

令和元年6月26日現在

機関番号：82102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04413

研究課題名（和文）蛇籠を用いた耐震性道路擁壁と評価手法の開発

研究課題名（英文）Development of Earthquake-Resistant Road Retaining Wall Using Gabion and Establishment of Evaluation Method

研究代表者

中澤 博志（Nakazawa, Hiroshi）

国立研究開発法人防災科学技術研究所・地震減災実験研究部門・主幹研究員

研究者番号：20328561

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、蛇籠の利活用実態と地震被害調査結果に着目し、蛇籠道路擁壁の耐震性を評価するため実大振動台実験を行った。実験では、直立式、階段式、および蛇籠数を増やした重力式の3つの擁壁ケースを検討した。

蛇籠擁壁の残留変形を比較すると、直立式は加振後に前方に大きく傾斜したが崩壊せず、2015年ネパールゴルカ地震時に確認された損傷状況と同様の状況を示した。他の2つのケースはわずかな変形のみ生じ、その適用にあたり、非常に有用かつ効果的な構造であることがわかった。最終的に、耐震設計の確立のため、試行くさび法とFEM解析をすべての実験結果に適用し、これらの方法が蛇籠擁壁にも適用可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、利用実績が増加してきている蛇籠に着目し、積極的な利活用と抗土圧構造物として擁壁への応用および耐震化を目標に本研究を実施した。

学術的な意義としては、実大模型実験での耐震性検証を通じ、定量的な評価手法を提案することある。実大実験は、多数のデータを取得できることから、現地調査では推察に過ぎない詳細な被災メカニズムや変形・破壊過程の分析が可能となる。これは、数値解析による予測精度向上を行う上で、解析モデルの妥当性検証に必要なことであり、設計手法の構築への糸口となり得る。また、蛇籠擁壁は、単純・安価であるため、防災技術力の向上にも資する意味で、社会的意義も高いと考える。

研究成果の概要（英文）：In this study, focused on the results of the on-site utilization and damage survey on gabion retaining wall, full-scale shake table tests were conducted to evaluate the earthquake resistance of retaining wall for road using gabion. In these experiments, 3 cases of vertical type, stepwise type and gravity type with an increased number of gabions were considered. Comparing the residual deformations of the gabion retaining walls, vertical type did not collapse but tilted forward largely after the shake test, and showed a similar situation to the damage situation confirmed after 2015 Nepal Gorkha Earthquake. Other two cases suffered only slight deformation and showed as a useful and effective structure for application in construction. Finally, for the establishment of earthquake-resistant design, trial wedge method and FEM analysis were applied to the experimental results of 3 cases and it was indicated that these methods could be also applied to gabion retaining wall.

研究分野：地盤工学

キーワード：蛇籠 地盤防災 擁壁 実大模型 振動台実験 地震 数値解析 残留変形

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

“蛇籠”は、一つ一つが独立した単体構造のため運搬・材料調達・施工が容易であり、中詰土と番線で構成される簡単な構造であるため、道路擁壁、砂防施設、河川護岸構造物等、あるいは防災用の仮設材を始め、多種多様な用途で国内外における土木現場や農業土木分野に用いられている。また、最近の地震被害事例では、コンクリート擁壁等が被災しているにも拘わらず、蛇籠擁壁はその粘り強さから地震による崩壊を防いだ事例が報告されている¹⁾。

近年では蛇籠構造物の採用件数も増えてきており、そのニーズは高まりつつある。その一方、蛇籠そのものの变形特性や構造物そのもののメカニズムが不明であることから、既存の計算手法を援用した安定計算に頼っており、事前のシミュレーション等を実施した被災予測に基づく対策ができる水準には及んでおらず、未だ経験則に頼っているのが現状である。この地盤工学的課題を克服するためには、被災予測手法の高精度化が必要であり、まずは最初に蛇籠のせん断・变形特性を明らかにし、メカニズムを考慮した設計手法を構築する必要がある。

2. 研究の目的

最終的に低コストで施工が容易な蛇籠擁壁の設計を可能にすることを目的に、本研究では、中詰土とこれを拘束する蛇籠の变形特性を明らかにし、実大実験を通じ抗土圧構造物として安定性・耐震性を考慮した耐震性蛇籠擁壁の開発と耐震性評価手法を提案した。

3. 研究の方法

本研究における研究項目は、「(1) 蛇籠の利活用と地震被害に関する調査」、「(2) 室内要素試験による中詰土のせん断特性の評価」、「(3) 室内小型模型実験による蛇籠擁壁のせん断挙動の評価」および「(4) 実大規模模型実験による地震時耐震性の検証」からなる。(1)は、擁壁被害事例に関する調査を行い、蛇籠の利活用形態の把握と実大実験の設計を行った。(2)では、三軸試験により粒子配列の違いによる蛇籠中詰材のせん断特性を把握した。(3)では、ミニチュア蛇籠を用いた蛇籠擁壁モデルの水平載荷試験による变形メカニズムを評価した。(4)では、～の検討に基づき、蛇籠擁壁の実大実験を実施し、地震時挙動の把握・分析と FEM 解析モデルの構築とその妥当性を確認した。

4. 研究成果

(1) 蛇籠の利活用と地震被害に関する調査

蛇籠は、一つ一つが独立した単体構造のため運搬・材料調達・施工が容易であること、また、中詰土と鉄線で構成される単純構造であるため、多種多様な用途で国内外における土木現場や農業土木分野に用いられている²⁾。国内において、建設コスト削減の観点から、建設事業における採用件数は今後も増えていくものと考えられるが、実績としては仮設材としての利用が多いのが現状である。国外では様々な用途に使われているが、2015年に起きたネパール・ゴルカ地震におけるアラニコ・ハイウェイ沿い 115 か所の調査結果(図1)では、道路擁壁が 50%と最も多く見られた。地震による被災形態を A(無被害) B(孕み出し相当) および C(崩壊) に分類すると、ほぼ半数が B であり、少なくとも道路を閉塞するまでの大きな被害は免れていた。また、角形蛇籠が主に用いられ、直立積み構造物が道路擁壁に多いこと、籠枠の寸法は $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ が主であり積層数は 3 段が多く見られた。

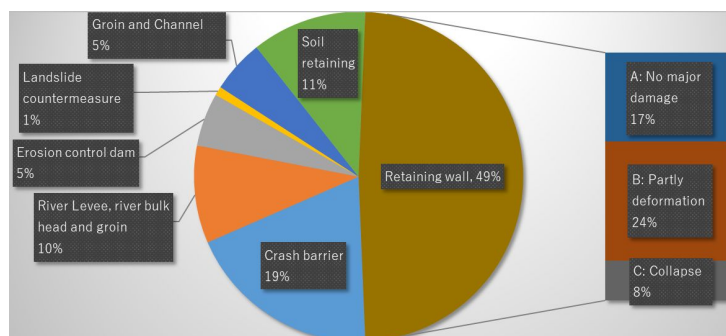


図1 アラニコ・ハイウェイ沿いの蛇籠構造物内訳

(2) 室内要素試験による中詰土のせん断特性の評価

(1)の調査から、蛇籠内部に用いられる中詰め石については、我が国で採用される中詰材とほぼ同程度の粒径の玉石や加工によりできた岩塊の端材をランダムに投入しているケースが散見された。そこで、蛇籠単体の安定性や变形特性を支配する中詰め材の形状の違いに着目した三軸試験を実施し、せん断特性の違いを把握し、蛇籠の安定性を考察した。

試料は、円礫として高知県仁淀川の河床砂礫、角礫には茨城県筑波山産の碎石を調整して用いた。図2に圧密排水三軸圧縮(CD)試験結果を示す。モール・クーロンの破壊包絡線(赤の実線)から得られるせん断抵抗角 ϕ_d は、円礫で $\phi_d=46^\circ$ 、角礫は $\phi_d=44^\circ$ となり、円礫の方がわずかながらせん断抵抗角が大きいことが分かった。なお、せん断時には、角礫は円礫に比べて粒

子破碎率が大きいと、破碎によって土粒子が間に落ち込み圧縮変形しやすい点からも、円礫を用いた方が蛇籠単体の安定性に寄与するものと考えられる。

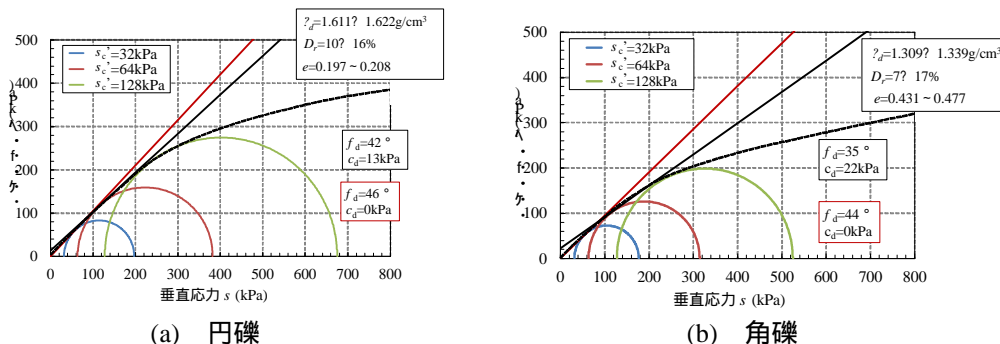


図2 圧密排水三軸圧縮 (CD) 試験結果

(3) 室内小型模型実験による蛇籠擁壁のせん断挙動の評価

蛇籠擁壁の基本的な挙動を調べるための模型実験装置を作製し、変形抵抗に及ぼす中詰め材の形状、充填密度(密詰・緩詰)、蛇籠同士の緊結ならびに上載荷重の影響を調べた。模型蛇籠の寸法は、20cm×20cm×20cm であり、中詰め石は室内試験と同様、粒径範囲 19mm~37mm である角礫および円礫である。図3、4に水平載荷実験装置の概略および載荷時の模型の変形状況をそれぞれ示す。載荷方法は、最上段蛇籠上面に一定に加圧し、中段蛇籠背面に変位速度 1.5mm/min で水平載荷した。一連の実験結果から、a) 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、b) 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。

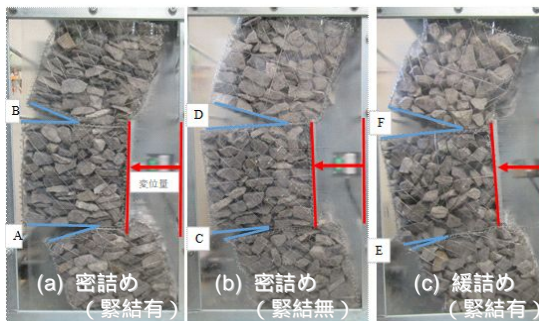
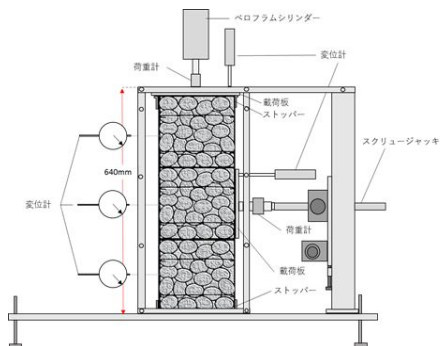


図3 蛇籠模型の水平載荷実験装置 図4 水平変位 90mm 時の模型蛇籠擁壁の変形状況 (角礫)

(4) 実大規模模型実験による地震時耐震性の検証

蛇籠擁壁の耐震性能および地震時動的挙動を検証するため、壁高 3m の実大擁壁模型を用いた振動台実験を実施した。蛇籠擁壁模型は、(1)の現地調査に基づき表1に示す3ケースが計画された。

実験では加速度と変位の計測による動的挙動を把握するとともに、3D レーザー測を実施し蛇籠擁壁の残留変形を調べた。最も被災性の高い Case1 の 3D レーザー計測結果を図5に示す。一連の実験結果から、a) 蛇籠擁壁は加振によって徐々に前傾し背後地盤が変形すること、b) 蛇籠擁壁と背後地盤との位相差や振幅の大きさが異なることで、背後地盤が崩壊に至ることを確認した。また、崩壊した土塊は、蛇籠擁壁を変形させる要因となり得るが、最も残留変形の大きかった Case1 において、転倒・破壊には至らずに自立していた。したがって、蛇籠擁壁は柔構造あるいは可撓性に富むことが利点であることを確認できた。

また、設計手法構築のために実施した Case1 および Case2 に対する再現解析結果を図6に示す。解析では、実験で背後のクラックが確認されたケースを対象に実施した。実験では、蛇籠擁壁上部と背後地盤の位相差や剥離に起因する崩壊が生じたが、解析において、蛇籠擁壁と背面地盤が衝突と開きを繰返す現象を再現することができ、評価手法となり得ることを示した。

表1 各実験ケースの特徴

実験ケース	加振条件	特徴	蛇籠擁壁		背後地盤		
			構造	密度 (t/m³)	湿潤密度 γ (kN/m³)	自然含水比 w_n (%)	締固め度 D_c (%)
Case1	65, 132, 203, 257Gal	ネパール・アラニコハイウェイで最も多かった形式で被災箇所も多数	3段直積み	15.80	17.09	5.0	86.4
Case2	85, 162, 244, 313Gal	コスト安ではあるが、耐震性は背後地盤の安定性に依存する	3段階積み (階段状)	15.41	18.19	7.5	89.9
Case3	83, 151, 249, 302Gal	コスト高ではあるが、背後地盤に拘わらず安定性が高い	重力式 (3段2列)	15.08	18.23	6.9	90.5

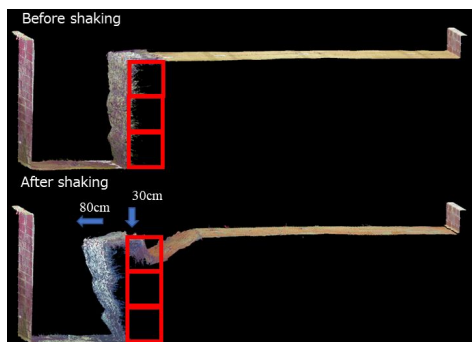


図5 3Dレーザー計測結果 (Case1)

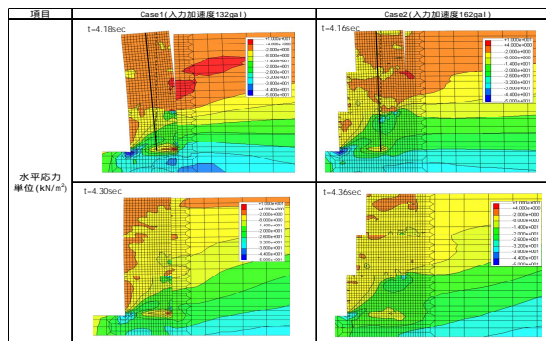


図6 再現数値解析結果 (Case1 および Case2)

参考文献：1) Hiroshi NAKAZAWA, Suman Manandhar, Tadashi HARA, Daisuke SUETSUGU, Kentaro KURIBAYASHI, Tsuyoshi NISHI, Takuya SAKURABA, Takafumi KARIYA, Yuki KOCHI and Hemanta HAZARIKA: REPORT ON DAMAGES CAUSED BY THE 2015 NEPAL GORKHA EARTHQUAKE, JAEE International Symposium on Earthquake Engineering, P2-36, 9p, 2015., 2) 日本じゃかご協会：じゃかご工法の手引きと解説，2001.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10 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, 田端憲太郎: 蛇籠を用いた耐震性道路擁壁の実大振動台実験および評価手法の開発 - 被災調査から現地への適用に至るまで -, 防災科学技術研究所研究資料第 426 号, 全 114p (査読無), 2019.
- 2) Hiroshi Nakazawa, Tadashi Hara, Daisuke Suetsugu, Tsuyoshi Nishi, Kentaro Kuribayashi, Katsuaki Miyoshi and Shoji Shimomura: Experimental Evaluation on Earthquake-Resistance of Road Retaining Wall Using Gabion, Journal of Disaster Research, Vol.13, No.5, pp.897-916 (査読有), 2018.
- 3) 白倉和也, 中澤博志, 西剛整, 原忠, 末次大輔, 栗林健太郎: 蛇籠を用いた道路擁壁の安定計算に関する一考察, 第 61 回地盤工学シンポジウム, 7-3, pp.1-4 (査読無), 2018.
- 4) 中澤博志, 原忠, 西剛整, 末次大輔, 三好克明, 下村昭司, 栗林健太郎, 柴原隆: 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, pp.2835-2844 (査読無), 2018.
- 5) 西剛整, 中澤博志, 原忠, 末次大輔, 柴原隆: 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, pp.397-406 (査読無), 2018.
- 6) 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 (構造・地震工学), Vol.74, No.4, pp.I_441-451 (査読有), 2018.
- 7) 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, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.74, No.4, pp.I_586-597 (査読有), 2018.
- 8) Hiroshi Nakazawa: Development of earthquake-proof road retaining wall and related evaluation method, Impact Linking research and industry, ISSN2398-7073, pp.67-69, 2018. (Impact, Volume 2018, Number 1, March, DOI: <https://doi.org/10.21820/23987073.2018.67>, 2018.) (査読無)
- 9) 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, 第 37 回地震工学研究発表会講演論文集, No.1107, pp.1-10 (査読無), 2017.
- 10) 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 回地震工学研究発表会講演論文集, No.1171, pp.1-10 (査読無), 2017.

〔学会発表〕(計 29 件)

- 1) Shun Kimura, Tadashi Hara, Daisuke Suetsugu, Hiroshi Nakazawa, Tsuyoshi Nishi, Shoji Shimomura, Ryu Shibahara and Kentaro Kuribayashi: An issue of seismic structure and construction regarding gabion wall in rural area of Nepal, 7th Asia Conference on Earthquake Engineering, No.0151, pp.1-10, Bangkok, 2018.
- 2) 松田衛, 末次大輔, 中澤博志, 原忠, 田所佑理香, 柴原隆, 西剛整, 栗林健太郎: 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 (III-93), pp.425-426, 2018.
- 3) 原忠, 田所佑理佳, 末次大輔, 中澤博志, 西剛整, 栗林健太郎: 蛇籠擁壁の室内試験による耐震性評価(その 1) - 中詰材のせん断特性 -, 第 53 地盤工学研究発表会 (pp.1795-1796, 2018).
- 4) 末次大輔, 原忠, 中澤博志, 田所佑理佳, 栗林健太郎, 西剛整: 蛇籠擁壁の室内試験によ

- る耐震性評価(その2) - 模型蛇籠擁壁の水平載荷実験 -, 第 53 地盤工学研究発表会, pp.1797-1798, 2018.
- 5) 木村瞬, 中澤博志, 原忠, 張浩, 田所佑理佳, 柴原隆, 末次大輔, 松田衛, 西剛整, 栗林健太郎: 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 地盤工学研究発表会, pp.1807-1808, 2018.
 - 6) 柴原隆, 原忠, 田所佑理佳, 末次大輔, 松田衛, 中澤博志, 西剛整, 栗林健太郎, 三好克明, 下村昭司: 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 地盤工学研究発表会, pp.1809-1810, 2018.
 - 7) 西剛整, 原忠, 木村瞬, 柴原隆, 中澤博志, 栗林健太郎, 末次大輔, 田所佑理佳: 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 地盤工学研究発表会, pp.1811-1812, 2018.
 - 8) 中澤博志, 原忠, 末次大輔, 西剛整, 三好克明, 下村昭二, 白倉和也, 栗林健太郎, 木村瞬, 柴原隆, 田所佑理佳, 松田衛: 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 回年次学術講演会, pp.689-690, 2018.
 - 9) 白倉和也, 中澤博志, 西剛整, 原忠, 末次大輔, 三好克明, 下村昭二, 栗林健太郎, 木村瞬, 柴原隆: 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 回年次学術講演会, pp.691-692, 2018.
 - 10) 西剛整, 中澤博志, 白倉和也, 原忠, 末次大輔, 三好克明, 下村昭司, 栗林健太郎, 木村瞬, 柴原隆: 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 回年次学術講演会, pp.693-694, 2018.
 - 11) 原忠, 柴原隆, 西剛整, 中澤博志, 木村瞬, 末次大輔, 下村昭司, 西村義幸: 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, 平成 30 年度地盤工学会四国支部技術研究発表会, 2p, 2018.
 - 12) 西剛整, 原忠, 柴原隆, 中澤博志, 末次大輔: 蛇籠擁壁の耐震性に関する実大実験の解析的評価, 平成 30 年度地盤工学会四国支部技術研究発表会, 2p, 2018.
 - 13) Hiroshi Nakazawa: Development of Environmentally-friendly Disaster Resilience Technology by Effective Utilization of Gabions, Asian Conference on Disaster Reduction 2018, Space-based technology and affordable solutions facilitating DRR Asian Disaster Reduction Center, 2018.
 - 14) 松尾光流, 末次大輔, 中澤博志, 原忠, 田所佑理佳, 栗林健太郎, 西剛整, ハザリカ・ヘマンタ: 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, III-040, pp.331-332, 2017.
 - 15) Hiroshi Nakazawa, Tadashi Hara, Daisuke Suetsugu, Kentaro Kuribayashi, Tsuyoshi Nishi, Hemanta Hazarika: Residual deformation in Full-scale shake table test of a gabion retaining wall for road, 15th International Symposium on Geo-disaster Reduction, p.109, Matsue, 2017.
 - 16) 原忠, 田所佑理佳, 張浩, 中澤博志, 田端憲太郎, 末次大輔, 松尾光流, 栗林健太郎, 西剛整, 三好克明, ハザリカ・ヘマンタ: 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.
 - 17) 末次大輔, 松尾光流, 中澤博志, 原忠, 田所佑理佳, 栗林健太郎, 西剛整: 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.
 - 18) 白倉和也, 原忠, 田所佑理佳, 中澤博志, 田端憲太郎, 末次大輔, 松尾光流, 西剛整, 栗林健太郎: 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.
 - 19) 原忠, 田所佑理佳, 末次大輔, 松尾光流, 中澤博志, 西剛整, 栗林健太郎, 三好克明: 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 回年次学術講演会, pp.481-482, 2017.
 - 20) 末次大輔, 松尾光流, 中澤博志, 原忠, 田所佑理香, 栗林健太郎, 西剛整: 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-, 土木学会第 72 回年次学術講演会, pp.483-484, 2017.
 - 21) 栗林健太郎, 原忠, 末次大輔, 中澤博志, 田所佑理佳, 松尾光流, 西剛整: 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 回年次学術講演会, pp.485-486, 2017.
 - 22) 白倉和也, 中澤博志, 原忠, 末次大輔, 西剛整, 栗林健太郎, 田所佑理佳: 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-残留変形の評価-, 日本地震工学会・大会 - 2017 梗概集, P1-16, pp.1-9, 2017.
 - 23) 原忠, 柴原隆, 田所佑理佳, 中澤博志, 末次大輔, 栗林健太郎, 西剛整, 三好克明: 大型振動台実験による実代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, pp.7-8, 2017.
 - 24) 原忠, 田所佑理佳, 柴原隆, 中澤博志, 末次大輔, 栗林健太郎, 西剛整, 三好克明: 大型振動台実験による実代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, pp.9-10, 2017.
 - 25) K. Kuribayashi, T. Hara, H. Nakazawa, D. Suetsugu, T. Nishi, H. Hazarika, Y. Tadokoro, M. Matsuo: Damage survey on gabion structures in the 2015 Nepal Gorkha Earthquake, 14th

- International Symposium on Geo-disaster Reduction, P-2, Sichuan, 2016.
- 26) 原忠, 栗林健太郎, 西剛整, 末次大輔, Suman Manandhar, 中澤博志, 櫻庭拓也, 假屋隆文, 河内佑己, ハザリカ・ヘマンタ: 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.
 - 27) 中澤博志, 原忠, 末次大輔, 栗林健太郎, 西剛整, 張浩, Pawan Kumar Bhattarai: 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 蛇籠実態調査), 第 51 回地盤工学研究発表会, pp.1659-1660, 2016.
 - 28) 末次大輔, 原忠, 中澤博志, 栗林健太郎, 品川大地, 西剛整, 張浩: 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.
 - 29) 栗林健太郎, 西剛整, 張浩, Pawan Kumar Bhattarai, 原忠, 末次大輔, 中澤博志: 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.

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: ヘマンタ ハザリカ

ローマ字氏名: Hemanta HAZARIKA

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: 末次 大輔

ローマ字氏名: SUETSUGU Daisuke

所属研究機関名: 宮崎大学

部局名: 理工学部

職名: 教授

研究者番号: 30423619

研究分担者氏名: 原 忠

ローマ字氏名: HARA Tadashi

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部門

職名: 教授

研究者番号: 80407874

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部門

職名: 准教授

研究者番号: 90452325

研究分担者氏名: 田端 憲太郎

ローマ字氏名: TABATA Kentaro

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: 主任研究員

研究者番号: 30282958

(2) 研究協力者

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: 栗林 健太郎

ローマ字氏名: KURIBAYASHI Kentaro