

地下室における爆発によって発生する地盤振動に関する基礎的研究

防衛大学校 学生会員 ○清水 純平
学生会員 市野 宏嘉
正会員 大野 友則

1. 序言

火薬類等の危険物を貯蔵する施設において爆発事故が起きると、爆発によって生じる爆風圧や破壊された構造物・建築物の飛散片によって多くの死傷者や周辺家屋の破損が発生する。例を挙げれば、2000年5月には、オランダ王国エンスヘデ市の倉庫で花火が爆発し、少なくとも17名が死亡し、946名が負傷、約400戸が全壊した¹⁾。また、2000年8月には、愛知県の化学工場に貯蔵されていた火薬原料が爆発して79名が負傷し、住宅など約538戸が全半壊した²⁾。このような被害を防ぐために、火薬類を地下室に貯蔵し、爆発事故が起こった場合でも地盤によって爆風圧や飛散片の発生を抑止、あるいは軽減することが考えられる。ただし、地下で爆発が発生すると、地盤が振動して周辺の構造物および建築物に被害が生ずる可能性がある。そこで、危険物を貯蔵する地下室を設計する場合は、地盤振動について考慮する必要がある。

現在のところ、採石場などで発破を行う際に生じる地盤の振動速度の大きさは、爆発位置からの距離を用いて定式化されており、発破時の条件によって様々な式が提案されている³⁾。しかし、地下室内で発生した爆発による地盤振動に関しては未だ検討がなされていない。本研究では、地下室における爆発による地盤振動の基礎的なデータを得るため、模型地下室の内部で爆薬を爆発させ、模型地下室周辺の地盤に発生した加速度を計測し、地下室の埋設深さ（覆土の厚さ）が地盤振動に与える影響について検討したものである。

2. 模型地下室の爆発実験

模型地下室を作製するため、写真-1(a)に示すような中空部の幅が30cm、奥行きが30cm、高さが30cmで、壁厚が3cmのコンクリート製の筒状供試体を写真-1(b)のように2枚のコンクリート板（厚さ10cm）で閉塞し、出入り口に模した合板製の通風口を取り付けた。写真-1(b)の状態の供試体に覆土を施し、図-1に示すような模型地下室とした。模型地下室の覆土の厚さは、15cm、30cm、50cmおよび60cmの4種類とした。また、覆土は平均粒径0.4mm、含水比12%～13%の砂である。爆発によって生じた地盤振動を計測するため、爆薬の直上から水平距離90cm、120cm、150cmに加速度センサーを設置した。厚さ約1mmのアルミニウム板に加速度センサー接着し、そのアルミニウム板を4本の鉄杭で固定する要領で加速度センサーを設置した。爆薬については、直径と高さが等しい円柱形に成型したコンポジションC4爆薬30gを使用した。爆薬は模型地下室の中央、床から15cmの高さに円筒の中心が位置するように設置し、6号電気雷管を用いて起爆した。



(a) 筒状供試体

(b) 埋設直前の状態

写真-1 コンクリート製供試体

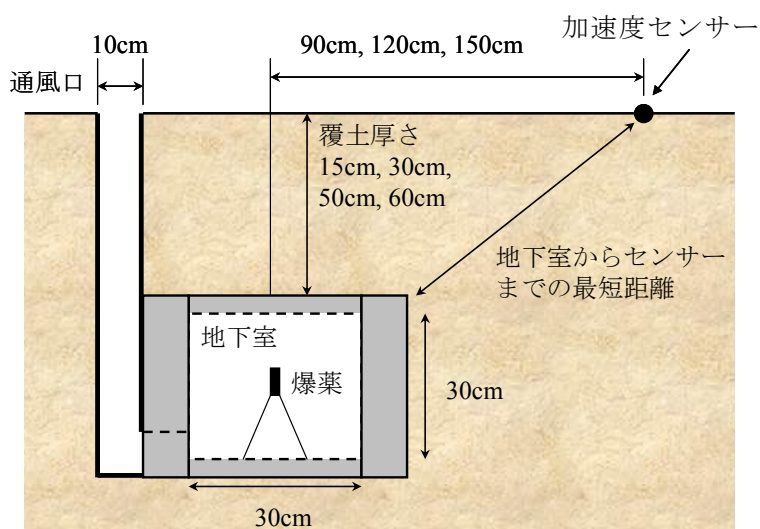


図-1 模型地下室

キーワード 地下室 / 爆発 / 地盤振動

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:s52269 @ed.nda.ac.jp

3. 実験結果

3.1 加速度～時間関係および速度～時間関係

図-2 は、地盤の鉛直方向加速度～時間関係である。代表例として、覆土の厚さが 50cm で、爆薬から水平距離 90cm に設置されたセンサーで計測された加速度について示す。爆薬 30g の爆発によって発生する地盤振動は、150ms 程度継続している。加速度の最大値は、第 1 波もしくは振動開始から約 40ms までに計測されており、図-2 の例では振動開始から約 10ms で 74G の加速度が記録されている。

図-3 は、図-2 のケースにおける地盤の鉛直方向速度～時間関係である。地盤は、振動開始から約 10ms で瞬間的に鉛直上方に加速され、最大速度 0.54m/s に達している。その後は比較的緩やかに減速して約 50ms で鉛直下方向の速度が生じ、最終的に約 100ms で速度はほぼゼロまで戻っている。

3.2 地盤振動と地下室の埋設深さ（覆土の厚さ）との関係

図-4 に、地盤の鉛直方向加速度の最大値と、地下室からセンサーまでの直線距離との関係を、覆土の厚さ別に示す。地下室から離れるにしたがって、覆土の厚さが大きくなるほど加速度は小さくなる傾向がある。覆土の厚さ 15cm のケースにおける加速度は、覆土の厚さ 30cm のケースにおける加速度よりも多少小さくなる場合もあるが、これは、覆土の厚さが 15cm のケースでは爆発時に覆土が吹き飛ばされてしまい、爆風が上方に逃げてしまったためであると考えられる。

図-5 に、地盤の鉛直方向速度の最大値と、地下室からセンサーまでの直線距離との関係を、覆土の厚さ別に示す。覆土の厚さ 60cm のケースにおける速度は、他の 3 ケースと比較して小さい。ただし、覆土の厚さが 50cm の場合、速度は 15cm、30cm のケースとほとんど変化がなく、覆土の厚さが大きくなるほど速度が小さくなる傾向は、加速度の場合ほど顕著ではない。

4. 結言

覆土の厚さが大きくなるほど地下室内での爆発によって生じる地盤振動の加速度と速度は小さくなる傾向がある。今後は、覆土の厚さに応じた地盤振動の距離減衰を表す式を提案した上で実規模の現象に対する適用性の検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) BBC NEWS ホームページ: Dutch blast factory boss arrested, <http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/europe/755743.stm>
- 2) 総務省消防庁ホームページ: 消防年表, <http://www.fdma.go.jp/concern/publication/index.html>
- 3) 社団法人火薬学会 発破専門部会: 現場技術者のための発破工学ハンドブック, 共立出版, 2001

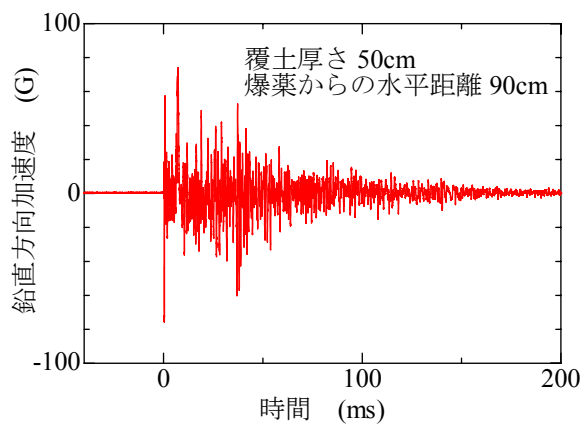


図-2 鉛直方向加速度～時間関係

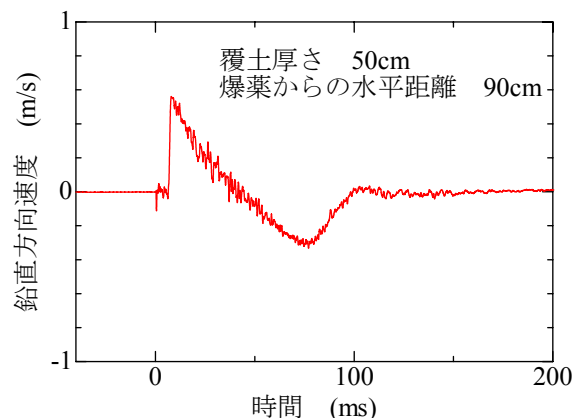


図-3 鉛直方向速度～時間関係

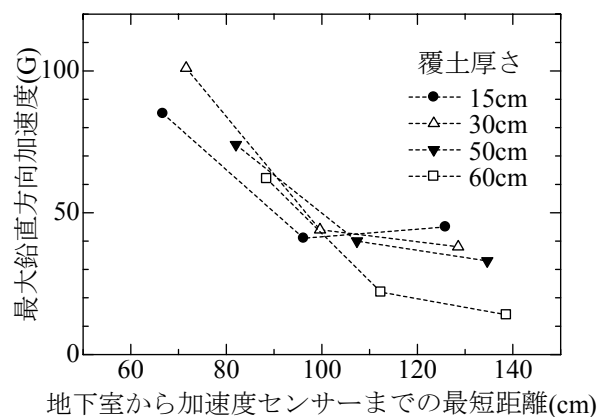


図-4 最大加速度と地下室からの距離の関係

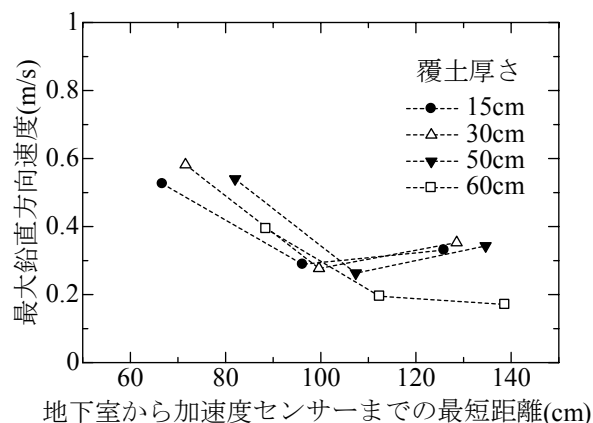


図-5 最大速度と地下室からの距離の関係