

## 論文の内容の要旨

### 1 申請者

防衛大学校 片岡 新之介

### 2 論文題目

飛来物衝突を受ける RC 版および UFC パネルの局部破壊評価法に関する研究

### 3 論文の内容の要旨（博士:2,000 字程度）

近年、竜巻などの強風によって生じた飛散物の衝突や火山噴火における火山噴石の衝突による被害が報告されている。飛来物に対する構造設計指針類においては、想定される飛来物の大きさや衝突速度を設定し、既往の衝突に関する研究を参考にした構造物の損傷の推定方法や補強方法の概念をまとめている。しかし、具体的な設計法を提示するには至っておらず、飛来物に対する構造物の合理的な耐衝撃設計法を検討することが急務であると言える。

土木・建築分野における衝突作用に関する既往の研究は、落石や車両の衝突などの比較低速度の衝突や、航空機や爆発飛散物などの比較的高速度の衝突を対象とした研究が多く行われており、鉄筋コンクリート（RC）部材などの破壊モードを予測する方法や耐衝撃補強法について検討が行われている。しかしながら、衝突作用を受ける RC 部材の破壊メカニズムについては未解明な点が多く、合理的な設計法や補強方法を提案するための検討が必要である。

本研究では、竜巻などによる飛散物や火山噴火における噴石などの衝突に対する防護構造物の設計法に関する研究として、飛翔体の衝突を受ける RC 版および UFC パネルの損傷評価法について検討を行ったものである。

はじめに、衝突を受ける RC 版の破壊性状および衝撃応答を調べるため、飛翔体の質量、剛性および衝突速度と RC 版の版厚を変化させた衝突実験を行った。ここでは、飛翔体の質量、剛性および衝突速度が RC 版の破壊性状に与える影響を調べるため、飛翔体の運動、変形性状および衝撃荷重特性、ならびに RC 版の破壊領域の寸法、ひずみ応答および支点反力を計測した。また、衝突時における RC 版裏面の破壊挙動を高速カメラによって撮影し、計測した実験データと合わせて考察することで、RC 版の局部破壊メカニズムの考察を行った。実験結果より、衝突による衝撃荷重は支点反力が生じる前に除荷され、RC 版に生じる局部破壊は支点反力が増大する前に生じることがわかった。また、飛翔体の鋼管部が座屈変形することで最大荷重が小さくなり、RC 版の損傷が抑制されることがわかった。

次に、UFC パネルに対して RC 版と同様の飛翔体を用いた衝突実験を行い、飛翔体の運動、変形性状および衝撃荷重特性、ならびに UFC パネルの破壊領域の寸法、ひ

ずみ応答および支点反力を計測した。RC版と同様に、衝突時におけるパネル裏面の破壊挙動を高速カメラによって撮影し、計測した実験データと合わせて考察することで、UFCパネルの局部破壊メカニズムの考察を行った。また、UFCパネルにおける繊維の混入量、PC鋼材の有無およびプレストレスの導入の有無を変化させ、これらのパラメータが耐衝撃性に与える影響について考察した。実験結果より、衝撃荷重が除荷された後に支点反力が生じる傾向を示し、支点反力が増大する前にパネルに生じる破壊の大部分は進展することがわかった。飛翔体の変形による影響についても、鋼管部の座屈変形により最大荷重が小さくなり、損傷が低減することがわかった。また、衝撃荷重～時間関係の特徴として、最大荷重を示した後、繊維の架橋効果やひび割れ分散効果により、荷重が緩やかに低減する傾向を示した。さらに、PC鋼材の配置やプレストレスを導入することにより、パネル裏面の損傷領域が小さくなったが、局部破壊の発生に対する影響は小さいことがわかった。

続いて、RC版およびUFCパネルの局部破壊メカニズムを考察するため、衝突実験に対する数値シミュレーションを行い、それぞれの実験結果の再現性について検証した。また、解析結果において、衝撃荷重特性、ならびにRC版およびUFCパネルの衝撃応答、ひび割れの進展性状、加速度分布およびせん断力分布について考察することで、RC版およびUFCパネルの局部破壊メカニズムについて検討を行った。解析結果から、RC版およびUFCパネルのいずれも衝突によって生じる応力波が局部破壊に与える影響は小さく、最大荷重が作用する際に生じるせん断力によって断面に斜めひび割れが生じ、局部破壊が形成されることがわかった。

最後に、衝突を受けるRC版およびUFCパネルの破壊評価法について、第2章から第4章までに得られたRC版およびUFCパネルの局部破壊メカニズムに基づき、それぞれの損傷評価法の提案を行った。まず、飛翔体の貫入に対する力学モデルにより、衝突作用による荷重の算定を行った。次に、RC版およびUFCパネルに生じる慣性力分布をモデル化し、衝突作用によって生じる動的なせん断力の算定を行った。このせん断力と、RC版およびUFCパネルの斜めひび割れ角度や圧縮強度に対する動的倍率を考慮して算定した動的な押し抜きせん断耐力を比較することで裏面剥離の発生を評価する手法を提案した。

#### 4 キーワード（5個程度）

飛来物衝突、衝突作用、RC版、UFCパネル、局部破壊評価法