウェイを対象とした実態調査による利用実態の分析と構造物毎の分類、蛇籠擁壁の設計・施工法の整理・利活用に関する実態調査。
- (3) 室内実験による蛇籠擁壁の地震時安定性の検証
蛇籠中詰材に対する室内要素試験と蛇籠構造体に対する小型模型実験、数値解析による蛇籠擁壁の耐震性能の評価。
- (4) 耐震性を有する蛇籠擁壁に対する設計・施工マニュアルの作成と普及活動
国際ワークショップや現地ヒアリングに基づくニーズの聴取と、ネパール国内の事情に即した設計・施工マニュアルの作成、国際ワークショップなどを通じた普及活動。

4. 研究成果

各研究項目で得られた主要な知見を下記に示す。

(1) ネパール地震による山地道路の被害と蛇籠擁壁に関する現地調査

- ① アラニコ・ハイウェイ沿線に設置された蛇籠擁壁 (115 箇所) を対象に蛇籠擁壁に関する現地調査を行い、擁壁の高さや段数、積層方法、中詰材の岩種や岩質、蛇籠の損傷程度を調べ、地震で生じた被害との傾向を分析した。現地調査で得られた範囲では、構造物の違いによらず積層方法や積層数、中詰材などに対する明確な傾向は見られなかった。
- ② ネパール国では、蛇籠のサイズは 1m×1m×1m のものが主流で、我が国で用いられる籠枠より小さく、中詰材の岩種は玉石、岩塊、その混合材の 3 種類が確認された。
- ③ 地震による蛇籠道路擁壁の損傷は、孕み出し程度の場合、擁壁の調査前 27 箇所中 14 箇所見られたが、錆による劣化に起因するもので構造体に影響するものではなかった。蛇籠の切断による中詰材の盗難が確認され、メンテナンスが十分でないことが推察された。
- ④ ネパール国で用いられる蛇籠の鉄線や金網の種類は用途によらずほぼ統一されていた。鉄線の材料特性は、我が国のそれに比べ、メッキ塗布等の表面処理の違いにより、籠枠の推定耐用年数は半分程度 (約 20 年) であった。
- ⑤ サウンディング試験結果から、蛇籠擁壁基礎部を構成する地盤の換算 N 値は 40 で良質な風化土と想定されたが、その上部は換算 N 値が 5 前後と崩壊土が緩く堆積し、降雨などによって崩れやすい地盤であることが分かった。
- ⑥ 蛇籠擁壁の降雨浸透に対する変形量は、蛇籠擁壁の構造によらず、蛇籠の透水性や背面土砂の目詰まりを防ぐ不織布により大幅に抑制されることが確認された。

(2) ネパール国における蛇籠の利用形態に関する現地調査と既存資料の収集

- ① アラニコ・ハイウェイ沿線で施工された蛇籠の利用実態は、道路擁壁や山留壁、車両防護壁、護岸工、砂防堰堤などに利用されており、その半数を道路擁壁が占めていた (図-1)。
- ② 蛇籠構造物は、籠枠や中詰材などの材料の調達や施工性に優れ、安価なことから、擁壁工、河川工、砂防などのあらゆる土木工事に活用され国内に広く普及する実態を確認した。
- ③ ネパール国の蛇籠構造物は、構造物の用途により蛇籠の積層数や中詰材の利用形態が異なっていた。蛇籠の施工は、ほとんどの場合重機を用いず、手作業で進められていた。
- ④ 現地技術者、有識者に対するヒアリング結果から、作製方法や中詰材の調達方法、基礎処理、積層方法などは Nepal Standard (NS) に籠枠に関する基準があるが、我が国のような設

計・施工に関する明確な手順書はなく、発注者もしくは施工者の経験則に依存していた。

- ⑤ ネパール国では、1985年のLamosangu-Jiji feeder roadでの建設工事から、山留、路側等に蛇籠が活用されるようになり、現在も利用が盛んである。
- ⑥ 蛇籠擁壁の設計は、我が国では蛇籠を道路擁壁として起用する際には、背面地盤の土質や形状、法勾配、基礎処理の対応などを含む安定性の計算を試算するのに対し、ネパール国では支持力に対するの検討のみで、常時及び地震時の安定性が低いと推察された。

(3) 室内試験による蛇籠擁壁の地震時安定性の検証

【室内土質試験から得られた主要な知見】

- ① ネパール国で採取した擁壁背後の表層土の平均粒径 D_{50} は $0.01\text{mm} \sim 0.02\text{mm}$ 、細粒分含有率 F_c は 63% で、シルトを多く含んだ細粒土であった。一方、均等係数 U_c が 10 を超え、礫分が 5% 程度含まれていたことから地盤材料の工学的分類 (JGS 0051) における礫まじり細粒分質砂に分類された。このような細粒分含有率が高い一方、粘性の低い土質は、雨水の浸透で容易に崩壊する危険性が高く、擁壁の安定性に影響すると推察された。
- ② ネパール国で活用される中詰土の密度と吸水率は、我が国で用いられたそれにほぼ類似している (表-1)。一方、蛇籠擁壁に用いる中詰材は、粒径がほぼ均一な我が国の材料特性とは異なり、岩塊状を用いる場合が多く、サイズは長径の粒径幅が広がる傾向が見られる。

【室内要素 (三軸) 試験より得られた知見】

- ① 蛇籠中詰材の力学特性を求めめるため、現地で利用例の多い角礫、円礫に対して圧密排水三軸圧縮 (CD) 試験、繰返し非排水三軸試験を行った。三軸試験は直径 100mm 、高さ 200mm の中型供試体で行い、現地で計測した粒度分布と相似粒径を持つ材料を対象とした。供試体作成法は、手積みでの試料投入を想定し、落下高さゼロ (最大間隙比相当) とした。
- ② CD 試験結果 (図-2) では、中詰材の粒度や相対密度がほぼ等しい場合であっても、円礫は正のダイレイタンスーを、角礫は負のダイレイタンスーを示した。せん断試験後に求めた各試料の粒子破碎率は、円礫に比べて角礫が大きく、拘束圧依存性を示した。円礫のせん断抵抗角は $\phi_d=46^\circ$ 、角礫は $\phi_d=44^\circ$ であり、両試料ともに $D_r=80\%$ 程度の密詰め時の豊浦砂よりもせん断抵抗角が大きい結果となった。
- ③ 中詰材の繰返し非排水三軸試験結果 (図-3) では、粒子形状の違いによらず載荷初期から平均有効主応力が緩やかに減少し、変相線到達後から急激に軸ひずみが発生し過剰間隙水圧比が 1.0 に到達する、緩い砂に類似の挙動を示した。角礫では、繰返しせん断後に粒子の欠損が生じていた。繰返し非排水せん断強度は、CD 試験同様に粒子形状の違いによらず類似の結果を示し、繰返し載荷回数 $N_c=20$ における両振幅軸ひずみ DA が 5% に達する時点での繰返しせん断強度 R_{L20} は円礫が $\sigma_c/2\sigma'_0=0.33$ 、角礫が $\sigma_c/2\sigma'_0=0.31$ であり、 $D_r=10\%$ の同程度の相対密度を有する砂礫材に比べ非常に大きな値を示した。
- ④ 一連の三軸実験から、円礫と角礫の力学特性が異なる要因として、円礫は粒度組成や相対密度が等しいが余裕間隙比 $e-e_{\min}$ が角礫を大きく下回ることで、角礫は粒子が破碎しやすく体積圧縮しやすいことなどが影響すると推察された。
- ⑤ 中詰材に使用する材料は、余裕間隙比が小さく粒子破碎が発生しにくい円礫の方が優位である。裏込土は負のダイレイタンスー特性が顕著に現れており、緩詰め材料に見られる特有のせん断特性を示すため、擁壁設置前に力学特性を適切に評価することが望ましい。

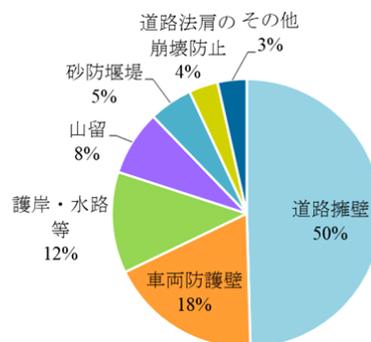


図-1 ネパール国の蛇籠の土木構造物への利用割合

表-1 中詰材の密度と吸水率の比較

	形状	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)
ネパール国	岩塊	2.67	0.93
	玉石	2.68	0.34
高知県 奈半利川	玉石	2.64	0.78

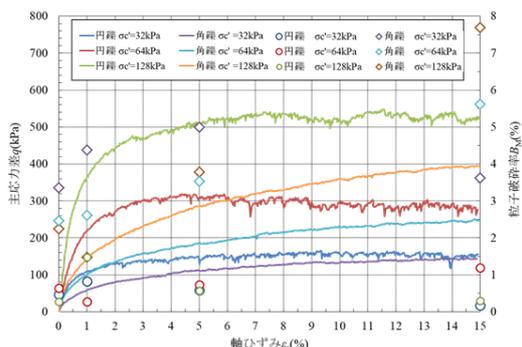


図-2 中詰材の CD 試験結果と粒子破碎率の関係

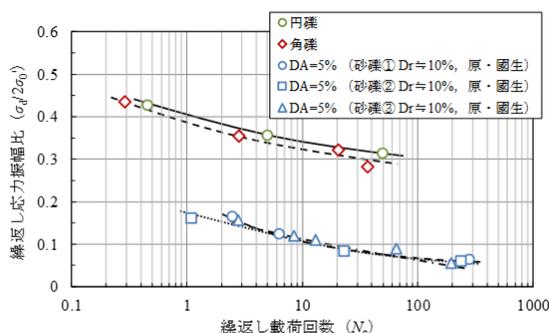


図-3 中詰材の繰返し非排水三軸試験結果

【水平載荷実験から得られた主要な知見】

- ① 各辺が 20cm の模型蛇籠に、前述の三軸試験で用いた試料を中詰し、図-4 の試験機内部に積層した蛇籠中央部に変位速度 1.5mm/min の外力を加えた。直立 3 段積み の蛇籠は、蛇籠同士が緊結され、密な中詰材で構成された構造体が水平載荷圧に対する抵抗が大きいことが分かった。
- ② 一連の試験結果から、蛇籠擁壁の水平外力に対する安定性は、籠枠同士の針金による結合と中詰材の密度が大きく影響することが明らかになり、密な中詰材で構成される蛇籠は緩い中詰材のそれに比べ、せん断過程で生じる粒子破砕率が大きくなる傾向を示した。

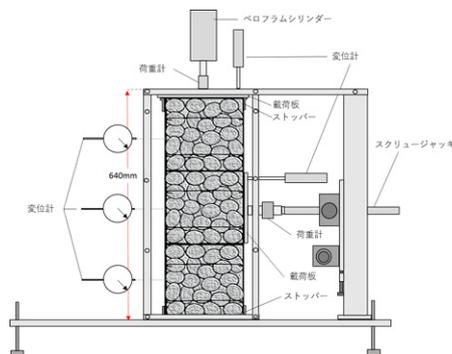


図-4 水平載荷試験機の構成

【数値解析により得られた主要な知見】

- ① 防災科学技術研究所で実施した、実大蛇籠振動台実験を対象とした再現解析を実施した。解析は、ネパール国で多く見られる 3 層を垂直に積層した実験ケース (CASE1)、我が国の擁壁で採用される 3 層を階段状に積層した実験ケース (CASE2) を対象とした。
- ② 数値解析結果は、各ケースの断面によって多少の誤差はみられるものの、CASE1 と比較して CASE2 の擁壁天端付近の変形量が小さくなり、その傾向は実験事実と一致した。実験及び数値解析結果から、蛇籠の地震時の変形性は中詰材の詰め方や蛇籠の積み方の違いに起因することが示唆された。

(4) 耐震性を有する蛇籠擁壁に対する設計・施工マニュアルの作成

- ① ネパール国政府関係者、地方自治体技術者、有識者 (トリブバン大学教員) に対して、蛇籠の設計・施工指針の現状に関するヒアリング調査を行った。その結果、蛇籠擁壁に対する設計・施工マニュアルはネパール国になく、必要性が高いことが分かった。
- ② ネパール国における耐震性を有する蛇籠道路擁壁の基礎資料として、設計・施工から維持管理に至るまでの課題と改善策を邦文の簡易マニュアルにまとめた。一連のマニュアルを、国際ワークショップで披露し、我が国の優れた土木技術の海外への普及に貢献した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 8 件)

- ① 中澤博志, 原 忠, 末次大輔, 西剛整, 栗林健太郎, 張 浩, ハザリカ ヘマンタ, 三好克明, 下村昭司, 木村瞬, 白倉和也, 柴原隆, 田畑憲太郎: 蛇籠を用いた耐震性道路擁壁の実大振動台実験及び評価手法の開発, 防災科学技術研究所研究資料, (査読有), 第 426 号, 2019.
- ② Kimura, S., Hara, T., Suetsugu, D., Nakazawa, H., Nishi, T., Shimomura, S., Shibahara, R. and Kuribayashi, K.: An issue of seismic structure and construction regarding gabion retaining wall in rural area of Nepal, The 7th Asia Conference on Earthquake Engineering, Paper ID: ACEE0151, (査読無), pp.1-10, 2018.
- ③ Nakazawa, H., Hara, T., Suetsugu, D., Nishi, T., Kuribayashi, K., Miyoshi, K. and Shimomura, S.: Experimental Evaluation on Earthquake-Resistance of Road Retaining Wall Using Gabion, Journal of Disaster Research (査読有), Vol.13, No.5, pp.897-916, 2018.
- ④ 原 忠, 中澤博志, 末次大輔, 栗林健太郎, 西剛整, 田所佑理佳, 三好克明, 張 浩: 2015 年ネパール・ゴルガ地震における蛇籠被害の実態調査と耐震性向上に向けた具体策の検討, 土木学会論文集 A1, (査読有), Vol.74, No.4, pp.I_586-I_597, 2018.
- ⑤ 中澤博志, 原 忠, 末次大輔, 栗林健太郎, 西剛整, 三好克明, 田所佑理佳, 白倉和也: 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, 土木学会論文集 A1, (査読有), Vol.74, No.4, pp.I_441-I_451, 2018.
- ⑥ Nakazawa, H., Hara, T. and Suetsugu, D.: Testing gabions to protect against earthquakes, Engineering natural disaster mitigation, (査読無), pp.1-4, 2018.
- ⑦ Nakazawa, H., Hara, T., Suetsugu, D., Kuribayashi, K., Nishi, T. and Hazarika, H.: Residual deformation in Full-scale shake table test of a gabion retaining wall for road, The 15th International Symposium on Geo-disaster Reduction, (査読有), p.109, 2017.
- ⑧ Kuribayashi, K., Hara, T., Nakazawa, H., Suetsugu, D., Nishi, Y. and Hazarika, H.: Damage survey on gabion structures in the 2015 Nepal Gorkha Earthquake, The 14th International Symposium on Geo-disaster Reduction Changdu, (査読有), China 10-13 October, 2016.

〔学会発表〕 (計 29 件)

- ① 中澤博志: 蛇籠擁壁の振動特性把握に関する実大模型実験, 第 15 回日本地震工学シンポジウム発表論文集, 2019.
- ② 西剛整: 蛇籠擁壁の耐震性に関する解析的評価, 第 15 回日本地震工学シンポジウム発表論文集, 2018.
- ③ 原 忠: ネパール国における耐震性の向上に着目した蛇籠擁壁施工に関する基礎的調査,

- 地盤工学会四国支部平成 30 年度技術研究発表会講演概要集, 2018.
- ④ 西剛整: 蛇籠擁壁の耐震性に関する実大実験の解析的評価, 地盤工学会四国支部平成 30 年度技術研究発表会講演概要集, 2018.
 - ⑤ 西剛整: 蛇籠擁壁の耐震性に関する実大実験および安定性評価(その 3) - 解析的評価 -, 土木学会第 73 回年次学術講演集, 2018.
 - ⑥ 白倉和也: 蛇籠擁壁の耐震性に関する実大実験および安定性評価(その 2) - 安定性評価 -, 土木学会第 73 回年次学術講演集, 2018.
 - ⑦ 中澤博志: 蛇籠擁壁の耐震性に関する実大実験および安定性評価(その 1) - 残留変形の概要 -, 土木学会第 73 回年次学術講演集, 2018.
 - ⑧ 西剛整: 実大振動台実験による蛇籠擁壁の耐震性評価 その 3 - 蛇籠擁壁の安定に対する解析的評価 -, 第 53 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2018.
 - ⑨ 原 忠: 実大振動台実験による蛇籠擁壁の耐震性評価 その 2 - 挙動と残留変位 -, 第 53 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2018.
 - ⑩ 中澤博志: 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 -, 第 53 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2018.
 - ⑪ 末次大輔: 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 -, 第 53 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2018.
 - ⑫ 原 忠: 室内試験による蛇籠擁壁の耐震性評価(その 1) - 中詰材のせん断特性 -, 第 53 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2018.
 - ⑬ 中澤博志: 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, 第 37 回土木学会地震工学研究発表会概要集, 2017.
 - ⑭ 原 忠: 2015 年ネパール・ゴルカ地震における蛇籠被害の実態調査と耐震性向上に向けた具体策の検討, 第 37 回土木学会地震工学研究発表会概要集, 2017.
 - ⑮ 白倉和也: 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 - 残留変形と背面盛土に発生したクラックの評価 -, 日本地震工学会・大会 2017, 2017.
 - ⑯ 松田衛: 大型振動台実験による直立式およびもたれ式蛇籠擁壁の地震時破壊形態の比較, 平成 29 年度土木学会西部支部研究発表会講演集, 2017.
 - ⑰ 栗林健太郎: 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 -, 土木学会第 72 回年次学術講演集, 2017.
 - ⑱ 末次大輔: 蛇籠擁壁の耐震性評価手法検討(その 2) - 蛇籠構造の模型実験 -, 土木学会第 72 回年次学術講演集, 2017.
 - ⑲ 原 忠: 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 -, 土木学会第 72 回年次学術講演集, 2017.
 - ⑳ 原 忠: 大型振動台実験による実大蛇籠擁壁の振動特性(その 2) - 振動特性と緊結効果の評価 -, 地盤工学会四国支部平成 29 年度技術研究発表会講演概要集, 2017.
 - ㉑ 原 忠: 大型振動台実験による実大蛇籠擁壁の振動特性(その 1) - 実験概要 -, 地盤工学会四国支部平成 29 年度技術研究発表会講演概要集, 2017.
 - ㉒ 白倉和也: 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発表講演集, 2017.
 - ㉓ 末次大輔: 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発表講演集, 2017.
 - ㉔ 原 忠: 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発表講演集, 2017.
 - ㉕ 松尾光流: 振動台実験による直立蛇籠擁壁の地震時破壊形態の解明, 土木学会西部支部研究発表会講演集, 2017.
 - ㉖ 栗林健太郎: 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 4 蛇籠中詰め材の施工方法 -, 第 51 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2016.
 - ㉗ 末次大輔: 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 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発表講演集, 2016.
 - ㉘ 中澤博志: 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発表講演集, 2016.
 - ㉙ 原 忠: 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 1 調査概要 -, 第 51 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2016.

[その他]

ホームページ等

高知大学地盤防災学研究室 (<http://www.cc.kochi-u.ac.jp/~haratd>)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 末次 大輔

ローマ字氏名: (SUETSUGU, daisuke)

所属研究機関名: 佐賀大学 (現: 宮崎大学)

部局名：低平地沿岸海域研究センター（現：工学部 社会環境システム工学科）
職名：准教授（現：教授）
研究者番号：30423619

研究分担者氏名:中澤 博志
ローマ字氏名：(NAKAZAWA, hiroshi)
所属研究機関名：国立研究開発法人 防災科学技術研究所
部局名：地震減災実験研究部門
職名：主幹研究員
研究者番号：20328561

研究分担者氏名:ハザリカ ヘマンタ
ローマ字氏名：(HAZARIKA, hemanta)
所属研究機関名：九州大学
部局名：工学研究院
職名：教授
研究者番号：00311043

研究分担者氏名:張 浩
ローマ字氏名：(ZHANG, hao)
所属研究機関名：高知大学
部局名：教育研究部自然科学系理工学部門
職名：准教授
研究者番号：90452325

(2)研究協力者

研究協力者氏名:國生 剛治
ローマ字氏名：(KOKUSHO, takaji)

研究協力者氏名:栗林 健太郎
ローマ字氏名：(KURIBAYASHI, kentaro)

研究協力者氏名:木村 瞬
ローマ字氏名：(KIMURA, syun)

研究協力者氏名:臼倉 和也
ローマ字氏名：(USUKURA, kazuya)

研究協力者氏名:西 剛整
ローマ字氏名：(NISHI, tsuyoshi)

研究協力者氏名:下村 昭司
ローマ字氏名：(SHIMOMURA, syoji)

研究協力者氏名:西村 義幸
ローマ字氏名：(NISHIMURA, yoshiyuki)

研究協力者氏名:三好 克明
ローマ字氏名：(MIYOSHI, katsuaki)

研究協力者氏名:永見 光三
ローマ字氏名：(NAGAMI, kozo)

研究協力者氏名: Durga Prasad Sangraula

研究協力者氏名: Pawan Bhattarai

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。