

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 1 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H01825

研究課題名(和文) 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の被災後の保存修復法

研究課題名(英文) Restoration Method of Seismic Vulnerable Heritage Structures of Masonry after Earthquake Damage

研究代表者

花里 利一 (HANAZATO, TOSHIKAZU)

三重大学・工学研究科・教授

研究者番号：60134285

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,500,000円

研究成果の概要(和文)：耐震的に脆弱な無補強文化財組積造建造物は国内外の大地震の度に被災している。2015年ネパール地震でも顕著な被害を受け、被災後の保存修復法に関して、学際的かつ国際的な体制による研究を実施し、以下の成果を得た。ネパール地震で被災した文化財組積造建造物の地震前後の動的特性を把握し、地震損傷と振動特性の関係を確かめた。地震前のデータは保存修復計画の立案に有用である。ネパール地震による被害の原因を解析的に明らかにした。組積造の変形性能を活かす方法として、木を用いた構造修復法が有効なことを明らかにした。文化財組積造建造物の地震時挙動を記録するために小型高精度センサーを開発し、その適用性を実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この四半世紀に国内外で発生した大地震による建造物の被害を振り返ると、耐震的に脆弱な無補強の文化財組積造建造物の耐震化が国際的にも喫緊の課題になっている。本研究は、学際的な研究体制を組織し、具体的な研究対象として、2015年ネパール地震による災害に主に焦点をあて、被災した建造物の保存修復計画に資する知見を得ている。とくに、伝統的な木材を用いた補強工法が耐震性の向上に寄与することを明らかにした点に意義がある。

研究成果の概要(英文)：A number of unreinforced heritage structures of masonry are damaged by large earthquakes in the world. In 2015, Nepal earthquake caused severe damage to the vulnerable heritage masonry structures. The outcomes of the present international study conducted by the interdisciplinary approach are as follows 1) Dynamic characteristics of the masonry heritage structures, damaged by Nepal earthquake, were measured. Comparison of the dynamic characteristics before and after the earthquake revealed that they were affected by the damage. The data obtained before the earthquake would be useful for the restoration plan. 2) The mechanism of the damage was described by the structural analysis. 3) Structural intervention using timber members would be effective in improvement of the seismic safety. 4) A high performance sensor was successfully developed for the structural monitoring of the masonry heritage structures.

研究分野：地震工学

キーワード：文化財建造物 組積造 地震 保存修復 構造補強 地震被害

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

この四半世紀に発生した国内外の巨大地震では、多くの文化財建造物が被災している。2010年以降では、2011年東北太平洋沖地震、2013年フィリピン・ボホール地震、2015年ネパール地震、さらに、本研究を開始した2016年以降では、2016年イタリア中部地震、2016年熊本地震、2018年北海道胆振東部地震において、文化財建造物が被災し、とくに、耐震的に脆弱な無補強組積造建造物が大きな被害を受けてきた。例えば、2011年東北太平洋沖地震では、(津波を除く強震動に対して)伝統的な木造建築物の被害は比較的少なく、無補強の組積造建造物が顕著な被害を受けている。その耐震性は一般に低く、国内外問わず、地震の度に被災している。しかし、被災した文化財組積造建造物の構造修復は、国内外ともに、個別対応で行われてきており、共通のコンセプトに基づいて修復・再建されてきているとは言い難い。文化財建造物では、歴史・文化的な価値を損なわないように補強することが求められ、最小限の補強が原則になっている。一方、地震で損傷・崩壊した文化財組積造建造物の修復・再建の歴史を振り返ると、耐震的に脆弱な建造物では、構造形式・材料の変更を伴う保存修復法が技術の発展とともに用いられてきた。例えば、1995年兵庫県南部地震では、木骨レンガ造の旧居留地十五番館(重要文化財)が全壊したが、SRC造を主体構造とする免震工法で再建された。このような、構造形式を改変する再建・修復方法と、オーセンティシティーを尊重する文化財建造物の保存修復の考え方との整合性について国際的な合意が必要な時期に来ている。

一方、研究代表者は、これまで途上国組積造住宅や、国内の木骨煉瓦造文化財建造物の実大模型構造物を用いた振動台実験を実施してきており、無補強であっても一定の変形性能を有することを明らかにしてきた。文化財建造物の構造修復には最小限の補強が原則であり、耐震的にもともと有する利点を生かすことが肝要である。この変形性能を活かす組積造建造物の構造修復法ははまだ提案されていない。ところで、歴史的建造物に用いられ、変形性能を有する構造形式には、木材による軸組構造を挙げることができる。『木』は歴史的にも組積造建造物の補強に用いられてきているが、変形性能に着目して補強に用いる研究・実施例はみあたらない。歴史的建造物の耐震補強に鉄筋コンクリートを用いた事例は、国内外であるが、劣化問題が顕在化した現在、長期的な観点からも課題がある。

本研究提案に至ったのは、2015年ネパール地震では、世界遺産建造物の多くが崩壊するなど、カトマンズ盆地の文化財組積造建造物が大きな被害を受けたことによる。2009年には、研究代表者(花里)と分担者(藤田)がネパールの文化財組積造建造物の微動測定を実施しており、地震により倒壊するなど甚大な被害を受け、ネパール側から保存修復に向けての専門的な協力の要望が寄せられ、文化遺産国際協力活動の一環としての調査研究を始めることが期待されていた。実際の地震災害からの復興支援であり、喫緊の課題であった。



Photo.1 Kumbershwar Temple
(before and after earthquake)

2. 研究の目的

耐震的に脆弱な文化財組積造建造物は国内外の地震の度に大きな被害を受けており、その構造に関わる保存修復法は喫緊の課題である。

古代以降、経験的に用いられてきた、「木」による組積造建造物の補強工法の有効性を具体的な事例を通して科学的に明らかにし、木構造の特徴である変形性能を活かした文化財組積造建造物の保存修復法を提示する。文化財組積造建造物が地震で崩壊した場合、構造形式を改変する方法も選択肢のひとつとして適用できることを、技術の発展に伴う保存修復史に基づいて検証する。具体的な事例として、2015年ネパール・ゴルガ地震で崩壊した文化財組積造建造物を主研究対象とする。とくに、途上国では、本研究で提示する工法のように普及が容易な構造補強材料を用いることが望まれ、国際的な合意を得るとともに、技術の普及を図る。また、本研究では、動的挙動に関する新たな測定技術の文化財組積造建造物への展開も合わせて目的とする。具体的には、以下の目的とした。

- 1) 地震で崩壊もしくは大きな構造損傷を受けた無補強組積造建造物の構造に関わる修復法として、木構造の変形性能を活かした工法を提案する。この補強法は、組積造建造物の動的な変形性能を考慮したものであり、日本の伝統的な木造技術を組積造建造物の耐震性向上に役立てるものである。
- 2) 地震で崩壊した三重塔の被害の原因を科学的に明らかにする。さらに、上述の構造修復法を提示し、技術の普及方策も含め、途上国の震災からの復興を支援する。
- 3) 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の耐震対策として、主体構造を木構造に置換する構造改変法も選択肢のひとつとして適用できることを示す。普遍的な概念とされるオーセンティシティーを考慮しても許容し得ること、及び、構造改変の適用範囲を示し、国際的な合意を目指す。

4)新しい計測技術として、電子集積デバイス技術で製作したセンサーを用いた加速度測定が文化財組積造建造物の地震モニタリングや振動台実験に有効であることを確認する。

3. 研究の方法

(1) 研究体制・組織

学際的かつ国際的な研究体制を組織した。建築学（構造・歴史・保存修復学分野）、さらに、計測工学・文化財科学と国際協力の専門家も交えた体制で遂行する。研究期間は3年間として開始したが、主研究対象の相手国(ネパール側)の都合により、研究期間を4年間に延長して実施した。

(2) 研究方法

本研究の方法を以下に示す。主たる研究対象は2015年ネパール地震で被災した文化財組積造建造物である。本研究では、開始後の2016年に熊本地震が発生し、文化財組積造建造物も被災したことから、ネパール地震に加えて、2016年熊本地震により被災した文化財組積造建造物も調査対象に加えた。さらに、2011年東北太平洋沖地震で被災した建造物も調査対象とした。

① 被災建造物の構造調査

2015年ネパール地震で被災した文化財組積造建造物の構造・構法調査を実施した。とくに、2009年に微動測定を実施した被災文化財建造物の詳細な構造調査を行った。構造調査とともに、ネパール建築史および保存修復事例の調査を実施した。調査では、文献調査およびネパール国の文化財建造物の修復専門家、ネパール政府等関係機関のヒヤリングを実施し、被害の実態および修復計画に関する情報収集を行った。

2016年熊本地震による文化財組積造建造物の被害調査を実施した。

② 補強事例調査

文献調査および2009年ラクイラ地震、2016年イタリア中部地震で被災した歴史的組積造建造物の補強事例調査を実施した。

③ 常時微動測定

ネパールにおいて、2009年に常時微動測定を実施した文化財建造物について、地震被災後の微動測定を実施した。それに加えて、被災した文化財組積造建造物の常時微動測定を実施した。ネパールでは、地震動特性を把握するために、カトマンズ盆地の地盤の微動測定を実施した。さらに、熊本地震で被災した文化財組積造建造物について、被災後および保存修理事業後(補強後)の微動測定を実施した。

④ 地震モニタリング

研究分担者(新津)が新たに開発したヘルスマニタリング用の加速度センサーをネパールの文化財組積造建造物に設置し、地震モニタリングを実施した。さらに、熊本地震で被災した文化財組積造建造物に設置し、補強後のモニタリングを実施した。2011年東北地方太平洋沖地震で被災した文化財組積造建造物にも上記センサーを設置して地震モニタリングを実施した。

⑤ 亀裂変位モニタリング

熊本地震で被災した文化財組積造建造物の構造安定性を確認するために、煉瓦壁に生じたひび割れ変位のモニタリング(温度モニタリングも含む)を実施した。

⑥ 劣化調査

ネパールの文化財組積造建造物の煉瓦組積造を対象として、モース硬度計および赤外線サーモグラフィによる表面劣化調査を実施した。

⑦ フラットジャッキ試験

原位置の微破壊試験として用いられるフラットジャッキ試験をネパールの文化財組積造建造物に適用した。

⑧ 構造材料試験

ネパールの文化財組積造建造物に使用されている煉瓦、木材および土モルタルの材料試験を実施した。さらに、熊本地震で被災した文化財組積造建造物の煉瓦および煉瓦組積体の材料試験を実施した。

⑨ 模型構造物の加力試験

ネパールにおいて現地材料を用いた模型試験体のせん断試験および曲げ試験を実施した。これらの実験では、補強工法の効果を確認するための試験体を作成した。

⑩ 構造解析

ネパール地震で被災した文化財組積造建造物に関して、煉瓦構成則を考慮した3次元有限要素モデルを用いた非線形地震応答解析を行うとともに、リミットアナリシスによる解析も合わせて実施し、地震被害のシミュレーション解析を行った。熊本地震および東北太平洋沖地震で被災した文化財組積造建造物に関して、3次元有限要素法モデルおよび質点系モデルを用いて、線形地震応答解析を実施し、地盤-構造物の動的相互作用に関する検討も行った。

⑪ ワークショップの開催

初年度にネパールにおいて現地調査を兼ねて研究をスタートするためのワークショップを開催した。3年度目には研究成果をまとめるためのワークショップを開催した。

4. 研究成果

本研究は、『3. 研究方法』に示したように、主にネパール地震で被災した文化財組積造建造物を対象とした。とくに、被災前のデータを有している建造物について、被災後のデータとの比較は保存修復法の検討に有用であろう。

Photo.1 に示した世界遺産歴史都市パタン市の Kumbershwar 寺院五重塔は 2009 年に微動測定を実施していたが、写真に示すように最上層が余震で倒壊した。小構造は、木の軸組をもつ組積造建造物(Fig.1)であり、ネパール歴史的建造物の塔婆建築様式の典型的な構造である。地震前と地震後の微動測定で得られた基壇に対する各層の伝達関数(EW 方向)を Fig.2 に示す。地震後は倒壊した最上層が撤去された後に測定している。最上層が倒壊・撤去されているため、各層の剛性が変わらなければ、一般に固有振動数は高くなる。しかし、1 次および 2 次固有振動数について、被災前後で比較すると明確な変化はみられない。これは、地震により構造体に損傷が生じて剛性が低下したことを示している。パタン市では、地震前に Rada Krishuna 寺院の三重塔の微動測定を行っているが、地震により全壊した。地震前の微動測定記録による振動特性は、後述の地震応答解析の検証に用いられる。ネパールでは、地震後の文化財組積造建造物の振動特性を把握するために、世界遺産 Changu Narayan 寺院、同 Nyatapola 寺院五重塔(Photo.2)の微動測定を実施し、固有振動数、固有振動モードなど基本的な振動特性を明らかにした。

新たに開発した小型高感度加速度センサーを用いた地震モニタリングでは、世界遺産歴史都市バクタプル市の Pashupatinath 寺院で予備観測を行った後、同市の Nyatapola 寺院五重塔で本観測を行った。その結果、計 10 個の地震記録を得た。震源距離 30km、マグニチュード 5.0 の地震では約 10Gal の記録が得られた(Fig.3)。開発したシステムが途上国の世界遺産文化財建造物のモニタリングに適用できることを確認した。

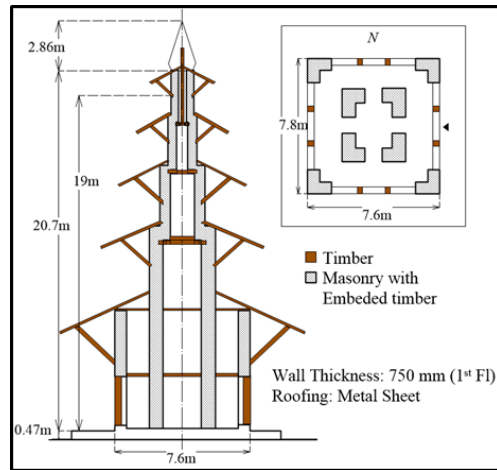


Fig.1 Section of Kumbershwar Temple

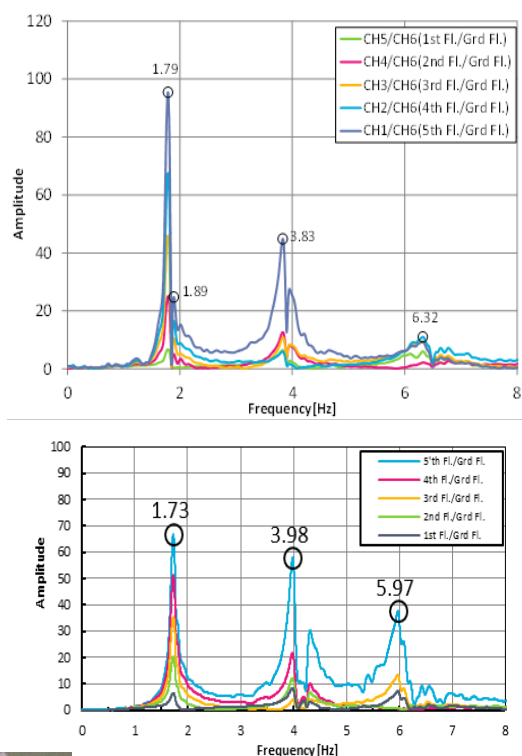


Fig.2 Transfer Function to Base of Kumbershwar Temple



Photo.2 Nyatapola Temple

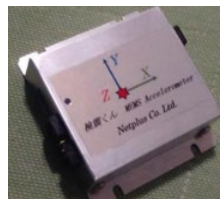


Photo.3 Accelerometer

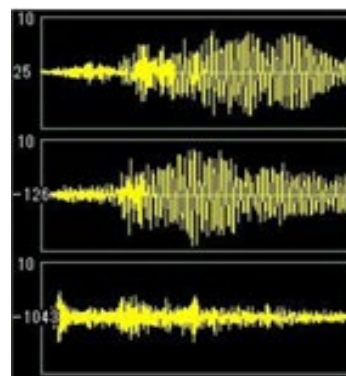


Fig.3 Earthquake Record at Nyatapola (3rd layer)

常時微動測定および開発したセンサーを用いた地震モニタリングは 2016 年熊本地震で被災した登録有形文化財 PS オランジュリ(大正時代の煉瓦・RC 混構造建造物)および 2011 年東北

地方太平洋沖地震で被災した福島市有形文化財写真美術館(大正時代の石造建造物)において実施し、PS オランジュリ(Photo.3)では、基本的な振動特性を明らかにし、構造解析上の有用なデータを得るとともに、振動特性における構造補強の効果を確認した。さらに、福島写真美術館では合理的な耐震診断に有用な地盤-建造物の動的相互作用効果に関する知見を得た。

ネパールの文化財建造物に用いられている構造材料の力学試験による圧縮強度は煉瓦単体 5.1N/mm^2 、土モルタル 1.4N/mm^2 、組積体プリズム 1.7N/mm^2 であり、木材(Sal)は密度 0.88g/cm^3 、圧縮強度 65.7N/mm^2 、曲げ引張強度 123N/mm^2 であり、組積体の強度は低い一方、木材の強度特性は極めて高いことが確認された。木材による補強はその強度特性を活かすうえで適切であることを確認した。

組積構造体の力学試験では、柱状試験体の圧縮試験、柱試験体の曲げ試験(Photo.3)、壁試験体の対角圧縮(せん断)試験(Photo.4)をネパール・コウパ工科大学において実施した。曲げ試験と対角圧縮(せん断)試験では、木材や鉄材による補強工法の効果を調べ、木材を格子状に配する補強工法の有効性が確かめられた。また、無補強であっても一定の変形性能を有することがわかった。



Photo.3 Compression Test and Strengthening methods

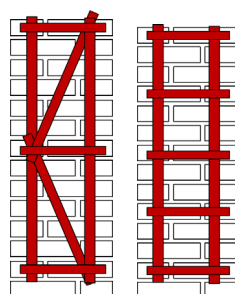


Photo.4 Diagonal Compression Test

構造解析では、2009年に振動調査を行いながら、今回の地震で全壊した Kurishna 寺院三重塔(Photo.5,6)と最上層が倒壊した Kumbershwar 寺院五重塔(Photo.1)に関する3次元非線形静的増分解析および地震応答解析を実施し、被害状況のシミュレーションを行い、被害の原因について検討した。これらの解析のうち、Kurishna 三重塔は、1992年に三重床面の水平構面に鉄筋コンクリートと鉄骨を用いた補強を行っており(Fig.4)、補強した構造物が崩壊した。解析では、補強前(1992モデル)および補強後(2015モデル)で解析を行い、鉄筋コンクリートと鉄骨による補強の影響を検討した。その結果、鉄筋コンクリートと鉄骨を水平構面に設置した補強により、局所的な地震時応力が増大し、被害の誘因になったことを明らかにした。前述の構造材料実験の結果、ネパールの歴史的建造物の煉瓦組積体は、かなり軟質であり、剛性がRC構造とかなり相違するため、局所的な応力集中が生じたものと推定される。前述のように変形性能を考慮すれば、鉄筋コンクリートの導入は適切とはいえず、木材による補強が有効である。



Photo.5 Kurishna Temple



Photo.6 Collapse of Kurishna Temple

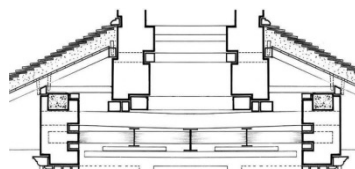
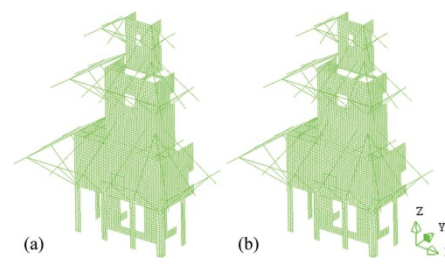
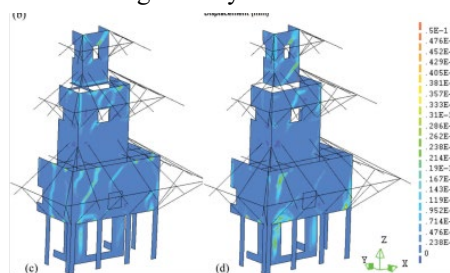


Fig.4 Structural Intervention using RC and Steel Structure



1992 Model 2015 Model

Fig.5 Analysis Models



1992 Model 2015 Model

Fig.6 Analysis Results

本研究は、ネパールの文化財組積建造物を主対象としており、ネパールとの文化遺産国際協力成果を共有するため、ネパール側専門家も交えたワークショップを開催し、今後の被災文化財組積建造物の保存修復計画の立案に資するための知見をまとめた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yohei Endo and Toshikazu Hanazato	4. 巻 1558-3066
2. 論文標題 Seismic Analysis of a Three-Tiered Pagoda Temple Affected by the 2015 Gorkha Earthquake	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Architectural Heritage	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/15583058.2018.1550534	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Shanker Prajapti, Manjio Shakya and Toshikazu Hanazato	4. 巻 1
2. 論文標題 In Situ Compressive Stress Estimation Using Flatjack Technique : Case Study of Pujari Math, Dattatreya Square , Bhaktapur	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2nd International Conference on Earthquake Engineering and Post Disaster Reconstruction Planning	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Yohei Endo, Kentaro Yamaguchi, Toshikazu Hanazato, Chhabi Mishra	4. 巻 109
2. 論文標題 Characterisation of mechanical behaviour of masonry composed of fired brick and earthen mortar	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Engineering Failure Analysis	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.engfailanal.2019.104280	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Kaori Fujita, D.Ponce, T. Toyoda, M. Morii, Y. Niitsu, T. Hanazato, J. Subedi, M. Shakya	4. 巻 1
2. 論文標題 Microtremore Measurement and Damage Investigation of Historical Timber masonry Composite Tiered Temples in Nepal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Architectural Heritage	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kaori Fujita, Diego Ponce, Kohta Kawashima, Takahiro Toyoda, Sunwook Kim, Toshikazu Hanazato, Jishnu Subedi, manjip Shakya	4. 巻 TRD-R3
2. 論文標題 Microtremore Measurement and Damage Investigation on Historic Timber Masonry Composite Pagoda in Nepal Three Storied Pagoda in Patan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of World Conference on Timber Engineering, 2018	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yohei Endo, Toshikazu Hanazato	4. 巻 18
2. 論文標題 Seismic Behaviour of a Historic Five-Tired Pagoda in Nepal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Structural Analysis of Historical Constructions	6. 最初と最後の頁 1337-1345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-99441-3_143	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Hanazato, K. Fujita, K. Yamaguchi, Y. Endo, Y. Niitsu, N. Prakash Bhandary, M. Morii, S. Ando, H. Saito, N. Kobayashi, O. Goto, Y. Uekita, N. Inaba, M. Shakya	4. 巻 1
2. 論文標題 Structural Survey for Restoration of Architectural Heritages Damaged by Nepal Earthquake of 2015	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of 17th World Conference on Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 C. Mishra, K. Yamaguchi, Y. Endo, T. Hanazato, M. Shakya	4. 巻 1
2. 論文標題 Study on Shear and Flexural Behavior of Nepalese Masonry Walls with and without Reinforcement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of 17th World Conference on Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 新津靖,花里利一
2. 発表標題 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の被災後の保存修復法 その9 ニャタポラ寺院五重塔の加速度モニタリング
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 PONCE Diego, 花里利一,川嶋浩太,森井順之,藤田香織,保坂勇介
2. 発表標題 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の被災後の保存修復法 その10 層塔の微動測定2
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川嶋浩太, 花里利一, PONCE Diego, 森井順之, 藤田香織, 保坂勇介
2. 発表標題 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の被災後の保存修復法 その11 層塔の微動測定3
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 MISHRA Chhabi, YAMAGUCHI Kentaro, ENDO Yohei, HANAZATO Toshikazu, HE Xiong, NOMAGUCHI Masaya
2. 発表標題 Restoration of Seismically-vulnerable Masonry Structures Struck by an Earthquake Part 12 Compression Test of Brick Masonry and Mud Mortar Used for the Historical Building of Nepal
3. 学会等名 AIJ Annual Meeting
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yohei Endo, Kentaro Yamaguchi, Toshikazu Hanazato, Netra Prakash Bhandary
2. 発表標題 Restoration of seismically-vulnerable historical masonry structures by an earthquake No XIII: Estimation of strength of masonry composed of bricks and mud mortar by means of empirical equations
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野間口傑哉, 山口謙太郎, 賀雄, 蜷川利彦, 花里利一
2. 発表標題 無筋煉瓦造建築の壁体を表面から補強する方法に関する研究 その6 RC壁板で両面を補強した煉瓦組積体の曲げ実験
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 賀雄, 山口謙太郎, 野間口傑哉, 蜷川利彦, 花里利一
2. 発表標題 無筋煉瓦造建築の壁体を表面から補強する方法に関する研究 その7 鉄筋コンクリート壁板で表面から補強した煉瓦造壁の水平耐力評価
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村優祐, 山口謙太郎, 小石咲樹, 花里利一
2. 発表標題 2016年熊本地震で被災した歴史的な煉瓦・RC混構造の有限要素解析 その1 固有値解析による壁体ヤング係数の同定と周波数応答解析
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 斎藤史弥、藤田香織、澤野堅太郎、後藤治、小林直弘、花里利一
2. 発表標題 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の被災後の保存修復法-その2 Kumbershwar寺の構造について
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金善旭、藤田香織、花里利一
2. 発表標題 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の被災後の保存修復法-その3層 塔の微動測定と2015年ネパール・ゴルカ地震の被害調査-
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口謙太郎、遠藤洋平、花里利一、バンダリ ネットラ プラカシュ
2. 発表標題 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の被災後の保存修復法-その4 ネパールの歴史的建造物を構成する煉瓦の圧縮実験-
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 ENDO Yohei, YAMAGUCHI Kentaro, HANAZATO Toshikazu, Bhandary Netra Prakash
2. 発表標題 Restoration of seismically-vulnerable historical masonry structures struck by an earthquake No.V In-situ non-destructive test on historical masonry in Nepal
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 新津靖、花里利一
2. 発表標題 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の被災後の保存修復法-その6 三重塔の加速度モニタリング
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森井順之、花里利一
2. 発表標題 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の被災後の保存修復法-その7 煉瓦表面の劣化状態調査-
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 バンダリ ネットラ プラカシュ、花里利一
2. 発表標題 地盤の常時微動測定から見る2015年ネパール地震時カトマンズ盆地内の建物被害(その8)
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Manjip Shakya
2. 発表標題 ネパール地震による組積造建造物の被害と復旧状況
3. 学会等名 建築学会シンポジウム 2015年ネパール地震による組積造建造物の被害と復旧・復興計画(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口謙太郎
2. 発表標題 ネパール地震による歴史的組積造建造物の被害と構造修復
3. 学会等名 建築学会シンポジウム 2015年ネパール地震による組積造建造物の被害と復旧・復興計画
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 遠藤洋平
2. 発表標題 被災した歴史的組積造建造物の構造修復法に関する国際動向
3. 学会等名 建築学会シンポジウム 2015年ネパール地震による組積造建造物の被害と復旧・復興計画
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yohei Endo, Toshikazu Hanazato
2. 発表標題 Seismic Behaviors of a historic five-storied pagoda in Nepal
3. 学会等名 International Conference on Structural Analysis of Historical Construction (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kaori Fujita, Toshikazu Hanazato, Subedi Jishnu, Rajbhandari Suman, Takahiro Toyoda
2. 発表標題 Microtremor Measurement and Damage Investigation of Two Historical Pagodas in Patan
3. 学会等名 11th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 賀雄、荒木啓介、山口謙太郎、蛭川利彦、花里利一
2. 発表標題 無補強煉瓦建築の壁体を表面から補強する方法に関する研究 その4 アンカー量が壁体の力学特性に及ぼす効果
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒木啓介、山口謙太郎、賀雄、蛭川利彦、花里利一
2. 発表標題 無補強煉瓦建築の壁体を表面から補強する方法に関する研究 その5 片面補強時のねじれと補強効果
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 MISHRA Chhabi, YAMAGUCHI Kentaro, ENDO Yohei, HANAZATO Toshikazu
2. 発表標題 Restoration of Seismically-Vulnerable Historical Masonry Structures Struck by an Earthquake Part 14 Diagonal Compression Test on Nepalese Masonry Walls without Reinforcement
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口謙太郎, MISHRA Chhabi, 遠藤洋平, 花里利一
2. 発表標題 耐震的に脆弱な文化財組積造建造物の被災後の保存修復法 その15 ネパールの歴史的建造物を構成する煉瓦組積体の曲げ試験と木材による補強
3. 学会等名 建築学会大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 高山峯夫,花里利一ほか95名	4. 発行年 2018年
2. 出版社 日本建築学会	5. 総ページ数 405
3. 書名 2016年熊本地震災害調査報告	

1. 著者名 山口謙太郎,花里利一他	4. 発行年 2018年
2. 出版社 日本コンクリート工学会	5. 総ページ数 228
3. 書名 熊本地震に関する特別委員会報告書	

1. 著者名 Toshikazu Hanazato ほか26名	4. 発行年 2017年
2. 出版社 日本イコモス国内委員会	5. 総ページ数 95
3. 書名 Report of the Damage to the Cultural Heritage The Kumamoto Earthquake	

1. 著者名 花里利一、藤田香織ほか	4. 発行年 2016年
2. 出版社 日本建築学会	5. 総ページ数 381
3. 書名 2015年ネパール・ゴルカ地震災害調査報告書	

〔産業財産権〕

〔その他〕

国際シンポジウムネパール研究協力者招聘と研究発表・討議 11th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia (ISAIA2016), 2016年9月
 建築学会シンポジウムネパール研究協力者招聘と研究発表・討議 2015年ネパール地震による組構造建造物の被害と復旧・復興計画-ノンエンジニアド住宅から歴史的建造物まで-, 2017年10月28日
 日本・ネパール国際ワークショップ Conservation and Restoration of Heritage Structures コウバ工科大学 2016年9月5日
 日本・ネパール国際セミナー Historical Structures and Monuments : Problems and Prospects of Earthquake-damaged Cultural Properties of the Kathmandu Valley, 2017年8月13日
 日本・ネパール国際ワークショップ Conservation and Restoration of Heritage Structures コウバ工科大学 2018年12月27日

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	上北 恭史 (UEKITA YASUFUMI) (00232736)	筑波大学・芸術系・教授 (12102)	
研究分担者	山口 謙太郎 (YAMAGUCHI KENTARO) (10274490)	九州大学・人間環境学研究院・准教授 (17102)	
研究分担者	藤田 香織 (FUJITA KAORI) (20322349)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授 (12601)	
研究分担者	稲葉 信子 (INABA NOBUKO) (20356273)	筑波大学・芸術系・教授 (12102)	
研究分担者	斎藤 英俊 (SAITO HIDETOSHI) (30271589)	京都女子大学・家政学部・教授 (34305)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	後藤 治 (GOTO OSAMU) (50317343)	工学院大学・総合研究所（付置研究所）・教授 (32613)	
研究分担者	新津 靖 (NIITSU YASUSHI) (70143659)	東京電機大学・システムデザイン工学部・教授 (32657)	
研究分担者	安藤 尚一 (ANDO SHOICHI) (90716292)	近畿大学・建築学部・教授 (34419)	
研究分担者	遠藤 洋平 (ENDO YOHEI) (90772864)	信州大学・学術研究院工学系・助教 (13601)	
研究分担者	森井 順之 (MORII MASAYUKI) (30342942)	独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存科学研究センター・主任研究員 (82620)	
研究協力者	シャクヤ マンジープ (SHAKYA MANJIP)		コウバ工科大学（ネパール）
連携研究者	バンドリ ネットラプラカシュ (BHANDARY NETRAPrakash) (10363251)	愛媛大学・社会共創学部・准教授 (16301)	