

令和元年6月19日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02373

研究課題名(和文) 損傷制御型RC造耐震壁の実現に向けた開発研究

研究課題名(英文) Development of damage controlling reinforced concrete walls

研究代表者

河野 進 (Kono, Susumu)

東京工業大学・科学技術創成研究院・教授

研究者番号：30283493

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,700,000円

研究成果の概要(和文)：近年、大地震に対しての安全性だけでなく使用性や修復性も重視した設計が建築物に求められている。こうした社会的需要に応える構造形式の1つとして、エネルギー消費要素を兼ね備えたアンボンドプレキャストプレストレスト構造形式による損傷制御型構造の実用化を軸とした研究を進めた。この構造は、部材の損傷を最小限に留め、エネルギー消費要素を付加したことで、履歴面積を大きくし、残留変形を抑制したフラッグシェイプ型の履歴特性を実現できる。こうした靱性型アンボンドPCaPC構造をRC造方立壁や袖壁に用いれば、耐震性能及び損傷制御性能を向上させ、地震後の早期復旧に繋がる技術を開発できたことが成果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2010年版鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(建築学会, 2010)では、枠柱のない壁板を耐震壁として扱うことを可能とする変更が行われ、建築意匠上は魅力的な空間構成が可能になった。これを追認する法改正が行われれば、矩形断面耐震壁部材は全国に波及すると考えられる。この矩形断面壁に関し、靱性型でありながら損傷制御に優れる圧着型PCaPC壁を開発し、機能維持性能を有しつつ設計者が意図する荷重-変形関係を利用できる基礎技術提供でき、建物の安全性はもちろんレジリエンスも格段に向上した社会基盤の形成が可能となった。

研究成果の概要(英文)：Resiliency of buildings has been becoming an important design issue in addition to safety. Rocking system using post-tensioned precast concrete walls is considered suitable to provide resiliency to buildings in seismic area. Reinforced concrete rocking wall system was tested to prove its enhanced performance in damage controlling ability. The numerical modelling scheme was developed to simulate damage of concrete and reinforcement in addition to load-displacement relations. The new structural system is expected to perform well to achieve quick recovery and continuity of building functions in addition to safety.

研究分野：建築構造

キーワード：レジリエンス ロッキングシステム 方立壁

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2010年版鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(建築学会,2010)では,枠柱のない壁板を耐震壁として扱うことを可能とする変更が行われ,建築意匠上は魅力的な空間構成が可能になった.これを追認する法改正が行われれば,矩形断面耐震壁部材は全国に波及すると考えられる.この矩形断面壁に関し,強度型でありながら変形性能を持たせた一体打ちRC造壁,靱性型でありながら損傷制御に優れる圧着型PCaPC壁の2つを開発し,機能維持性能を有しつつ設計者が意図する荷重-変形関係を利用できる基礎技術があれば,建物の安全性はもちろん,レジリアンスも格段に向上した社会基盤が形成されると考えた.

2. 研究の目的

矩形断面を有するRC造壁の耐震性能を向上させ,周辺部材も含めて損傷を抑制し,建物全体の機能維持・早期復旧を可能とする経済的な壁構造システムを提案し,こうした構造システムの想定地震に対する損傷,建物の機能低下程度を予測する.一体打ちRC造壁については,断面形状・配筋方法・材料強度を工夫して,一体打ちの範疇で最も損傷制御に有効な方法を提案する.また,ロッキング式セルフセンターリングシステムを圧着型PCaPC造連層耐震壁に適用し,壁板や周辺部材の損傷を飛躍的に低減する.さらに,以上の損傷制御技術を袖壁と方立て壁に応用し,これまでの地震被害で繰返し問題となってきた2次壁の被害を低減する.

3. 研究の方法

一体打ちRC壁と袖壁や方立て壁に関しては,耐震壁脚部における変形集中の度合い,コンクリートと鉄筋の損傷程度を定量化する目的で,RC造耐震壁5体の載荷実験を行った.実験変数は,軸力比(0.2,0.4),断面端部拘束部の配筋(タイバーの有無),壁厚(150mm,100mm)であり,載荷中には壁脚部の圧縮損傷,曲げひび割れ程度,鉄筋の降伏程度や座屈などの損傷状況を記録した.

圧着型PCaPC壁に関しては,耐震壁脚部における変形集中の度合いやコンクリートや鉄筋の損傷程度を定量化すること,ロッキングによるエネルギー消費量を定量化する目的で,ロッキング型耐震壁5体の載荷実験を行った.特に,損傷が予想される壁脚では,拘束筋を増加させることでひび割れ・圧壊・座屈などの損傷を低減できることを明らかにし,また履歴性状やエネルギー消費効率をデータ化した.

損傷予測解析モデルの開発に関しては,FEMプログラムによる有限要素解析および骨組み地震応答解析プログラムを改良してモデル化を図った.有限要素解析では,袖壁付き架構を2次元要素を用いて実験結果の追跡を行った.この結果を,実大5層実験結果と比較して,部材の損傷状況を予測可能であることを示した.また,せん断バネを付加したマルチスプリングモデルを応用して曲げやせん断の損傷に関する予測精度を高めた.検証は,実験を終えた実大5層建物2体(建築研究所)および壁試験体4体(東工大)の実験データを活用して行った.また,ダンパ-付ロッキング壁の実験結果詳細解析に基づいて損傷評価を行い,耐震壁脚部における変形集中の度合いや材料の損傷程度が,軸力から受ける影響を定量化した.解析結果に基づいて,損傷や限界状態を制御可能な高性能ロッキング壁が実現可能であることを示すことにした.

地震応答解析を目的とした簡易モデルの開発では,耐震壁を曲げバネとせん断バネで表現した既存モデルを改善した.また,実験で定量化したロッキングによるエネルギー消費性能とスラブによる拘束効果が与える影響に関しても,解析モデルの構築を行った.さらに,地震応答解析モデルを目的とした,マルチスプリングモデルの適用性を確認した.

4. 研究成果

一体打ちRC壁と袖壁や方立壁に関しては,壁パネルと隣接する柱における変形集中の度合い,コンクリートの損傷程度を,壁試験体と実大5層建物試験体の実験結果から定量化した.軸力比,せん断スパン比が,ひび割れの性状や幅に大きな影響を与えていることを確認した.ここで得られた実験結果は,FEM解析プログラムの検証に用いられ,これまでに蓄積した曲げとせん断ひび割れに関する知見を総合すると,ひび割れに関して幅・数や長さなどに関する予測精度を高めることができた.損傷予想解析モデルの開発に関しては,本研究グループで昨年か

開発を進めたせん断バネを付加したマルチスプリングモデルを応用して曲げやせん断のひび割れに関する予測精度を高めた。計算モデルの検証は、実大5層建物モデル(建築研究所)および壁(東工大)の実験データを活用して行うことができた。

[圧着型PCaPC壁]に関しては、本研究課題で行ったダンパ-付ロック壁の実験に基づいて損傷評価を行った。

- 1) 全試験体で、せん断パネル型ダンパーを付加したことによる消費エネルギーの増大且つPC鋼棒による高い原点指向性を持ち合わせた理想的なフラッグシェイプ型履歴特性を得た。
- 2) 残留変形角に着目すると、全試験体で $R=0.75\%$ まで継続使用可能な状態を示し、最も残留変形が大きかった試験体において、 $R=2.0\%$ まで修復限界を上回らなかった。さらに、全試験体で損傷は $R=2.0\%$ まで曲げ引張ひび割れは発生せず、壁端部の圧壊のみであり、靱性型アンボンドPCaPC壁の高い損傷制御能力を示した。
- 3) 等価粘性減衰定数 heq は、せん断パネル型ダンパーを付加したことで、全試験体で小変形時から標準試験体NSW7Aより2~3倍程度大きい値を示した。

また、耐震壁脚部における変形集中の度合いや材料の損傷程度が、軸力から受ける影響について考察するため、アンボンドPCaPC造壁試験体の実験結果を用いて、マルチスプリングモデルによる履歴復元力特性及び損傷量の再現を行った。以下の結論を得た。

- 1) D-2を除いた試験体3体で、解析値は部材変形角 $R=2.0\%$ までの実験値の包絡線及び内部ループを精度良く評価できた。しかしダンパー付きアンボンドPCaPC試験体では部材変形角 $R=3.0\%$ 以降、残留変形角の解析値が実験値より $0.2\% \sim 0.4\%$ 程度大きくなる傾向があった。
- 2) コンクリートおよびPC鋼棒のひずみに着目すると、全試験体で解析値は部材変形角 $R=2.0\%$ までの実験値を精度良く評価できた。しかし実験では水平力を除荷した際に、PC鋼棒のひずみが初期緊張力導入時のひずみから減少する傾向にあり、解析ではその傾向を再現することが今後の課題となった。

近年、大地震に対しての安全性だけでなく使用性や修復性も重視した設計が建築物に求められている。こうした社会的需要に応える構造形式の1つとして、エネルギー消費要素を兼ね備えたアンボンドプレキャストプレストレスト構造形式による損傷制御型構造の実用化を軸とした研究を進めた。この構造は、変形を部材端部の圧着面に集中させることで、部材の損傷を最小限に留め、エネルギー消費要素を付加したことで、履歴面積を大きくし、PC鋼材の緊張力により残留変形を抑制したフラッグシェイプ型の履歴特性を実現できる。こうした構造形式の一つである靱性型アンボンドPCaPC構造を近年の大震災で建物の継続使用を妨げる要因となったRC造方立壁や袖壁に用いれば、耐震性能及び損傷制御性能を向上させ、地震後の早期復旧に繋がることが期待出来ることが主な成果である。なお、研究成果は、論文(建築学会構造系論文集)や国際会議(ヨーロッパ地震工学会議ECEE, 米国地震工学会議NCEE)で発表した。今後は国内での提案システム実用化を図るため、企業との共同研究を通じて具体的な設計方法を確立する。また、建築学会PC運営委員会においてアンボンドPC構造物の設計指針を刊行するための委員会活動を進め、本研究成果を社会に還元する。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計18件)

1. 小原拓, 渡邊秀和, 桑原健, 河野進: アンボンドPCaPC造壁部材における機能維持性能に着目した損傷評価, 日本建築学会構造系論文集, 83, 748, pp. 879-889, 2018. 【査読有】
2. Taleb R., Watanabe H., Kono S.: Numerical Study on the Ultimate Deformation of RC Structural Walls with Confined Boundary Regions, Periodica Polytechnica Civil Engineering, ISSN 1587-3773 (2017年7月12日), 62, 1, pp. 191-199, 2017. 【査読有】
3. Netrattana C., Taleb T., Watanabe H., Kono S., Mukai D., Tani M., Sakashita M.: Assessment of Ultimate drift capacity of RC shear walls by key design parameters, Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering (2017年12月), 50, 4, pp. 482-493, 2017. 【査読有】
4. Yuniarsyah E., Kono S., Tani M., Taleb R., Watanabe H., Obara T., Mukai T.: Experimental study of lightly reinforced concrete walls upgraded with various schemes under seismic loading, Engineering Structures, Elsevier, 138, pp. 131-145, 2017. 【査読有】
5. Yuniarsyah E., Kono S., Tani M., Taleb R., Sugimoto K., Mukai T.: Damage Evaluation of Lightly Reinforced Concrete Walls in Moment Resisting Frames under Seismic Loading, Engineering Structures, Elsevier, 132, pp. 349-371, 2016. 【査読有】
6. 渡邊秀和, 森口佑紀, 小原拓, 河野進, 竹中啓之: ファイバーモデル解析を用いたアンボンドPCaPC造梁の損傷評価, 日本建築学会構造系論文集, 81, 729, pp. 1921-1931, 2016. 【査読有】

7. 北村史登, 河野進, 渡邊秀和, 岡安隆史: アンボンド PCaPC 壁の耐震性能評価に関する実験研究, 第 25 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム集, JPCI, pp. 69-74, 2016. 【査読有】
8. 小原拓, 渡邊秀和, 河野進, 岡安隆史: アンボンド PC 鋼より線を用いた実大 PCaPC 部分架構実験による機能維持性能に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, JCI, Vol. 38, No.2, pp. 493-498, 2016. 【査読有】
9. Taleb R., Tani M., Kono S.: Performance of Confined Boundary Regions of RC Walls under Cyclic Reversal Loadings, Journal of Advanced Concrete Technology, JCI, 14, pp. 108-124, 2016. 【査読有】
10. Kono S., Kuwabara R., Kitamura F., Yuniarsyah E., Watanabe H., Mukai T., Mukai D.: Resiliency Evaluation of Reinforced Concrete Buildings, 17th US-Japan-New Zealand Workshop on the Improvement of Structural Engineering and Resilience, November 12-14, 2018, Queenstown, New Zealand, pp. ID 3-7, 2018. 【査読有】
11. Kono S., Kuwabara R., Kitamura F., Yuniarsyah E., Watanabe H., Mukai T., Mukai D.: Development of Resilient Reinforced Concrete Building Structural System, Proceedings of the Houston International Forum: Concrete Structures in Earthquake, July 1-3, 2018, Univ of Houston, USA, pp. 6. 2018. 【査読有】
12. Obara T., Watanabe H., Kuwabara T., Kono S.: Quick Recovery Performance of Unbonded Post-Tensioned Precast Concrete Walls, Proceedings of the Eleventh US National Conference on Earthquake Engineering, June 25-29, 2018, Los Angeles, USA, pp. PaperID #393. 2018. 【査読有】
13. Netrattana C., Taleb R., Watanabe H., Kono S., Mukai D., Mukai T.: Numerical Evaluation of Ultimate Drift Capacity of Slender Reinforced Concrete Walls, Proceedings of the Eleventh US National Conference on Earthquake Engineering, June 25-29, 2018, Los Angeles, USA, pp. Paper ID #414. 2018. 【査読有】
14. Kono S., Kuwabara R., Kitamura F., Yuniarsyah E., Watanabe H., Mukai T., Mukai D.: Development of Resilient Reinforced Concrete Building Structural System, Proceedings of the Sixteenth European Conference on Earthquake Engineering, June 18-21, 2018, Thessaloniki, Greece, pp. 10852. 2018. 【査読有】
15. Joshi R., Wijeyewickrema A.C., Shrestha B K, Obara T., Watanabe H., Kono S.: Effectiveness of Using Rocking Walls as Window Piers in Multi-Story Reinforced Concrete Buildings, Proc. of the 16th European Conf. on Earthquake Eng., June 18-21, 2018, Thessaloniki, Greece, pp. Paper ID #11464. 2018. 【査読有】
16. Obara T., Watanabe H., Kuwabara T., Kono S.: Quantification of Damage of Rocking Concrete Walls with Energy Dissipating Elements, Proceedings of the Sixteenth European Conference on Earthquake Engineering, June 18-21, 2018, Thessaloniki, Greece, pp. Paper ID #10934. 2018. 【査読有】
17. Taleb R., Watanabe H., Kono S.: Numerical Study on the Ultimate Deformation of RC Structural Walls with Confined Boundary Regions, Proceedings of the Sixteenth European Conference on Earthquake Engineering, June 18-21, 2018, Thessaloniki, Greece, pp. Paper ID #11851. 2018. 【査読有】
18. Kono S., Kitamura F., Yuniarsyah E., Watanabe H., Mukai T., Mukai D.: Efforts to develop resilient reinforced concrete building structures in Japan, Proceedings of the Fourth Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures, Sept 13-15, 2017, Zurich, Switzerland, pp. KN30. 2017. 【査読有】

〔学会発表〕(計 35 件)

1. Joshi R., Wijeyewickrema A., Obara T., Watanabe H., Kono S.: Numerical Modeling of Unbonded Post-Tensioned Precast Concrete Rocking Walls used as Window Piers, Sixth ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering (COMPADYN 2017), June 15-17, Rhodes Island, Greece, PaperID C17952, 2017.
2. Kono S., Netrattana C., Watanabe H., Tani M., Sakashita M.: Ultimate Drift Capacity for Slender RC Walls, The 16th World Conference on Earthquake Engineering, January 8-13, 2017, Santiago, Chile, PaperID 1689, 2017.
3. Kono S., Watanabe H., Martinelli L., Gioia G.: A Numerical Model for Post-Tensioned Precast Beams with Unbonded Tendons, The 16th World Conference on Earthquake Engineering, January 8-13, 2017, Santiago, Chile, PaperID 4360, 2017.
4. Obara T., Watanabe H., Kono S., Okayasu T.: Damage Controlling Performance of A Full Scale Unbonded Post-Tensioned Precast Concrete Beam, The 16th World Conference on Earthquake Engineering, January 8-13, 2017, Santiago, Chile, PaperID 1882, 2017.
5. Tani M., Mukai T., Demizu T., Kono S., Kinugasa H., Maeda M.: Full-Scale Static Loading Test on A Five Story Reinforced Concrete Building (Part2: Damage Analysis), The 16th World Conference on Earthquake Engineering, January 8-13, 2017, Santiago, Chile, PaperID 1879, 2017.
6. Watanabe H., Kono S., Obara T., Martinelli L., Gioia G.: Damage Evaluation of Prestressed Concrete Beams Posttensioned with Unbonded Tendons, The 16th World Conference on Earthquake Engineering, January 8-13, 2017, Santiago, Chile, PaperID 1817, 2017.
7. 向井智久, 川越悠馬, 衣笠秀行, 河野進, 前田匡樹, 谷昌典, 渡邊秀和, 坂下雅信: 実大 5 層 RC 造壁付き架構試験体を対象とした静的非線形増分解析 (その 1 実験概要および解析概要) (その 2 結果および考察), 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 95-98, 2018.
8. 江川弥玖, 小原拓, 桑原亮, 河野進, 渡邊秀和, 谷昌典, 向井智久, 大村哲矢: 損傷に着目した鉄筋コンクリート造方立壁の各種限界状態評価 (その 1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 465-468, 2018.
9. 高橋竜弥, 小原拓, 河野進, 大村哲矢: アンボンド PCaPC 圧着部材の履歴復元力特性評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 791-792, 2018.
10. 桑原健, 小原拓, Netrattana C., 渡邊秀和, 河野進, Mukai D.: エネルギー消費要素を有するアンボンド PCaPC 壁の早期復旧性能に関する解析的研究 (その 1 実験概要および Q-R 関係) (その 2 実験結果および結論), 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 783-786, 2018.
11. Liu Y., Bedrinana L.A., Tani M., Kono S., Nishiyama M.: Seismic Performance of Unbonded Post-Tensioned Precast Concrete Walls with Internal and External Dampers (Part 1: Outline of Experiment, Part 2: Test Results), Summaries of technical papers of annual meeting, AIJ, Struc.IV, pp. 787-790, 2018.

12. Watanabe H., Netrattana C., Mukai D., Kono S., Tani M., Sakashita M., Mukai T.: Effects of key design variables on ultimate drift capacity of rc shear walls (Part 1: Calibration of fiber based model) (Part 2: Parametric study), Summaries of technical papers of annual meeting, AIJ, Struc.IV, pp. 445-448, 2017.
13. 桑原健, 小原拓, Netrattana C., 渡邊秀和, 河野進, 谷昌典, 向井智久, 坂下雅信, 大村哲矢: エネルギー消費要素を有するアンボンド PCaPC 壁の早期復旧性能に関する実験的研究 (その 1 実験概要および Q-R 関係) (その 2 実験結果および結論), 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 167-170, 2017.
14. 北村史登, 桑原亮, Yuniarsyah E., 渡邊秀和, 河野進, 向井智久, 前田匡樹, 衣笠秀行: 袖壁・腰壁・垂れ壁を活用した実大 5 層鉄筋コンクリート造建築物の静的載荷実験を用いた損傷評価分析 (その 1 ~ 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 697-702, 2017.
15. 河野進: 機能継続および早期復旧を実現する損傷制御型建築システムの実現に向けて, 新都市ハウジングニュース, 81, pp. 38-39, 2016.
16. Yuniarsyah E., 北村史登, 渡邊秀和, 河野進, 谷昌典, 坂下雅信, 向井智久: 損傷低減のために袖壁・腰壁・垂れ壁を活用した実大 5 層鉄筋コンクリート造建築物の静的載荷実験 (その 8 ~ 18), 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 223-244, 2016.
17. 向井智久, 衣笠秀行, 谷昌典, 坂下雅信, 河野進, 石岡拓: RC 造方立壁部材のひび割れ損傷評価モデル, 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 185-186, 2016.
18. 小原拓, 村上久志, 渡邊秀和, 河野進, 岡安隆史, 金本清臣, 岩淵一徳: アンボンド PC 鋼より線を用いた実大 PCaPC 部分架構実験による損傷制御性能に関する研究 (その 1 実験概要および履歴復元力特性) (その 2 実験結果及び結論), 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 773-776, 2016.
19. 北村史登, 渡邊秀和, 河野進, 桑原健, 富田悠介, 大村哲矢, 平田延明, 樋渡健, 竹中啓之, 高森直樹, 藤井睦: 構造性能改善を目的とした RC 及び PCaPC 造壁の載荷実験 (その 1 実験概要) (その 2 : 実験結果および考察), 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 197-200, 2016.
20. Netrattana C., Taleb R., Watanabe H., Kono S.: Parametric Study on Drift Capacity of RC Shear Walls (Part 1: Validation of Fiber Model)(Part 2: Parametric Study), Summaries of technical papers of annual meeting, AIJ, Struc.IV, pp. 139-142, 2016.
21. 小原拓・森口佑紀・渡邊秀和・河野進: ファイバーモデルを用いたアンボンド PCaPC 梁の機能維持性能に関する解析的研究 (その 1 解析概要) (その 2 解析結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造 IV, pp. 777-780, 2016.
22. Obara T., Netrattana C., Mukai D., Kono, S.: Seismic Behavior of Rocking Reinforced Concrete Walls and Hybrid Walls, The 20th Taiwan-Korea-Japan Joint Seminar on Earthquake Engineering on Building Structures SEEBUS2018, Kyoto, Japan, November 2-3, pp. 95-102, 2018.
23. Liu Y., Bedrinana L., Tani M., Kono S., Nishiyama M.: Seismic Performance of Unbonded Post-Tensioned Precast Concrete Walls with Internal and External Dampers, The 20th Taiwan-Korea-Japan Joint Seminar on Earthquake Engineering on Building Structures SEEBUS2018, Kyoto, Japan, November 2-3, pp. 103-112, 2018.
24. Kono S., Kuwabara R., K.F., Yuniarsyah E., Watanabe H., Mukai T., Mukai D.: Research on Resilient Reinforced Concrete Building Structural System, The 5th Joint Workshop on Building / Civil Engineering between Tongji & Tokyo Tech, July 26-27, Tokyo Inst of Technology, Japan, pp. No.Keynote-2, 2018.
25. Kono S.: Japanese Research Effort on Resilient Reinforced Concrete Buildings, Lecture at the Dept of Civil and Environmental Engineering, Univ of Washington, Seattle, July 6th, 2018.
26. Kono S.: What is Resilient Reinforced Concrete Buildings? - Some efforts in Japan -, Lecture at "Analysis and Design of Structures", Postgraduate course of studies, National Technical University of Athens, June 15th, 2018.

他 9 件

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.udprc.first.iir.titech.ac.jp/kono/>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：ワイジェイヴィックレマ アニル

ローマ字氏名：Wijeyewickrema Anil

所属研究機関名：東京工業大学

部局名：環境・社会理工学院
職名：准教授
研究者番号（8桁）：10323776

研究分担者氏名：西村 康志郎
ローマ字氏名：Nishimura Koshiro
所属研究機関名：東京工業大学
部局名：科学技術創成研究院
職名：准教授
研究者番号（8桁）：00343161

研究分担者氏名：谷 昌典
ローマ字氏名：Tani Masanori
所属研究機関名：京都大学
部局名：工学研究科
職名：准教授
研究者番号（8桁）：50533973

研究分担者氏名：渡邊 秀和
ローマ字氏名：Watanabe Hidekazu
所属研究機関名：国立研究開発法人建築研究所
部局名：構造研究グループ
職名：主任研究員
研究者番号（8桁）：20620636

研究分担者氏名：向井 智久
ローマ字氏名：Tomohisa Mukai
所属研究機関名：国立研究開発法人建築研究所
部局名：構造研究グループ
職名：主任研究員
研究者番号（8桁）：30318208

研究分担者氏名：丸田 誠
ローマ字氏名：Maruta Makoto
所属研究機関名：静岡理工科大学
部局名：理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：30416763

研究分担者氏名：坂下 雅信
ローマ字氏名：Masanobu Sakashita
所属研究機関名：国土技術政策総合研究所
部局名：建築研究部
職名：主任研究官
研究者番号（8桁）：50456802

(2)研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。