構造物周囲を伝播する爆風圧特性に関する研究

防衛大学校 学生会員 〇内山 拓也 濵田 匠李 森 広毅 正会員 別府 万寿博 市野 宏嘉

1. 緒言

近年,世界的に爆破テロ事件や爆発事故が多く発生している.爆破テロは爆発物が構造物に接近した状態で発生 し大規模な損壊や多くの死傷者が発生する.また,2015年には中国・天津市で,2020年にはレバノン・ベイルー ト市内で大規模な爆発が発生し,都市部が壊滅的な被害を受けた.このような爆発では,爆風圧が構造物の周囲を 伝播するが,その伝播特性や爆風圧の増幅,減衰についてはほとんど検討がなされていない.本研究では,爆発に よって発生する爆風圧が構造物を伝播する際の圧力の特性を調べたものである.

2. 実験の概要および結果

実験は、図-1及び図-2に示すように、寸法450 mm×540 mm×50 mmの木製基盤に構造物を設置し、構造物の前方50 cm の位置において C4 爆薬を起爆した.構造物の寸法は75 mm×80 mm×250 mm であり、構造物の数は1体あるいは3体とした.構造物を3体設置する場合の構造物の間隔は8 cm である.C4 爆薬は密度1.4g/cm³とし、質量31g,直径36 mmの球形に成形しC4 爆薬を地表100 mmの位置に、爆薬中心から構造物前面までの距離(離隔距離)が500 mmとなるよう設置して、6号電気雷管により起爆した.構造物(構造物3体の場合は中央の構造物)の真後200 mmの位置にセンサー1を設置し、40 mm 間隔でセンサー2及び3を設置した.また、爆風 圧が構造物の影響を受けない位置にセンサー4を設置した.

表-1 にセンサー4 で得られた最大爆風圧と米国防護基準 (UFC)による評価値の比較を示す.両者の比較から,ほぼ 同じ計測結果が得られており,本実験の値は妥当であること がわかる.図-3 に実験時の構造物 1 体のケースと構造物 3 体 のケースにおける爆風圧の計測結果を示す.センサーの最大 圧力については,構造物 1 体の場合ではセンサー1,2,3 およ び 4 で 216kPa,179kPa,152kPa および 186kPa であり,セン サー1 の値はセンサー4 より 16.1%大きくなった.構造物 3 体 の場合の最大圧力は,センサー1,2,3 および 4 で 271kPa, 158kPa,156kPa および 200kPa であり,センサー1 の値はセン サー4 より 35.5%大きくなった.構造物 3 体と1 体のケースを 比較すると,構造物 1 体のセンサー1 は構造物 3 体に対して 25.4%大きい値を示した.

3. 数値解析結果および考察

ANSYS AUTODYN による解析モデルを図-4 に示す.解析

キーワード 近接爆発,爆風圧伝播,爆風圧回折,爆風圧増幅,爆風圧圧縮,爆風圧反射,換算距離 連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 建設環境工学科 TEL046-841-3810 beppu@nda.ac.jp



モデルは3次元の1/2モデルを作成した.まず、爆風圧につい ては, C4 爆薬の爆発を1次元空間上で解析を行った. C4 爆薬 および空気はそれぞれ JWL および理想気体の状態方程式を用 いた. 次に、3 次元モデルの 800mm×500mm×900mm のオイラ 一空間中に、一次元の爆風圧解析で得られた時刻 0.01803msの 爆風圧分布を設定した.構造物はラグランジュ座標系で剛体と してモデル化した.境界条件として,起爆面と底面以外のオイ ラー空間の外周に流出境界条件を設定した. 解析で得られた圧 カー時間関係を図-5に示す、実験結果と比較すると、構造物1 体および構造物3体の解析結果はともに爆風圧波形および継続 時間が実験値と類似した結果となった. 解析による各センサー の最大値は、構造物1体のセンサー1,2,および3でそれぞれ 186kPa, 143kPa, 152kPaであった. 構造物3体のセンサー1, 2 および 3 でそれぞれ 217kPa, 138kPa および 125kPa となった. 実験結果の最大爆風圧と比較すると、構造物1体のセンサー 1,2および3でそれぞれ14%,21%および2%小さい値となっ た. また,構造物 3 体のセンサー1, 2 および 3 でそれぞれ 10%, 34%および 12%小さい結果となった. しかし, 全体的 には数値解析により爆風圧の特徴を概ね再現することができ た.

図-6(a)に構造物1体のケースの地表面における爆風圧の分布 を示す.図の色調は、青色から赤色に近づくにしたがい圧力が 大きくなることを示している.図から構造物左右側方で爆風圧 の回折が発生し真後ろで左右から伝播した爆風圧が重複し圧力 が高くなっていることが確認できる.図-6(b)に構造物3体のケ ースの地表面における爆風圧分布を示す.図から中央構造物左 右側方で爆風圧が回折し、側方の構造物の影響を受け構造物1 体時に比べ爆風圧が大きくなっていることが確認できる.つま り、構造物3体のセンサー1の最大爆風圧が構造物1体のケー スよりも増大している理由は、構造物3体では中央の構造物に 作用する入射圧が側方の構造物によって反射するためと考えら れる.さらに、回折した左右の爆風圧が中央の構造物の直後で 重複して増幅するためと考えられる.

4. 結言

本研究は,構造物数を変化させた近接爆発を行い,構造物 周囲を伝播する爆風圧の挙動を検討したものである.実験結果 および数値解析から,構造物によって回折した爆風圧が構造物 後方で重複して増幅すること,周囲の構造物によって爆風圧が 反射することで構造物後方において増幅することがわかった.



図-6 圧力分布 (上:荷重圧分布 下:爆風圧分布)

参考文献

 永田真:近接爆発を受ける RC 構造物の損傷評価法に関する研究,防衛大学校理工学研究科後期課程卒業論文, 2018.