

令和 6 年 5 月 9 日現在

機関番号：82723

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01601

研究課題名（和文）不測の大規模爆発に対する都市の構造安全性リスク評価法の構築

研究課題名（英文）Structural safety risk assessment of urban areas for unexpected large-scale explosion

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学群）・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） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、爆破テロや都市での大規模爆発を受ける構造部材の破壊挙動を解明し、耐爆リスク評価法を確立することである。複数形状の箱型およびビル型構造物モデルを作製し、Composition C-4爆薬（C-4爆薬）の爆発による爆風圧を計測する実験を行った。実験結果から、構造物モデル間を伝播する爆風圧の特性を調べた。また、近接爆発を受けるRCはりの破壊評価に関して、C-4爆薬の接触および近接爆発を受けるRCはりの爆発実験を行い、爆薬とRCはりの離隔距離やRCはりの配筋が破壊に与える影響について分析した。さらに、爆破テロや都市での大規模爆発に対する構造物や都市のリスク評価法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、爆破テロや大規模爆発が発生した際における爆風の伝播挙動および構造部材の破壊について検討し、構造物や都市のリスク評価法を提案したものである。このような研究課題は我が国では検討が進んでいない状態であったが、本研究成果は実験および数値解析的検討を行って爆風圧特性およびRCはりの破壊特性を評価する手法を提案した点に大きな意義がある。また、新たに提案した爆破テロや大規模爆発に対する構造物や都市のリスク評価手法は、今後、国民保護の観点からも活用できる可能性が高い。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study is to investigate the failure behavior of structures subjected to large scale explosion by the bombing terrorism or happened in a large city. Scaled explosion tests were conducted to measure the pressure characteristics of explosion waves acting on a structure or propagating through structural models by using Composition C-4 high explosives (C-4 high explosives) and several box- and building-type structural models. With regard to failure behavior of RC beams subjected to close-in explosion, contact or close-in explosion tests for RC beams were conducted by using C-4 high explosives. The effects of stand-off distance between C-4 high explosives and the structural models, and rebar arrangements on the failure of RC beams were investigated based on the test data. Furthermore, a method for assessing risk of structures and cities under terrorist bombing or large explosion was proposed.

研究分野：衝撃工学

キーワード：大規模爆発 爆破テロ 爆風圧特性 耐爆設計法 リスク評価

## 様式 C-19、F-19-1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2001年の米国同時多発テロ事件以降、世界中で爆破テロ事件が頻発している。2003年には国連薬物犯罪事務所が設置され、テロ被害者への支援、テロリズムの資金調達の取組み等に加え、攻撃されやすい目標の保護強化に取り組んでいる。国連議決「protection of critical infrastructure (2017年)」の中でも重要構造物の保護強化への取組みが宣言されている。一方で、2015年に発生した中国天津市における倉庫の爆発事故、2020年に発生した中国台州市やレバノンベイルートにおける大規模爆発では、不測の大規模爆発が都市の広い範囲へ甚大な影響を与えた。このような爆破テロや爆発事故においては、構造物および都市の損壊状況が極めて甚大となることが示されている。これらの爆発の発生頻度は小さいが、一旦発生すると社会へ与える影響が極めて甚大であるため、ソフト対策に加え、ハードな対策も求められる。日本の特性を考えると、爆破テロや爆発事故が都市部で発生した場合、構造物群が爆風圧伝播へ与える影響を把握することが重要である。また、日本は地震大国であるため、構造部材には鉄筋が密に配筋されているが、構造部材の耐震性と耐爆性の関連を明らかにすることも課題である。ソフト対策としては、これらを考慮したリスク評価法の確立が求められていた。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、爆破テロや都市での大規模爆発を受ける構造物材の破壊挙動を解明し、耐爆リスク評価法を確立することである。このため、爆破テロや都市での大規模爆発における複雑な爆風圧伝播挙動や圧力特性を解明する。複数形状の箱型およびビル型構造物モデルを作製し、Composition C-4 爆薬 (C-4 爆薬) の爆発による爆風圧を計測する実験を行う。実験結果から、構造物モデル間を伝播する爆風圧特性について検討する。また、近接爆発を受ける RC はりの破壊評価に関して、C-4 爆薬の接触および近接爆発を受ける RC はりの爆発実験を行い、爆薬と RC はりの離隔距離や RC はりの配筋が破壊に与える影響について分析する。さらに、爆破テロや都市での大規模爆発に対する構造物や都市のリスク評価法を検討する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 構造物に作用する爆風圧計測実験

図1に示すような球形(半径18mm)に成形したC-4爆薬31g(密度 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ )を用いて爆発実験を行った。C-4爆薬は支持具上に設置して高さを調整し、6号電気雷管の先端がC-4爆薬の中心に位置する状態で起爆した。全ての実験ケースにおいて、地上からの起爆位置は10cmである。箱型およびビル型構造物モデルへ作用する爆風圧の計測実験を行った。箱型構造物モデルは板厚3.2mmのアルミニウム製であり、寸法は $250\text{mm} \times 250\text{mm} \times 170\text{mm}$ とした。箱型構造物モデルの前壁、頂版、側壁および後壁には衝撃圧力センサーを取り付けるための穴を設置している。また、ビル型構造物モデルもアルミニウム製であり、寸法は $80\text{mm} \times 80\text{mm} \times 250\text{mm}$ とした。ビル型構造物モデルへは寸法の制約から衝撃圧力センサーを設置できないため、ビル型構造物モデル単体後部の圧力特性をペンシル型圧力センサーで計測した。図2に示すように、ビル型構造物モデルを複数設置し、爆風圧がビル型構造物モデル群を通過した前後の圧力特性について計測を行った。いずれのケースも、C-4爆薬にひずみゲージを貼付し、起爆時間を検知するとともに、構造物前面と同じ距離における入射圧力を計測して圧力増幅あるいは減衰の基準とした。また、箱型構造物モデルへ作用する圧力特性およびビル型構造物モデル群を伝播した爆風圧特性について、数値シミュレーションを行って分析を行った。

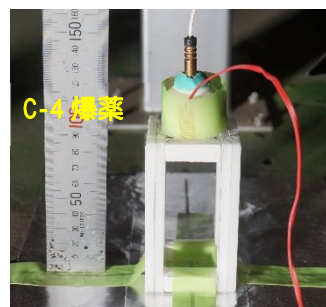


図1 C-4爆薬の外観

#### (2) RC はりに対する近接爆発実験

図3に、RC はりに対する接触および近接爆発の概要を示す。実験に用いたC-4爆薬(密度 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ )の質量は160gとし、球形(半径30mm)に成形した。C-4爆薬は支持具上に設置して高さを調整し、6号電気雷管の先端がC-4爆薬の中心に位置する状態で起爆した。C-4爆薬にひずみゲージを貼付し、起爆時間を検知した。C-4爆薬はRC はりの中央部に設置し、接触爆発実験では離隔距離(爆薬中心とRC はり上面までの距離)を変化させた。離隔距離は、120mm、80mmおよび40mmとした。また、爆薬とRC はりを接触させた状態で爆発する接触爆発実験も行った。



図2 ビル型構造物モデル群前後の圧力計測実験の例

RC はりの寸法は、長さ 1300mm、はり高さ 150mm、幅 150mm とした。かぶり厚は 35mm であり、はりの有効高さは 115mm である。また、支点は単純支持とし、はりのスパン長は 1100mm とした。鉄筋は全て SD345 であり、軸方向鉄筋およびせん断補強筋にはそれぞれ D10 および D6 鉄筋を使用した。せん断補強筋は、150mm、125mm および 100mm の間隔で配筋し、3 種類の試験体を作製した。それぞれのせん断補強筋比は 0.28、0.34 および 0.42% である。試験体のコンクリートの圧縮強度は、約 28 N/mm<sup>2</sup> である。軸方向鉄筋およびせん断補強筋の降伏強度は、それぞれ 401N/mm<sup>2</sup> および 346 N/mm<sup>2</sup> である。引張強度は、それぞれ 579 N/mm<sup>2</sup> および 557 N/mm<sup>2</sup> であり、伸びはそれぞれ 24% および 26% である。実験結果から、離隔距離やせん断補強筋間隔が局部破壊および全体破壊へ与える影響を考察し、数値解析や一質点系モデルによる全体応答の評価法について検討した。

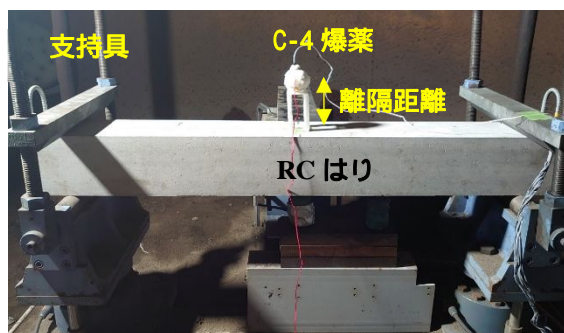
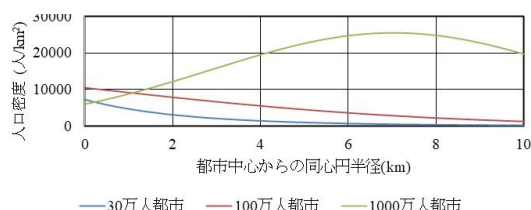
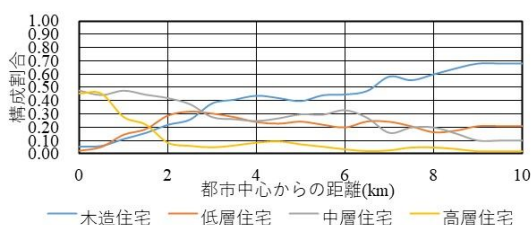


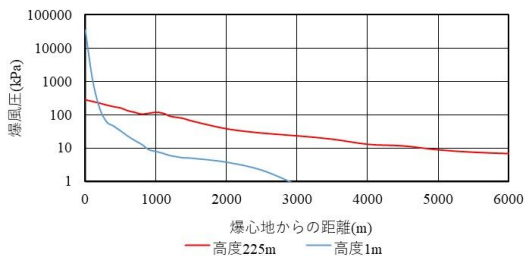
図3 RC はりの爆発実験の概要



(a) 架空都市の夜間人口密度分布例



(b) 100 万人都市の建築構造比率例



(c) 爆心地からの爆風圧分布の例

図4 都市のリスク評価の仮定

### (3) 都市における爆発リスク評価

都市における爆発リスクを評価する仮定として、図 4(a)に示すように都市人口(30 万人、100 万人、1000 万人)を設定し、都市中心からの距離に応じた人口密度をニューリング式から設定した。また、都市中心からの距離に応じた建築物(木造住宅、低層住宅、中層住宅、高層住宅)については、国税調査を参考に設定した。また、不測の爆発の例として、トリニトロトルエン(TNT)1kt が高度 1m(地上)および 225m で爆発した場合の爆風圧を、Glasstone の研究を基に設定した。

これらの設定により、都市の中心で不測の爆発が発生した場合における屋外滞留者と屋内滞留者の人的被害を算定した。屋外滞留者に対しては、爆風圧の大きさと人的被害の関係から算定した。屋内滞留者については、爆風圧の大きさと構造物の損傷・破壊の関係を算定したうえで、構造物の損傷・破壊に応じた人的被害を算定した。

## 4. 研究成果

### (1) 構造物に作用する爆風圧計測実験

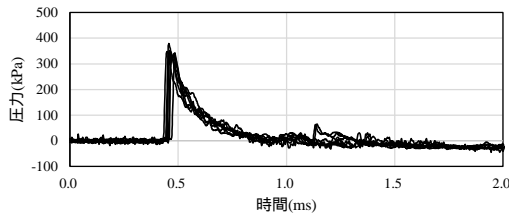
図 5 に、箱型構造物モデルに作用した入射圧および前壁に作用した圧力 - 時間関係を示す。図 5(a)に示す入射圧 - 時間関係については、米国施設設計基準から求まる最大入射圧、力積とほぼ一致した。図には 7 回行った実験の全てを比較しているが、概ね一致した。図 5(b)に示す前壁の圧力 - 時間関係から、爆風圧が前壁に作用すると圧力は瞬時に増幅し、入射圧(350kPa)に比べて 7 倍の増幅率を示した。圧力の継続時間については、入射圧とほぼ同等であった。

図 6(a)に、爆風圧がビル型構造物モデル群を通過する場合(図は 3 個のビル型構造物モデル)における、解析で得られた圧力分布を示す。なお、解析精度については、ビル型構造物モデル単体の場合は箱型構造物モデルと同様の再現性であった。ビル型構造物モデルを複数設置すると、構造物モデルにおける反射や重複の影響を受けて、最大圧力の増幅が認められた。図 6(b)は、検討の一例として、2 個のビル型構造物モデルを縦に設置した場合の構造物のパラメータを示している。数値解析を用いて、これらのパラメータを変動させて圧力の増幅率を調べた結果を図 6(c)に示す。解析では、爆風圧の波長を基準としてパラメータを正規化した。図から、各パラメータの感度が明瞭に認められる。例えば、構造物モデル間隔、幅の影響は大きく、正規化したパラメータが大きくなるほど、それぞれ増幅率が大きく変動した。このような分析を行うことで、爆風圧の伝播や増幅を評価できることがわかった。

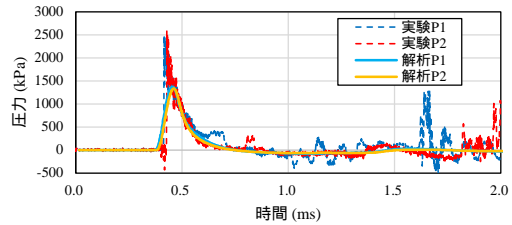
### (2) RC はりに対する近接爆発実験

実験結果の一例として、図 7 に離隔距離 80mm における RC はりの損傷状況を示す。離隔距離が 120mm と大きい場合には曲げ破壊が発生したが、離隔距離が 80mm の場合にはせん断補強筋間



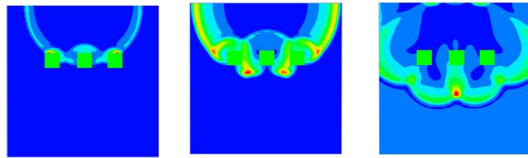


(a) 入射圧 - 時間関係 (全7ケース)

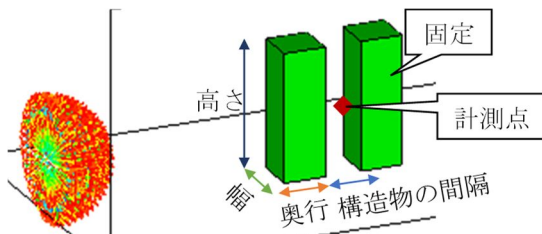


(b) 前壁の圧力 - 時間関係

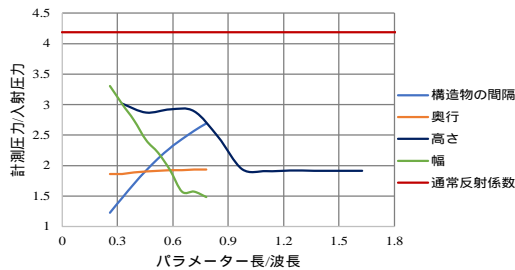
図5 箱型構造物モデルに作用する圧力の例



(a) 3個のビル型構造物モデルを伝播する圧力分布 (平面図) の時刻歴



(b) 構造物のパラメータ



(c) 構造物のパラメータが爆風圧の増幅に与える影響

図6 構造物モデル群に対する解析結果

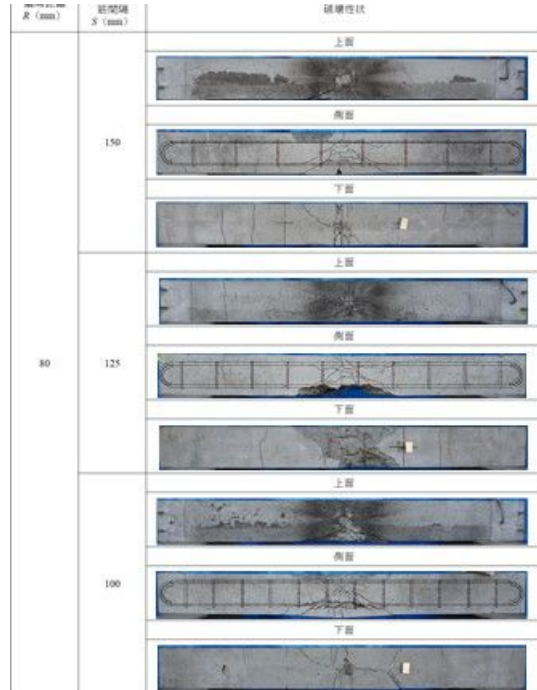


図7 離隔距離 80mm における RC はりの損傷状況

隔によらず曲げひび割れに加えて爆薬直下のスパン中央に斜めひび割れが生じた。なお、せん断補強筋間隔 125mm では下端鉄筋のかぶり剥落しているが、実験誤差の影響と考えられる。離隔距離が 40mm および接触爆発のケースでは、せん断補強筋隔によらず全てのケースでかぶりが断面の全周にわたって剥落した。特に、接触爆発で隔によらず曲げひび割れに加えて爆薬直下のスパン中央に斜めひび割れが生じた。なお、せん断補強筋間隔 125mm では下端鉄筋のかぶり剥落しているが、実験誤差の影響と考えられる。離隔距離が 40mm および接触爆発のケースでは、せん断補強筋隔によらず全てのケースでかぶりが断面の全周にわたって剥落した。特に、接触爆発で

隔によらず曲げひび割れに加えて爆薬直下のスパン中央に斜めひび割れが生じた。なお、せん断補強筋間隔 125mm では下端鉄筋のかぶり剥落しているが、実験誤差の影響と考えられる。離隔距離が 40mm および接触爆発のケースでは、せん断補強筋隔によらず全てのケースでかぶりが断面の全周にわたって剥落した。特に、接触爆発で

隔によらず曲げひび割れに加えて爆薬直下のスパン中央に斜めひび割れが生じた。なお、せん断補強筋間隔 125mm では下端鉄筋のかぶり剥落しているが、実験誤差の影響と考えられる。離隔距離が 40mm および接触爆発のケースでは、せん断補強筋隔によらず全てのケースでかぶりが断面の全周にわたって剥落した。特に、接触爆発で

は、軸方向鉄筋内部のコアコンクリートに甚大な損傷が発生していた。実験結果から、せん断補強筋間隔を小さくすることで軸方向引張鉄筋にひずみが生じる範囲が大きくなることがわかった。これは、せん断補強筋間隔が小さくなることで、コアコンクリートを保持する効果が高くなり、隣り合う断面に曲げモーメントを伝えやすくなったためと考えられる。近接および接触爆発を受けることで、RC はりの外観からは健全と考えられる範囲においても、コンクリートのみかけの動弾性係数が低下した。この爆発荷重による損傷が生じていると考えられる範囲は、最大反射圧が局部的に作用した範囲と対応していた。以上から、近接爆発荷重を受けて RC はりに局部的な破壊が発生する場合には、せん断補強筋間隔の影響が大きいことがわかった。

近接爆発を受ける RC はりの局部破壊や全体破壊 (曲げ破壊) を評価する手法の検討例は非常に少なく、その精度も十分には分析されていなかった。そこで、局部破壊と全体破壊の評価法について検討を行った。局部破壊については、既往の研究として Li らは数値解析に基づいて損傷発生限界、中損傷および重損傷を評価する回帰式 (局部破壊評価式) を提案している。過去に行われた 5 つの近接爆発実験結果を収集して分析したところ、局部破壊評価式との整合性に大きなばらつきがあることがわかった。そこで、近接爆発における最大反射圧分布を評価可能な永田らの圧力分布評価式を参照にして、各実験における最大反射圧分布を考察した。その結果、Li らの局部破壊評価式については、正方形に近い断面の RC はりに対して離隔距離が小さく、全力積の 90% がはり中央部におけるスパン長の約 60% 以内の範囲に作用するという条件の場合に対して、近接爆発による局部破壊を評価できる可能性が高いことが推察された。図 8 に、近接爆発を

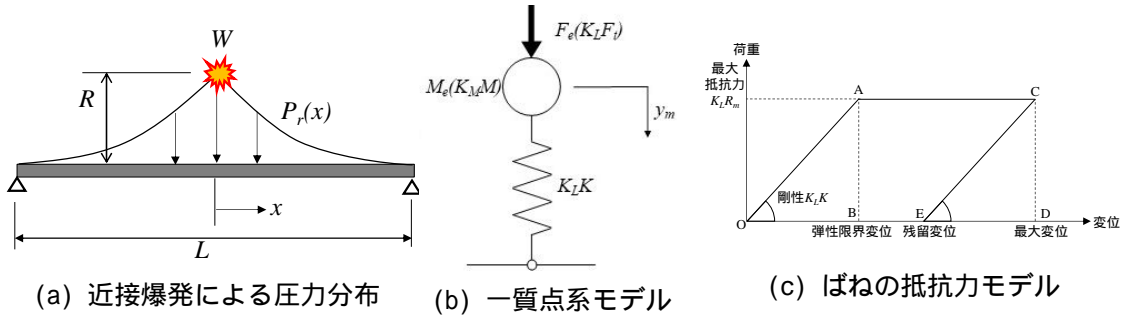


図8 近接爆発を受けるRCはりの曲げ応答評価モデルの概要

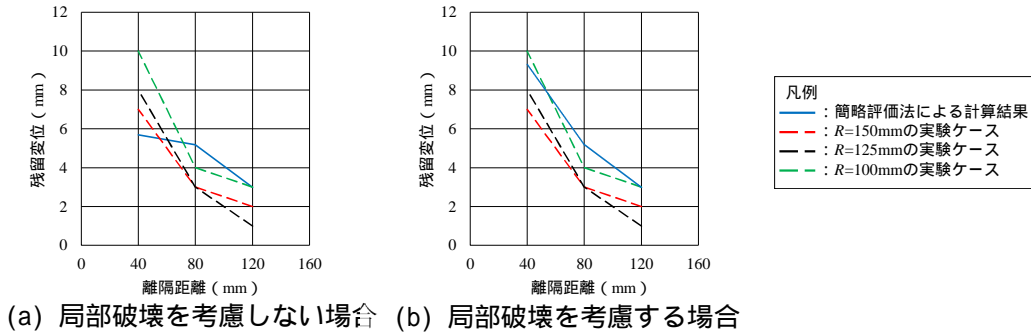


図9 近接爆発を受けるRCはりの曲げ応答評価結果

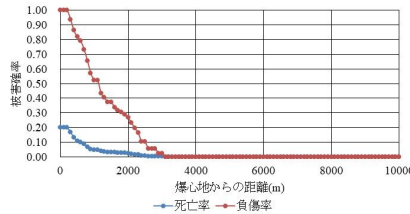


図10 地上爆発における高層ビル内部滞留者のリスク評価例

受けるRCはりの曲げ応答を評価するための概要を示す。図8(a)に示すような圧力分布を基に、図8(b)に示す一質点系モデルを作成した。このモデルの中で図8(c)に示すばねの抵抗力モデルを考慮することではりの最大および残留変位を算定した。接触爆発を受けるRCはりには、局部破壊が発生した後に、曲げ応答が発生すると仮定した。すなわち、局部破壊が発生した場合はりの抵抗力モデルにおいてはりの断面欠損を考慮した。図9に、RCの残留変位について、ばね特性に局部破壊を考慮しない場合と考慮する場合の解析結果を実験と比較して示す。図から、特に離隔距離が40mmの場合において、局部破壊を考慮することでRCはりの残留変位の傾向を再現することができた。

### (3) 都市における爆発リスク評価

都市における爆発リスク評価においては、想定した都市人口において、都市中心からの距離に応じた人口密度を設定した。また、都市中心からの距離に応じた建築物(木造住宅、低層住宅、中層住宅、高層住宅)の比率について、国税調査を参考に設定した。また、不測の爆発の例として、トリニトロトルエン(TNT)1ktが高度1m(地上)および225mで爆発した場合の、都市中心からの爆風圧分布を設定した。これらの設定により、都市の中心で不測の爆発が発生した場合における屋外滞留者と屋内滞留者の人的被害を算定した。屋外滞留者に対しては、既往の研究で提示されている爆風圧の大きさとの人的被害の関係を基に負傷率および死亡率-爆風圧関係を算定した。また、屋内滞留者については構造物の破壊確率-爆風圧関係と構造物の被害レベルと構造物内の人的被害に基づいて、都市中心からの爆風圧分布に応じた人的被害確率を算定した。最終的に、図10に示すような人的被害確率-都市中央からの距離関係を算定したうえで、都市中央からの人口密度分布から各都市の人的被害を算定した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 別府 万寿博, チン ミンチエン, 市野 宏嘉, 松澤 遼	4. 巻 70A
2. 論文標題 構造物に作用する爆風圧特性に関する基礎実験と数値解析	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 978-989
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/structcivil.70A.978	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 寺澤拓真, 別府万寿博, 市野宏嘉, 松崎裕	4. 巻 -
2. 論文標題 近接爆発を受ける RC はりの損傷特性に関する実験的研究	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 第14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 -
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 岸良竜, 別府万寿博, 市野宏嘉, 小島克仁, 森寛晃	4. 巻 -
2. 論文標題 接触爆発に対する鋼繊維補強 PFC パネルの防護性能	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 第14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 -
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 道上剛幸, 別府万寿博, 市野宏嘉, 清倫太郎	4. 巻 -
2. 論文標題 接触爆発を受けるポリウレタ樹脂塗布コンクリート板の耐爆性能に関する実験的研究	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 第14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 -
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 Tsuchiya Hironori, Togashi Ryoto, Kohga Makoto	4. 巻 48
2. 論文標題 Burning characteristics of ammonium nitrate propellant containing fine ammonium perchlorate - influence of porosity of ammonium perchlorate	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Propellants, Explosives, Pyrotechnics	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/prop.202300027	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 Pai Anand, Rodriguez-Millan Marcos, Beppu Masuhiro, Valverde-Marcos Borja, B. Satish Shenoy	4. 巻 191
2. 論文標題 Experimental techniques for performance evaluation of shielding materials and configurations subjected to Blast and Ballistic impacts: A State-of-the-Art Review	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Thin-Walled Structures	6. 最初と最後の頁 1~34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tws.2023.111067	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 Masuhiro Beppu, Makoto Nagata, Hiroyoshi Ichino	4. 巻 -
2. 論文標題 Failure Behavior of RC Beams subjected to Close-in Explosion	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of 11th International Symposium on Impact Engineering	6. 最初と最後の頁 -
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 Matsuzaki, H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Seismic damage control of bridges with deteriorated seismic isolation bearings by rupture of anchor bolts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of 8th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering	6. 最初と最後の頁 906-913
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 別府万寿博, 市野宏嘉, 相澤武揚	4. 巻 68A
2. 論文標題 近接爆発を受けるアルミハニカム複合パネルの緩衝性能に関する基礎的研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 1036-1046
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 市野宏嘉, 別府万寿博, 東原健一, 原口望, 大城戸秀人	4. 巻 68A
2. 論文標題 地中構造物の耐爆緩衝層内EPSの防護板が緩衝効果に及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 1047-1058
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山内稔也, 市野宏嘉, 別府万寿博, 福井秀平	4. 巻 -
2. 論文標題 ポリウレタ樹脂による裏面補強を施したコンクリート板の接触爆発実験	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第 13 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 -
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 松澤遼, 伊東雅晴, 佐藤暁拓, 大西慶弘, 大田敏郎, 千馬敦哉, 別府万寿博	4. 巻 -
2. 論文標題 衝撃解析用非線形コンクリートモデルに関する検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第 13 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 -
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 Ryoto Togashi, Makoto Kohga	4. 巻 46
2. 論文標題 Preparation of fine ammonium perchlorate by employing dual-sonic premixer: Freeze-drying method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Propellants, Explosives, Pyrotechnics	6. 最初と最後の頁 855-859
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 Makoto Kohga, Ryoto Togashi	4. 巻 46
2. 論文標題 Mechanical properties and thermal decomposition behaviors of hydroxyl-terminated polybutadiene/glycerol propoxylate blend and its application to ammonium nitrate-based propellants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Propellants, Explosives, Pyrotechnics	6. 最初と最後の頁 1016-1022
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/prep.202000295	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 Norihiro Tsuchiya, Makoto Kohga	4. 巻 61
2. 論文標題 Preparation of Fine Porous Ammonium Perchlorate by Spray-drying Method and Evaluation of its Performance as a Propellant Oxidizer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Memoirs of the National Defense Academy, Japan	6. 最初と最後の頁 1-9
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 Hiroshi Matsuzaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Time-dependent seismic reliability of isolated bridges considering ageing deterioration of lead rubber bearings	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2022.2063907	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 Hiroshi Matsuzaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Time-dependent seismic reliability of isolated bridges considering ageing deterioration of lead rubber bearings	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2022.2063907	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14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 寺澤拓真, 別府万寿博, 市野宏嘉, 松崎裕
2. 発表標題 近接爆発を受けるRCはりの局部破壊評価に関する基礎的考察
3. 学会等名 第51回関東支部技術研究発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 寺澤拓真, 別府万寿博, 市野宏嘉, 松崎裕
2. 発表標題 近接爆発を受けるRCはりの全体および局部損傷に関する実験的研究
3. 学会等名 令和5年度土木学会全国大会第78回年次学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 甲賀誠, 山田陽太郎
2. 発表標題 微粒APに置き換えたAN系推進薬の燃焼特性に及ぼす触媒効果
3. 学会等名 火薬学会2023年度春季研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山内稔也, 市野宏嘉, 別府万寿博
2. 発表標題 接触爆発を受けるコンクリート板に対する樹脂材料を用いた耐爆補強法
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内山拓也, 別府万寿博, 森広毅, 濱田匠李, 市野宏嘉
2. 発表標題 構造物周囲を伝播する爆風圧特性に関する研究
3. 学会等名 土木学会関東支部第49回技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水祐里, 別府万寿博, 森広毅, 濱田匠李, 市野宏嘉, 相澤武揚
2. 発表標題 ハニカム複合パネルの座屈強度が耐爆緩衝効果に与える影響に関する研究
3. 学会等名 土木学会関東支部第49回技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山内稔也, 市野宏嘉, 別府万寿博, 福井秀平
2. 発表標題 接着状態が異なるポリウレタ樹脂で裏面を補強したコンクリート板の接触爆発実験
3. 学会等名 土木学会関東支部第49回技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 アビシット イエンサイ, 山内稔也, 市野宏嘉, 別府万寿博, 福井秀平
2. 発表標題 種類が異なるポリウレタ樹脂で裏面を補強したコンクリート板の接触爆発実験
3. 学会等名 土木学会関東支部第49回技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 飯田和満, 山内稔也, 市野宏嘉, 別府万寿博, 福井秀平
2. 発表標題 厚さが異なるポリウレタ樹脂で裏面を補強したコンクリート板の接触爆発実験
3. 学会等名 土木学会関東支部第49回技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古瀬裕人, 甲賀誠
2. 発表標題 粗粒AP を用いたAP/HTPB 系スラリーの粘弾性
3. 学会等名 火薬学会2021年度春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 甲賀誠, 富樫亮斗, 土屋範洋
2. 発表標題 粒子特性が異なるAP を用いた推進薬の燃焼速度に及ぼす酸化鉄添加量の効果
3. 学会等名 火薬学会2021年度春季研究発表会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 甲賀誠, 能島隆太郎, 太田悠介
2. 発表標題 粒子特性が異なる過塩素酸アンモニウムを用いた固体推進薬の燃焼特性に及ぼすナノ酸化鉄の触媒効果
3. 学会等名 粉体工学会2021年度秋期研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 能島隆太郎, 甲賀誠
2. 発表標題 ナノ酸化鉄を添加したAP/HMX系コンポジット推進薬の燃焼特性
3. 学会等名 第65回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松崎裕
2. 発表標題 橋脚高および鉛プラグ入り積層ゴム支承の経年劣化が免震橋の地震時損傷モードに及ぼす影響に関する基礎的検討
3. 学会等名 日本地震工学会第16回年次大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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	岩切 宗利  (Iwakiri Munetoshi)  (00535362)	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)・電気情報学群・准教授    (82723)	

6. 研究組織（つづき）

	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	松崎 裕  (Matsuzaki Hiroshi)  (10506504)	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・准教授   (82723)	
研究分担者	甲賀 誠  (Kohga Makoto)  (30545976)	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）・応用科学群・教授   (82723)	
研究分担者	市野 宏嘉  (Ichino Hiroyoshi)  (70760982)	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・准教授   (82723)	

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