

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01522

研究課題名(和文) 将来の設計地震力増大に対応できるメタボリズム耐震橋脚構造の開発

研究課題名(英文) Development of Aseismic Bridge Column based on Metabolism Concept

研究代表者

高橋 良和 (Takahashi, Yoshikazu)

京都大学・工学研究科・教授

研究者番号：10283623

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,100,000円

研究成果の概要(和文)：現行の要求性能を適切に満足させながらも、将来の耐震性能の変化に対応できる構造をメタボリズム耐震構造と定義し、エネルギー吸収性能を発揮する塑性ヒンジ部を取り替え可能なプレキャスト(PCa)セグメントとし、永続部である鉛直力・せん断力支持機構は弾性支承などのコア構造に付与する構造を開発した。

地震後に損傷した塑性ヒンジ部を軸力支持しながら交換することが可能であることを実証するため、正負交番載荷実験により損傷させた橋脚模型に対し、軸力を載荷した状態で塑性ヒンジ部を取り外し、その後性能の異なる塑性ヒンジを挿入することで、当初性能と異なる橋脚を実現できることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

耐震性能の回復・向上は既に供用が開始された既存橋脚を対象としていることから施工条件に制限を伴うケースが多い。特に橋脚には平時、上部構造・下部構造の自重や自動車などの荷重が永続的に軸力として作用するため、地震後の耐震性能改良には、大規模な設備を配することが必要であったが、本構造は二重構造であるため作用軸力をコア部に支持させることで大きな仮設備を必要とせず、外殻部の取り替えが可能である。また、建設業界において生産性向上への取組が進められる中で、外殻部にPCaを採用することにより耐震性能の早期復旧における生産性工場に寄与できる。

研究成果の概要(英文)：The structure is defined as a metabolism seismic structure that can respond to future changes in seismic performance while appropriately satisfying current performance requirements. The plastic hinge, which is the replaceable part, is provided by PCa segment. The vertical force and shear force support mechanism, which is the permanent part, is provided by the core structure, i.e. elastomeric bearing.

In order to demonstrate that it is possible to replace the damaged plastic hinges after an earthquake while maintaining axial force support, it was demonstrated that plastic hinges can be removed from a bridge pier model damaged by cyclic loading tests while axial forces are applied, and then plastic hinges with different bar arrangement can be inserted. The cyclic loading test of the metabolized bridge pier shows the the seismic performance is different from the original one.

研究分野：耐震工学

キーワード：メタボリズム 耐震 橋脚 交換可能 塑性ヒンジ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

RC 柱の耐震設計では、建設時点での最大規模地震動を想定した設計地震動を採用し、構造設計が行われている。しかしながら、地震が発生し、その被害の教訓を読み取る度に基準が改定され、設計地震力が漸増的に大きくなってきていることは事実である。つまり、現行の耐震設計を満足する構造物といえども、将来の基準改定により、既存不適格になり得ることは明らかである。一方、将来の設計地震力の増大を見込んで設計することは、明らかに現行設計においては過剰であり、容認されにくい。つまり、常に後付けの対応による性能改善を図るしかなかった状況にあった。結果、橋脚が太くなり、あるいはケーブルやブロックが追加されるなど、建設当時の構造造形、景観設計を改悪させることにもなる。これを根本的に解決するためには、耐震性能を新陳代謝可能な構造を開発し、現行の要求性能を適切に満足させながらも、将来の要求性能の変化に対応することを目指さなければならない。

### 2. 研究の目的

建設時の耐震基準に準拠するよう設計したとしても、将来の地震により耐震基準が変わり、設計地震力が増大すると既存不適格となり、その対策として RC 巻き立て工法のように断面を増大させる耐震補強が余儀なくされることは、まさにメタボリックシンドローム(メタボ、代謝異常)そのものに見える。これを根本的に解決するためには、耐震性能を新陳代謝可能な構造(メタボリズム耐震構造)を開発し、現行の要求性能を適切に満足させながらも、将来の要求性能の変化に対応することを目指さなければならない。

本研究では、耐震性に富む曲げ損傷型橋脚は、断面縁における弾塑性挙動に支配されることに着目し、そのエネルギー吸収性能を、取り替え可能なプレキャスト(PCa)セグメントに付与し、鉛直力・せん断力支持機構は PCa セグメント内部のコアに付与することで、地震後の取り替えを可能とするメタボリズム耐震構造を提案、開発する。

### 3. 研究の方法

本研究では、メタボリズム耐震構造として、軸力を支持して構造ヒンジ機能を保証する永続部とエネルギー吸収性能を発揮する可換部(PCa セグメント)を組み合わせた柱構造を考え、可換部を取替え可能とする構造を提案する。

まず、土木構造物に対する耐震基準の変遷を整理し、その要求性能の変化を取りまとめ、その要求性能を確保するために必要な構造技術を調査する。

本研究では、保有耐震性能を検証するとともに、将来の耐震性に対する新陳代謝性能も重要な検証課題である。そのため、正負交番載荷実験により保有耐震性能を検討した後、軸力支持下で可換部を取り外し、新しい可換部を挿入、一体化した後、再び正負交番載荷実験を行うことで、新陳代謝性能を確認する。また、構造設計が可能となるよう、数値解析による検討も実施する。

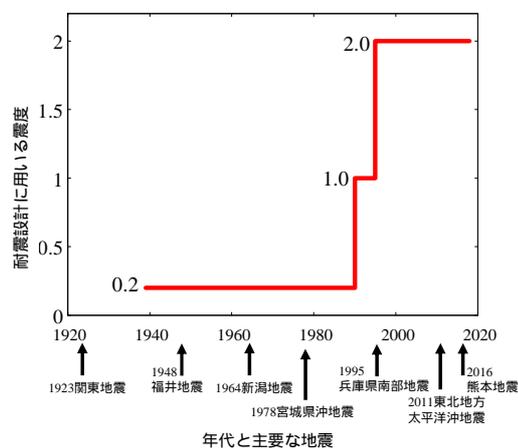
### 4. 研究成果

#### (1) メタボリズム運動

1960 年代、高度経済成長期最中の日本では、社会が激的に変化し、人口が著しく増加していた。そのような状況下で建築の分野で広まったのが、生物が代謝を繰り返しながら成長していくように建築や都市も有機的に変化できるようにデザインされるべきという考えに基づく建築運動であった。この建築運動は生物学用語で新陳代謝を意味する「メタボリズム」という語を用いてメタボリズム運動と呼ばれ、その思想は METABOLISM 1960-都市への提案-において当時の若手建築家らによって世界に発信された。

#### (2) 耐震基準の推移

1891 年の濃尾地震を端緒として耐震設計の必要性が問われ始め、1916 年には初めてその概念が提案された。そして 1926 年の「道路構造に関する細則案」では初めて地震力が規定された。ここでは具体的な数値や計算方法は規定されていなかったものの、1939 年には「鋼道路橋設計示方書案」において設計震度の標準値が規定された。また、1954 年には架橋地域と地盤の種別に応じて基準を変動させることも規定された。1971 年には、比較的振動しやすい橋梁に対しては修正震度法を適用することや、新潟地震の教訓として、地盤の液状化も考慮して地震の影響を評価することが規定された。そして 1995 年の兵庫県南部地震後には、さらに大幅な改訂が行われた。ここでは、

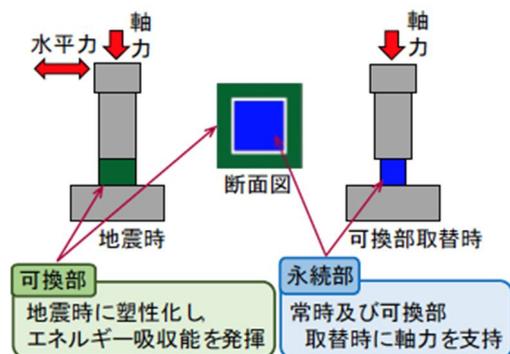


従来の震度法に加え地震時保有水平耐力法による照査が実施され、また、橋梁の供用期間中に発生する確率が高い地震動（レベル1地震動）や発生確率は低い大きな強度をもつ地震動（レベル2地震動）に対して、構造物の重要度にも応じながら目標とする耐震性能が整理された。このように、耐震基準やその考え方は地震被害の経験とともに変化し、かつ耐震に対する要求性能は一様に増大していることが分かる。

## (2) メタボリズム柱構造

橋脚に要求される構造性能は重力に抵抗するものと、地震力に抵抗するものの二つに分けられる。重力は永続作用であり、大きさも向きも一定である。一方、地震力は偶発作用であり、向きも大きさも不定である。従来これらの構造性能は一体の構造物に複合的に求められていたが、研究代表者らはこれらを明確に区別し、別々の部材にそれぞれの性能を期待することで、耐震性能のみを新陳代謝できるような構造を提案する。なぜなら、鉛直下方に一定量作用する重力に対してはその要求性能も一定であるが、地震力に対しては要求される性能や耐震基準が変遷してきた歴史があるためである。

構造性能のうち耐震性能のみ時代とともに変化してきたという点に着目し、メタボリズム運動の考え方を柱構造に適用させ、永続的に軸力を支持しながらも要求される性能の変化に応じて耐震性能のみ新陳代謝可能な柱構造を提案する。具体的には、図に示したように、柱基部が断面内部に位置する永続部とそのまわりを囲う可換部の二部材で構成される柱構造である。永続部は軸力支持機能に資する部材であり、可換部は耐震性能に寄与し、取替可能な部材である。一般に、レベル2地震動などの大きな地震時において、柱の耐震性能は基部に形成される塑性ヒンジ部のエネルギー吸収性能に依存することが知られており、その際の塑性化は断面外縁より生じやすいことから、本構造においても断面外縁に位置する可換部に塑性化を期待している。また、要求される耐震性能が変化した際には、永続部が軸力を支持することで橋梁を供用したまま可換部を取り替えられ、適切かつ迅速に性能を更新できる。本研究では、このような耐震性能の新陳代謝可能な柱構造をメタボリズム柱構造と呼ぶ。



## (4) メタボリズム柱構造の要求性能

### a) 永続部の要求性能

メタボリズム柱構造の永続部に少なくとも要求される性能は軸力を支持することである。加えて、たとえレベル2地震動のような強い地震が発生した場合にも軸沈下やせん断変形が防止されるような性能が求められる。なぜなら、現在の道路橋などの耐震設計において、レベル1地震動に対しては全ての構造物を対象に損傷を発生させず、レベル2地震動に対しては、対象が重要な構造物及び早期回復が必要な構造物の場合は、損傷により塑性変形が残留したとしても地震後比較的早期に修復可能であることを原則としており、メタボリズム柱構造においては、地震によって永続部に大きな横ずれや軸沈下が発生してしまうと地震後における可換部の取替が困難になると予想されるからである。

また、永続部は地震後も繰り返し使用することを考慮すると、地震が発生しても塑性変形しないような構造が望ましい。すると永続部構造として、曲げ抵抗を一切発揮しないヒンジ機構を内包した構造が考えられるが、取替時の安定性を考慮すると、永続部にも一定の曲げ抵抗を付与する必要があると思われる。平常時の取替であればP-効果の影響を打ち消せる程度の曲げ抵抗で良いが、地震後の取替を想定した場合、余震の影響も考慮する必要がある。余震に対してどこまでの性能を付与するかについては、例えばレベル1地震動程度の地震力にも抵抗できるほどの性能や、橋梁の架設時に用いられるようなレベル2地震動の半分程度の地震力には抵抗できるような性能などが考えられる。

### b) 可換部の要求性能

可換部に要求される性能は、地震時に塑性化し、安定したエネルギー吸収能を発揮するなど、所定の耐震性能を有することである。また、メタボリズム柱構造の最大の特徴の一つは、可換部が軸力支持下でも容易に取り替えられることである。取替可能な構造とするためには、必然的に柱基部に可換部とその他部材を接合する箇所を設けることになる。しかしながら、柱基部などの大きな曲げモーメントが発生する箇所には継ぎ手などの接合部を配置しないのが一般的である。H29年道路橋示方書耐震設計編においては、軸方向鉄筋の段落としては塑性化を考慮する領域で行ってはならないとあり、鋼構造接合部設計指針においても、柱継手は骨組の終局状態における作用応力の小さい位置に設け、柱継手を弾性域に留めるとある。したがって本研究においても、接合部の挙動としては弾性域にとどめるように設計を行うこととする。

さらに、永続部に軸力支持機能を付与することは、常に永続部によって全軸力が支持されることを意味しない。例えば、地震時に柱に水平力が作用し、水平変位が発生した際には可換部にも一定量の軸力が作用する可能性がある。そしてこの軸力の作用状態は可換部の耐震性能に影響を及ぼしうる。したがってメタボリズム柱構造の耐震性能を考える上では、永続部、可換部、それぞれの軸力の支持状態を考慮する必要があり、着目すべき点の一つとなる。

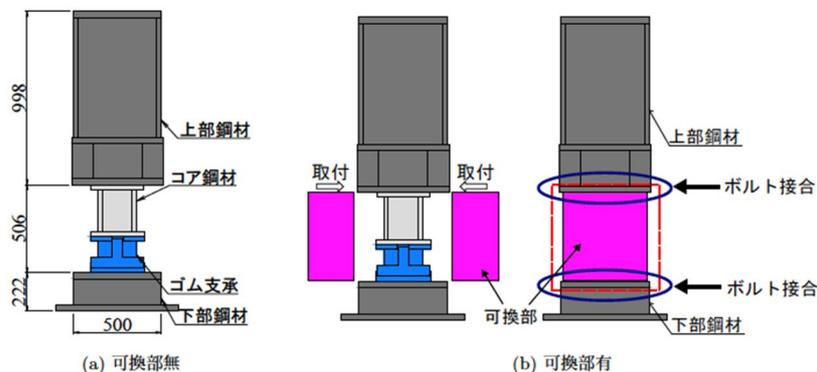
#### (5) 正負交番载荷実験および軸力支持下での取替実験

##### a) 試験体概要

本研究では、実橋梁を 1/5 程度に縮小した規模のものを実験供試体として用いた。取替区間は図中赤の四角で囲んだ区間であり、本区間に塑性ヒンジが形成されることを想定し、その性能や挙動が本研究の検討対象となる。その他の区間、すなわち柱上部及びフーチング部はそれぞれ、上部鋼材及び下部鋼材と取替区間と比べて剛性の大きな鋼材を用い、本研究においては試験区間外とした。

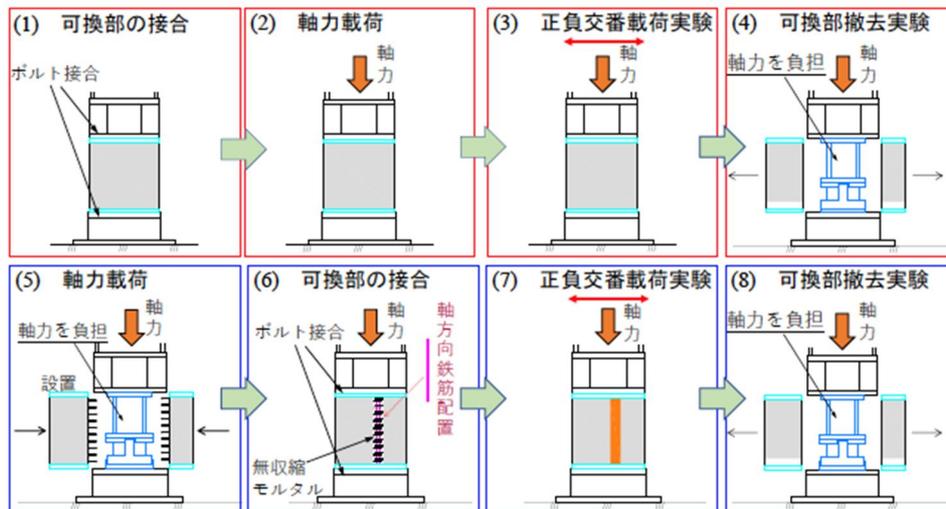
永続部には前節で述べた固定ゴム支承を用い、上部鋼材とゴム支承の間には高さ調整のためのコア鋼材を用いている。そこに可換部を設置し、各種接合によって一体構造とする。各部材の上下接合はボルトにより接合されるが、柱に大きな力が加わっても弾性範囲内の応答を示すように設計しており、ボルト接合部自体は本研究では試験区間外とした。

可換部は H8 年道路橋示方書および H24 年道路橋示方書により設計した鉄筋コンクリート断面である。永続部が軸力を支持した状態で後から設置できるようにコの字型断面二部材からなる。後者については設置後、可換部同士を水平に接合することとなるが、その接合方法は日本建築総合試験所の壁式プレキャスト接合部の無溶接接手工法を参考に、コの字型断面部材は帯鉄筋がそれぞれ互い違いに配置し、設置時にはそれらの交差部に軸方向鉄筋を挿入し、無収縮モルタルを打設することによって接合することとした。



##### b) 実験概要

本研究では正負交番载荷実験と軸力支持下での可換部撤去実験の二つの実験を一連の流れで実施した。実験の流れを図に示す。まず可換部を設置し、(2)のように構造全体に対して軸力 200kN を载荷する。そして(3)に示したように正負交番载荷実験を実施し、耐震性能を確認する。その後(4)で軸力支持下での可換部撤去実験を実施し、可換部を取り除く。その後、(5)(6)に示したように永続部が軸力を支持した状態で新たな可換部を設置、接合し、(7)で正負交番载荷実験を実施する。そして(8)のように再度可換部撤去実験を実施する。



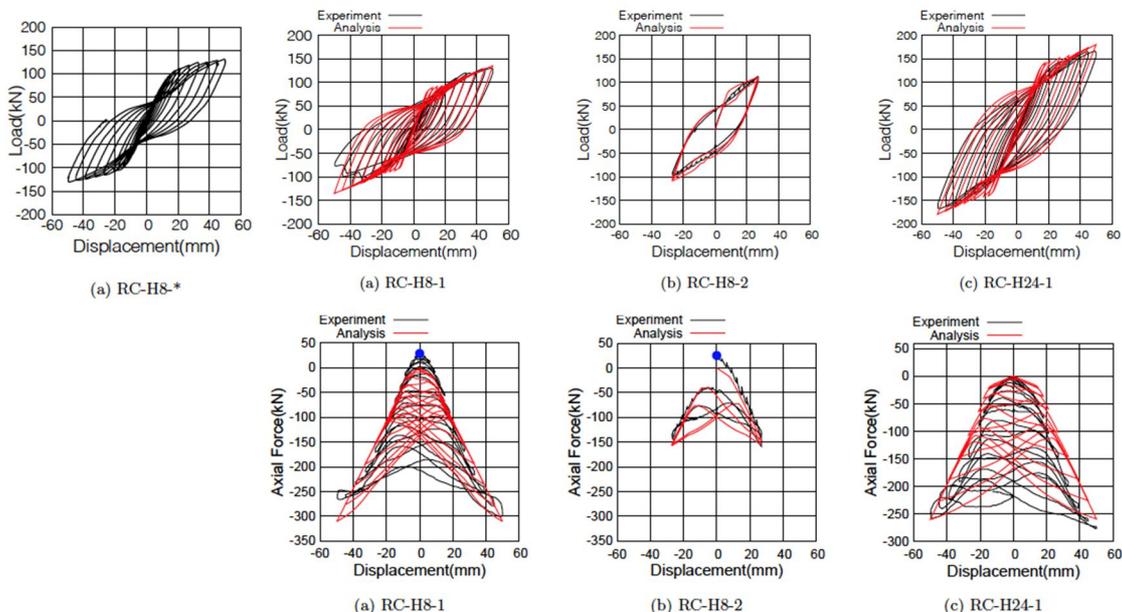
特に本研究で特徴的なのは、軸力支持下での可換部撤去実験を実施することである。軸力支持下での可換部撤去実験における撤去手順は (1)のように可換部四面のうち対二面を鉛直に分断す

るようにコア削孔を行い、次に(2)のように可換部下端のコンクリートを研り出し、同時に軸方向鉄筋を切断する。可換部下端を全て撤去できたことが確認できたら(3)のように可換部上端および下端のボルトを緩め、可換部を取り外す。本研究において、ボルト接合部を試験区間外としたため、接合方式によらず可換部に作用している力を永続部に移しながら撤去する方法を検討するにあたり、このような手順で実施することとした。また、本撤去実験は正負交番載荷実験後に実施されるため、残留変位が発生した状態での作業となる。安全確保のため変位制御のもと撤去を行うこととするが、塑性化した可換部の撤去に伴い水平荷重が発生することが想定される。その際、実際にはできるだけ支持部材が少なくても撤去できるような状態を目指すため、水平荷重が発生してもそれがゼロとなるように変位を調整しながら撤去を行った。

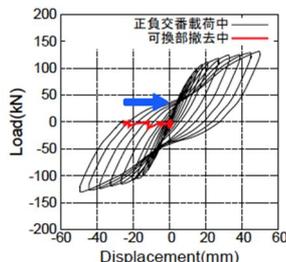
### c) 実験および解析結果

正負交番載荷時における各供試体の水平荷重 - 水平変位関係より、いずれの供試体についても紡錘型の履歴形状となり、安定したエネルギー吸収能が発揮されたものの、上記図(3)で実施した試験 (RC-H8-\*) とそれ以降の(7)で実施した実験 (RC-H8-1) では、配筋が等しいにも関わらず RC-H8-\* より RC-H8-1 の方が降伏荷重は小さく、また降伏後剛性が大きい結果となった。降伏後剛性が大きい結果は、RC-H24-1 でも同様の傾向である。

このような降伏後剛性の違いは軸力の支持状態が異なることに起因すると考えられる。RC-H8-\* は実験前に可換部に軸力が作用しているが、取替え中に全軸力が永続部に作用することから、取替え後の可換部には軸力は作用していない。ただ、正負交番載荷中に徐々に軸力が可換部に作用する結果となった。上記の影響を再現できる解析モデルを構築して計算した結果、解析(赤線)の履歴が実験(黒線)とよく一致しており、数値解析においても通常のRC柱とは異なり降伏後剛性が比較的大きくなるという特性を表現できた。



軸力支持下における可換部の撤去実験について、まず、いずれの供試体においても、軸力を支持した状態で可換部を撤去することが可能であった。撤去の際は常に水平荷重がゼロとなるように水平変位を制御した。図に RC-H8-\* の可換部撤去中の荷重変位関係を赤線で示す。黒線は正負交番載荷実験中の荷重変位関係であり、青矢印が水平変位の調整方向である。正負交番載荷時と比較して、小さな水平荷重しか発生せず水平変位をゼロの位置に戻すことができた。これらの結果から、本構造であれば例えば残留変位が発生しても小さな水平支持力で柱を鉛直に戻しながら可換部を撤去することが可能であると考えられ、検討している構造は本研究の目的に沿った新陳代謝のしやすい構造であると言える。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 植村佳大, 高橋良和	4. 巻 76
2. 論文標題 ヒンジ部コンクリートがメナーゼヒンジの力学特性に与える影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_393 ~ I_408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.76.4_i_393	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 前田紘人, 林学, 高橋良和	4. 巻 76
2. 論文標題 メタボリズム耐震橋脚構造の開発に向けた正負交番載荷及び塑性ヒンジ部取替実験	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_377 ~ I_392
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.76.4_i_377	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 植村佳大, 高橋良和, 後藤浩之	4. 巻 76
2. 論文標題 メナーゼヒンジにおける縦方向のひび割れの発生メカニズムに関する検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_363 ~ I_376
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.76.4_i_363	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 渡邊康介, 植村佳大, 高橋良和	4. 巻 76
2. 論文標題 骨格曲線に負勾配を有する構造物の定常振動下での動的応答安定性の理論的考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_301 ~ I_309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.76.4_i_301	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 WAI Mya San, TAKAHASHI Yoshikazu	4. 巻 76
2. 論文標題 ROBUSTNESS EVALUATION OF DOUBLE DIAGONAL TEN PANEL THREE SPAN CONTINUOUS AIR-RAID PROOF BRIDGE	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering (SE/EE))	6. 最初と最後の頁 I_320 ~ I_336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.76.4_i_320	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 YIN Xiang, TAKAHASHI Yoshikazu	4. 巻 76
2. 論文標題 RESPONSE OF SEISMIC ISOLATED ELEVATED BRIDGE DUE TO SLIGHTLY STRONG EARTHQUAKES IN 1995 AND 2018	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering (SE/EE))	6. 最初と最後の頁 I_529 ~ I_540
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.76.4_i_529	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 植村 佳大, 高橋 良和, 長崎 裕貴	4. 巻 75
2. 論文標題 メナーゼヒンジを有するロッカー橋脚のUBRC補強による耐震性能向上に関する検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_391-I_407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.75.I_391	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 五島 健斗, 植村 佳大, 高橋 良和	4. 巻 75
2. 論文標題 設計基準外事象に対する挙動が定性的に予測可能な埋め込みメナーゼヒンジRC構造の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_506-I_519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.75.I_506	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 TAKAHASHI Yoshikazu, GONG Yucheng	4. 巻 74
2. 論文標題 DAMAGE OF LATERAL DISPLACEMENT CONFINING DEVICES OF BRIDGES CAUSED BY THE 2016 KUMAMOTO EARTHQUAKE AND ESTIMATION OF FAILURE MECHANISM	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering (SE/EE))	6. 最初と最後の頁 I_45~I_58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.74.I_45	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 Angga FAJAR Setiawan, Yoshikazu TAKAHASHI	4. 巻 74
2. 論文標題 A HIGH SEISMIC PERFORMANCE CONCEPT OF INTEGRATED BRIDGE PIER WITH TRIPLE RC COLUMNS ACCOMPANIED BY FRICTION DAMPER PLUS GAP	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集A	6. 最初と最後の頁 I_131-I_147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.74.I_131	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 高橋良和, 楊晰, 長谷川晋也, 丹羽雄一郎, 矢島秀治	4. 巻 64A
2. 論文標題 経年40年のベアリングプレート支承(BP-A支承)の水平・回転変形追従性能実験	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 26-37
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 丹羽雄一郎, 矢島秀治, 高橋良和, 公門和樹	4. 巻 64A
2. 論文標題 経年38年の鉄道合成桁のBP-A支承の挙動性状と支承部水平力の評価	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 421-434
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 Keita Uemura, Yoshikazu Takahashi, Shinya Yamamoto	4. 巻 0
2. 論文標題 Cyclic loading test of RC columns with bond-slip connectors on longitudinal bars	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 5th fib Congress	6. 最初と最後の頁 ID181-ID181
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23件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Yoshikazu Takahashi
2. 発表標題 Development of metabolic seismic columns to be able to replace plastic hinge under gravity load
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keita Uemura
2. 発表標題 Development of RC column with embedded Mesnager hinge for beyond design basis events
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林学
2. 発表標題 埋込継手構造を用いた塑性ヒンジ部取替によるRC 橋脚の耐震性能回復に関する検討
3. 学会等名 第40回地震工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西根幸輝
2. 発表標題 死荷重支持機構を埋め込んだRC単柱の正負交番載荷実験
3. 学会等名 第40回地震工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林学
2. 発表標題 埋込メナーゼヒンジRC橋脚の地震後復旧性に関する実験的研究
3. 学会等名 第23回橋梁等の耐震設計シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋良和
2. 発表標題 ヒンジ部コンクリートがメナーゼヒンジの力学特性に与える影響
3. 学会等名 第39回地震工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 植村佳大
2. 発表標題 メナーゼヒンジにおける縦方向のひび割れの発生メカニズムに関する検討
3. 学会等名 第39回地震工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田 紘人
2. 発表標題 メタボリズム耐震橋脚構造の開発に向けた正負交番載荷及び塑性ヒンジ部取替実験
3. 学会等名 第39回地震工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mya San Wai
2. 発表標題 Robustness Evaluation of Double Diagonal Ten Panel Three Span Continuous Air-Raid Proof Bridge
3. 学会等名 第39回地震工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xiang Xin
2. 発表標題 Consideration on Response of Seismic Isolated Elevated Bridges due to Slightly Strong Earthquakes
3. 学会等名 第39回地震工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keita Uemura
2. 発表標題 Experimental/Numerical Investigation of Mechanism of Vertical Crack Generation on Mesnager Hinge
3. 学会等名 32nd KKHTCNN Symposium on Civil Engineering
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroto Maeda
2. 発表標題 Development of Plastic Hinge Replaceable Bridge Piers under Gravity Load based on Metabolism Concept
3. 学会等名 32nd KKHTCNN Synposium on Civil Engineering
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Watanabe
2. 発表標題 Nonlinear Dynamic Response of Structures with negative stiffness in Skeleton Curves
3. 学会等名 32nd KKHTCNN Synposium on Civil Engineering
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 五島健斗
2. 発表標題 設計基準外事象に対する挙動を定性的予測可能な有メナーゼヒンジRC構造の開発
3. 学会等名 土木学会第38回地震工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植村佳大
2. 発表標題 メナーゼヒンジを有するロッカー橋脚のUBRC補強による耐震性能向上に関する検討
3. 学会等名 土木学会第38回地震工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 五島健斗
2. 発表標題 設計基準外事象に対して基部ヒンジ機能を保証する有メナーゼヒンジRC柱の実験的検討
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植村佳大
2. 発表標題 節の一部を高くした軸方向鉄筋を有するRC柱のポストピーク挙動に関する検討
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 幸左賢二
2. 発表標題 ロッキング橋脚の倒壊メカニズムの検討
3. 学会等名 第21回性能に基づく橋梁等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 高橋良和
2. 発表標題 朝鮮総督府鉄道局による複斜材型トラス橋梁の開発と建設
3. 学会等名 土木史研究
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keita Uemura
2. 発表標題 Seismic strengthening by unbonded bar reinforced concrete structure for rocker piers with Mesnager hinges
3. 学会等名 31st KKHTCNN Symposium on Civil Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kento Goto
2. 発表標題 Seismic performance of embedded Mesnager hinge RC columns considering Beyond Design Basis Event
3. 学会等名 31st KKHTCNN Symposium on Civil Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshikazu Takahashi
2. 発表標題 Infrastructure Resilience Strategy in Structural/Earthquake Engineering, Japan
3. 学会等名 JSCE Annual Meeting International Panel (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshikazu Takahashi
2. 発表標題 Structural Engineering Aspects of Resilience and Relation to Framework
3. 学会等名 ASCE Convention (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

京都大学工学研究科社会基盤工学専攻構造ダイナミクス分野  
http://dynamics.kuciv.kyoto-u.ac.jp/  
研究紹介(高橋良和)  
http://yt.kuciv.kyoto-u.ac.jp/research/  
構造ダイナミクス分野  
http://dynamics.kuciv.kyoto-u.ac.jp  
Yoshikazu Takahashi  
http://yt.kuciv.kyoto-u.ac.jp/

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	秋山 充良  (Akiyama Mitsuyoshi)  (00302191)	早稲田大学・理工学術院・教授   (32689)	
研究分担者	山本 貴士  (Yamamoto Takashi)  (70335199)	京都大学・経営管理研究部・教授   (14301)	
研究分担者	高谷 哲  (Takaya Satoshi)  (40554209)	京都大学・工学研究科・助教   (14301)	

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
---------	---------