

地震減災実験研究部門 主幹研究員

## 中澤 博志

なかざわ・ひろし

1996年東京理科大学大学院修士課程修了、東京理科大学助手、港湾空港技術研究所等を経て、2015年防災科学技術研究所入所。博士（工学）。液状化対策効果の評価手法の開発、ため池堤体を始めとする各種土建造物の耐震性評価、最近では、蛇籠を用いた構造物の耐震性評価および耐震化に関する工法の開発を手掛ける。普段は、大型耐震実験施設の運用等に従事。

じゃかご

## 防災と環境を両立させる蛇籠技術の開発

開発途上国におけるローコスト・ローテク・ローカル防災技術の展開

2015年のネパール・ゴルカ地震では、住宅や道路の被害が甚大だったが、一方で、蛇籠を用いた道路擁壁の有効性が確認できた例もあった。蛇籠擁壁のさらなる耐震化に向けて、蛇籠の特徴を活かした設計手法の確立とガイドライン化への検討を進める。

## はじめに

2015年に起きたネパール・ゴルカ地震では、様々な施設の被害が確認されました。とりわけ、中山間地域では、地域の職人や技術者が関与しないで建設された石積み組積造住宅の被害が甚大でした。山間部では、山を切り開いた一本道が多く、地滑り・崩壊・落石等を原因とする道路閉塞の多発や、そもそものアクセスの悪さから、被災者の生活再建が困難な状況も続きました。

道路閉塞につながった地滑りや崩壊箇所については、3年以上経過した現在でも復旧がままならない箇所が多いのが現状です。しかし、蛇籠による道路擁壁については最小限の損傷にとどまり、道路機能を維持した例も確認さ

れました。ここでは、発災後、最低限の道路機能を維持することの必要性から、蛇籠道路擁壁の利活用状況、耐震化に向けての検討とその展開について述べたいと思います。

## 研究の経緯

震災後、高知大学防災推進センター、佐賀大学低平地沿岸海域研究センター（平成30年3月廃止）と研究連携協定を締結し、ネパールのトリブバン大学（Tribhuvan University）の協力の下、7回にわたる現地での被害調査と試験施工状況の視察を行いました。被害調査結果に基づき、大型耐震実験施設で延べ3回の実大蛇籠擁壁の耐震実験を行い、ネパール政府機関等の方々を招き公開実験も実施しました。ここでの

成果は、高知大学が獲得したJICA草の根技術協力事業の一環で行っている現地試験施工に活かされています。現在は、蛇籠擁壁の設計手法の確立とガイドライン化への検討をしている段階です。

## 蛇籠（じゃかご）

『蛇籠（じゃかご）』って何だろう、と思われる方は多いのではないでしょ



写真1 昔の蛇籠（四川省都江堰）

うか。蛇籠の起源は紀元前361～251年頃、中国四川省の都江堰の築堤にあたり、竹を材料に亀甲型網目の円筒形の籠を編み、内部に玉石・割石などを詰めて河川工事に使用したことから始まります。世界各国に伝わった現在では、鉄線による金網が使用されていますが、その特徴は、高い屈撓性（しなやかな曲がりやすさ）・透水性、材料入手・運搬・撤去の容易さ、工期が短く自然材料の活用等に優れ、国際的には土木工事に幅広く利用されています（写真1）。また、年月とともに植物が自然に繁茂してくる点で、環境と防災を両立する“グリーン土木インフラ”として、様々な用途での展開が可能であると考えています。しかし、蛇籠を用いた構造物に関しては設計法が明確でないのが現状です。コンクリート構造物に比べ柔らかく変形しやすい反面、粘り強さを発揮しやすく決定的な崩壊に至らない点がコンクリートに勝るメカニズムの一つで、この利点を活かした構造を提案し、現地で実証したいと考えています。

### 蛇籠擁壁の被災調査と耐震実験

震災以降、カトマンズ市内やアラニコ・ハイウェイ（AH42号線、Dhulikhel～Jayle間）を対象とした被害調査を行いました。そこで目に留まったものは、蛇籠を用いた施設や構造物の多さでした。擁壁、山留、防護柵（ガードレール）、護岸、水制工、砂防堰堤および沈下橋等、日本にない利活用がなされています。アラニコ・ハイウェイ沿いの115ヶ所の蛇籠構造物の調査結果では、擁壁が約半数を占め、その構造は3辺が概ね100cmの蛇籠単体を3段積み重ねるケースが

最も多く、崩壊せずにはらみ出し相当の被害が多く確認されています。

実大蛇籠擁壁の耐震実験では、現地調査で多く見られた典型的な形式（Case1）、施工の労力はCase1とほぼ一緒で階段状にして背後地盤へもたれさせた形式（Case2）、および数を増やし自重で安定化を図る形式（Case3）の3ケースで比較しました。実験後の3Dレーザー計測結果（図1）を見ると、Case1における大きな前傾・変形に対し、他2ケースの変形は軽微であることがわかります。ネパール・ダディン郡で実施された現地試験施工では、コストがかからないCase2のもたれ式のケースが試されました（写真2）。

### 未来に向けて

蛇籠擁壁の研究成果の普及・展開は上述の通りです。とはいえ、開発途上国での地震被害後のニュースでよく目にする言葉「Earthquakes don't kill, poorly constructed buildings do.（人々が犠牲になったのは地震のためではなく、脆弱な建物によってである。）」があります。直接人命を救うためには、やはり、建物の耐震化が必

要であると思います。

現在、蛇籠技術の他国への展開として、低地における護岸等への活用方法や構造形式の検討をしておりますが、同時に、山間部で最も崩壊・損傷等の被害が確認された脆弱な石積み組積造住宅を対象に、蛇籠を応用した金網による耐震補強法を検討しています。「地震災害からの被害軽減化」を通じ、「住生活向上」への第一歩も踏み出そうとしております。

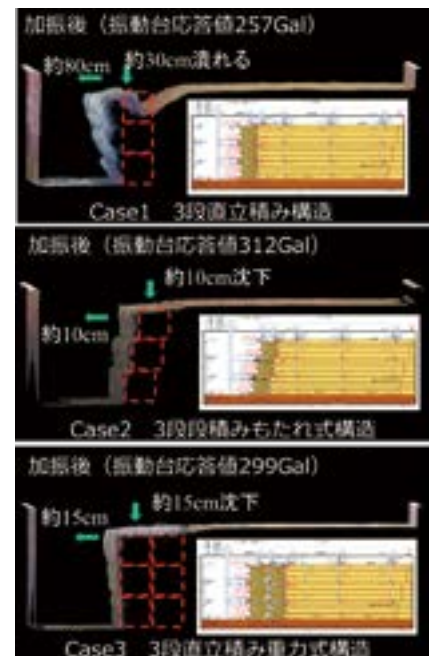


図1 耐震実験結果



写真2 蛇籠擁壁試験施工（JICA事業）