

地下式火薬庫の内部爆発時における地表地盤振動に関する研究

防衛大学校 学生会員 ○ゾリグトサイハン 学生会員 市野 宏嘉
正会員 大野 友則 正会員 別府 万寿博

1. はじめに

火薬庫や火薬類製造工場などでは爆薬や火薬類が保管されている。もし何らかの原因で火薬庫などに保管されている火薬類が爆発した場合、発生する爆風および飛散物によって周辺地域に重大な被害を与えることが知られている。このため、火薬庫では貯蔵する火薬類の量に応じて、火薬類取締法・同施行規則によって各種保安物件ごとに定められた保安距離をとることが義務づけられている。しかし近年、火薬庫周辺の地域が市街化して、保安物件が火薬庫に接近することにより、規定の保安距離を確保するために火薬庫に貯蔵できる火薬類の質量を減少しなければならない事態が生じている。そのため既設の火薬庫に産業活動等のために必要な量の火薬類を貯蔵することが難しくなっている¹⁾。

この問題を解決するための方策として、火薬庫を地下に建設することが考えられる。地下式火薬庫の場合は、爆発が生じた際に火薬庫の外に放出される爆風や構造物が破壊した場合の飛散物などを地盤によって抑止することが期待できる。しかし爆発が地下深い地盤中で発生すると、出入口から地上へ爆風が放出するとともに地表地盤が振動して、地上の建築物に被害を与える恐れがある。このため、地下式火薬庫を建設する場合は、地表構造物に対する地盤振動の影響を考慮する必要がある。ただし、地下式火薬庫は、火薬庫の形式として現行法令に規定されておらず、地下式火薬庫に関する研究は極めて少ない。本研究では、地下式火薬庫の設計に資するための基礎的な段階としてコンクリート製模型地下式火薬庫内で爆薬を爆発させる実験を行い、その際に生じる地表地盤振動について検討する。

2. 模型地下式火薬庫の内部爆発実験

実験は、防衛大学校の火薬類実験施設内の爆発ピット（直径 4m の円形）内で実施した。模型地下式火薬庫は実規模の約 1/20 を想定している。火薬庫試験体の中空部の内幅と奥行きは、それぞれ 30cm、高さが 15cm で壁厚が 5cm で、D6 鉄筋を 10cm 間隔で網目状に配置したコンクリート製である。実験の概要及び模型火薬庫の各部寸法を、図-1 に示す。火薬庫は爆発ピット内の地盤を掘り下げて底面を整地して設置した。次に電気雷管を装着した爆薬（コンボジョン C-4、81g）を図-1 に示す位置に固定した後、砂を用いて埋設し模型地下式火薬庫を完成させた。火薬庫の埋設深さは、15cm、30cm、50cm の 3 ケースで実験を行った。火薬庫の埋設後に爆薬を爆発させ、その際に生じる地表地盤振動加速度を計測し、地表地盤振動特性を調べた。計測位置は爆発位置の鉛直上方から水平距離 90cm、110cm、140cm、175cm の 4 箇所とした。

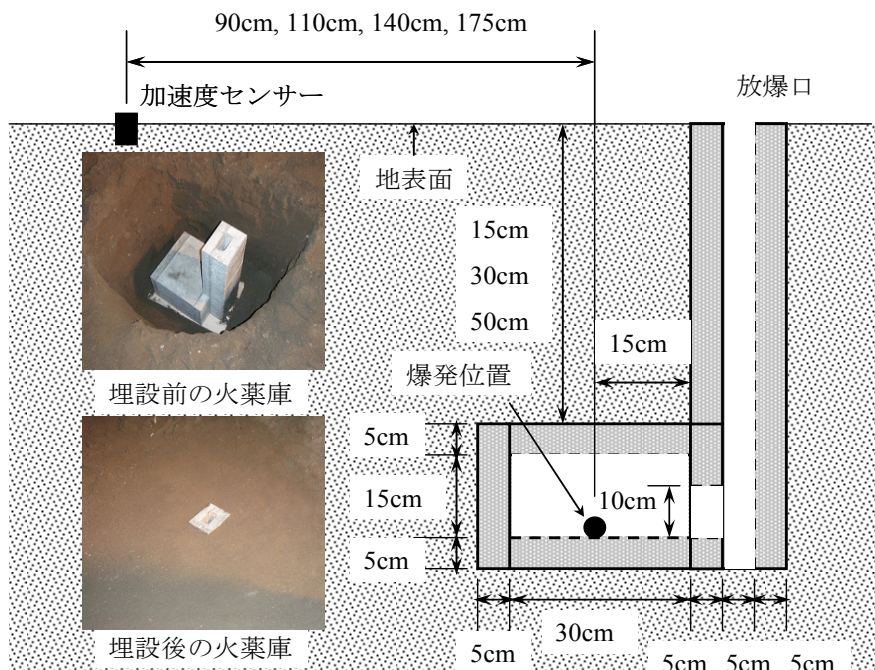


図-1 コンクリート試験体

キーワード 模型地下式火薬庫/ 地表地盤振動/ 最大振動加速度

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 TEL 046-841-3810 E-mail:s52912@ed.nda.ac.jp

3. 実験結果

図-2、図-3 に、爆発後の模型地下式火薬庫の状態の例を示す。図-2 に示す埋設深さ 15cm の場合、火薬庫上方の土は飛散し、火薬庫の破片は地上に散乱している。一方、図-3 に示す埋設深さ 50cm の場合、放爆口の部材が地上に飛び出している以外に覆土及び破片、部材の飛散はなく土によって飛散物の発生が抑止されている。



図-2 深さ 15cm の場合



図-3 深さ 50cm の場合

図-4 に、実験で計測された地表地盤振動加速度～時間関係の一例を示す。図-4 より、振動の発生直後に大きな加速度が生じ時刻 8ms で最大加速度として約 70G を示している。地表地盤振動はその後、約 130ms の間継続している。既往の研究によれば、爆発による地盤振動と建築物及び構造物の被害との関係は、振動速度の最大値によって説明できることが報告されている²⁾。そこで、本研究でも、爆発による地盤振動特性を評価するために、測定した加速度データを積分して速度に変換した。この例を、図-5 に示す。

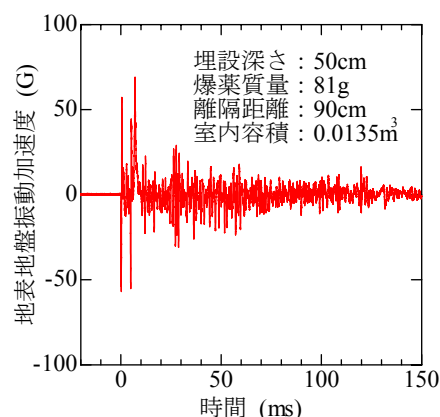


図-4 振動加速度～時間関係

図-6 に爆薬直上の位置からセンサーまでの水平距離と最大地表地盤振動速度の関係を示す。すべての実験ケースにおいて、最大振動加速度は距離の増加とともに減衰している。たとえば、埋設深さ 50cm の場合、水平距離 90cm で計測された最大振動速度は 63cm/s である。水平距離が 175cm では 11cm/s となり、距離が約 2 倍になると最大地表地盤振動速度は約 1/6 に減衰する。次に、模型地下式火薬庫の埋設深さが最大地表地盤振動速度に及ぼす影響について検討する。図-6 より、埋設深さが大きくなると振動速度は小さくなることがわかる。図-2、図-3 では、埋設深さ 15cm の場合は、埋設深さ 50cm の場合と比べて火薬庫上方の土や火薬庫の破片が飛散されており、爆発のエネルギーは空中に散逸されているため、地盤の振動に費やされるエネルギーはその分小さくなると考えられる。しかし、図-6 の結果からは空中へのエネルギー散逸による地盤振動の低減は認められず、反対に埋設深さが大きいほど地盤振動の減衰効果が得られている。

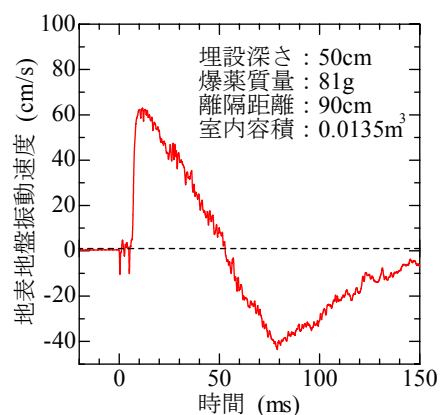


図-5 振動速度～時間関係

4. おわりに

本研究は、地下式火薬庫の設計に資するための基礎的な段階として、地中に埋設したコンクリート製の模型火薬庫内において爆薬を爆発させ、その際の地盤振動について検討を行ったものである。その結果、地下式火薬庫の埋設深さを大きくすると地表地盤の振動速度は小さくなることがわかった。

参考文献

- 1) 経済産業省：火薬類取締法令の解説，pp. 273－280，2004
- 2) 雑喉 謙：発破振動の周辺への影響と対策，鹿島出版会，pp. 14－23，1984

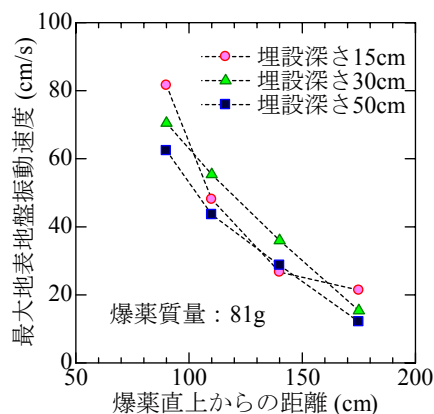


図-6 振動速度～距離の関係