

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：82723

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06203

研究課題名(和文) 竜巻飛散物・噴石に対する退避シェルター用防護部材の開発

研究課題名(英文) Development of the protective members for evacuation shelter against tornado-born missiles and volcanic cinders

研究代表者

別府 万寿博 (Beppu, Masuhiro)

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・システム工学群・教授)

研究者番号：90532797

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、竜巻によって生じる飛散物や火山噴石を対象とした退避シェルターの防護部材の開発を試みたものである。衝突速度約40～100m/sを対象とし、剛および柔飛来物に対する鉄筋コンクリート版および鋼板の耐衝撃性および評価手法について検討を行った。鉄筋コンクリート版については、曲げやせん断破壊などの全体破壊ではなく、局部破壊を示すことが明らかとなった。また、繊維補強コンクリートの補強効果が高いことがわかった。鋼板についても、非常に脆性的な貫通モードを示すことが明らかとなった。鋼板については、ステンレス鋼など伸びが高い材料が耐貫通性能を向上させることがわかった。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the failure mechanism of protective members for evacuation shelter against tornado-born missiles and volcanic cinders, and attempted to develop reinforcing method for reinforced concrete slabs and steel plates. Impact tests for reinforced concrete slabs and steel plates using the rigid and deformable missiles at velocities of 40-100m/s were conducted. The test results revealed that the reinforced concrete slabs showed the local failure, not the global failures such as flexural and shear failures. An application of fiber reinforced concrete was effective in mitigating the local failure. The steel plate also exhibited extremely brittle perforation. An application of stainless material which has high ductility was effective in enhancement of the impact resistant performance of the steel plates.

研究分野：衝撃工学

キーワード：耐衝撃設計 飛来物衝突 局部破壊 全体破壊 鉄筋コンクリート版 鋼板

1. 研究開始当初の背景

近年、気候変動の影響を受けて大規模な竜巻が多発する傾向にある。また、富士山や桜島などの活火山では将来の火山噴火が懸念されている。これらの災害では、竜巻による飛散物（竜巻飛散物）や火山噴火によって周囲へ飛散する石礫（噴石）による衝突が人命や構造物へ致命的損傷を及ぼす。また、十分な情報に基づく気象予測とは異なり、発生時期や経路の予測が非常に難しいため、重要公共構造物に対しては、発災時に備えて人命を確実に守る退避構造物の設置が不可欠である。アメリカでは、ハリケーンに対して退避シェルターを義務付けているが、我が国ではこれらの研究は全く行われていなかった。特に、上記の飛来物に対する鉄筋コンクリート版や鋼板の耐衝撃性能や設計法に関する研究が行われていなかった。

2. 研究の目的

本研究は、上記の中速度衝突を受ける重要公共構造物の耐衝撃設計法に資するため、衝突速度 20m/s ~ 100m/s (時速約 70km ~ 360km) の衝突を受ける鉄筋コンクリート版および鋼板の耐衝撃性評価および補強法について検討を行うものである。

3. 研究の方法

(1) 鋼板

板厚 6mm ~ 16mm の SS400 鋼板に対して、質量 4.3kg の鋼製飛翔体を衝突速度 40m/s ~ 60m/s で衝突させ、鋼板の破壊性状を調べる。また、衝突によって変形が生じない剛飛翔体と変形が生じる柔飛翔体を用いた衝突実験を行い、飛来物の剛性や耐力が鋼板の破壊性状に与える影響を調べる。補強方法として、複層化した鋼板やステンレス鋼板を適用し、これらの補強方法の有効性を調べる。

(2) 鉄筋コンクリート版

板厚 90mm ~ 300mm の鉄筋コンクリート版に対して、質量 4.5kg ~ 8.3kg の鋼製飛翔体を衝突速度 20 ~ 90m/s で衝突させ、鉄筋コンクリート版の破壊性状を調べる。また、衝突によって変形が生じない剛飛翔体と変形が生じる柔飛翔体を用いた衝突実験を行い、飛来物の剛性や耐力が鉄筋コンクリート版の破壊性状へ与える影響を調べる。補強方法として、超高強度繊維補強コンクリートを適用し、補強効果を調べる。

4. 研究成果

(1) 鋼板

図-1 に示す高圧空気式飛翔体発射装置を用いて実験を行った。飛翔体を図-2 に示す。飛翔体の質量は約 4.3kg であり、先端部分は直径 18.6mm の丸鋼 (SS400) と $-60 \times 30 \times 1.6$ mm の角型鋼管 (STKR400) を用いた。図-3 に試験体の外観を示す。板状試験体 (SS400) の寸法は縦 1,150mm、横 1,150mm であり、板

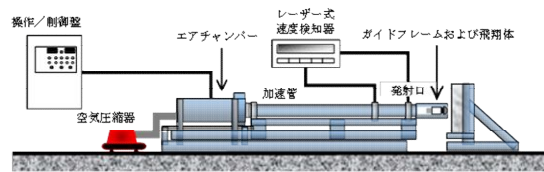
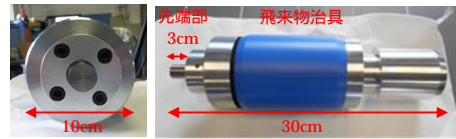
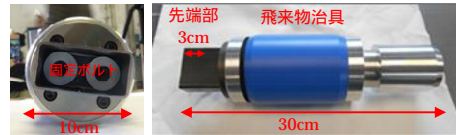


図-1 高圧式飛翔体発射装置の模式図



(a) 丸鋼



(b) 角型鋼管

図-2 飛翔体の例 (質量 4.3kg)

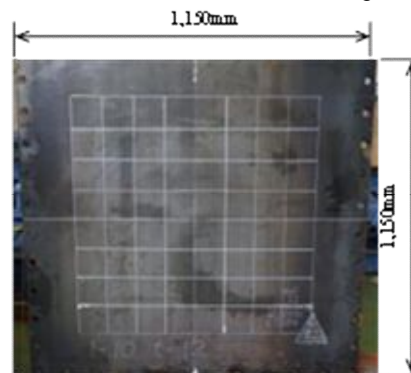
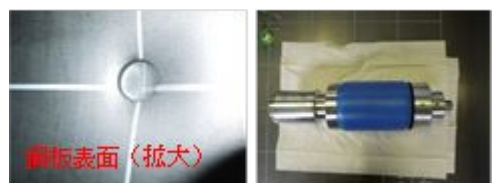


図-3 鋼板試験体



(a) 板厚 9mm



(b) 板厚 12mm

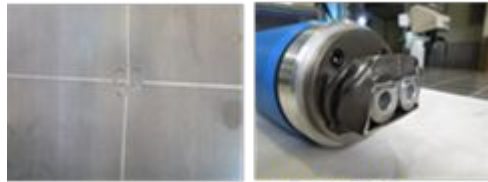
図-4 衝突後の鋼板の変形状況と飛翔体 (丸鋼)

厚を 6mm ~ 16mm の範囲で変化させた。試験体は、ボルトで反力壁に固定した。

図-4 に、丸鋼飛翔体による衝突後の鋼板の変形状況の例を示す。板厚 6mm、9mm の場合は、図-4 (a) に示すように飛翔体先端部の丸鋼が鋼板を貫通した。図-4 (b) の左図は、板厚 12mm の場合に衝突表面に生じた変形を



(a) 板厚 6mm



(b) 板厚 12mm

図-5 衝突後の鋼板の変形状況と飛翔体（角型鋼管）

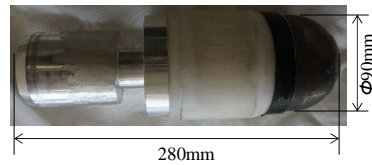
拡大して示している。図から、板厚 12mm のケースでは、衝突部位が押し抜かれるように陥没しているが、貫通は生じていないことがわかる。板厚 6mm および 9mm のケースでも、このように非常に局所的な変形によって貫通が発生したものと考えられる。なお、板厚 16mm のケースでは局所的に変形したが、貫通は発生しなかった。鋼板の貫通限界評価式である BRL 式を用いて算定される貫通限界板厚は 15.5mm であるが、実験では板厚 12mm に対しても貫通は発生しなかった。すなわち、BRL 式はある程度安全側の評価を示すことがわかった。

図-5 に、角型鋼管飛翔体の衝突により生じた鋼板の変形状況と飛翔体を示す。角型鋼管の場合はいずれも貫通は発生しなかった。変形状態から、角型鋼管の場合も丸鋼と同様に非常に局所的な変形が生じることがわかる。ただし、図に示すように角型鋼管には座屈が発生しており、飛翔体の座屈によってエネルギーを吸収していることがわかる。参考のため、角型鋼管の投影面積と等しい円形断面の直径を用いて BRL 式から貫通限界板厚を算定すると 6.0mm となる。実験結果では、板厚 6mm の場合でも貫通は発生しなかった。このことから、BRL 式が安全側の評価を示すことがわかった。

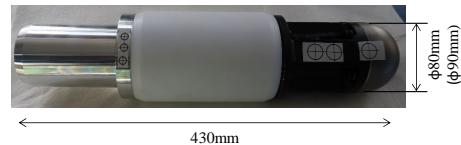
鋼板の補強対策として、複層化した鋼板（合計板厚 9mm ~ 12mm）およびステンレス鋼（SUS304）試験体に対する衝突実験を行った。実験の結果、本実験条件では複層板は単層板よりも貫通性能が低いことがわかった。また、ステンレス鋼板の貫通性能は SS400 よりも高いことがわかった。

(2) 鉄筋コンクリート版

図-6 に、質量 4.5kg および 8.3kg の剛飛翔体の寸法および外観を示す。なお、質量 8.3kg の飛翔体は、「原子力発電所設計の竜巻影響評価ガイド」で想定されている鋼製パイプの質量 8.4kg に対応している。飛翔体の先端形状は半球型（8.3kg：80mm および 90mm、4.5kg：90mm）で、先端部の材質は JIS 規



(a) 4.5kg



(b) 8.3kg

図-6 飛翔体の例

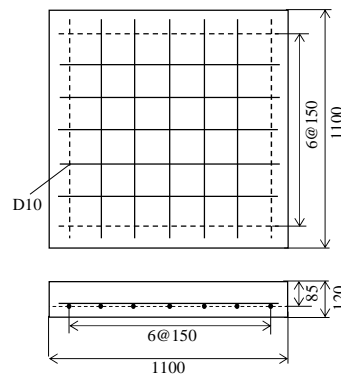


図-7 鉄筋コンクリート版（120mm 厚）

格 SKS93 の鋼材を、胴体部はアルミニウム合金を用いて作製した。

版厚が破壊性状に与える影響を調べるために、飛翔体質量 4.5kg の実験では縦横寸法 1100mm、板厚 90mm、120mm および 150mm の鉄筋コンクリート版を、飛翔体質量 8.3kg の実験では縦横寸法 1225mm、板厚 100mm、180mm、200mm および 300mm の鉄筋コンクリート版を作製した。図-7 に、板厚 120mm の鉄筋コンクリート版の例を示す。いずれも支間長 850mm の四辺支持条件で実験を行った。また、それぞれの実験ケースに対してプレーンコンクリート版も作製した（質量 4.5kg：板厚 90mm × 4、120mm × 4、150mm × 2、質量 8.3kg：板厚 180mm × 2、200mm × 1）。引張鉄筋の純かぶり厚は板厚 100mm では 20mm、その他の試験体は全て 30mm である。なお、衝突実験による試験体の破片化を防ぐため、試験体には用心鉄筋（図中の破線）を配置している。コンクリートの平均圧縮強度は、飛翔体質量 4.5kg の実験ケースでは 33.2N/mm²、飛翔体質量 8.3kg の実験ケースでは 44.1N/mm²であった。

図-8(a)に示す板厚 120mm のプレーンコンクリートのケースでは、衝突速度 27.4m/s において裏面に放射状のひび割れが生じており、断面内には明瞭な斜めひび割れが生じている。衝突速度を 38.5m/s に増加させたプレーンコンクリート版の破壊モードは裏面剥離となり、内側部分の全てがコーン状の剥離片となって剥離した。図-8(b)に、板厚 200mm の鉄筋コンクリート版に生じた破壊性状の

例を示す。衝突速度 81.2m/s の場合、裏面に生じた円周状ひび割れ内部の一部が剥離したため、破壊モードは裏面剥離と判定した。断面に生じた斜めひび割れは、衝突部から裏面へ進展し、ひび割れ幅は大きく開口していることがわかる。衝突速度を 89.7m/s へ増加させると、裏面の約半分が剥離したことから破壊モードは裏面剥離と判定した。また、断面内には衝突部から裏面に向かって明瞭な斜めひび割れが数本生じており、押し抜きせん断破壊に類似した破壊性状を示した。

図-9 に、これらの実験結果と既往の実験式との比較の例を示す。図-8 は Chang 式および CRIEPI 式と比較した例であり、実験結果をある程度良好に評価している。ただし、実験式によっては、本実験と整合しない場合もあり、実験条件が破壊へ与える影響を分析する必要がある。

これらの衝突に対する補強対策として、超高強度繊維補強コンクリート (UFC) パネルに対しても実験を行った。その結果、UFC パネルは非常に高い衝撃性能を有していることが明らかとなった。

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 12 件)

Hironori Ueno, Masuhiko Beppu, Hiroyoshi Ichino, Hiroyuki Musha, Shuichi Okamoto, A method for evaluating the local failure of ultra-high performance short PVA fiber reinforced concrete plates subjected to a projectile impact, International Journal of Protective Structures, 査読有, 2018 (in press), DOI: 10.1177/2041419618755158

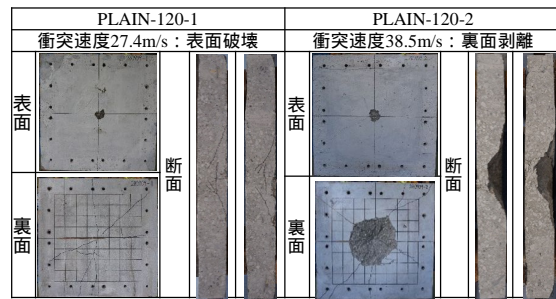
岩根利浩, 上野裕稔, 別府万寿博, 小川敦久: PP および PVA 繊維補強セメント複合材料の動的一軸圧縮特性に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.64A, 査読有, 2018, pp.833-846

上野裕稔, 別府万寿博, 市野宏嘉, 高橋順: 衝突によるコンクリートの貫入深さに関する力学的考察, 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 Vol.17, 査読有, 2017, pp.185-190

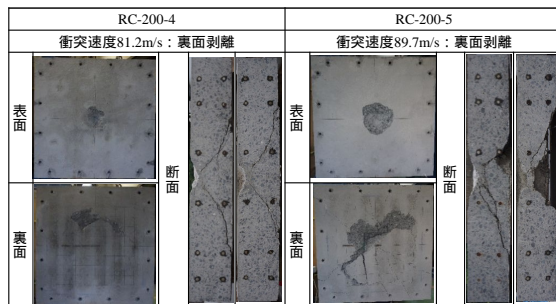
別府万寿博, 火山噴石に対する構造物の損傷評価法と課題, 日本原子力学会誌, 査読無, 2017

岡崎宗一郎, 山本佳士, Rodolfo Jr Mendoza, 別府万寿博, RBSM による柔飛翔体の中速度衝突を受ける RC 板の破壊挙動評価, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol.39, No.2, 2017, pp.607-612

Shinnosuke Kataoka, Masuhiko Beppu, Hiroyoshi Ichino, Tatsuya Mase, Tatsuya Nakada, Ryo Matsuzawa, Failure behavior of reinforced concrete slabs subjected to



(a) プレーンコンクリート板
(質量 4.5kg、板厚 120mm)



(b) 鉄筋コンクリート板
(質量 8.3kg、板厚 200mm)

図-8 コンクリート試験体の破壊性状

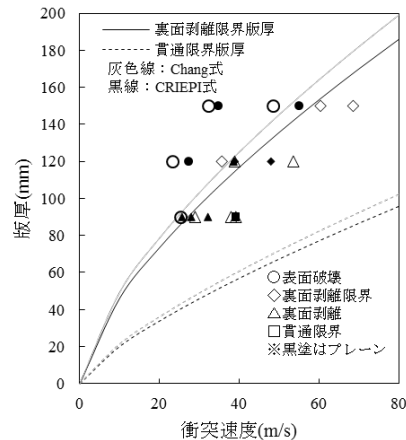


図-9 実験式との比較

moderate-velocity impact by a steel projectile, International Journal of Protective Structures, 査読有, Vol.8(3), 2017, pp.384-406, DOI: 10.1177/2041419617721550

Hironori Ueno, Masuhiko Beppu, Atsuhisa Ogawa, A method for evaluating the local failure of short polypropylene fiber-reinforced concrete plates subjected to high-velocity impact with a steel projectile, 査読有, 105, 2017, pp.68-79, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2016.08.008

山本佳士, 岡崎宗一郎, 別府万寿博, 中村光, 三浦泰人, 高速衝突を受ける鉄筋モルタルはり部材の裏面剥離発生メカニズムに関する解析的研究, 構造工学論文集, 査読有,

Vol. 63A, 2017, pp.1210-1223

上野裕稔, 別府万寿博, 市野宏嘉, 武者浩透, 岡本修一, 柔飛翔体の高速衝突を受ける超高強度繊維補強コンクリートパネルの局部破壊に関する実験的研究, 構造工学論文集, 査読有, Vol. 63A, 2017, pp.1149-1162

岡崎宗一郎, 山本佳士, 別府万寿博, 中村光, RBSM 解析による高速衝突を受ける鋼板補強モルタル梁の局部破壊機構評価, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol.38, No.2, 2016, pp.745-750

片岡新之介, 上野裕稔, 別府万寿博, 市野宏嘉, 剛飛翔体の中速度衝突を受けるコンクリート版の衝撃応答に関する基礎的研究, 構造工学論文集, 査読有, Vol.62A, 2016, pp.1084-1096

柴田大希, 別府万寿博, 高橋順, 市野宏嘉, 高速衝突を受ける鉄筋モルタル梁の裏面剝離メカニズム, 構造工学論文集, 査読有, Vol. 62A, 2016, pp.1111-1123

〔学会発表〕(計38件)

片岡新之介, 別府万寿博, 柔飛翔体の衝突を受ける鉄筋コンクリート版の破壊メカニズムに関する検討, 土木学会関東支部第45回技術研究発表会, 2018

岩根利浩, 上野裕稔, 別府万寿博, 小川敦久, PVA 繊維補強セメント複合材料の動的曲げ力学特性に関する実験的検討, 土木学会関東支部第45回技術研究発表会, 2018

森広毅, 岩根利浩, 片岡新之介, 別府万寿博, 室賀陽一郎, ポリプロピレン繊維補強コンクリートの局部破壊抑制効果に関する実験的研究, 土木学会関東支部第45回技術研究発表会, 2018

瀧田匠李, 別府万寿博, 市野宏嘉, 間瀬辰也, 中田達也, 鋼棒の衝突を受ける鋼板の貫通メカニズムに関する数値解析的検討, 土木学会関東支部第45回技術研究発表会, 2018

Masuhiko Beppu, Shinnosuke Kataoka, Hiroyuki Musha, Shuichi Okamoto and Hiroyoshi Ichino, Impact response of UHP-FRC panels subjected to projectile impact, International Symposium on the Interaction of the Effects of Munitions with Structures, 2017

Hiroyuki Musha, Masuhiko Beppu, Impact resistance performance of UHPFRC panels under low velocity impact loading, AFGC-ACI-fib-RILEM International Symposium on Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete, 2017

Koji Shirai, Masuhiko Beppu, Hideo Hirai, Kazuhiko Yamada, Shinichi Yoshida, Yohei Shinohara, Status of the JSME codification activities on tornado-generated missile protection for structures of nuclear power plants, 25th International Conference on Nuclear Engineering, 2017

Susumu Nakamura, Ikumasa Yoshida,

Masuhiko Beppu, Development of method to evaluate seismic risk on facilities of nuclear power plant caused by slope collapse, 24th Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, 2017

Masuhiko Beppu, Shinnosuke Kataoka, Hiroyoshi Ichino, Ryo Matsuzawa, Numerical simulation of failure behavior of RC slabs subjected to low-velocity impact, 12th International Conference on Shock & Impact Loads on Structures, 2017

別府万寿博, 火山噴石に関する対策と評価技術, 日本原子力学会「2017 年秋の大会」(招待講演), 2017

別府万寿博, 吉田郁政, 中村晋, 斜面崩壊に伴う岩塊衝突による鉄筋コンクリート版の損傷限界に関する評価手法の検討, 土木学会平成29年度全国大会第72回年次学術講演会, 2017

中村晋, 吉田郁政, 別府万寿博, 河合正, 地震作用による斜面崩壊が原子力発電施設に及ぼす影響評価手法の構築, 土木学会平成29年度全国大会第72回年次学術講演会, 2017

片岡新之介, 別府万寿博, 市野宏嘉, 中速度衝突を受ける鉄筋コンクリート版の破壊メカニズムに関する数値解析的考察, 土木学会平成29年度全国大会第72回年次学術講演会, 2017

上野裕稔, 別府万寿博, 市野宏嘉, 高橋順, 短繊維補強によるコンクリート版の裏面剝離抑制効果に関するエネルギー論的考察, 土木学会平成29年度全国大会第72回年次学術講演会, 2017

岩根利浩, 別府万寿博, 市野宏嘉, 小川敦久, SHPB 法によるポリビニルアルコール短繊維補強コンクリートの動的一軸圧縮強度に関する実験的検討, 土木学会平成29年度全国大会第72回年次学術講演会, 2017

瀧田匠李, 別府万寿博, 市野宏嘉, 間瀬辰也, 中田達也, 鋼棒の衝突を受ける鋼板の耐貫通性能に関する基礎的研究, 土木学会平成29年度全国大会第72回年次学術講演会, 2017

中田達也, 間瀬辰也, 別府万寿博, 竜巻飛来物を想定した原子力発電所施設における鉄筋コンクリート壁に対する衝突実験, 日本建築学会大会, 2017

松浦敦, 和内博樹, 間瀬辰也, 中田達也, 別府万寿博, 竜巻飛来物に対する鋼板の合理的な補強方法に関する研究(その3)衝突シミュレーション解析, 日本建築学会大会, 2017

Shinnosuke Kataoka, Masuhiko Beppu, Hiroyuki Musha, Shuichi Okamoto, Impact behavior of UHPFRC panels under moderate velocity impact loadings, 8th International Conference on Fiber-Reinforced Polymer Composites in Civil Engineering, 2016

Shinnosuke Kataoka, Masuhiko Beppu, Hiroyoshi Ichino, Ryo Matsuzawa, Masaharu

Itoh, Impact behavior of RC slabs subjected to low to moderate velocity impact, 4th International Conference on Protective Structures, 2016

⑲ Masuhiro Beppu, Shinnosuke Kataoka, Failure behavior of RC slabs subjected to medium velocity impact, ASME 35th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 2016

⑳ Yoshihito Yamamoto, Soichiro Okazaki, Hikaru Nakamura, Masuhiro Beppu, Taiki Shibata, Crack propagation and local failure simulation of reinforced concrete subjected to projectile impact using RBSM, ASME 35th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 2016

㉑ Masaharu Itoh, Ryo Matsuzawa, Masuhiro Beppu, A dual-limit-erosion approach to estimate fracture zone of RC slabs subjected to high velocity impact loads, ASME 35th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 2016

㉒ 中田達也, 別府万寿博, 間瀬辰也, 竜巻飛来物に対する鋼板の合理的な補強法に関する研究(その1)実験計画, 日本建築学会大会, 2016

㉓ 別府万寿博, 中田達也, 間瀬辰也, 竜巻飛来物に対する鋼板の合理的な補強法に関する研究(その2)実験結果, 日本建築学会大会, 2016

㉔ 片岡新之介, 別府万寿博, 川口哲生, 吉本宏和, 武者浩透, 岡本修一, 剛・柔飛翔体の中速度衝突を受ける UFC パネルの衝撃応答に関する実験的研究, 土木学会平成 28 年度全国大会第 71 回年次学術講演会, 2016

㉕ 吉本宏和, 川口哲生, 武者浩透, 岡本修一, 上野裕稔, 片岡新之介, 別府万寿博, 柔飛翔体が高速衝突した超高強度繊維補強コンクリートの局部破壊に関する研究, 土木学会平成 28 年度全国大会第 71 回年次学術講演会, 2016

㉖ 上野裕稔, 市野宏嘉, 別府万寿博, 繊維補強セメント複合材料板の材料特性が裏面剥離限界板厚に及ぼす影響に関する一考察, 土木学会平成 28 年度全国大会第 71 回年次学術講演会, 2016

㉗ 岩根利浩, 柴田大希, 市野宏嘉, 別府万寿博, 鉄筋モルタルはりの剛性・耐力が裏面剥離性状に与える影響に関する一考察, 土木学会平成 28 年度全国大会第 71 回年次学術講演会, 2016

㉘ 川口哲生, 吉本宏和, 武者浩透, 岡本修一, 片岡新之介, 上野裕稔, 別府万寿博, 柔飛翔体の中速度衝突を受ける超高強度繊維補強コンクリートの衝撃挙動, 土木学会平成 28 年度全国大会第 71 回年次学術講演会, 2016

㉙ 片岡新之介, 別府万寿博, 市野宏嘉, 剛飛翔体の中速度衝突を受ける鉄筋コンクリー

ト版の破壊メカニズムに関する研究, 土木学会関東支部第 45 回技術研究発表会, 2016

㉚ 上野裕稔, 別府万寿博, 市野宏嘉, 飛翔体の質量・衝突速度が局部破壊に及ぼす影響に関する基礎的研究, 土木学会関東支部第 45 回技術研究発表会, 2016

㉛ Masuhiro Beppu, Impact resistance of structures subjected to tornado missiles, IABSE Summit2016(招待講演), 2016

㉜ 別府万寿博, 柴田大希, 片岡新之介, 土田恭平, 荻原実, 松浦敦, 松澤遼, 竜巻飛来物・火山噴石を対象とした防護設計法に関する基礎的検討, シンポジウム建築物を取り巻く衝撃問題(招待講演), 2015

㉝ 土田恭平, 小笠原義浩, 別府万寿博, 和内和樹, 松浦敦, 間瀬辰也, 荻原実, 鋼製飛来物に対する鋼板の貫通評価に関する研究(その1)衝突実験による BRL 式の検証, 日本建築学会大会, 2015

㉞ 別府万寿博, 小笠原義浩, 土田恭平, 和内和樹, 松浦敦, 間瀬辰也, 荻原実, 鋼製飛来物に対する鋼板の貫通評価に関する研究(その2)飛来物として丸鋼を用いた衝突実験結果, 日本建築学会大会, 2015

㉟ 荻原実, 小笠原義浩, 土田恭平, 別府万寿博, 和内和樹, 松浦敦, 間瀬辰也, 鋼製飛来物に対する鋼板の貫通評価に関する研究(その3)飛来物として角型鋼管を用いた衝突実験結果, 日本建築学会大会, 2015

㊱ 松浦敦, 小笠原義浩, 土田恭平, 別府万寿博, 和内和樹, 間瀬辰也, 荻原実, 鋼製飛来物に対する鋼板の貫通評価に関する研究(その4)衝突実験の再現解析, 日本建築学会大会, 2015

㊲ 武者浩透, 別府万寿博, 柴田大希, 岡本修一, 中速度衝突を受ける UFC パネルの耐衝撃性に関する実験的研究, 土木学会平成 27 年度全国大会第 70 回年次学術講演会, 2015

㊳ 片岡新之介, 上野裕稔, 別府万寿博, 剛飛翔体の中速度衝突を受けるコンクリート板の衝撃応答に関する実験的研究, 土木学会平成 27 年度全国大会第 70 回年次学術講演会, 2015

㊴ 柴田大希, 別府万寿博, 高速衝突を受ける鉄筋モルタル梁の局部破壊メカニズムに関する一考察, 土木学会平成 27 年度全国大会第 70 回年次学術講演会, 2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

別府 万寿博 (BEPPU MASUHIRO)
防衛大学校・システム工学群・教授
研究者番号: 9 0 5 3 2 7 9 7

(2) 研究分担者

市野 宏嘉 (ICHINO HIROYOSHI)
防衛大学校・システム工学群・准教授
研究者番号: 7 0 7 6 0 9 8 2