

機関番号：24402
 研究種目：基盤研究（A）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20246077
 研究課題名（和文）桁端部における耐震・免震機能部材間の連成を考慮した高架橋の耐震性評価
 研究課題名（英文）SEISMICITY EVALUATION OF VIADUCTS CONSIDERING INTERACTIONS OF SEISMIC AND ISOLATING MEMBERS AT GIRDER ENDS
 研究代表者
 北田 俊行 (KITADA TOSHIYUKI)
 大阪市立大学・大学院工学研究科・客員教授
 研究者番号：30029334

研究成果の概要（和文）：都市内高架桁橋の桁端部および機能部材（落橋防止装置、伸縮装置、変位制限装置、ダンパーなど）の性能の高度化や部材間の衝突や干渉を、実験および数値解析により検討した。その結果、桁端部の機能部材間の衝突や干渉が高架橋の地震時安全性に影響を及ぼすこと、および既設の都市内橋梁を含む空間的な制約を考慮すると、免震支承以外の制振機能部材を用いる高架橋の地震時安全性向上手法も有効であることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Dynamic behaviors and seismic safety of a viaduct in an urban area are investigated through experimental and analytical approaches by focusing on mutual interactions and individual dynamic behaviors of some functional devices and members for seismic proof and for seismic isolation at the girder ends. It is concluded that the mutual interactions among the functional devices and members strongly influence on dynamic behaviors of the isolated viaduct and new bridge isolation approaches effectively work when considering spatial constraints of existing and/or new bridge structures.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	16,800,000	5,040,000	21,840,000
2009年度	13,200,000	3,960,000	17,160,000
2010年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
年度			
年度			
総計	36,000,000	10,800,000	46,800,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：耐震性評価、高架橋、機能部材、免震、制振

1. 研究開始当初の背景

高架橋は、都市間あるいは都市内の交通輸送を担う社会基盤構造物として重要な役割を担っている。とりわけ、兵庫県南部地震以降、既存の都市内高架橋を対象として強地震動に対する安全性を確保すべく、橋脚の耐震性能向上と上部構造の免震化が実施されてきた。しかし、設計での想定どおり各種機能部材が機能しない場合、このような高架橋が

損傷を受け、災害時における緊急車両の通行や避難経路の確保という機能を十分に果たせない。そこで、本研究では、高架橋免震システム全体の安全性を評価する上で、桁端部における機能部位・部材間のインタラクションを明確にする研究が引き続き必要であり、併せて、常時およびレベル1地震動に対する制振と強地震時の制震対策との2種類の検討が必要である、との見解に至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、都市内高架桁橋および桁端部の機能部材・部位に着目し、強地震時における耐震補強後の橋脚、支承、上部構造、および桁端部に設置される耐震・免震機能部材（落橋防止装置、伸縮装置、変位制限装置、ダンパーなど）の性能の高度化や部材間の衝突や干渉を、実験および数値解析により明確にして、高架橋免震システムの地震に対する安全性を総合的に評価することである。また、高架橋免震システムの設計において、これらの挙動を考慮する必要性に関する研究成果を提示することも目的である。

3. 研究の方法

桁端部に設置される機能部材、免震・制振・耐震の各効果をもたらす機能部材の高度化および性能評価、常時・地震時の部材振動、曲げや軸力を受ける鋼製柱部材の耐荷力性能に着目して、研究組織内で複数の研究グループを立ち上げ、主に次に示す5項目とそれに関連する載荷実験および数値シミュレーションを実施する。

- (1)高架橋桁端部での部材の衝突・干渉・破損
 - (2)上部構造間の半剛結連結法
 - (3)せん断座屈拘束ダンパーによる制震性能
 - (4)軸力卓越部材の耐荷力・座屈性能
 - (5)耐震性評価への小型振動台の有効利用
 - (6)常時・地震時の橋梁振動と損傷との関連
- それぞれの具体的な方法は以下のとおりである。

- (1)高架橋桁端部での部材の衝突・干渉・破損
免震高架橋の橋軸直角方向の地震時挙動に着目すると、レベル2地震時の伸縮継手の干渉や破壊により、高架橋の免震機能が阻害される可能性がある。そこで、伸縮継手の衝突が免震高架橋の橋軸直角方向の地震時応答に及ぼす影響を検討し、ロックオフ機能を有する伸縮継手の必要性を明らかにするために、高架橋の動的応答解析とフェイスプレート取り付けボルトのロックオフに着目して実験および解析を行った。

まず、連続高架橋の非線形時刻歴応答解析により、地震時の伸縮継手同士の衝突による上部構造の移動制限の有無が高架橋の応答挙動に及ぼす影響を検討する。つぎに、ボルト径やスリットの深さ・幅などを変化させて、スリット加工を施した、伸縮継手の取り付けボルトの破断性能実験を実施しフェイスプレートのロックオフ荷重を明確にする。

- (2)上部構造間の半剛結連結法

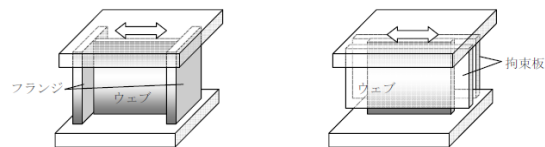
桁間あるいは桁・橋台間に制振装置を設置して、地震時の上部構造の応答変位を伸縮装置の許容変位以内に抑え、地震時における桁端部の衝突や部材同士の干渉を防止し、橋梁全体の地震安全性を確保できるような制振

設計コンセプトとその適用可能性を数値解析により検討する。

制震装置には、安価かつ簡単な構造で安定したエネルギー吸収性能が期待できる鋼製ベローズを用い、上部構造間あるいは桁・橋台間を半剛結に連結する。伸縮装置には、橋軸・橋軸直角方向に可動なRSジョイント（許容変位は、橋軸・橋軸直角方向ともに4cm）およびワンダーフレックスジョイント（以下、WFジョイントという。許容変位は、橋軸方向に20cm程度、橋軸直角方向に15cm）の2種類を想定する。これらの伸縮装置は、許容変位以内であれば伸縮装置同士の干渉が生じにくい点に特徴がある。これら伸縮装置と鋼製ベローズの適切な組み合わせとその効果を、地震時の部材の干渉を考慮できるより実際に近い解析モデルを用いる地震応答解析により地震時安全性を評価する。

- (3)せん断座屈拘束ダンパーによる制震性能

鋼製のせん断パネルダンパーの基本的な性能を把握すること、また、制震性能をより高性能化できると考えられる図-1に示すせん断座屈を拘束したせん断パネルダンパーを提案し、その制震性能を把握するために繰返し載荷実験を行った。



(a)従来型ダンパー (b)提案ダンパー

図-1 せん断座屈拘束ダンパー

実験では、ウェブおよびフランジで構成される従来型のせん断パネルダンパー（以下、SPD）、SPDからフランジを省いたウェブのみのせん断パネルダンパー（以下、SPD-W）およびSPD-Wのウェブを座屈拘束板で隙間なく挟み込んだせん断座屈拘束ダンパー（以下、SPD-WC）の3種類の実験供試体を製作し、その制震性能をFEM解析、および漸増繰返し水平変位載荷実験により検討した。なお、せん断座屈を誘発させるウェブ寸法は200mm×200mm×5.4mmであり、使用鋼材はSS400材およびLY225材である。併せて、汎用有限要素解析コードABAQUSを用い、材料非線形性および幾何学的非線形性を考慮した複合非線形解析を行っている。

- (4)軸力卓越部材の耐荷力・座屈性能

鋼トラス橋の各弦材は、両端がピン結合された柱と仮定した耐荷力曲線により設計される。しかし、実際には、格点部でガセットプレートを介して結合され、終局状態における強度や変形性能は、ピン支持された柱のそ

れらと必ずしも一致するとは限らない。また、構成板パネルの局部座屈、部材の全体座屈、およびトラス部材を連絡する格点部のガセット構造の変形挙動の連成が問題となる。さらに、圧縮部材と引張部材の両者が同時に終局状態に至らず、トラス橋全体の終局状態は、どちらかの部材強度に余裕がある状態で決定されていると考えられる。

そこで、まず、両端がピン支持された無補剛箱型断面部材に偏心圧縮荷重を単調載荷する耐荷力実験を実施する。つぎに、一般的な鋼トラス橋およびその圧縮部材を対象とし、部材のモデル化やガセットプレートの影響を考慮した、圧縮部材の終局強度と変形性能を求め、鋼トラス橋の経済的かつ合理的な新しい設計方法を提案する。

(5)耐震性評価への小型振動台の有効利用

橋梁構造物の耐震性照査手法である動的応答解析の実施には、構造系の固有振動特性や減衰特性、部材の非線形性などに関するいくつかの仮定が必要となる。一方、振動台実験では、減衰や材料特性の仮定を設けずに構造物の動的挙動を実験的に再現することが可能であるが、載荷能力等の制約により縮小模型を用いる必要が生じる。ここで、小型供試体を用いる場合には、実寸大からの縮小率が大きいことに起因する影響が懸念される一方で、同条件の供試体を用いた振動実験を複数回実施できるなど、運用面、費用面でのメリットは大きいと考えられる。

そこで、小型3次元振動台を用いる矩形断面橋脚の合理的な耐震設計手法を確立するための動的応答特性に関する基礎データを蓄積することを目的として、縮小鋼管柱模型を用いた振動台実験を実施する。さらに、小型振動台を用いる際に生じる特質を考察するために、種々のパラメータに着目した動的弾塑性有限変位解析を行い、両者を比較することで、橋梁構造物の耐震性評価のための小型振動台の有効利用法について考察する。

(6)常時・地震時の橋梁振動と損傷との相関

鋼床版の面外方向への振動により励起される比較的低い周波数の騒音問題とUリブ溶接部の疲労問題とが同時に発生する動的な問題として捉え、阪神高速道路(株)の標準設計で実際に使用されている鋼床版のUリブ(U.Rib-320×240×6)に基づいて作成しUリブ部分断面モデルを油圧式シリンダーにより加振する。具体的な実験手順としては、まず静的荷重による載荷試験を行い、その結果より得られた降伏値を用いて繰り返し疲労破壊試験の条件を決定し、正弦波加振による繰り返し疲労破壊試験を行う。また繰り返し疲労により亀裂が発生したUリブ部分断面モデルの音響特性をハンマーリングによ

り測定し、実験を行う前と後の音響特性の比較を行う。

4. 研究成果

(1)高架橋桁端部での部材の衝突・干渉・破損

図-2に示すとおり、伸縮継手による上部構造の変位拘束により、橋脚では最大1割の応答変位の増加、免震支承では応答変位に2倍以上の増加が認められた。レベル2地震時の伸縮継手による変位拘束有無とそれが橋脚や支承の応答値に及ぼす影響を設計時に考慮する必要がある。なお、軸方向引張荷重に対するスリット型高力ボルトの最弱点部は、スリット部の径がボルト軸部径の77%の場合にもネジ部であり、破断荷重制御のためのスリット加工が再弱点箇所とならないことを明らかにした。また、スリット型高力ボルトの破断荷重はいずれも想定破断荷重と1割程度の差であり、スリット部の面積を変化させれば、破断荷重の制御は可能であることを明らかにした。

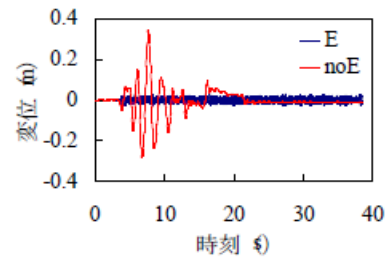


図-2 伸縮装置の干渉による相対変位制限

(2)上部構造間の半剛結連結法

RSジョイントを用いる場合には、高剛性・高強度の鋼製ベローズを橋台A1に設置し、橋台A4には橋軸直角方向にせん断パネルを設置する(図-3のケースA)と、上部構造変位をRSジョイントの許容変位(4cm)以下に低減することが可能である。伸縮継手にWFジョイントを用いる場合には、中剛性・中強度の鋼製ベローズを両端の橋台に設置する(図-3のケースB)と、上部構造変位および橋台への作用力の低減を図ることができる。さらに、両端の橋台に橋軸直角方向用の鋼製ベローズも設置すると、橋軸・橋軸直角方向ともに上部構造変位を低減することが可能であることを明らかにした。なお、常時の桁の温度変化による桁の繰返し伸縮を考慮すると、降伏変位の大きい鋼製ベローズの採用が有利である。

以上から、橋軸方向・橋軸直角方向の伸縮量を許容できる伸縮継手と桁同士を半剛結に連結する鋼製ベローズを併用することにより、レベル2地震時の伸縮装置による干渉や移動拘束を最小となるような設計が可能であり、地震時安全性を保証する上で有利な高架橋の設計が可能であることがわかった。

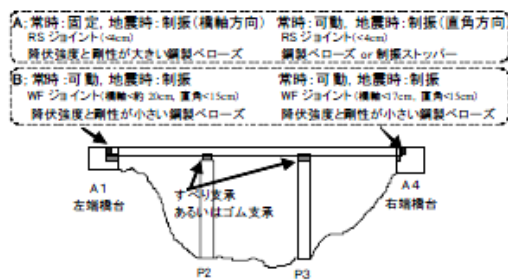


図-3 鋼製ベローズと伸縮装置の組合せ

(3)せん断座屈拘束ダンパーによる制震性能
 鉛直変位を固定していない供試体については、実験で使用した治具などの影響もあり、実験の境界条件を解析で完全に再現することは難しいため、全体的に解析結果の履歴が実験結果に比べて小さい。すなわち、図-4に示すように、SPD 供試体や SPD-W 供試体、SPD-W-f 供試体、SPD-WC 供試体などの境界条件や構造物自体が不安定なものは、解析結果と実験結果の差異が比較的大きい。しかし、SPD-f 供試体は解析結果と実験結果はほぼ一致しており、SPD-WC-f 供試体も降伏荷重こそ解析結果と実験結果に差異が見られるが、降伏後の挙動などは比較的一致している。一方、フランジの有無が履歴吸収エネルギーに及ぼす影響が大きく、フランジが無い場合であっても、SPD のように、せん断座屈を拘束すると大きいエネルギー吸収が可能である。

以上から、フランジによるウェブの拘束の程度により、せん断座屈拘束ダンパーによる制振性能が制御可能であることを明らかにした。

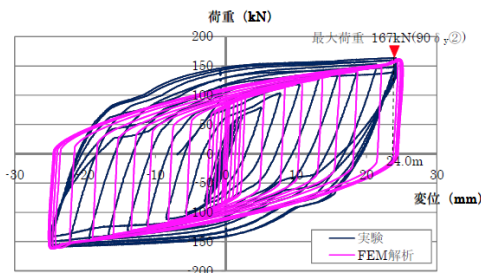


図-4 荷重-変位関係の一例 (SPD-WC-f)

(4)軸力卓越部材の耐荷力・座屈性能
 圧縮力を受ける柱を対象とすると、板パネルの座屈が生じやすい柱部材だけでなく、全体座屈が生じやすい柱部材においても、終局強度のその後の耐荷力挙動の評価には、板の座屈を考慮できる数値解析を行う必要があることを明らかにした。また、道路橋示方書にしたがい設計した鋼トラス橋全体の耐荷力は、引張部材の降伏で決定されていることがわかった。そのため、引張部材の終局強度を向上させて鋼トラス橋を再設計した。この再設計した鋼トラス橋を対象とすると、ガセ

ットプレートを考慮した圧縮部材の終局圧縮強度は、この部材が固定支持条件圧縮柱と見なす際とほぼ同様な終局強度を持つことが解析結果からわかった。また、このような圧縮部材の変形性能については、終局状態後、固定支持境界条件の柱と同様に、たわみの増加に伴い、耐荷力が徐々に低下し、ガセットプレートと圧縮部材の連結構造部分で塑性化が進行し、塑性ヒンジ的な現象が形成することがわかった。

(5)耐震性評価への小型振動台の有効利用

柱部材を Euler-Bernoulli の梁-柱要素でモデル化する場合、せん断変形およびせん断遅れの現象が考慮できないため、初期剛性および固有周波数を大きく、また、局部座屈の影響も考慮できないため、特に弾塑性領域における応答変位量を大きく算定する傾向がある。また、上部構造質量の分布が、固有周波数および応答変位量に大きく影響を与え、1質点モデルと立体的に質点を分布させたモデルとの差異は大きいことを明らかにした。さらに、小型模型を用いる振動台実験では、溶接および減衰特性のスケール効果や、制御誤差が無視できないものの、質点分布による影響をはじめとする構造的な検討は可能であり、小型で安価な構造模型を用いても、構造形式による動的挙動の差違やその傾向を現象として把握することは可能である。とりわけ、新しい構造形式の検討や振動特性の推定にあたり、比較的安価に、容易に実施可能な小型振動台実験を利用することが有用であることがわかった。

(6)常時・地震時の橋梁振動と損傷との相関

降伏値の 50%の荷重を±1.7mm のストロークで制御し加振を行ったところ、約 16 万回で剛性が低下しはじめ、約 22 万回で溶接部において亀裂を目視で確認した。降伏値の 20%の荷重を±0.8mm のストロークで制御し加振を行ったところ、約 200 万回で剛性が低下しはじめ、約 350 万回で溶接部において亀裂を目視で確認できた。

ハンマーリングによる音響特性実験の結果、亀裂の有無によって大きな違いが見られ、亀裂が入っている方は振動が伝播せず、大幅に減衰が増加していることが明らかとなった。音響特性の FFT 解析による応答スペクトルも振動波形と同様に亀裂の有無によって大きな違いが見られた。

以上より、外観目視では発見が困難な亀裂を、音響特性を利用して探査する方法は亀裂発見の一つの手段となり得る可能性がある。今後はX線検査やハイスピードカメラによる亀裂発生の瞬間の確認により、可視的な現象把握が亀裂発生の予測手法の確立につながると思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 23 件)

- ① 一ノ瀬 伯子 ルイザ, 松村 政秀, 山上 哲示, 山口 隆司, 音響による鋼製フィンガージョイント上の段差量の評価の試み, 鋼構造論文集, 査読有, Vol.18, No.69, 2010, 1-8
- ② 頭井 洋, 田中 賢太郎, 松村 政秀・吉田 雅彦, 鋼製ベローズにより桁間を半剛結連結する高架桁橋の耐震設計法に関する研究, 鋼構造年次論文報告集, 査読有, 18巻, 2010, 413-418
- ③ 田中 賢太郎, 北原 武嗣, 頭井 洋, 松村 政秀, 制震部材を適用した橋脚基礎への水平地震力低減法の一検討, 関東学院大学工学研究報告, 査読無, Vol.54-1, 2010, 11-17
- ④ 田中 賢太郎, 頭井 洋, 松村 政秀, 北原 武嗣, 吉田 雅彦, 制震部材を用いた橋脚基礎設計水平地震力低減法の一検討, 土木学会第65回年次学術講演会講演概要集第I部, 査読無, 65巻, 2010, I-58-1-2
- ⑤ 頭井 洋, 水野 哲人, 田中 賢太郎, 松村 政秀, 北原 武嗣, 吉田 雅彦, 曲線桁橋を含む高架橋の橋軸および橋軸直角方向に対する制震法に関する一検討, 土木学会第65回年次学術講演会講演概要集第I部, 査読無, 65巻, 2010, I-56-1-2
- ⑥ 金子 勇佑, 佐藤 尚次, 平野 廣和, 井田 剛史, 多方向転動型同調質量ダンパーの実用化に向けた検討, 第38回土木学会関東支部技術研究発表会概要集, 査読無, 38巻, 2010, I-27-1-2
- ⑦ 連 重俊, 平野 廣和, 北田 俊行, 嶋本 勝, 鋼床版トラフ溶接部への強制加振による疲労亀裂に関する考察, 土木学会第65回年次学術講演会講演概要集, 査読無, 65巻, 2010, I-502-1-2
- ⑧ 吉浦 健太, 松村 政秀, 小野 潔, 谷上 裕明, 山口 隆司, 軸方向圧縮力を受ける箱形断面鋼部材の耐荷力特性に関する実験的研究, 土木学会第65回年次学術講演会講演概要集第I部, 査読無, 65巻, 2010, I-635-1-2
- ⑨ 石原 和之, 松村 政秀, 北田 俊行, 山口 隆司, 地震時における伸縮継手の衝突と取付け高力ボルトのロックオフに関する一検討, 土木学会第65回年次学術講演会講演概要集第I部, 査読無, 65巻, 2010, I-26-1-2
- ⑩ 頭井 洋, 田中 賢太郎, 松村 政秀, 吉田 雅彦, 鋼製ベローズにより桁間を半剛結連結する高架桁橋の耐震設計法に関する研究, 鋼構造年次論文報告集, 査読有, 18巻, 2010, 413-418
- ⑪ 松村 政秀, 石原 和之, 北田 俊行, 山口 隆司, 伸縮継手の衝突と取付け高力ボルトのロックオフ化が高架橋の地震時応答の及ぼす影響に関する一検討, 鋼構造年次論文報告集, 査読有, 18巻, 2010, 419-424
- ⑫ 谷上 裕明, 小野 潔, 徳永 宗正, 三好 崇夫, 西村 宣男, 動的解析における上路鋼トラス橋格点部のモデル化に関する一検討, 鋼構造年次論文報告集, 査読有, 17巻, 2009, 459-466
- ⑬ 田中 賢太郎, 頭井 洋, 松村 政秀, 北原 武嗣, 北田 俊行, エネルギー吸収型桁連結装置の塑性変形能力に関する解析的検討, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集第I部, 査読無, CDROM, 2009, I-023
- ⑭ 石原 和之, 北田 俊行, 松村 政秀, 山口 隆司, ノックオフ機能を有する橋梁フィンガージョイントの静力学的特性と今後の課題, 平成21年度土木学会関西支部年次学術講演概要集, 査読無, CDROM, 2009, I-16
- ⑮ 疋田 雅也, 松村 政秀, 北田 俊行, 山口 隆司, 吉田 雅彦, 活荷重作用を考慮した鋼製フィンガージョイントの設計法に関する基礎的研究, 平成21年度土木学会関西支部年次学術講演概要集, 査読無, CDROM, 2009, I-39
- ⑯ 矢口 繁, 佐藤 尚次, 平野 廣和, 振動計測から推定される斜張橋ケーブルの振動特性, 土木学会関東支部第37回技術研究発表会, 査読無, CDROM, 2009, I-15
- ⑰ 連 重俊, 井田 剛史, 平野 廣和, 北田 俊行, 鋼床版から発生する比較的低い周波数の騒音に関する一考察, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集第I部, 査読無, CDROM, 2009, I-304
- ⑱ 田中 賢太郎, 頭井 洋, 松村 政秀, 北原 武嗣, 北田 俊行, エネルギー吸収型桁連結装置の塑性変形能力に関する解析的検討, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集第I部, 査読無, CDROM, 2009, I-391
- ⑲ 北田 俊行, 朱 宇, 山口 隆司, 松村 政秀, ガセットプレートを考慮したトラス橋圧縮部材の終局強度と変形性能に関する研究, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集第I部, 査読無, CDROM, 2009, I-665
- ⑳ 中西 泰之, 山口 隆司, 松村 政秀, 北田 俊行, 橋梁構造物の耐震性評価のための小型振動台の有効利用法に関する研究, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集第I部, 査読無, CDROM, 2009

, I-593

- 21 大西 諒, 平野 廣和, 佐藤 尚次,
鋼床版の疲労問題と比較的低い周波
数の騒音との関連についての一考察,
第36回土木学会関東支部技術研究発
表会, 査読無, 36巻, 2009, I-51-1-
I-51-2
- 22 小野 潔, 松村 政秀, 徳永 宗正,
三好 崇夫, 西村 宣男, 複合非線
形性骨組解析による鋼長柱の全体座
屈評価に関する検討, 鋼構造年次論
文報告集, 査読有, 16巻, 2008,
203-208
- 23 吉田 雅彦, 姫野 岳彦, 松村 政秀,
北田 俊行, シリンダー系ダンパーの特
徴と実橋梁への適用例, 鋼構造論文集,
査読有, 14巻, 2008, 33-44

[学会発表] (計5件)

- ① 金子 勇佑, 多方向転動型同調質量ダン
パーの実用化に向けた検討, 土木学会関
東支部第 38 回技術研究発表会,
2011.3.10, 法政大学
- ② 倉持 伸伍, エネルギー吸収型桁連結装
置の低サイクル疲労実験について, 土木
学会関東支部第 38 回技術研究発表会,
2010.11.30, 関東学院大学
- ③ Kentaro Tanaka, The application to the
viaduct of the energy dissipation
connectors of girders in consideration
of axial and transverse directions,
Proceedings of 7th International
Conference on Urban Earthquake
Engineering & 5th International
Conference on Earthquake
Engineering, 2010.3.5, Tokyo Institute
of Technology
- ④ Kenta Yoshiura, Analytical study on
cyclic behaviors of steel columns with
rectangular hollow section subjected to
axial force, Japan-Korea Joint Seminar
on Steel Bridges, 2009.8.18, Nagasaki
University
- ⑤ Masahide Matsumura, Inspection and
damages of bridge expansion joints in
urban high way in Japan ,
German-Japanese bridge symposium,
2009.8.3, Munich, Germany

[その他]

ホームページ等

[http://www2.chuo-u.ac.jp/clip/2008seeds_](http://www2.chuo-u.ac.jp/clip/2008seeds_files/03_TAMA/2204_Hirano_Hirokazu.html)
[files/03_TAMA/2204_Hirano_Hirokazu.html](http://www2.chuo-u.ac.jp/clip/2008seeds_files/03_TAMA/2204_Hirano_Hirokazu.html)
[http://www.chuo-u.ac.jp/chuo-u/rand](http://www.chuo-u.ac.jp/chuo-u/randdev/pdf/f02_04_01_2008-17.pdf)
[dev/pdf/f02_04_01_2008-17.pdf](http://www.chuo-u.ac.jp/chuo-u/randdev/pdf/f02_04_01_2008-17.pdf)
[http://www.yomiuri.co.jp/adv/chuo/opini](http://www.yomiuri.co.jp/adv/chuo/opinion/20110317.htm)
[on/20110317.htm](http://www.yomiuri.co.jp/adv/chuo/opinion/20110317.htm)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北田 俊行 (KITADA TOSHIYUKI)
大阪市立大学・大学院工学研究科・客員教
授
研究者番号: 30029334

(2) 研究分担者

杉浦 邦征 (SUGIURA KUNITOMO)
京都大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 70216307
平野 廣和 (HIRANO HIROKAZU)
中央大学・総合政策学部・教授
研究者番号: 80256023
山口 隆司 (YAMAGUCHI TAKASHI)
大阪市立大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 50283643
小野 潔 (ONO KIYOSHI)
大阪大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 60324802
松村 政秀 (MATSUMURA MASAHIDE)
大阪市立大学・大学院工学研究科・講師
研究者番号: 60315976
越智 内士 (OCHI NOBUHITO)
明石工業高等専門学校・都市システム工学
科・講師
研究者番号: 50332044
頭井 洋 (ZUI HIROSHI)
摂南大学・工学部・都市環境システム工学
科・教授
研究者番号: 30236025
北原 武嗣 (KITAHARA TAKESHI)
関東学院大学・工学部・社会環境システム学
科・教授
研究者番号: 00331992
田中 賢太郎 (TANAKA KENTARO)
関東学院大学・工学部・社会環境システム学
科・助手
研究者番号: 50529724

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

狩野 正人 (KANOU MASATO)
JIP テクノサイエンス(株)
井舎 英生 (ISYA HIDEO)
(有)テクノ・アート・クルーズ
連 重俊 (MURAJI SHIGETOSI)
中井商工(株)
野口 二郎 (NOGUCHI JIROU)
Soft Bridge (株)
吉田 雅彦 (YOSHIDA MASAHIKO)
川金コア・テック(株)