

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02394

研究課題名（和文）脆性破壊回避と連続繊維の高復元性能による既設防災構造物の高レジリエント化の実現

研究課題名（英文）Realization of high resilience of existing disaster prevention structures by avoiding brittle fracture and high restoration performance of continuous fibers

研究代表者

栗橋 祐介 (Kurihashi, Yusuke)

金沢大学・地球社会基盤学系・教授

研究者番号：30414189

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,900,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、既設防災構造物の安全かつ経済的な維持管理法の確立を目的に、超高エネルギー吸収型積層緩衝構造を開発するとともに、衝撃作用を受ける RC 部材の脆性破壊回避の方法を提案した。

積層緩衝構造は、世界最高強度を発揮する鋼繊維補強無孔性コンクリート（PFC）版をアラミド繊維（AFRP）シートで補強した複合版を発泡材ブロック上に設置する積層構造を提案した。RC 部材の脆性破壊回避のためには、完全塑性衝突を前提とした運動量保存則とエネルギー保存則に基づく計算式を提案した。

上記の提案項目は、全 100 ケース以上の衝撃載荷実験およびそれらの再現解析により、極めて有用であることを証明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

防災構造物の多くは構造経済成長期に建設されているため、今後老朽化による耐衝撃性低下が懸念される。また、近年の自然災害の激甚化が被害リスク拡大に拍車をかけている。さらに、我が国の厳しい財政状況や人口現象が問題解決をより困難にしている。

本研究は、これらの社会問題を防災構造物の維持管理の側面から解決するために実施したものである。新しい複合材料による防災構造物の耐衝撃性向上法や脆性破壊回避のための計算式を提案し、その妥当性を衝撃実験と数値解析により明らかにしている。本研究の成果の学術的意義や社会的意義は極めて高いと言える。

今後は、本研究成果を活用して安全かつ経済性に優れた維持管理手法の確立を目指す。

研究成果の概要（英文）：In this study, in order to establish a safe and economical maintenance method for existing disaster prevention structures, we developed an ultra-high energy absorption type laminated buffer structure and proposed a method to avoid brittle fracture of RC members subjected to impact.

For the laminated buffer structure, we proposed a laminated structure in which a steel fiber reinforced porosity free concrete (PFC) slab, which exhibits the world's highest strength, is reinforced with an aramid fiber (AFRP) sheet, and a composite slab is installed on a foam block. In order to avoid brittle fracture of RC members, we proposed a calculation formula based on the law of conservation of momentum and the law of conservation of energy assuming perfect plastic collision. The above proposed items have been proved to be extremely useful in more than 100 cases of shock loading experiments and their reproducible analyses.

研究分野：構造工学

キーワード：衝突作用 破壊回避 コンクリート構造物 高レジリエント化 超衝撃吸収積層緩衝構造 連続繊維シート 脆性 衝撃実験 衝撃応答解析

1. 研究開始当初の背景

近年の異常気象に伴う集中豪雨や大規模地震の影響を受けて土砂災害の他、落石災害も全国各地で頻発しており、犠牲者を伴う災害が毎年のように発生している。これにより道路交通網が寸断される可能性があるため、災害時の緊急輸送路となる幹線道路においては、適切な落石対策を講じることが急務である。また、今後耐用年限（50年）を超過する落石防災構造物が急速に増加する。全国各地では、この種の構造物の総点検が推進されている。さらに、岩盤斜面の風化が進むとともに、ドローンにより想定より大きな落石が発見されることがあるため想定の落石規模が設計当初よりも大きくなることが予想される。

これらに加えて、建築物に対しては竜巻飛来物や噴石、テロ行為に伴う爆破飛来物の衝突などの可能性も高まってきており、その安全性向上が急がれている。しかしながら、我が国の厳しい財政状況、生産年齢人口の減少、担い手不足などの問題に鑑みると、安全性向上に必要なコストや労働力の確保は容易ではない。従って、安全性と経済性に優れた新しい設計法を確立し、既設構造物の耐衝撃性を向上させることが極めて重要である。

既設 RC 構造物は過大な衝撃力の作用により押抜きせん断破壊を生じて脆性破壊に至る。本研究では、この押抜きせん断破壊を回避し、かつ連続繊維シート補強によりエネルギーを吸収する「高レジリエント RC 防災構造物の実現」を試みた。

これまでの研究では、連続繊維シートで曲げ補強した RC はりの衝撃実験を数多く実施し、その耐衝撃性向上効果を確認している。特に、耐衝撃性に優れた有機系の連続繊維シート（アラミド、PET、PBO など）は、高強度かつ高伸び性能を有する強靱な補強材料であることから、RC はりの衝撃エネルギー吸収性能を向上可能であることを明らかにしている。また、高機能樹脂発泡材を用いた積層緩衝体による超衝撃吸収特性も明らかにした。



図-1 我が国の落石災害事例（左側：北海道 2008，右側：石川県 2019）

2. 研究の目的

本研究では超衝撃吸収型積層緩衝体と有機系連続繊維シートによる既設防災構造物の高レジリエント化の実現を目的としている。脆性破壊の回避と連続繊維シートの効果により既設防災構造物のエネルギー吸収性能を数十倍向上させることが可能であると試算している。

高機能樹脂発泡材や連続繊維シートの優れた性能を実用的かつ学術的な観点から活用し、エネルギー指標に基づく新しい耐衝撃設計思想を用いている。このようなアプローチで社会インフラの安全性確保を追求する研究事例は国内外において見られない。

本研究の学術的独自性は、既往の RC はりの衝撃実験で確認された連続繊維シートの高い補強効果やエネルギー吸収能向上効果を RC 版やシェッドにおいても最大限に活かすことに着目していることや、構造物の破壊メカニズムを考慮し、衝突部近傍の押抜きせん断抵抗性およびシートの剥離・破断に対する抵抗性の向上法の開発に着目している点にある。また、これらを達成することで、最終的には、現行の弾性設計とは異なるエネルギー指標に基づく新しい耐衝撃設計手法を提案し、既設防災構造物の高レジリエント化を実現する。

本設計手法による耐衝撃性向上法の理論が明確になると、設計の考え方に柔軟性が生まれ、近年の技術革新の下に開発されている新材料・新工法の活用促進が期待される。従って、波及効果として、衝突を受ける防護構造物の性能向上法の分野における技術開発・実用化が推進され、現場の生産性向上にも寄与すると考えている。

3. 研究の方法

本研究では、超衝撃吸収型積層緩衝体や各種 RC 部材の衝撃載荷実験とその結果を再現する三次元弾塑性衝撃応答解析の結果を蓄積するとともに、国内外の信頼性の高い文献調査に基づいてさらにデータを充実させて、衝突現象や破壊性状の解明を試みている。また、これらの知見に基づいて、緩衝構造や RC 部材の耐衝撃性評価法を提案した。

4. 研究成果

4.1 超衝撃吸収積層緩衝構造

超衝撃吸収積層緩衝構造の開発に向けた研究では、積層構成を変化させた各種衝撃载荷実験を行い、データの分析とそれに基づく緩衝メカニズムの解明を試みた。超衝撃吸収型積層緩衝構造は、高機能発泡樹脂や超高強度コンクリートなどを積層して構成される。実験データとしては、応力-ひずみ曲線の形状や圧縮強度特性の異なる3種類の発泡樹脂と普通コンクリート RC 版を積層した場合の重錘落下衝撃実験結果を用いた。その結果、発泡樹脂の圧縮強度が大きい場合には、発泡樹脂の下面に伝達される応力が大きくなることや、その応力は材料試験結果よりも大きくなることが明らかになった。また、超高強度コンクリートの衝撃実験結果についても、多種多様なデータを用いて分析し、高強度鋼繊維の混入率を 2 vol.% とすることで、耐衝撃性が飛躍的に向上することを明らかにした。また、これらの結果を用いて、高機能発泡樹脂と超高強度コンクリート版を積層した場合に関する緩衝性能を試算した。

土木用途における実績の多い発泡ポリスチレンの上に連続繊維シート補強した超高強度鋼繊維補強コンクリートを積層することにより、緩衝性能が 15 倍程度以上向上することを明らかにした。また、発泡ポリカーボネイトを中間層に配置することにより、超高強度鋼繊維補強コンクリートの脆性破壊を抑制できることを明らかにした。実験結果に基づいて、超高強度鋼繊維補強コンクリートの押抜きせん断耐力評価やエネルギー保存則に基づく超衝撃吸収型積層緩衝構造の設計法を考案した。さらに、超衝撃吸収型緩衝構造のエネルギー吸収性能を評価・確認するための重錘落下実験を実施し、緩衝構造の変形量とエネルギー吸収性能との関係を明確にするとともに、その算定法を提案した。

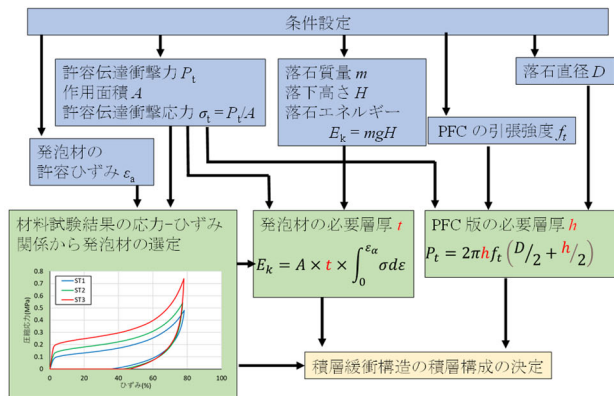


図-2 超衝撃吸収型緩衝構造の設計フロー

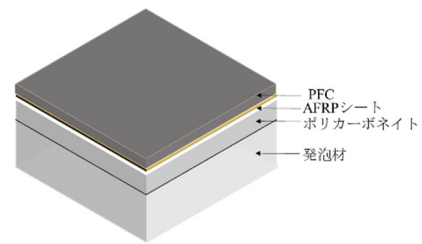


図-3 超衝撃吸収型緩衝構造の積層構成

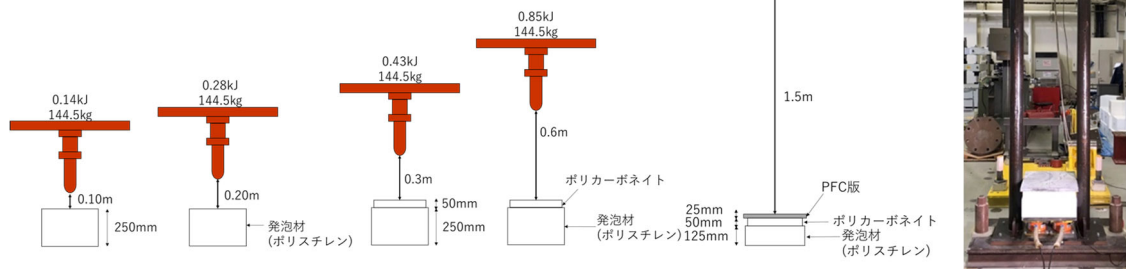


図-4 各種緩衝構造と最大吸収エネルギーの関係

4.2 衝突作用を受ける RC はりの耐衝撃性評価

衝突作用を受ける RC はりの損傷過程や耐衝撃性評価法の確立に向けた研究では、高速度三次元デジタル画像相関法 (高速度 3DDIC) により RC はり側面の主ひずみ分布を可視化し、その時間的変化を分析した。この分析結果により、衝突作用を受ける RC はりのひび割れ進展過程や変形挙動が明らかになった。実験に結果に基づいて、衝突作用を受ける RC はりの耐衝撃挙動を適切に再現可能な数値シミュレーションのキャリブレーションを行い、適切な材料構成則やパラメータの設定値を確定した。また、圧電素子型の高感度ロードセルと高解像度高速度カメラによる画像解析を用いて、衝突作用を受ける RC はりの衝突時のエネルギー損失を定量評価するとともにそのメカニズムを解明した。具体的には、重錘は RC はりとほぼ完全塑性衝突を呈しており、運動量保存則に基づくエネルギー損失量とほぼ同様のエネルギーを損失していることを明らかにした。また、このことに基づいて、防災構造物の新しい性能照査設計法を提案し、国内外の研究機関で実施した 150 ケースの実験結果に基づいて設計法の妥当性を検証した。その結果、曲げ破壊型 RC はりの最大応答変位は、下式により評価できることを明らかにした。

$$\delta_{ud} = \frac{M_w^2 V^2}{2P_y \left(\frac{17}{35} \rho AL + M_w \right)} + \frac{\delta_y}{2}$$

$$R_p \leq 10$$

ここに、 δ_{ud} : RC はりの最大応答変位、 M_w : 重錘質量、 V : 衝突速度、 P_y : RC はりの降伏変位、 ρ : RC はりの単位体積質量、 A : RC はりの断面積、 L : RC はりのスパン長、 R_p : 塑性率、である。

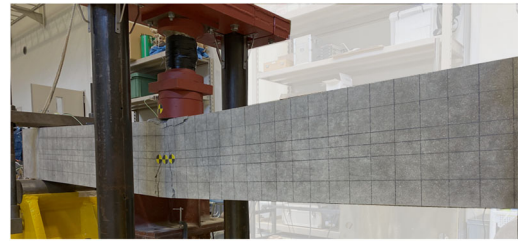


図-5 衝撃载荷実験状況

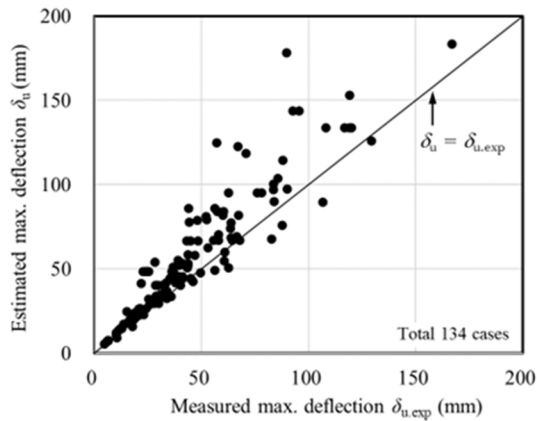


図-6 最大応答変位に関する実験結果と推定結果との関係

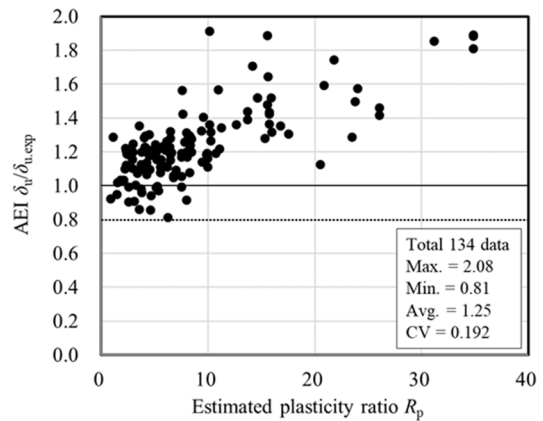


図-7 推定精度と塑性率との関係

なお、提案式による最大応答変位の精度は、変位が大きくなるほど低下する傾向にある（図-6）。図-7のように推定精度（AEI）と塑性率の関係を見ると、塑性率 $R_p < 10$ において比較的精度が高いことから、提案式の適用範囲を $R_p < 10$ とした。

また、せん断破壊型の RC はりにおいても概ね同様のコンセプトでせん断破壊の有無を推定可能であることを明らかにしている。

4.3 衝突作用を受ける緩衝材と RC はりの相互作用の解明

衝突作用を受ける緩衝材と RC はりの相互作用の解明に向けた研究では、緩衝材と RC はりの相互作用に及ぼす緩衝材の材料特性に影響について、重錘落下衝撃実験により検討した。衝突作用のレベルは、RC はりが塑性変形を呈する程度とした。実験結果に基づいて、緩衝材および RC はりの変形やエネルギー吸収量の時刻歴変化を明確にし、エネルギー分担率を明らかにした。また、緩衝材を有する RC はりの最大たわみの推定法を提案した。また、緩衝材と RC はりの相互作用に及ぼす緩衝材の材料特性に影響について、重錘落下衝撃実験により検討した。せん断破壊型 RC はりを対象とした検討も実施した。その結果、緩衝材設置による RC はりのせん断破壊抑制効果を確認するとともに、エネルギー収支に基づくせん断破壊推定法を提案した。また、三次元弾塑性衝撃応答シミュレーションによっても、このことを検証した（図-9，10）。

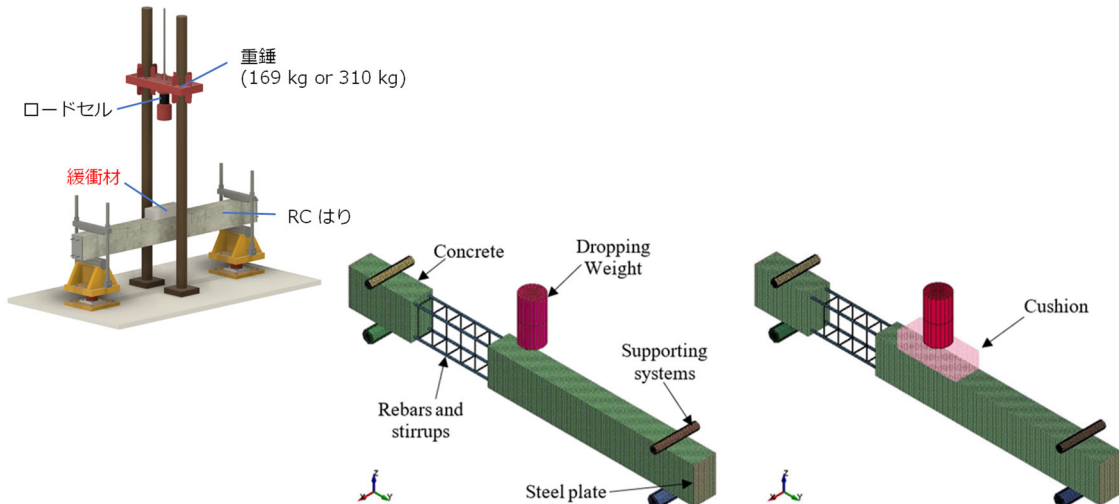


図-8 緩衝材を設置した RC はりの実験状況と数値解析モデル

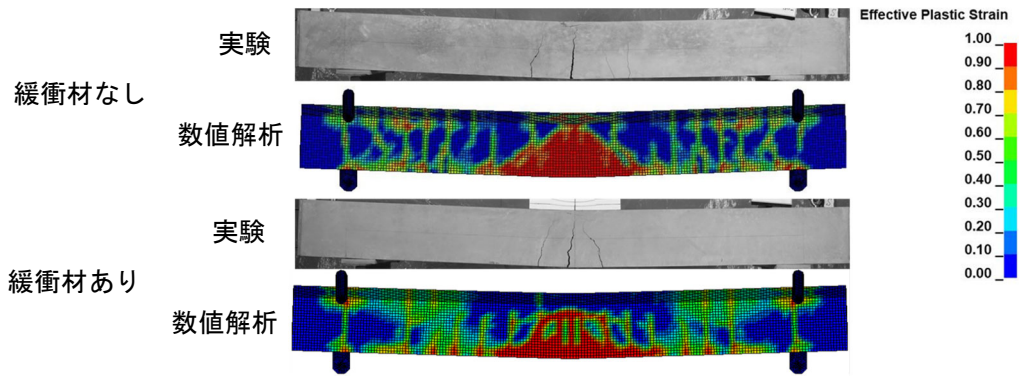


図-9 緩衝材を設置した RC はりの実験状況と数値解析モデル

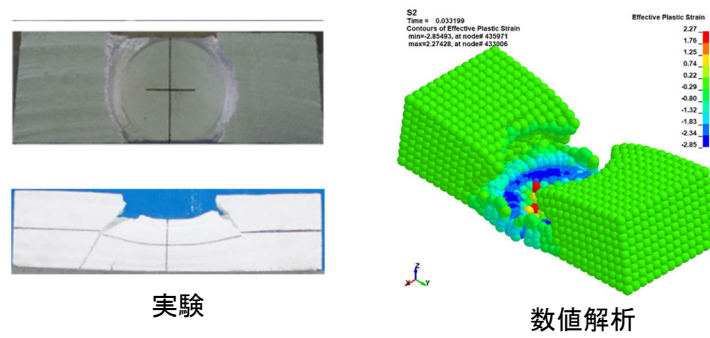


図-10 緩衝材の変形状況に関する実験結果と数値解析結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Tung Thanh Pham, Yusuke Kurihashi, Hiroshi Masuya	4. 巻 16
2. 論文標題 Performance of reinforced concrete beam with cushion subjected to impact loading	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Case Studies in Construction Materials	6. 最初と最後の頁 e00893
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cscm.2022.e00893	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 石井 太一, 西田 陽一, 榎谷 浩, 栗橋 祐介	4. 巻 68
2. 論文標題 阻止面にワイヤネットを用いた支柱強化型落石防護柵の捕捉性能に関する実規模実験と数値解析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 構造工学論文集 A	6. 最初と最後の頁 944-961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/structcivil.68A.944	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 藤誉成, 榎谷浩, 栗橋祐介, 仲西香保里	4. 巻 13
2. 論文標題 運動解析シミュレーションを用いた山岳道路における落石危険度評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 #14
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 石井太一, 西田陽一, 榎谷浩, 栗橋祐介	4. 巻 13
2. 論文標題 ハイブリッド構造の阻止面を有した落石防護柵の実規模実験と 解析に関する研究 (その2)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 #13
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 高橋然, 栗橋祐介, 榎谷浩	4. 巻 13
2. 論文標題 衝突荷重を受ける各種 RC はりの最大変位推定に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 #15
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 栗橋祐介, 榎谷浩	4. 巻 13
2. 論文標題 衝突作用を受けるRC はりの各種発泡材設置による損傷低減効果	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 #3
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 稲生啓志, 栗橋祐介, 榎谷浩	4. 巻 13
2. 論文標題 高性能材料を用いた積層緩衝構造の開発に関する実験的研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 #2
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 栗橋 祐介, 榎谷 浩	4. 巻 21
2. 論文標題 衝突作用を受ける RC はりの発泡樹脂の設置による損傷低減効果	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集	6. 最初と最後の頁 598-603
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 Y Kurihashi, K Kono, and M Komuro	4. 巻 Vol. 18 (4)
2. 論文標題 Impact-Resistant Behavior of Steel-Fiber-Reinforced Porosity-Free Concrete Beam	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 146-156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3151/jact.18.146	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 Y Kurihashi, N Kogure, S Nitta, and M Komuro	4. 巻 2020
2. 論文標題 Experimental study on impact absorption capacity of various expanded materials for rock shed	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Shock and Vibration	6. 最初と最後の頁 7412456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2020/7412456	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 栗橋 祐介, 小暮 直親, 新田 真一	4. 巻 76(3)
2. 論文標題 発泡材の力学特性を変化させた積層緩衝構造の縮小模型実験	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 442-455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejsee.76.3_442	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 Y Kurihashi and H Masuya	4. 巻 10(19)
2. 論文標題 Simplified Estimation Method for Maximum Deflection in Bending-Failure-Type Reinforced Concrete Beams Subjected to Collision Action and Its Application Range	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Science	6. 最初と最後の頁 6941
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10196941	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 Y Kurihashi, K Kono, E Yasuda, and M Komuro	4. 巻 Vol.118, No.1
2. 論文標題 Impact resistance design of PFC beams strengthened with AFRP sheet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACI Structural Journal	6. 最初と最後の頁 101-111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14359/51728090	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 Y Kurihashi, H Konno, and Y Hama	4. 巻 274
2. 論文標題 Effects of frost-damaged reinforced concrete beams on their impact resistance behavior	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Construction and Building Materials	6. 最初と最後の頁 122089
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.conbuildmat.2020.122089	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 栗橋祐介, 野々村佳哲, 今野久志, 濱幸雄, 戸上卓也	4. 巻 19
2. 論文標題 凍害劣化したRC 梁の耐衝撃挙動に及ぼす劣化部位の影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第19回 コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文集	6. 最初と最後の頁 447-450
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 Y. Kurihashi, K. Kono, E. Yasuda, and M. Komuro	4. 巻 13
2. 論文標題 IMPACT LOADING TESTS OF STEEL FIBER REINFORCED PFC BEAM STRENGTHENED WITH PET FRP SHEET	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceeding of 13th international conference on SHOCK & IMPACT LOADS ON STRUCTURES	6. 最初と最後の頁 245-252
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 Y. Kurihashi, K. Kono, and M. Komuro	4. 巻 18
2. 論文標題 Response Characteristics of a Steel Fiber-Reinforced Porosity-Free Concrete Beam Under an Impact Load	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Civil Engineering	6. 最初と最後の頁 673-684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40999-020-00501-y	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 栗橋祐介, 佐藤臣司, 小暮直親, 新田真一	4. 巻 74
2. 論文標題 力学特性の異なる発泡材を用いた三層緩衝構造の重錘落下実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会第74回年次学術講演会講演概要集	6. 最初と最後の頁 1-259
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 栗橋祐介	4. 巻 なし
2. 論文標題 積層緩衝構造の緩衝メカニズムと設計について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 建築学会シンポジウム「耐衝撃設計の合理化に向けて - 現状と新しい流れ、今後の課題」	6. 最初と最後の頁 103-111
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 栗橋祐介, 榎谷浩	4. 巻 12
2. 論文標題 衝突作用を受ける RC はりのエネルギー吸収に基づく応答変位の推定	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第12回 構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 36
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 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 石井 太一
2. 発表標題 阻止面にワイヤネットを用いた支柱強化型落石防護柵の捕捉性能に関する実規模実験と数値解析
3. 学会等名 第68回構造工学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤誉成
2. 発表標題 運動解析シミュレーションを用いた山岳道路における落石危険度評価
3. 学会等名 第13回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石井太一
2. 発表標題 ハイブリッド構造の阻止面を有した落石防護柵の実規模実験と 解析に関する研究（その2）
3. 学会等名 第13回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋然
2. 発表標題 衝突荷重を受ける各種 R C はりの最大変位推定に関する研究
3. 学会等名 第13回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗橋祐介
2. 発表標題 衝突作用を受けるRC はりの各種発泡材設置による損傷低減効果
3. 学会等名 第13回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲生啓志
2. 発表標題 高性能材料を用いた積層緩衝構造の開発に関する実験的研究
3. 学会等名 第13回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗橋 祐介
2. 発表標題 衝突作用を受ける RC はりの発泡樹脂の設置による損傷低減効果
3. 学会等名 第21回コンクリート構造物の補修，補強，アップグレードシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栗橋祐介，野々村佳哲，今野久志，濱幸雄，戸上卓也
2. 発表標題 凍害劣化したRC 梁の耐衝撃挙動に及ぼす劣化部位の影響
3. 学会等名 第19 回 コンクリート構造物の補修，補強，アップグレードシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kurihashi, K. Kono, E. Yasuda, and M. Komuro
2. 発表標題 IMPACT LOADING TESTS OF STEEL FIBER REINFORCED PFC BEAM STRENGTHENED WITH PET FRP SHEET
3. 学会等名 13th international conference on SHOCK & IMPACT LOADS ON STRUCTURES (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗橋祐介, 佐藤臣司, 小暮直親, 新田真一
2. 発表標題 力学特性の異なる発泡材を用いた三層緩衝構造の重錘落下実験
3. 学会等名 土木学会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗橋祐介
2. 発表標題 積層緩衝構造の緩衝メカニズムと設計について
3. 学会等名 建築学会シンポジウム「耐衝撃設計の合理化に向けて - 現状と新しい流れ、今後の課題」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗橋祐介, 榎谷浩
2. 発表標題 衝突作用を受ける RC はりのエネルギー吸収に基づく応答変位の推定
3. 学会等名 第12回 構造物の衝撃問題に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 別府万寿博, 栗橋祐介, 小室雅人, 玉井宏樹ほか	4. 発行年 2023年
2. 出版社 土木学会	5. 総ページ数 446
3. 書名 衝撃作用に対する構造性能照査法の基礎と応用	

〔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	別府 万寿博 (Beppu Masuhiro) (90532797)	防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群)・システム工学群・教授 (82723)	局所破壊メカニズムの解明
研究分担者	小室 雅人 (Komuro Masato) (10270183)	室蘭工業大学・大学院工学研究科・教授 (10103)	耐衝撃挙動の再現解析
研究分担者	玉井 宏樹 (Tamai Hiroki) (20509632)	九州大学・工学研究院・助教 (17102)	緩衝効果, 損傷度の評価

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