

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21983

研究課題名(和文)長周期型橋梁に作用する連鎖地震荷重のメカニズム解明とその視覚化

研究課題名(英文)Clarification of Sequential Seismic Loads Mechanism Acting on a Long-Period Bridge and its Visualization

研究代表者

庄司 学(Shoji, Gaku)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：60282836

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：熊本地震で被災した大切畑大橋と桑鶴大橋の長周期型橋梁-地盤系に対して3次元有限要素モデルを構築し、連鎖地震荷重として強震動及び地表断層変位等の支持地盤の変状に焦点を当てて、連鎖荷重の作用メカニズムの解明を試みた。大切畑大橋については、強震動により、床版・橋桁の水平方向のずれや積層ゴム支承のせん断破壊、P4橋脚の塑性化や傾斜が支配的に生じ、連鎖する地表断層変位によりP2-P4橋脚間でのそれらの地震応答が助長された可能性が明らかとなった。桑鶴大橋については、橋台部の支承機能の損失によって桁端部に浮き上がりが生じ、ケーブルの応力抜けと桁端部の橋壁への衝突が連鎖的に生じる損傷過程が明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

連鎖地震荷重として強震動及び地表断層変位等の支持地盤の変状に焦点を当てて、熊本地震で被災した大切畑大橋と桑鶴大橋に対する未解明であった連鎖地震荷重の作用メカニズムを推定できた点に大きな学術的意義が認められる。長周期型橋梁を構成する構造要素や地盤の連成する複雑な地震応答を時刻歴波形だけでなく3D CADを活用して3次元的に視覚化できた点においても有用な知見を示し得ており大きな社会的意義が認められる。

研究成果の概要(英文)：A three-dimensional finite element model was constructed for the long-period bridge-ground system of the Ohkiri-hata Bridge and Kuwazuru Bridge damaged by the Kumamoto earthquake, and the mechanism of the sequential seismic loads acting on the system was revealed, focusing on strong ground motions and deformation of supporting ground such as surface fault displacement. For the Ohkiri-hata Bridge, the strong ground motions seem to dominantly cause the horizontal displacement of slabs and girders, the shear failures of laminated rubber bearings, and the inelastic response and inclination of pier P4. In addition, the surface fault displacements seem to increase the above nonlinear responses from pier P2 to pier P4. Regarding the Kuwazuru Bridge, the sequential damage process was clarified in which the girder end was lifted due to the loss of the support function of the bearings at the abutment, and the cable stress was released and the girder end collided with the wall at the abutment.

研究分野：防災・減災工学

キーワード：長周期型橋梁 強震動 地表断層変位 連鎖地震荷重 作用メカニズム 地震応答の視覚化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 構造力学の観点からは、長周期型橋梁の振動特性が長周期地震動の卓越振動数とマッチして、共振現象により長周期型橋梁に複雑な非線形振動を励起することが懸念されるとともに、その工学的な対策検討が喫緊の学術的課題であった。

(2) 実際、2016年熊本地震や2018年北海道胆振東部地震では、強震動、地表断層変位、液状化、及び、斜面流動などの連鎖地震荷重下における長周期型橋梁の甚大な物理的被害が発生した。すなわち、長周期地震動という単独の作用形態だけでなく、連鎖地震荷重下における長周期型橋梁の動的応答の解明が求められることを強く認識するに至った。

(3) 社会的には、長周期型橋梁は高架形式・高橋脚として都市内道路に多く見られるとともに、中山間の谷間をぬうように敷設された地方道路においても数多く建設されている。このような膨大な社会ストックの一つである長周期型橋梁に対して地震対策に係る新規技術開発は社会的に重要であり、本分野に対する挑戦的な学術知見の寄与と還元が強く求められていた。

2. 研究の目的

本研究では、2016年熊本地震において発生した長周期型橋梁の地震被害の現象を道路インフラの中の「典型的な長周期型橋梁の連鎖荷重下における非線形動的応答」と捉え、その地震被害を説明する連鎖荷重の作用メカニズムの逆同定と類型化を試み、長周期型橋梁を構成する構造要素や地盤の連成する複雑な地震応答を時刻歴波形だけでなく3D CADを活用して3次元的に視覚化することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 連鎖地震荷重は、強震動、及び、地表断層変位等の支持地盤の変状を対象とした。長周期型橋梁としては、これらの連鎖地震荷重の作用が疑われ、熊本地震において甚大な被害が発生した大切畑大橋と桑鶴大橋を選定した。大切畑大橋は1次固有周期が1.5秒弱の鋼5径間連続鈹桁橋である。強震動及び地表断層変位等に伴う地盤変状が連鎖的に作用して被災した可能性が指摘されており、橋脚、積層ゴム支承、及び、橋台部の落橋防止ケーブルが損傷し、橋桁には残留変位が生じた。桑鶴大橋は1次固有周期が1.1秒前後の2径間連続鋼鈹張橋であり、強震動に加え支持地盤の変状により、橋桁の変位や主塔の傾斜、ケーブルの応力抜けが生じ、橋台部の支承や落橋防止構造が損傷した。大切畑大橋と桑鶴大橋の設計図書や周辺地盤の地質情報を土木研究所により収集した。研究代表者の庄司と研究分担者の牧、市村、長山の全員が本研究パートを担当した。

(2) 大切畑大橋の橋梁 - 地盤系の3次元(3D)Finite Element (FE)モデルを構築した。節点数は441,196個、要素数は2,437,126個である。上部構造は、床版のモデルに橋桁の剛性を割り増し、4面体1次要素でモデル化した。各橋台・橋脚上に5つの積層ゴム支承(天然ゴム層の総厚:85mm~150mm)が設置されており、天然ゴム1層と鋼板1枚をそれぞれ1つの6面体1次要素でモデル化した。以降、例えばA1橋台上のゴム支承をA1Bのように表す。A1及びA2橋台は逆T式橋台である。P1及びP4橋脚は張出式円形RC橋脚で、P4橋脚は中空断面である。P2及びP3橋脚は張出式矩形RC橋脚で中空断面である。A1橋台、P2及びP3橋脚の基礎は場所打ち杭基礎であり、A2橋台、P1及びP4橋脚の基礎は深礎杭基礎である。これらの橋台、橋脚、基礎を4面体1次要素でモデル化した。周辺地盤は9種類の地層で構成されており、4面体1次要素でモデル化した。全構造要素を等方線形弾性体と仮定し、各構造要素の材料物性値は(1)の設計図書や周辺地盤の地質情報によった。研究代表者の庄司と研究分担者の牧が本研究パートを担当した。

(3) 桑鶴大橋の3次元フレームモデルを構築した。主塔、主桁、横桁は線形梁要素、ケーブルは圧縮力が作用しないトラス要素でモデル化した。各要素の節点には(1)の設計図書に示された各構造要素の総重量にほぼ合致するように質量を配分した。これに加え、主桁の各節点には舗装や2次部材の質量を付加した。これらの断面情報や材料物性値、境界条件並びに拘束条件については同様に(1)の設計図書によってモデル化した。支承並びに橋台背面パラペットについては荷重 - 変形関係を表すばね要素でモデル化し、いずれも破壊強度に達した際に破壊するモデルとした。研究分担者の長山が本研究パートを担当した。

(4) 連鎖地震荷重の強震動については、大切畑大橋直下の工学的基盤への入力地震波をAsano and Iwata(2016)の震源モデルに基づきAoi and Fujiwara(1999)の提案手法である空間4次、時間2次精度の有限差分法で算定した。また、食違い弾性理論に基づくOkada(1985)の計算手法を用いて地表変位の空間分布を算定し、これらを大切畑大橋の周辺地盤に作用した地表断層変位の推定値とした。桑鶴大橋位置の地震波については、本橋ら(2017)によって地殻変動等を考慮して再現された地震波を適用した。研究代表者の庄司と研究分担者の市村、長山が本研究パートを担当した。

(5) 大切畑大橋の(2)のモデルに対しては、強震動による地震応答を求めるために線形動的解析を実施し、地表断層変位による地震応答を求めるために静的変位漸増解析を実施した。動的解析においては、(4)で求めた A1 橋台直下の入力地震波に対して 8 秒から 18 秒までの 10 秒間の主要動を抽出して EW, NS, UD の 3 方向に等価な慣性力として全節点に様に作用させた。運動方程式の解法は陰解法、時間積分法として Newmark β 法 ($\beta=0.25$, $\gamma=0.5$) を適用した。積分時間間隔は 0.005 秒とした。運動方程式の減衰マトリックスは、Rayleigh 減衰の質量比例の係数 $R_m=0$ 、剛性比例の係数 $R_k=0.01$ とし、剛性比例のマトリックスでモデル化した。線形ソルバーは共役勾配法 (CG 法) を適用し上限反復回数は 10000 とした。前処理は対称逐次過緩和前処理 (SSOR 前処理) を適用した。収束判定の閾値は 1.0×10^{-6} と設定した。静的解析においては、境界条件として羽場ら (2017) を参考に地盤側面の法線方向の変位を拘束し、それ以外は自由境界と設定した上で、地盤底面へ 50m メッシュ間隔に (4) で求めた地表断層変位を強制変位として漸増させて入力した。線形ソルバーは前記と同様に CG 法、前処理は代数的マルチグリッド AMG 法を適用した。収束閾値は 1.0×10^{-8} と設定した。研究代表者の庄司が本研究パートを担当した。

(6) 桑鶴大橋の(3)のモデルに対しては、まず、静的自重解析を行い側径間の支承の反力を算定し、(1)の設計図書に示された数値と整合していることを確認した。次に、固有値解析を実施して、宮原ら (2020) によって復旧後に実施された振動実測結果と比較し、モデルから得られた 1 次から 3 次モードの固有振動数の妥当性の検証を行った。このように (3) のモデルの妥当性を検証した上で、(4) の地震波を橋脚並びに橋台の下面に入力し、支持地盤の変状による下部構造の移動、支承機能の喪失、及び、主桁の橋台への衝突を考慮した非線形時刻歴応答解析を実施した。研究分担者の長山が本研究パートを担当した。

4. 研究成果

(1) 図 1 並びに図 2 は、大切畑大橋の橋梁 - 地盤系の 3D CAD 並びに 3D-FE モデルである。連鎖地震荷重による構造要素の複雑な 3 次元地震応答を視覚的に明瞭に示すことができる。

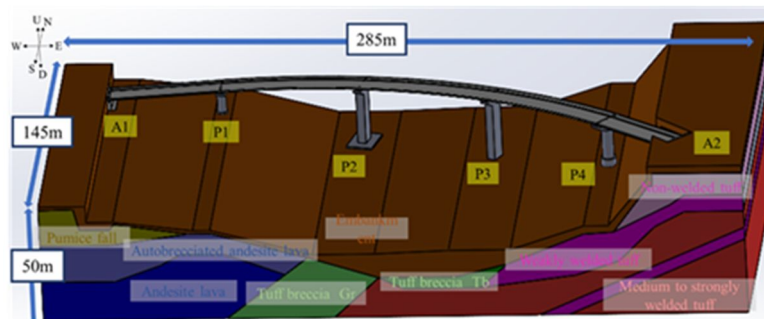


図 1 大切畑大橋の橋梁 - 地盤系の 3D CAD

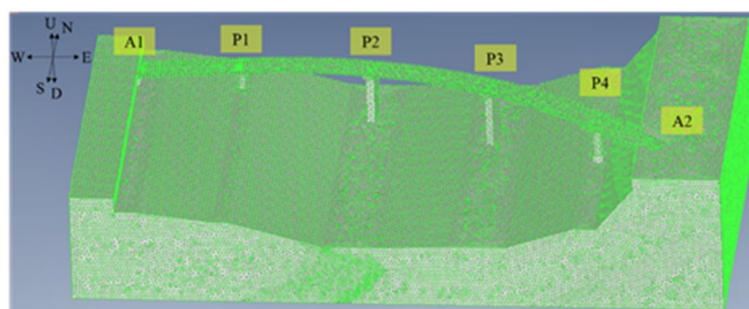


図 2 大切畑大橋の橋梁 - 地盤系の 3D-FE モデル

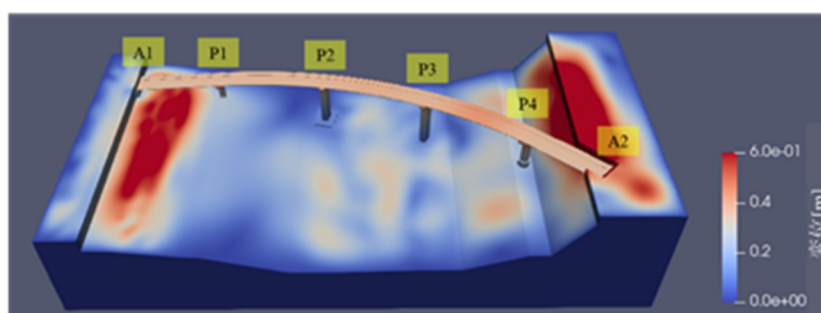
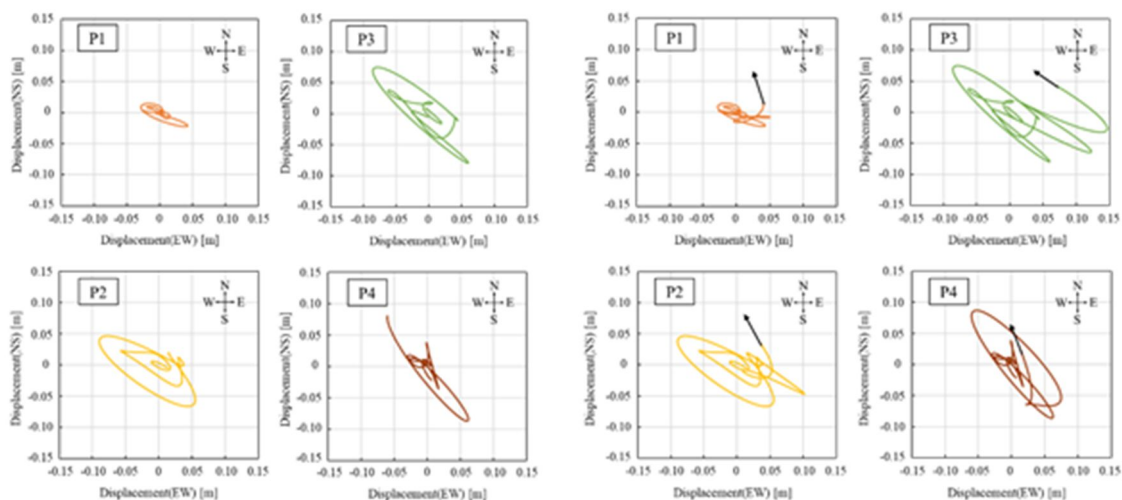
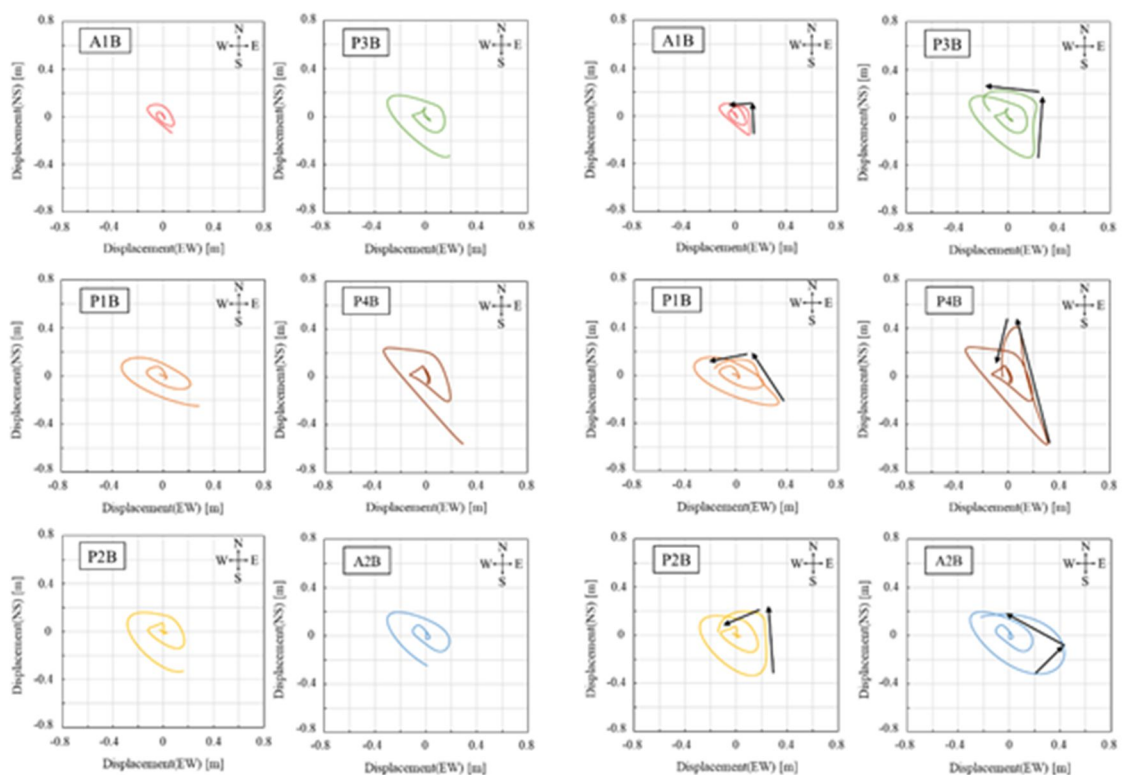


図 3 大切畑大橋 P3 橋脚のドリフトが最大となる時刻付近 (5.0 s) の応答変位量

動的解析において、P3 橋脚のドリフトが最大となる時刻付近(5.0 s)の応答変位量のコンターを図 3 には示す。図 4 には、東西(EW) - 南北(NS)の 2 次元平面における橋脚並びに積層ゴム支承の応答変位のリサージュを示す。地盤、橋台・橋脚、及び、積層ゴム支承で支持される床版 - 主桁の上部構造の主要動ピーク前までの応答変位の状態変化を図 5 に示す。



(a) 橋脚の相対変位のリサージュ(左 4 図が時刻 2.8 秒まで、右 4 図が時刻 3.5 秒までを表す)



(b) 支承の相対変位のリサージュ(左 6 図が時刻 2.8 秒まで、右 6 図が時刻 3.5 秒までを表す)

図 4 大切畑大橋の橋脚並びに積層ゴム支承に生じた相対変位のリサージュ

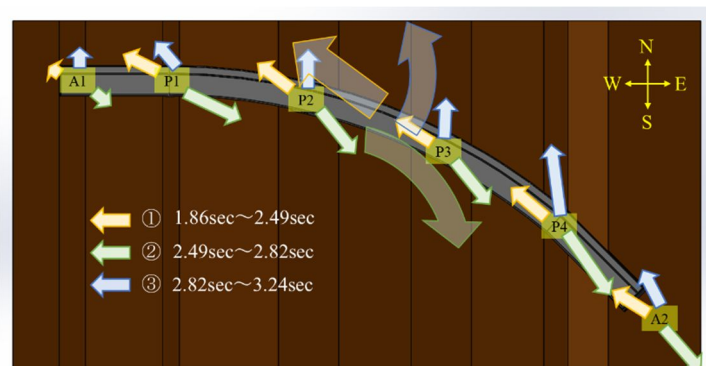


図 5 大切畑大橋上部構造の主要動ピーク前までの応答変位の状態変化

図3によれば、A1橋台とP1橋脚間の地盤、P3橋脚周辺の地盤、A2橋台周辺の地盤で特に大きな応答変位を示していることがわかる。図4(a)において全橋脚が1%以上のドリフトに相当する相対変位を示していることから、強震動により全橋脚でひび割れ以上の損傷が生じた可能性が高い。図4(b)によれば、入力地震波のEW、NS、UD成分が同期的にピークを示す時刻3.9sより以前に、P3B、P2B、P4B、A2B、P1Bの順でこれらの相対変位は許容せん断ひずみ250%を超過しており、時刻3.9sのピーク後にA1Bの相対変位が許容せん断ひずみを超過している。図5によれば、上部構造は、1.86s~2.49sで北西に変位し、その後2.49s~2.82sでA1を軸としてやや時計回りに回転しながら南東方向に変位し、最後に2.82s~3.24sでA1を軸としてやや反時計回りに回転しながら北に変位したと推察される。このような地盤、橋台・橋脚、積層ゴム支承、及び、上部構造の複雑な連成振動により、結果的に強震動の作用によって、床版・橋桁の水平方向のずれや積層ゴム支承のせん断破壊、P4橋脚の塑性化や傾斜が支配的に生じたものと推察される。

(2) 図6は、地表断層変位の作用を受ける大切畑大橋の応答変位の空間分布を示す。地表断層変位の作用に伴う地盤を含むモデル全体の沈下や北東方向の変位により、P2-P3橋脚間並びにP3-P4橋脚間において大きな相対変位が生じることが明らかになった。この相対変位によって、P1からP3橋脚間の橋桁の変形や床版のずれ、及び、積層ゴム支承のせん断破壊という被害モードが(1)の動的解析の結果をより助長するかたちで生じる。また、地表断層変位による地盤の沈下や東方向への変位によって、橋脚の傾斜が助長して発生した可能性が高い。

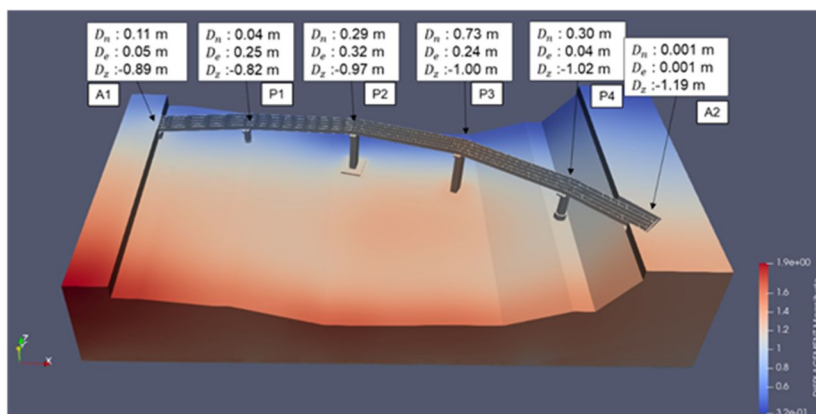


図6 地表断層変位の作用を想定した静的漸増解析による大切畑大橋の橋梁 - 地盤系の応答変位

(3) 図7は、桑鶴大橋の主塔基部に対するA2橋台桁端部の相対変位、主径間最外縁ケーブルの軸応力、及び、A1橋台パラペットへの作用力の時刻歴をそれぞれ示す。これらから、橋台部の支承機能の損失によって桁端部に浮き上がりが生じ、ケーブルの応力抜けと桁端部の橋壁への衝突が連鎖的に生じる損傷過程が明らかとなった。

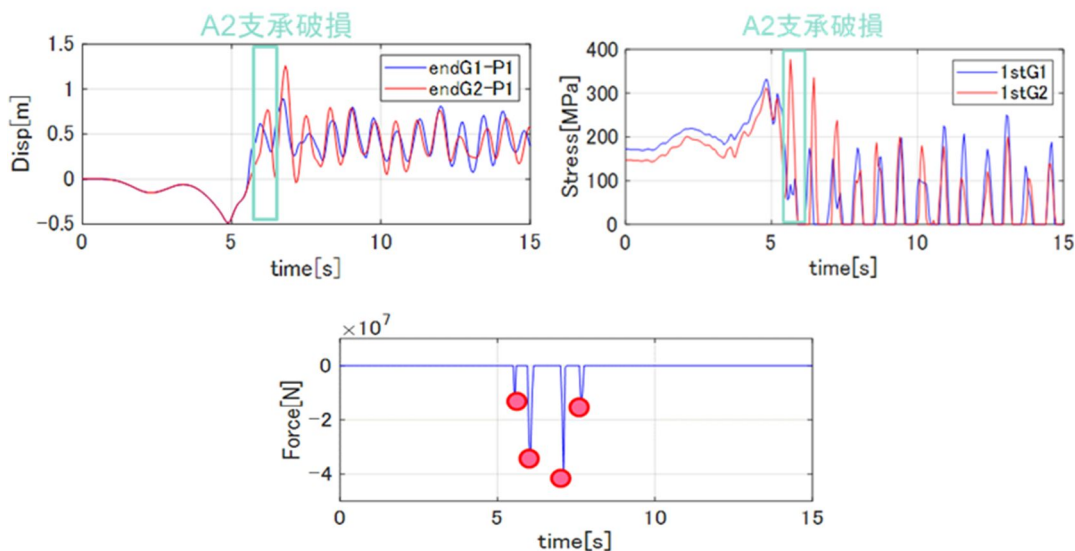


図7 桑鶴大橋の主塔基部に対するA2橋台桁端部の相対変位(左上図)、主径間最外縁ケーブルの軸応力(右上図)、及び、A1橋台パラペットへの作用力(下図)の時刻歴

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Shoji, G. and Honda, R.	4. 巻 Vol. 17, Issue 4
2. 論文標題 The resilience of 'peripheral' lifeline systems - damage analysis and implications for seismic design based on the anti-catastrophe concept	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 481-493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2020.1843502	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 大住道生, 中尾尚史, 石崎寛史, 庄司学	4. 巻 Vol.77, No.4
2. 論文標題 破壊尤度の制御による道路橋の崩壊シナリオデザイン設計法の提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_360-I_372
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 牧剛史, 土屋智史, 斉藤成彦, 渡邊忠朋	4. 巻 Vol.78, No.1
2. 論文標題 コンクリートの損傷指標を用いたRC部材の三次元耐荷機構の数値解析的評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集E2 (材料・コンクリート構造)	6. 最初と最後の頁 121-137
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 Ryota Kusakabe, Tsuyoshi Ichimura, Kohei Fujita, Muneo Hori & Lalith Wijerathne	4. 巻 vol 12743
2. 論文標題 Large-Scale Stabilized Multi-physics Earthquake Simulation for Digital Twin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 3-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-77964-1_1	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 該当する

1. 著者名 Yang, Y., Nagayama, T.	4. 巻 2(2)
2. 論文標題 Structural system identification under seismic excitation via Markov chain Monte Carlo method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AI・データサイエンス論文集	6. 最初と最後の頁 34-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/jsceiii.2.2_34	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 該当する

1. 著者名 畠山大治, 庄司学, 永田茂, 吉見雅行	4. 巻 Vol.76, No.4
2. 論文標題 2016年熊本地震における下水道埋設管路の地表断層変位による被災メカニズムの考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_441-I_453
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kusakabe Ryota, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Yamaguchi Takuma, Hori Muneo, Wijerathne Lalith	4. 巻 50
2. 論文標題 Development of regional simulation of seismic ground motion and induced liquefaction enhanced by GPU computing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earthquake Engineering & Structural Dynamics	6. 最初と最後の頁 197 ~ 213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eqe.3369	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 Yang, Y., NAGAYAMA, T., SU, D.	4. 巻 1(1)
2. 論文標題 Displacement estimation of nonlinear SDOF system under seismic excitation using Kalman filter for state-parameter estimation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Intelligence, Informatics and Infrastructure	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/jsceiii.1.1_1	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 Yang Yaohua, Nagayama Tomonori, Xue Kai	4. 巻 489
2. 論文標題 Structure system estimation under seismic excitation with an adaptive extended kalman filter	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Sound and Vibration	6. 最初と最後の頁 115690 ~ 115690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jsv.2020.115690	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 Gombosuren Dagvabazar, Maki Takeshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Prediction of Joint Shear Deformation Index of RC Beam-Column Joints	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Buildings	6. 最初と最後の頁 176 ~ 176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/buildings10100176	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 庄司学, 中嶋千穂子, 吉成健人	4. 巻 20
2. 論文標題 2011年東北地方太平洋沖地震における平面道路の地震被害データに関する分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 3_70-3_83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5610/jaee.20.3_70	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 吉成健人, 庄司学	4. 巻 Vol.9
2. 論文標題 2018年北海道胆振東部地震による道路構造物の被害把握	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JCOSSAR 2019論文集	6. 最初と最後の頁 292-297
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 Takuma Yamaguchi, Tsuyoshi Ichimura, Kohei Fujita, Muneo Hori, Lalith Maddegedara, Naonori Ueda	4. 巻 -
2. 論文標題 Data-Driven Approach to Inversion Analysis of Three-dimensional Inner Soil Structure via Wave Propagation Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 -
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 Kohei Fujita, Masashi Horikoshi, Tsuyoshi Ichimura, Larry Meadows, Kengo Nakajima, Muneo Hori, Lalith Maddegedara	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of Element-by-Element Kernel Algorithms in Unstructured Finite-Element Solvers for Many-Core Wide-SIMD CPUs: Application to Earthquake Simulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Computational Science	6. 最初と最後の頁 -
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 該当する

1. 著者名 Muge Kuleli, Tomonori Nagayama	4. 巻 Volume 27, Issue 3
2. 論文標題 A robust structural parameter estimation method using seismic response measurements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Structural Control and Health Monitoring	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/stc.2475	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 Yozo Fujino, Dionysius M.Siringoringo, Yoshiaki Ikeda, Tomonori Nagayama, Tsukasa Mizutani	4. 巻 Volume 5, Issue 6
2. 論文標題 Research and Implementations of Structural Monitoring for Bridges and Buildings in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Engineering	6. 最初と最後の頁 1093-1119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.eng.2019.09.006	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Utsunomiya, H. and Shoji, G.
2. 発表標題 Seismic Response Characteristics of a Long-Period and Long-Span Bridge Based on Recorded Waveforms
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (17WCEE) (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Yoshinari, K. and Shoji, G.
2. 発表標題 Image Analysis for Road Structure Damage Due to the 2018 Hokkaido Iburi Tobu Earthquake Road
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (17WCEE) (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 宇都宮大治, 庄司学
2. 発表標題 東北地方太平洋沖地震の際に長周期インフラ構造物に入射した地震波の特徴
3. 学会等名 第10回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム, 土木学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	市村 強 (Ichimura Tsuyoshi) (20333833)	東京大学・地震研究所・教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	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	牧 剛史 (Maki Takeshi) (60292645)	埼玉大学・理工学研究科・教授 (12401)	
研究分担者	長山 智則 (Nagayama Tomonori) (80451798)	東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関