

EPS材と土で構成される地盤層の爆発荷重緩衝効果に関する基礎的研究

防衛大学校 学生会員 ○磯崎 雄哉 正会員 市野 宏嘉 正会員 別府 万寿博 正会員 大野 友則
カネカケンテック株式会社 東原 健一 原口 望 岡三リビック株式会社 大城戸 秀人

1. はじめに

爆破テロ事件や不測の爆発事故によって、政治・経済の中枢を司る重要な施設が被害を受けた場合、社会に与える影響は極めて大きなものがある。したがって、このような施設を設計する際には、爆発に対する防護を考慮する必要がある。そのひとつの手段として、構造物を地中に建設する方法がある。この方法では、構造物と爆発物の間に地盤層が存在することにより、構造物の近くで爆発が起こることを防ぎ、爆発による衝撃を緩和して構造物の損傷程度を低減できる点で優れている。また、この層に土砂とEPS材を併用することにより、地中構造物に作用する爆発荷重を緩衝する効果を向上できる可能性がある。EPS材により、衝撃力に対する緩衝効果を得る例として、岸ら¹⁾によって落石による衝撃を緩和するためのEPS材と土砂を使用した三層緩衝構造が提案されている。しかし、EPS材と土砂を組み合わせた層による、爆発荷重に対する緩衝効果は検討途上であり、EPS材の密度、厚さ等の特性が爆発荷重緩衝効果に及ぼす影響を把握するには至っていない。本研究では、密度が異なるEPS材と砂で構成される地盤層の上部で爆薬を爆発させる実験を行い、底面での圧力を計測し、EPS材と砂による層の爆発荷重緩衝効果について検討した。

2. 地盤層の爆発実験

実験室の地盤面を掘り下げ、その中に図-1に示すEPS材と砂による地盤層を構築した。まず、底面を整地し、地盤層の内寸620mm×620mmの木枠を組み立てた。次に、地盤層の最底面に厚さ25mmの鋼板を敷き、その鋼板に小型圧力センサー（定格容量5MPa、固有振動数約71kHz）を爆源直下および爆源直下から水平距離50mm、100mm、150mm、200mm、250mmの位置に貼付した。続いて、厚さ80mmのEPS材を設置し、その上に厚さ0.5mmの鋼板を敷き、その上に砂を仕上がり厚さ100mmとなるよう締固めた。緩衝層の上部には、爆発物の地中への侵入を遮断する目的で設置される層を模した爆発物遮断鋼板（厚さ0.5mm×1枚）および砂を用いて63mm（爆薬30gのケース）、72mm（爆薬50gのケース）厚の砂層を敷設した。使用した砂は、日本統一土質分類では粒度の悪い砂（SP）に分類され、その平均粒径は0.4mmである。使用したEPS材はAとBの2種類であり、Aの製造密度は16kg/m³で、ひずみ5%における圧縮強度は0.11MPa、変形係数は3.9MPaである。Bの製造密度は30kg/m³で、ひずみ5%における圧縮強度は0.25MPa、変形係数は9.4MPaである。爆源にはComposition C-4爆薬を、直径および高さとともに等しい円柱形に成形して爆発物遮断鋼板上面に設置し、6号電気雷管を用いて爆発させた。表-1に実験ケースについて示す。実験ケースは、EPS材Aを使用し薬量30gとした地盤層（Case1）、薬量50gとした地盤層（Case2）、EPS材Bを使用し薬量30gとした地盤層（Case3）、薬量50gとした地盤層（Case4）の4ケースとした。

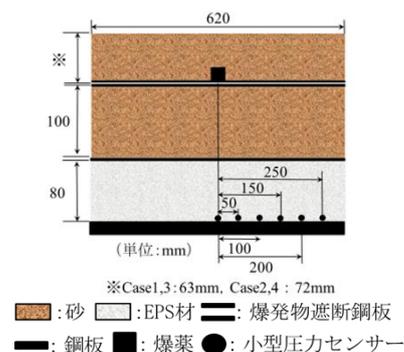


図-1 覆土層の構造

Case	爆薬設置 深さ(mm)	EPS製造 密度(kg/m ³)	爆薬量 (g)
1	63	16	30
2	72	16	50
3	63	30	30
4	72	30	50

表-1 実験ケース

3. 実験結果および考察

地盤層の底面における圧力～時間関係の代表例を図-2に示す。図-2の横軸は、それぞれの波形の立ち上がり時刻をゼロとしている。図-2は、爆薬量30g、爆源直下での計測例である。Case1では圧力は瞬時に立ち上がり、立ち上がりから約4ms後に最大値の447kPaに達する。この立ち上がり時の勾配は約118kPa/ms、正圧継続時間は約10ms

キーワード EPS材, 地盤層, 爆発荷重, 緩衝効果

連絡先〒239-0811 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: ichino@nda.ac.jp

である。Case3 では立ち上がり時により大きな勾配を示し、圧力は立ち上がりから約 0.2ms 後には約 379kPa に達する。さらにその約 2ms 後に最大値の 558kPa を示し、正圧継続時間は約 5ms である。この立ち上がり時の勾配は約 1648kPa/ms である。Case1 と比較すると立ち上がり時の勾配は 4 倍以上となる一方、正圧継続時間は半減している。図-2 より、EPS 材の密度が大きい場合、圧力の立ち上がり時の勾配が大きく、継続時間は小さくなる傾向がある。

次に、圧力の最大値と爆源直下からの水平距離の関係を図-3 に示す。Case2 の 0mm, 50mm の圧力は圧力センサーの定格容量を超過したため 5000kPa と表示した。図-3 より、薬量 30g の場合、爆源直下での圧力は、EPS 材 A を使用した Case1 では 447kPa であるが EPS 材 B を使用した Case3 では 558kPa である。一方で薬量 50g, 爆源直下での圧力は、EPS 材 A を使用した Case2 では 5000kPa を超えるが EPS 材 B を使用した Case4 では 1517kPa である。すなわち、薬量が 30g の場合は EPS 材 A, 薬量が 50g の場合は EPS 材 B を使用した方が圧力が小さくなった。この結果は、爆薬量に応じて、適切な密度の EPS 材を使用することが、緩衝層の設計上重要となることを示している。密度の違いが圧力の分布に及ぼす影響に着目すると、Case1 の場合、爆源直下での圧力は 447kPa, 爆源直下からの水平距離が 250mm での圧力は 145kPa となり、爆源直下での圧力は距離 250mm での圧力の 3.1 倍となる。Case2 の場合は、爆源直下と距離 250mm での圧力はそれぞれ 558kPa, 230kPa となり、爆源直下での圧力は距離 250mm での圧力の 2.4 倍となる。このように、密度が小さい EPS 材では、爆源直下で大きな圧力が計測される傾向がある。この傾向は、薬量 50g の実験においてさらに顕著であり、Case3 では爆源直下での圧力は距離 250mm の 31 倍以上、Case4 では距離 250mm の 4.5 倍となる。図-4(a)に、Case3 における爆発後の EPS 材の状態を示す。EPS 材には、広範囲にわたり同心円状の亀裂が生じていた。Case3 では、EPS 材は脆性的な破壊を生じたことにより、爆発によるエネルギーを効率的に吸収できなかったと考えられる。一方で図-4(b)に示す Case4 では、多少のひび割れが生じているものの、広い範囲にわたり塑性変形を生じたことにより、爆発によるエネルギーを効率的に吸収して爆発荷重を低減、分散できたと考えられる。

4. おわりに

本研究では、密度が異なる EPS 材と砂で構成される地盤層の上部で爆薬を爆発させる実験を行い、底面での圧力を計測し、EPS 材と砂による層の爆発荷重緩衝効果について検討したものである。その結果、地盤層による緩衝効果を十分に得るためには、爆薬量に応じて、適切な密度の EPS 材を使用することが重要であることがわかった。また、EPS 材の厚さが緩衝効果に及ぼす影響については、今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 岸 徳光, 佐藤昌志, 中野 修: 三層緩衝構造の緩衝性能に関する大型屋外実験, 構造工学論文集 Vol.41A, pp.1257-1264, 1995.3

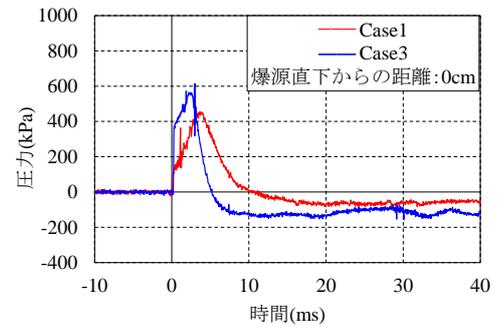
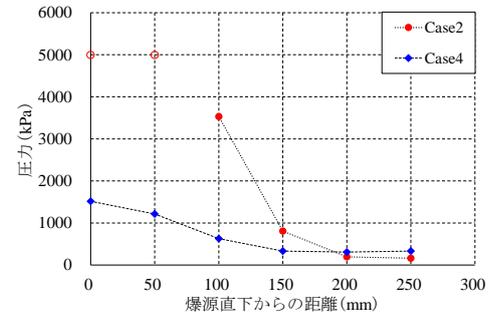
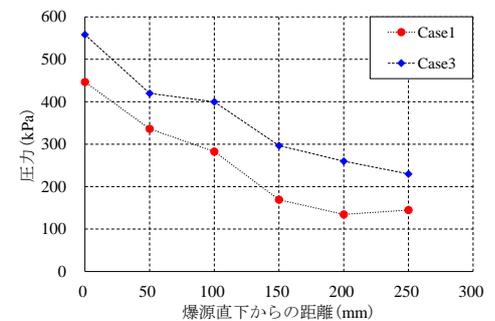


図-2 爆源直下における圧力～時間関係

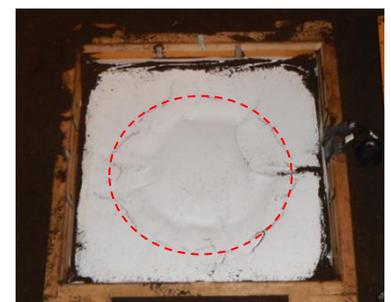


(a)Case1, Case3

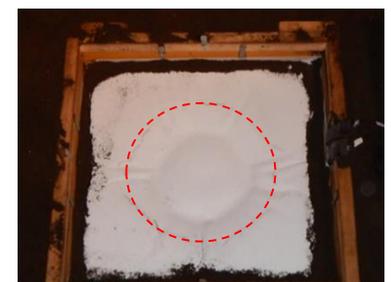


(b)Case2, Case4

図-3 圧力と爆源直下からの距離の関係



(a)Case3



(b)Case4

図-4 爆発後の EPS 材