

地下室内での爆発によって地上に噴き出す爆風圧に関する基礎的検討

防衛大学校 正会員 ○市野 宏嘉 栗田 悠太郎 正会員 別府万寿博

1. 序言

火薬類を含めた爆発物を取り扱う施設での爆発事故は、事故の原因となった施設が被害を受けるのみならず、その周辺の広い範囲で爆風や飛散物による死傷者や家屋の損壊が発生する点で極めて社会的にも影響が大きな災害の一つである。このような被害を防ぐため、爆発物の貯蔵施設を地下に設け、爆風や飛散物の低減を図ることが考えられる。本研究では、模型地下室内で爆薬を爆発させる実験を行い、地上に噴き出す爆風の圧力についての基礎的な検討を行う。

2. 実験方法

本実験は、地下室を模したコンクリート製の試験体を爆発実験室の地盤に埋設し、その内部で爆薬を爆発させ、爆発時に地表に噴き出す爆風の圧力を計測するものである。本実験で使用した地下室の模型の外観と寸法を図-1、実験ケースを表-1 にそれぞれ示す。地下室の出入口を模擬した放爆口は垂直に立ち上げ、土かぶり厚さに応じた 15cm, 25cm, 30cm, 50cm の 4 種類の高さとした。模型地下室の薬室部の内幅は 30cm, 奥行きは 30cm, 高さは 10cm, 15cm, 20cm の 3 種類として容積を 3 通りに変化させた。コンクリートの壁厚は 5cm, コンクリートの一軸圧縮強度は 27~39N/mm² である。模型地下室は薬室部, 放爆口部など 5 個の部材に分けてコンクリートを打設し、脱型後に組み立てて実験に供した。補強のため、薬室部には D6 鉄筋を 10cm 間隔で網目状に配置した。地下室の設置にあたっては、実験室の地盤面を掘り下げて整地し、厚さ 1.2cm のベニヤ合板を敷設した。埋め戻しには含水比 11.7~13.0% に調整された平均粒径 0.18mm の無石土を用い、施工時には土被り 15cm または 20cm 毎に十分に締め固めを行った。

爆薬は、すべてのケースでコンポジション C-4 爆薬 81g を使用した。爆薬をアルミニウムスリーブ内に充填して直径と高さの比が 1 対 1 の円柱形に成形した。成形した供試爆薬は木片と紙による台座を用いて模型地下室の床面から 5mm 離して図-1 に示す位置に設置し、6 号電気雷管により起爆した。爆発時に放爆口から 0.9m, 1.1m, 1.4m および 1.8m の位置において地上に噴き出した爆風の圧力を計測した。計測に使用したセンサーは、米国 PCB 社製爆風圧センサー 137A22 (荷重容量 3450 kPa, 共振周波数 500 kHz) である。データを記録する際には高周波雑音の除去は行わず、サンプリング間隔は約 0.01ms とした。

3. 実験結果

図-2 に爆風圧-時間関係の代表例 (実験 No.6, 土被り厚さ 0.50m, 容積 0.0135m³,) を示す。横軸は 0.9m 位置での爆風圧の立ち上がり時刻を 0 ms とし、縦軸は大気圧を 0 kPa としてそれぞれ示している。0.9m 位置における爆風圧~時間関係の概形は垂直に近い瞬間的な立ち上がりを示し、かつピークの後に急勾配の爆風圧低下を示している。本実験で計測された爆風圧の波形には乱れはなく、地下室内での爆発ではあるが、地上で観測される爆風圧は地上で障害物がない状

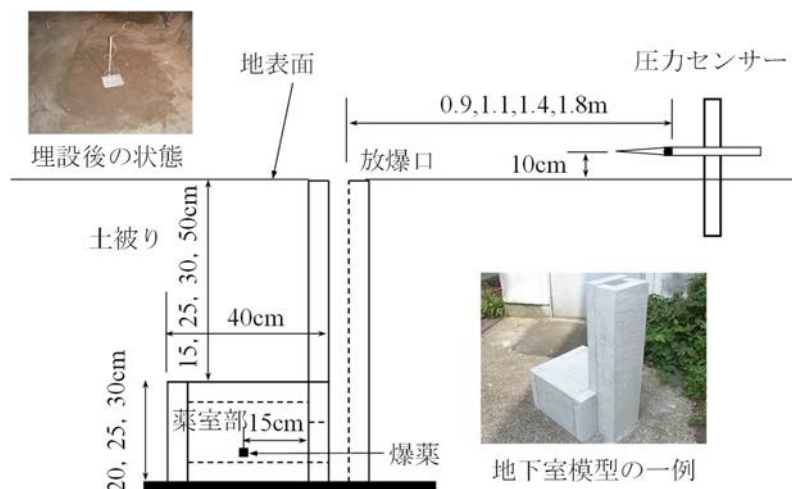


図-1 実験の概要

キーワード 地下室, 爆発, 爆風圧

連絡先 〒239-0811 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

態で計測される一般的な爆風圧－時間関係に類似している。なお、本実験で計測された爆風の正圧部の継続時間は計測位置によっても異なるが約 1ms であり、放爆口から離れるに従い大きくなる。なお、図中において時刻 4ms 以降で計測された第 2 波目は、爆発実験室の壁面による反射波と考えられる。

図-3に爆風圧の最大値と放爆口からの距離との関係を示す。図-3(a)は、容積 0.0135m^3 の実験について、土被り厚さ別に整理したグラフである。土被り厚さが増大されたことにより爆薬からセンサーまでの距離が延長され、爆風圧の距離減衰が大きくなることに起因して、土被り厚さが大きいほど爆風圧は小さくなるが、その差は顕著ではない。例えば、放爆口からの距離 0.9m では、土被り厚さ 15cm の爆風圧は 23.1kPa で最大であるが、最小の爆風圧は土被り厚さ 30cm で計測された 19.2kPa であり、土被り厚さが最大の 50cm で計測された 21.6kPa よりも小さくなる。このように、土被り厚さによる爆風圧の低減効果は認められるがその感度は小さい。

図-3(b)は、土被り厚さ 25cm、ストレート放爆口の実験について、容積別に整理したグラフである。図より、容積が小さいほど放爆口から噴き出す爆風圧が大きくなる。例えば、放爆口からの距離が 1.4m で計測された最大爆風圧は、容積比が 0.0090m^3 の場合は 14.9kPa であるが、容積が増加し 0.0135m^3 となると 12.9kPa に、 0.0180m^3 では 12.5kPa にそれぞれ低減されている。爆風圧のピーク値の誤差は $\pm 10\%$ であることが知られている¹⁾が、容積 0.0180m^3 の爆風圧は容積 0.0090m^3 に変化した場合の最大爆風圧の減少率は $8\% \sim 28\%$ で、爆風圧の誤差の範囲をおおむね超えており、地下室の容積が大きいほど地表爆風圧が小さくなる傾向が認められる。容積が異なる構造物の内部で同種類、同量の爆薬がそれぞれ爆発した場合、構造体の容積が大きい場合は、容積が小さい場合と比べて内部圧力は低くなる。この結果、地表に噴き出す爆風の圧力も小さくなったと考えられる。

4. 結言

本研究では、模型地下室内で爆薬を爆発させる実験を行い、地上に噴き出す爆風の圧力を計測した。その結果、地下室の容積が大きいほど地表面で計測される圧力が低減されることがわかった。土被りの厚さが爆風圧に及ぼす影響は顕著ではなかった。

参考文献

- 1) 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，p.438，2001。

表-1 実験ケース

No.	容積 (m^3)	土被り 厚さ (cm)	爆風圧 (kPa)			
			0.9m	1.1m	1.4m	1.8m
1	0.0135	15	23.1	15.7	11.7	7.4
2	0.0090	25	29.5	20.6	14.9	9.9
3	0.0135	25	22.5	18.8	12.9	7.7
4	0.0180	25	22.5	18.9	12.5	7.1
5	0.0135	30	19.2	15.4	11.3	7.4
6	0.0135	50	21.6	15.4	9.8	7.2

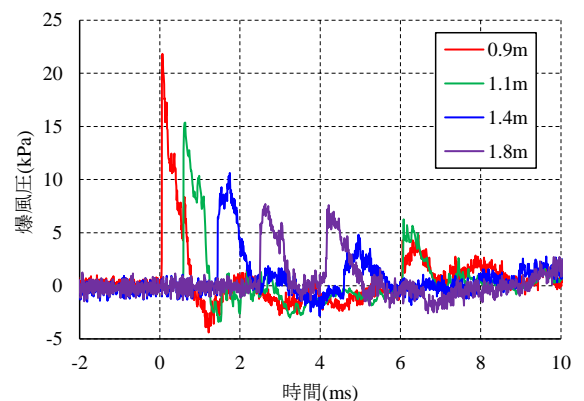
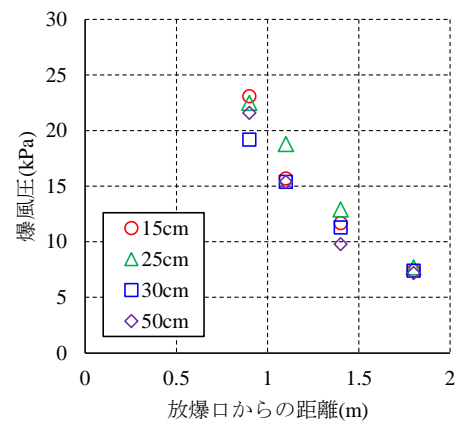
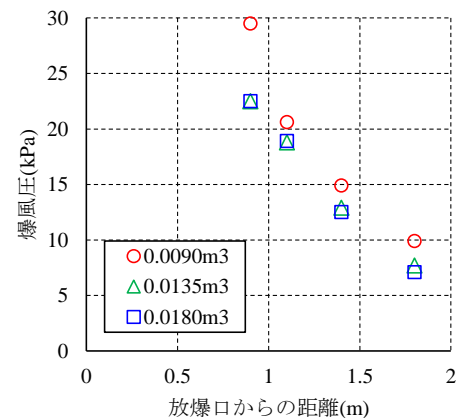


図-2 爆風圧－時間関係の代表例

(容積 0.0135m^3 ，土被り厚さ 50cm)



(a) 土被り厚さ別 (容積 0.0135m^3)



(b) 容積別 (土被り厚さ 25cm)

図-3 最大爆風圧と放爆口からの距離との関係