

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02359

研究課題名(和文) 想定を超える極大地震動作用時の橋の大規模崩壊現象の解明とその制御法の提案

研究課題名(英文) Characteristics and control of progressive collapse behavior of bridges under unexpectedly large earthquakes

研究代表者

後藤 芳顕 (Yoshiaki, Goto)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90144188

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,500,000円

研究成果の概要(和文)：橋の地震時応答が耐震設計での終局限界を超えた場合に、致命的な崩壊が生じないようにするための崩壊制御設計の枠組みを構築した。まず、連続高架橋の縮尺1/7模型3体と上路式トラス橋の縮尺1/5模型2体の崩壊実験を実施し、その特性を明らかにした。つぎに、実験での崩壊挙動を再現できる精緻な数値解析モデルを構築した。また、数値解析により崩壊挙動の有無を予測する方法も提示した。さらに、崩壊挙動が予測された場合に、耐崩壊性能を向上する方策として、終局限界以降の構成部材のエネルギー吸収能を高める方法ならびに崩壊防止装置を設置する方法を提案し有効性も示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

橋の耐震設計では、通常、想定した地震動に対して、橋の応答が終局限界を超えないことの照査のみがなされる。このため、想定外の地震動で応答が終局限界を超えた場合には、崩壊などの深刻な被害が発生する恐れもある。しかし、橋の崩壊挙動の実態はほとんど未知であるので、問題を解決する有効な方策は提示されていない。したがって、本研究で、橋の崩壊挙動特性を実験で解明し、崩壊挙動を予測する精緻な解析モデルや崩壊判定法を構築したこと、さらに、崩壊制御設計の新しい枠組を提示したことには学術的意義がある。また、想定外の地震に対する橋の致命的崩壊を減災の観点から回避する具体的方策を提示したことには社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Collapse-control design is proposed to reduce the fatal damages of bridges caused by the progressive failure that may occur in case when structural responses exceed the safety limit states under unexpectedly large earthquakes. First, collapse tests were conducted on three 1/7 scale models of continuous elevated-girder bridge specimens and two 1/5 scale models of upper-deck type truss bridges to assess their progressive failure behaviors precisely. Then, numerical models were presented such that the dynamic collapse behavior of the bridge models observed in the tests can be simulated accurately. Collapse criterions were also proposed to predict the failure of the bridges by the numerical models. Finally, the validity of the two methods to improve the resistance to the progressive failure was investigated. One is to increase the energy dissipation capacity of structural members in the post-peak range. The other is to install collapse prevention devices.

研究分野：耐震工学，構造工学，計算力学

キーワード：進行性破壊 耐震設計 崩壊制御 連続高架橋 CFT橋脚 上路式トラス橋 振動台実験 ロバスト性

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

現在の耐震設計では、想定した設計地震動に対して橋の損傷を制御して、その応答が終局限界を超えるのを防ぐ手法が用いられる。このため、想定外の地震動で、橋の応答が終局限界を超えた時には、崩壊に至る可能性を否定できない。一方、東日本大震災以降、社会基盤施設の想定外の崩壊などの致命的な被災は社会的に許容されにくい状況にある。したがって、想定外の地震動で、橋の応答が終局限界を超える場合も、崩壊を可能な限り抑制する崩壊制御による減災の考え方を早急に具体化する必要がある。海外では、WTC ビルの倒壊や I-35W 橋の落橋以降、欧米を中心に、ロバスト性や冗長性の観点から構造物の崩壊に対する抵抗性向上策が検討されてきた。しかし、崩壊が希有な事象である上に実験の困難さから、崩壊挙動の実態解明が十分でなく、崩壊挙動の予測解析の精度も不明である。このように、崩壊の実態が把握されないまま単純化された崩壊制御法が提示されているがその妥当性・信頼性は明らかでない。

2. 研究の目的

(1) 耐震設計が支配的な連続高架橋と上路式トラス橋の大型模型を用いた加振実験で、終局限界を超えて崩壊に至るまでの挙動を再現し、その特性を解明する。さらに、実験結果を解析モデルに反映させることで、崩壊挙動を正確に予測できる精緻な解析法を開発する。

(2) 橋の応答が耐震設計での終局限界を超えたときに、崩壊の有無を判定する手法を開発する。

(3) 橋が致命的な崩壊に至らないように、減災の観点から崩壊を制御する崩壊制御設計の枠組と具体的な方策を提示する。

3. 研究の方法

(1) 崩壊制御設計の合理的な枠組みの構築を検討した。基本的な設計の流れとしては、まず、橋の応答が終局限界状態を超えた場合を対象に、精緻な数値解析モデルで構造物の時刻歴応答を算定する。つぎに、この時刻歴応答をもとに崩壊判定法で崩壊挙動の有無を照査する。崩壊が予測される場合には、構造としての耐崩壊性能を向上する方策や崩壊防止装置を導入する方策で致命的な崩壊を回避する。以上の基本方針の詳細化や具体化を連続高架橋と上路式トラス橋を対象として検討した。

(2) 連続高架橋と上路式トラス橋の崩壊挙動特性を明らかにするために、それぞれ、縮尺 1/7 および 1/5 の大型模型を用いた崩壊実験を行った。連続高架橋の崩壊実験は振動台による 2 方向同時加振で実施した。一方、上路式トラス橋の崩壊実験は死荷重載荷状態で下弦材を切断することで実施した。

(3) 連続高架橋と上路式トラス橋を対象に崩壊挙動を精度よく再現できる数値解析モデルを構築した。まず、重要な構成部材が破壊に至るまでの特性を載荷実験などで解明し、これらを反映した精緻な部材モデルを開発した。精緻な部材モデルを導入した構造全体系モデルはペタスケールの大規模モデルになり、高次非線形となる崩壊挙動の数値解析では収束性・安定性が悪化する恐れがある。このような問題を回避するため、部材モデルの挙動を数値的に近似したマクロ要素で離散化したモデルを用いて計算する方法も定式化した。この場合、部材の詳細な破壊挙動の解析はマクロモデルで算定された力学量の応答を精緻な部材モデルに入力することで実施した。

(4) (3)のモデルによる時刻歴応答解析で追跡した地震動下の構造物の 3 次元挙動をもとに、崩壊挙動の有無を判定するためのいくつかの実用的手法を定式化し、適用性について検討した。

(5) 崩壊制御設計における、具体的な耐崩壊性能向上策を解析と実験で検討した。連続高架橋では、終局限界以降の橋脚のエネルギー吸収能を高めて耐崩壊性能を向上させる方策として、橋脚の CFT 化を、また、上路式トラス橋ではケーブル式崩壊防止装置の設置を検討した。

4. 研究成果

(1) 崩壊制御設計の枠組みの構築：想定外の地震動で、橋の応答が終局限界を超える場合を想定し、このような場合にも、可能な限り致命的な崩壊を抑制する崩壊制御設計の枠組みを構築した（図-1）。橋の崩壊制御設計の方法としては、A) 耐崩壊性能の向上と B) 崩壊モード・崩壊方向の制御からなると考え、ここでは A) に属する①構造としての耐崩壊性能向上策と②崩壊防止装置の設置による耐崩壊性能向上策の具体的方法を提示した。

①構造としての耐崩壊性能向上 耐崩壊性能の向上は構造自体のロバスト性やリダンダンシーの向上による。ここでは、鋼部材の CFT 化を行うことで、耐震設計での安全限界以降のエネルギー吸収能を大きくして、構造物のロバスト性を向上させる方法を提示した。

②崩壊防止装置の設置による耐崩壊性能向上 崩壊防止装置は、構造系の崩壊時のみに機能し、構造物の耐震性能に影響を与えないことを原則とした。具体的な崩壊防止装置としては、構造全体系の崩壊をケーブルにより防止する一般化した装置を提案した。崩壊防止装置はケーブルの

弛みを調整することで、構造物の地震時応答が終局限界状態を超えた図-2 の領域においてのみ機能するように設定できるので、崩壊制御設計と耐震設計を独立させることが可能である。

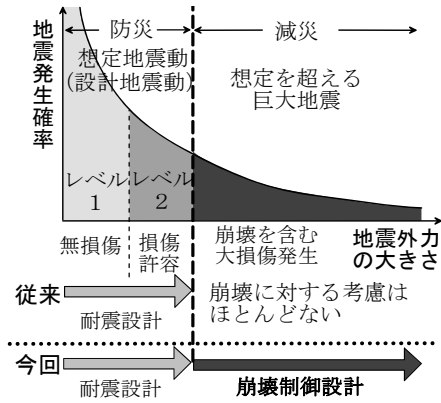


図-1 崩壊制御設計と耐震設計

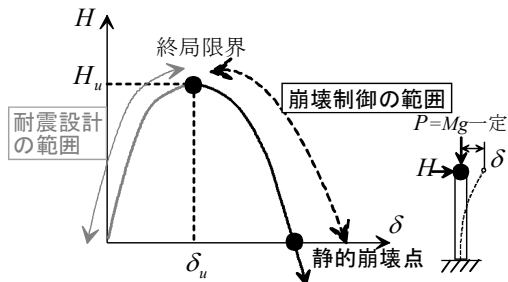


図-2 崩壊制御の領域

表-1 高架橋供試体一覧

2 径間連続高架橋模型供試体(1/7 縮尺)	崩壊想定シナリオ
(a) T 型 CFT 橋脚ですべて支持された連続高架橋(1 体)	(I) 橋脚の損傷先行型
(b) 逆 L 型 CFT 橋脚を中央橋脚に持つ連続高架橋(2 体)	(I) 橋脚の損傷先行型 (II) 支承の損傷先行型

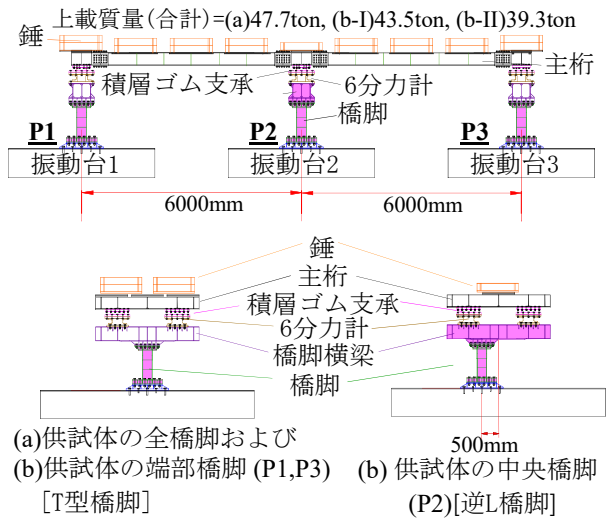


図-3 高架橋供試体と振動台

(2) 連続高架橋の加振による崩壊実験と解析モデルの構築：

①連続高架橋模型と加振方法 (図-3) T 型 CFT 橋脚および逆 L 型 CFT 橋脚により、ゴム支承を介して上部構造が支持された縮尺 1/7 の 2 径間連続高架橋模型を製作した。加振は、中国同済大学の世界最大級橋梁用マルチ振動台により、レベル 2 を超える水平 2 方向地震動成分を同時入力した。供試体は、表-1 に示すように、(a) T 型 CFT 橋脚ですべて支持された連続高架橋模型 1 体、中央橋脚 1 基のみを逆 L 型橋脚に代えて偏心の影響を調べる(b) 逆 L 型 CFT 橋脚を中央橋脚に持つ連続高架橋模型 2 体からなる。ここで、(a)、(b)の各高架橋供試体 1 体については、(I)橋脚の損傷先行型として、橋脚の破壊で高架橋が崩壊に至るシナリオが再現できるように設計した。残りの(b)の供試体 1 体については、(II)支承の損傷先行型として、支承の破断が先行するように設計した。実験では、橋脚、支承、上部構造の連成が、崩壊挙動に与える影響を調べた。

②実験結果 (I)橋脚の損傷先行型の (a) T 型 CFT 橋脚すべてで支持された高架橋模型では、CFT 化で鋼製橋脚の局部座屈変形の進展が抑制される。したがって、図-4 (a)i)に示す CFT 橋脚の履

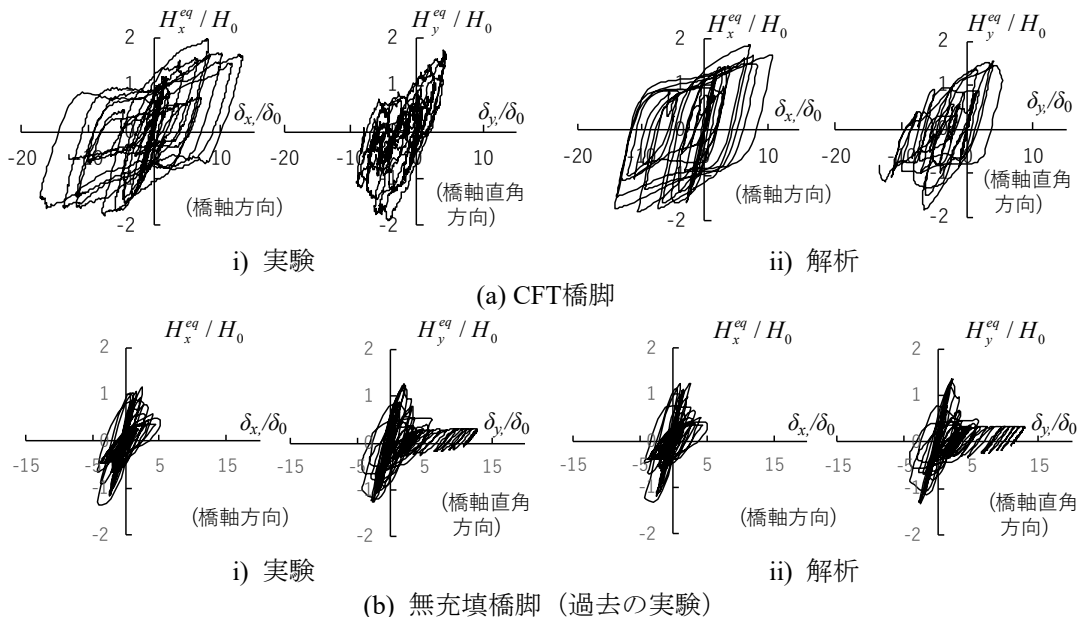
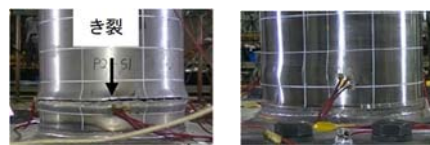
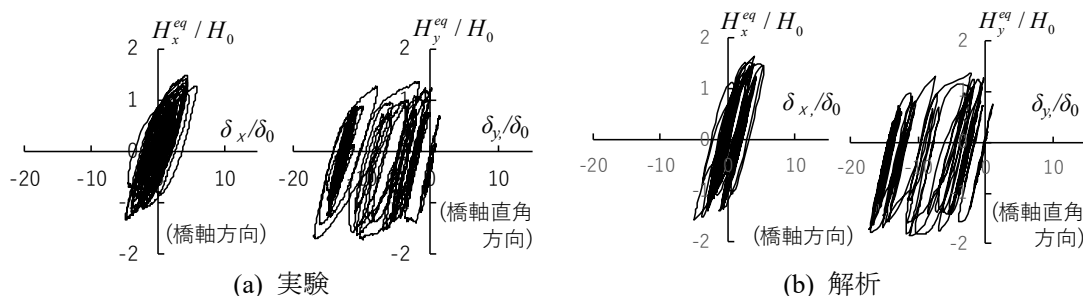


図-4 T型橋脚による連続高架橋の中央橋脚(P2)の履歴曲線

歴曲線は最大復元力点到達以降の領域においても、荷重低下が小さく、過去に実験を行った図-4(b)i)の無充填鋼製橋脚に較べて、エネルギー吸収能は非常に大きい。これより、橋脚のCFT化は耐崩壊性能向上に非常に有効であることがわかった。CFT橋脚の場合、無充填橋脚と比べ、局部座屈変形の進展は抑制されるが、最終的には、局部座屈が生じた橋軸方向基部縁端部での低サイクル疲労亀裂発生を起点として、き裂が水平方向に広がることで、橋脚が破壊した(図-5(a))。なお、CFT橋脚では鉛直変位が小さいので、無充填橋脚と異なり、橋脚の破壊直前まで死荷重の再配分はほとんどない(図-8(a)i)。(b)の逆L型のCFT橋脚では、(a)のT型CFT橋脚とは異なった崩壊様式を示した。図-6の履歴曲線からわかるように、逆L型橋脚にはT型橋脚と同様に両振りの繰り返し水平地震慣性力が作用する。しかし、橋軸直角方向への死荷重の偏心に起因して、橋脚高さ方向に一定の橋軸回りの初期曲げモーメントが作用するので、加振実験では橋脚柱全体にほぼ一様な橋軸回りの塑性曲げ変形が生じるとともに、基部には局部座屈変形も生じた。その結果、逆L型橋脚の偏心方向に水平変位が増加した。しかし、この水平変位は頭打ちになり、低サイクル疲労による橋脚基部のき裂も発生しなかった。これは、橋軸直角方向への曲げ変形で逆L橋脚頂部が沈下したため、死荷重が両端部のT型橋脚に再配分され、逆L橋脚の荷重分担が減少したことによると考えられる(図-8(a)ii)。(II)でゴム支承が破断した場合には、免振機能が喪失するので、橋脚に作用する地震力が急増する。これにより、橋脚の崩壊につながる恐れもある。



(a) T型橋脚 (b) 逆L型橋脚
図-5 CFT橋脚基部の損傷形態



(a) 実験 (b) 解析
図-6 逆L型橋脚による連続高架橋の中央橋脚(P2)の履歴曲線

③崩壊挙動の解析 2段階の解析法を開発した。まず、複数のCFT橋脚で支持された連続高架橋の崩壊時の挙動を安定的・効率的に解析するために、CFT橋脚の挙動を数値的に近似した図-7の簡易なセグメントモデルを開発した。このモデルで連続高架橋のマクロ挙動を解析し、各橋脚頂部の変位と作用力の時刻歴応答を安定的・効率的に得ることができた。つぎに、鋼管のひずみ集中現象、充填コンクリートの拘束効果と水平ひび割れの開閉挙動、鋼とコンクリート界面の相互作用などの諸現象を考慮して崩壊現象を解析できる橋脚単体の精緻なシェル・ソリッドモデルを構築した。この精緻なモデルにセグメントモデルで算定された橋脚頂部の物理量の時刻歴応答を入力して、橋脚の崩壊挙動を詳細に解析した。算定された結果として、T型と逆L型のCFT橋脚について、中央橋脚の水平力-水平変位の履歴挙動を図-4(a),ii),(b),ii)と図-6(b)に、中央橋脚と端部橋脚の鉛直荷重の再配分挙動を図-8(a),ii) (b),ii)に示す。いずれも、実験での崩壊挙動をよく再現している。なお、2方向載荷を受けるゴム系支承の終局挙動を再現できるモデルも、実験をもとに開発した。

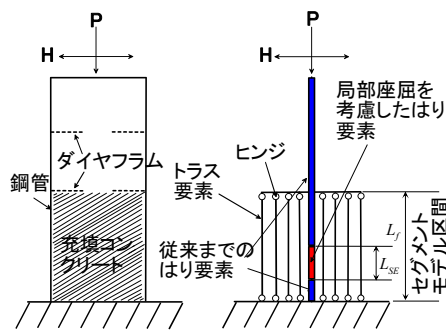
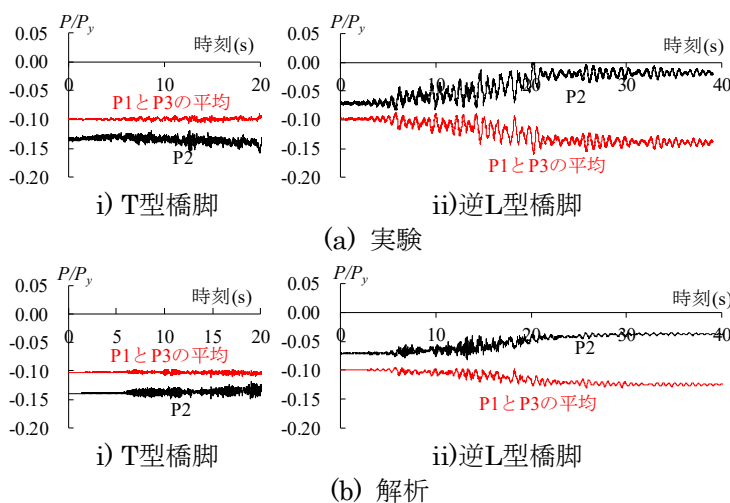


図-7 CFT橋脚のセグメントモデル



(a) 実験 (b) 解析
図-8 T型と逆L型CFT橋脚の軸力Pの変動

(3)崩壊判定法の提案と精度：(2)③の解析モデルによる解析で橋の応答が終局状態を超える場合の挙動を追跡して、構造系の崩壊挙動の有無を判定する方法を提案し妥当性を検証した。検討し

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 後藤芳顯、海老澤健正、佐々木克仁、神田信也、松原拓朗、田嶋仁志	4. 巻 75
2. 論文標題 コンクリートを充填したSM570材による鋼製橋脚の繰り返し荷重下の終局挙動のFE解析	5. 発行年 2019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 175 ~ 193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.75.175	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 Lyu Fei, Goto Yoshiaki, Kawanishi Naoki, Xu Yan	4. 巻 146
2. 論文標題 Three-Dimensional Numerical Model for Seismic Analysis of Bridge Systems with Multiple Thin-Walled Partially Concrete-Filled Steel Tubular Columns	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Structural Engineering	6. 最初と最後の頁 1 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002451	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 奥村 徹、後藤 芳顯	4. 巻 65A
2. 論文標題 曲げとせん断の連成が弾塑性はりモデルを用いた耐震解析に与える影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 構造工学論文集 A	6. 最初と最後の頁 225 ~ 235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.11532/structcivil.65A.225	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 海老澤健正、後藤芳顯、古田高也	4. 巻 22
2. 論文標題 既設中空鋼製橋脚のコンクリート充填による耐震補強における水平耐力上昇の抑制方法の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 性能に基づく橋梁などの耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 371 ~ 378
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 -

1. 著者名 川西直樹、後藤芳顯、海老澤健正	4. 巻 22
2. 論文標題 連続高架橋模型の加振実験によるT型と逆L型コンクリート充填鋼製橋脚の崩壊に至る挙動解明と解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 性能に基づく橋梁などの耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 187 ~ 194
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 -

1. 著者名 水野剛規、後藤芳顯、王慶云、鈴木森晶	4. 巻 22
2. 論文標題 上路式鋼トラス橋を対象とした崩壊制御設計に用いるケーブル式崩壊防止装置の有効性に関する検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 性能に基づく橋梁などの耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 313 ~ 320
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 -

1. 著者名 後藤芳顯、川西直樹、Lyu Fei、海老澤健正、Yan Xu	4. 巻 21
2. 論文標題 コンクリート充填鋼製橋脚で支持された2径間連続高架橋模型の加振実験による終局挙動と崩壊挙動の特性と3次元セグメントモデルの適用性について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 47-55
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 奥村徹、後藤芳顯	4. 巻 21
2. 論文標題 多方向地震動を受ける鋼橋のPushover解析に基づく地震後の残留変位の推定法に関する検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 89-96
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 -

1. 著者名 水野剛規, 後藤芳顯	4. 巻 21
2. 論文標題 ロッキング橋脚の自立化に伴う基礎への地震作用軽減のための免振・制震機構	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 389-396
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 -

1. 著者名 後藤芳顯	4. 巻 21
2. 論文標題 鋼・合成構造標準示方書 "耐震設計編" の改定 - "想定外" への対応に向けて-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 鋼構造と橋に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 15-38
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 -

1. 著者名 Okumura, T. and Goto, Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Load Redistribution among Steel Piers in Continuous Elevated-girder Bridges Subjected to Multi-directional Seismic Accelerations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of International Conference on Advances in Steel Structures	6. 最初と最後の頁 1803-1816
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 -

1. 著者名 Lyu, F., Goto, Y. and Kawanishi, N.	4. 巻 9
2. 論文標題 3-dimensional Numerical Model for Dynamic Analysis of Partially Concrete-filled Thin-walled Circular Steel Columns	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of International Conference on Advances in Steel Structures	6. 最初と最後の頁 1611-1622
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 -

1. 著者名 Obata, M. and Goto, Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Analysis of Rubber Bearing Behavior with Material Deterioration	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of International Conference on Advances in Steel Structures	6. 最初と最後の頁 1781-1790
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 -

1. 著者名 水野剛規, 後藤芳顯	4. 巻 Vol.75, No.1
2. 論文標題 ロッキング橋脚の自立化で基礎に作用する地震力軽減のための橋脚柱の浮き上がり免振機構	5. 発行年 2019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 26-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejsee.75.26	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 奥村徹, 後藤芳顯	4. 巻 65A
2. 論文標題 曲げとせん断の連成が弾塑性はりモデルを用いた耐震解析に与える影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 225-235
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 吉田純司, 小泉和士	4. 巻 Vol.74, No.3
2. 論文標題 動的解析のための免震用積層ゴム支承の水平2方向拡張バイリニアモデル	5. 発行年 2018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 458-472
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejsee.74.458	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 竹谷晃一, 吉田純司, 太田小春, 高木詩歩	4. 巻 Vol.26, No.56
2. 論文標題 動画像を用いた橋梁の活荷重挙動の分析方法の基礎的検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 鋼構造年次論文報告集	6. 最初と最後の頁 380-385
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 Takeya, K., Ota, K., Takagi, S. and Yoshida, J.	4. 巻 4
2. 論文標題 Analysis of Traffic Environment and Dynamic Behavior of Bridge Girders based on Image Sensing Techniques	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of International Conference on Science, Engineering and Environment	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 Takeya, K., Takagi, S., Yoshida, J. and Sasaki, E.	4. 巻 8
2. 論文標題 Vehicle Information in Motion Based on Bridge Accelerations and Machine Learning Techniques	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of Regional Symposium on Infrastructure Development	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 後藤芳顯, 奥村徹, 海老澤健正	4. 巻 73
2. 論文標題 連続高架橋の多方向地震動下でのゴム支承と支承取付部の曲げせん断挙動	5. 発行年 2017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 532 ~ 551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejsee.73.532	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 後藤芳顯, 海老澤健正, Nguyen Van Bach	4. 巻 73
2. 論文標題 地震動が作用する鋼製橋脚の3次元倒壊挙動と予測	5. 発行年 2017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 512 ~ 531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejsee.73.512	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 奥村徹, 後藤芳顯	4. 巻 64A
2. 論文標題 鋼製橋脚で支持された連続高架橋の多方向地震動下の耐震安全照査法に関する検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 208 ~ 221
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 川西直樹, 後藤芳顯	4. 巻 64A
2. 論文標題 コンクリート充填構造を対象とした3次元セグメントモデルの開発と耐震照査法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 73 ~ 85
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 藤倉修一, 佐々木智大, 本橋英樹, 野中哲也	4. 巻 64A
2. 論文標題 熊本地震で被災した山岳部曲線橋の被害分析および再現解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 250 ~ 261
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 -

1. 著者名 川西直樹, 後藤芳顯	4. 巻 20
2. 論文標題 ピーク以降の履歴挙動を考慮したコンクリート充填構造の汎用的な3次元簡易モデルと耐震照査法	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 性能に基づく高架橋の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 85 ~ 92
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 -

1. 著者名 後藤 芳顯, 奥村徹, 海老澤健正	4. 巻 20
2. 論文標題 連続高架橋の多方向地震動下での支承取付部の曲げせん断挙動と破壊	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 性能に基づく高架橋の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 93 ~ 98
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 -

1. 著者名 奥村徹, 後藤芳顯	4. 巻 20
2. 論文標題 鋼製橋脚で支持された連続高架橋の多方向地震動下の耐震安全照査法に関する検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 性能に基づく高架橋の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 99 ~ 106
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 -

1. 著者名 辻井純平, 野中哲也, 奥村徹, 坂本佳子, 馬越一也	4. 巻 20
2. 論文標題 鉛直成分が卓越した地震動による橋桁とゴム支承の応答特性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 性能に基づく高架橋の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 283 ~ 290
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 -

1. 著者名 小畑誠, 小岩千紗, 後藤芳顯	4. 巻 20
2. 論文標題 材料劣化を考慮した繰り返し載荷下のゴム支承挙動の解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 性能に基づく高架橋の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 387 ~ 394
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 -

1. 著者名 Yoshiaki Goto, Takemasa Ebisawa, Makoto Obata, Jianzhong Li and Yan Xu	4. 巻 22
2. 論文標題 Ultimate Behavior of Steel and CFT Piers in Two-Span Continuous Elevated-Girder Bridge Models Tested by Shake-Table Excitations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Bridge Engineering	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) 10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0001021	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

〔学会発表〕 計44件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 海老澤健正、後藤芳顯、古田高也
2. 発表標題 既設中空鋼製橋脚のコンクリート充填による耐震補強における水平耐力上昇の抑制方法の検討
3. 学会等名 第22回性能に基づく橋梁などの耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川西直樹、後藤芳顯、海老澤健正
2. 発表標題 連続高架橋模型の加振実験によるT型と逆L型コンクリート充填鋼製橋脚の崩壊に至る挙動解明と解析
3. 学会等名 第22回性能に基づく橋梁などの耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水野剛規、後藤芳顯、王慶云、鈴木森晶
2. 発表標題 上路式鋼トラス橋を対象とした崩壊制御設計に用いるケーブル式崩壊防止装置の有効性に関する検討
3. 学会等名 第22回性能に基づく橋梁などの耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥村 徹、後藤 芳顯
2. 発表標題 曲げとせん断の連成が弾塑性はりモデルを用いた耐震解析に与える影響
3. 学会等名 第65回構造工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小坂崇、岡上政史、関川洋介、後藤芳顯、海老澤健正、野中哲也
2. 発表標題 大型マルチ振動台を用いたレベル2地震動入力下のCFT化した鋼管集成橋脚による連続高架橋の挙動特性の検討
3. 学会等名 土木学会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 初鹿 雄斗、後藤芳顯、海老澤健正、関川洋介、岡上政史、服部匡洋
2. 発表標題 マルチ振動台によるレベル2を超える地震動入力下のCFT化した鋼管集成橋脚による連続高架橋の耐震安全性の検討
3. 学会等名 土木学会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴田涼平、野中哲也、後藤芳顯、関川洋介、岡上政史、 服部匡洋
2. 発表標題 静的繰り返し載荷実験によるコンクリート充填鋼管集成橋脚の地震時力学特性に関する研究
3. 学会等名 土木学会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水野雅之、後藤芳顯、海老澤健正、川西直樹、大門大
2. 発表標題 SM570鋼によるY型橋脚の耐震安全性の3次元照査
3. 学会等名 土木学会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川西直樹
2. 発表標題 コンクリート充填鋼製橋脚で支持された2径間連続高架橋模型の加振実験による終局挙動と崩壊挙動の特性と3次元セグメントモデルの適用性について
3. 学会等名 第21回性能に基づく橋梁などの耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥村徹
2. 発表標題 多方向地震動を受ける鋼橋のPushover解析に基づく地震後の残留変位の推定法に関する検討
3. 学会等名 第21回性能に基づく橋梁などの耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水野剛規
2. 発表標題 ロッキング橋脚の自立化に伴う基礎への地震作用軽減のための免振・制震機構
3. 学会等名 第21回性能に基づく橋梁などの耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤芳顯
2. 発表標題 鋼・合成構造標準示方書”耐震設計編”の改定 – ”想定外”への対応に向けて–
3. 学会等名 第21回鋼構造と橋に関するシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Okumura, T.
2. 発表標題 Load Redistribution among Steel Piers in Continuous Elevated-girder Bridges Subjected to Multi-directional Seismic Accelerations
3. 学会等名 International Conference on Advances in Steel Structures 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Lyu, F.
2. 発表標題 3-dimensional Numerical Model for Dynamic Analysis of Partially Concrete-filled Thin-walled Circular Steel Columns
3. 学会等名 International Conference on Advances in Steel Structures 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Obata, M.
2. 発表標題 Analysis of Rubber Bearing Behavior with Material Deterioration
3. 学会等名 International Conference on Advances in Steel Structures 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木克仁
2. 発表標題 SM570鋼を用いたコンクリート充填鋼製橋脚の高精度数値解析法と局部ひずみの解析
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水野雅之
2. 発表標題 CFT化したSM570鋼による既設橋脚の塑性履歴挙動と耐力上昇の抑制法
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥村徹
2. 発表標題 曲げとせん断の連成が弾塑性はり要素による耐震解析に与える影響
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川西直樹
2. 発表標題 3次元セグメントモデルによるCFT橋脚を有する連続高架橋加振実験の再現解析
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水野剛規
2. 発表標題 ロッキング橋脚の脚柱基部の浮き上がりの許容と制震デバイス付加による耐震補強
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森井伸一
2. 発表標題 2方向載荷時のゴム支承挙動の数値解析
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 望月野亜
2. 発表標題 ゴムの動的多軸力学特性の把握
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 有賀和貴
2. 発表標題 画像処理を用いた舗装路面の健全度評価システムの構築
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshida, J.
2. 発表標題 Analysis of Traffic Environment and Dynamic Behavior of Bridge Girders based on Image Sensing Techniques
3. 学会等名 International Conference on Science, Engineering and Environment (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshida, J.
2. 発表標題 Vehicle Information in Motion Based on Bridge Accelerations and Machine Learning Techniques
3. 学会等名 Regional Symposium on Infrastructure Development (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥村徹, 後藤芳顯
2. 発表標題 鋼製橋脚で支持された連続高架橋の多方向地震動下の耐震安全照査法に関する検討
3. 学会等名 第64回構造工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川西直樹, 後藤芳顯
2. 発表標題 コンクリート充填構造を対象とした3次元セグメントモデルの開発と耐震照査法
3. 学会等名 第64回構造工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤倉修一, 佐々木智大, 本橋英樹, 野中哲也
2. 発表標題 熊本地震で被災した山岳部曲線橋の被害分析および再現解析
3. 学会等名 第64回構造工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Lyu, F. and Goto, Y.
2. 発表標題 A 3-dimensional segment model applicable to the analysis of dynamic behaviors of continuous bridge system with CFT piers
3. 学会等名 The Second International Bridge Seismic Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奥村徹, 海老澤健正, 後藤芳顯
2. 発表標題 セグメントのひずみにもとづく鋼製橋脚を含む鋼部材の耐震安全照査法の妥当性
3. 学会等名 第63回構造工学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本橋英樹, 野中哲也, 馬越一也, 中村真貴, 原田隆典
2. 発表標題 熊本地震の断層近傍における地震動と橋梁被害の再現解析
3. 学会等名 第63回構造工学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤 芳顯, 奥村徹, 海老澤健正
2. 発表標題 連続高架橋の多方向地震動下での支承取付部の曲げせん断挙動と破壊
3. 学会等名 第20回性能に基づく高架橋の耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 海老澤健正, 奥村徹, 後藤芳顯
2. 発表標題 多方向地震動下での高架橋の耐震安全性照査に用いる無充填鋼製橋脚柱の限界相関式に関する検討
3. 学会等名 第20回性能に基づく高架橋の耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奥村徹, 後藤芳顯
2. 発表標題 鋼製橋脚で支持された連続高架橋の多方向地震動下の耐震安全性照査法に関する検討
3. 学会等名 第20回性能に基づく高架橋の耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小畑誠, 小岩千紗, 後藤芳顯
2. 発表標題 材料劣化を考慮した繰り返し載荷下のゴム支承挙動の解析
3. 学会等名 第20回性能に基づく高架橋の耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 辻井純平, 野中哲也, 奥村徹, 坂本佳子, 馬越一也
2. 発表標題 鉛直成分が卓越した地震動による橋桁とゴム支承の応答特性
3. 学会等名 第20回性能に基づく高架橋の耐震設計に関するシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小岩千紗, 小畑誠, 後藤芳顯
2. 発表標題 材料劣化を考慮した繰り返し載荷下のゴム材料挙動の数値解析
3. 学会等名 土木学会第72回年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山田忠信, 後藤芳顯, 海老澤健正
2. 発表標題 トラス橋の格点部を含めたパネルの終局強度に関する研究
3. 学会等名 土木学会第72回年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河合惟大, 後藤 芳顯, 山田忠信
2. 発表標題 下弦材が破断したトラス橋の崩壊挙動解明のための大規模実験
3. 学会等名 土木学会第72回年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 水野剛規, 後藤芳顯, 山田忠信
2. 発表標題 トラス橋の崩壊防止手法開発のための大規模実験
3. 学会等名 土木学会第72回年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川西直樹, 後藤芳顯
2. 発表標題 CFT柱の繰り返し履歴特性を考慮した汎用的な3次元セグメントモデルの提案
3. 学会等名 土木学会第72回年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takemasa Ebisawa, Yoshiaki Goto
2. 発表標題 FE analysis of collapsing behavior of thin-walled steel piers in a 2-span elevated-girder bridge model subject to shake table accelerations
3. 学会等名 The Seventh Kwang-Hua Forum on Innovations and Implementations in Earthquake Engineering Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 水野剛規, 後藤芳顯, 山田忠信
2. 発表標題 鋼トラス橋のケーブルを用いた崩壊防止構造に関する基礎的検討
3. 学会等名 土木学会第71回年次学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 BACH NGUYEN VAN, 後藤芳顯, 海老澤健正
2. 発表標題 鋼製橋脚の倒壊判定と耐倒壊性能に関する検討
3. 学会等名 土木学会第71回年次学術講演会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 (公社)土木学会鋼構造委員会 鋼・合成構造標準示方書耐震設計編小委員会 委員長:後藤芳顯	4. 発行年 2018年
2. 出版社 (公社)土木学会	5. 総ページ数 338
3. 書名 2018年制定 鋼・合成構造標準示方書 耐震設計編	

1. 著者名 (一社)日本鋼構造協会 巨大地震に対する鋼橋の耐震照査法の信頼性向上に関する研究小委員会 委員長:後藤芳顯	4. 発行年 2018年
2. 出版社 (一社)日本鋼構造協会	5. 総ページ数 262
3. 書名 巨大地震に対する鋼橋の耐震照査法の信頼性向上	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 中空鋼製柱の耐震補強構造	発明者 後藤芳顯, 野中哲也	権利者 国立大学法人名 古屋工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、2017-224102	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 多分力計	発明者 後藤芳顯, 海老澤健正, 関川洋介, 岡上政史	権利者 国立大学法人名古屋工業大学, 阪神高速道路株
産業財産権の種類、番号 特許、2019-120388	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 トラス橋の落橋防止装置	発明者 後藤芳顯, 山田忠信, 王慶雲	権利者 国立大学法人名古屋工業大学, 日本車輛製造株
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6661125号	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

<p>想定を超える極大地震動作用時の橋の大規模崩壊現象の解明とその制御法の提案 http://kozo4.ace.nitech.ac.jp/Shaking_Table_Test/</p>
--

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	野中 哲也 (Nonaka Tetsuya) (20772122)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (13903)	
研究分担者	小畑 誠 (Obata Makoto) (30194624)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (13903)	
研究分担者	海老澤 健正 (Ebisawa Takemasa) (90332709)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・助教 (13903)	
研究分担者	吉田 純司 (Yoshida Junji) (90345695)	山梨大学・大学院総合研究部・准教授 (13501)	