

グラウト材による固化体の接触爆発に対する耐爆性能に関する基礎的研究

防衛大学校 正会員 ○市野 宏嘉 正会員 別府 万寿博 正会員 大野 友則
日鉄住金高炉セメント株式会社 笹谷 達也 兼安 真司

1. はじめに

爆破テロ事件等により大規模な爆発が生じると、構造物そのものが損傷・破壊し、かつ構造物内部の人命・財産に損害を生じる。爆破被害を局限化するには、構造物を爆発位置から努めて遠ざけることが有効な対策となるが、爆破の位置は特定できない。そこで、事態発生前に防護すべき構造物の外周等に防爆壁を応急的に設置して、構造物を爆発から防護する方法が考えられる。壁に用いる防爆材の作製方法の一案として、型枠等にあらかじめ骨材を詰めておき、その空隙に高い流動性を有するグラウト材を充填する工法により、コンクリートに類似した固化体（以下、単に「固化体」と呼ぶ。）を作る方法がある。この方法では、現地近辺で入手可能な粗骨材と水があれば、容易に作製可能である。このため、防爆壁をコンクリートとする場合と比べ、材料入手・運搬・型枠製作の労力が低減しかつ製造設備が不要である。このように、製作上有利な固化体がコンクリートと同等な耐爆性能を有していれば、それを防爆材として使用することが可能である。本研究では、板状の固化体に対する接触爆発実験を行い、グラウト材による固化体を使用した防爆材の耐爆性能（局部破壊の性状と供試体の損傷の程度）を調べた。

2. グラウト材による固化体に対する接触爆発実験

(1) 実験方法

爆発実験は、防衛大学校の爆発実験室で行った。実験では、実験室の地表面に H 形鋼を加工して口の字形に組んだ支持具を置き、その上に供試体を設置して 4 辺単純支持とした。実験の概要を、図-1 に示す。供試体は、最大粒径 20mm の碎石を使用した G20 供試体と、最大粒径 40mm の碎石を使用した G40 供試体の 2 種類とした。供試体は、型枠の中に粗骨材を敷き詰め、その中に B 種高炉セメントと石灰石細骨材（1.2mm 以下）を主成分とする無収縮グラウト材を水で練り混ぜて流し込み、固化体を作製した。供試体の縦横寸法は 500mm で、厚さ 80mm である。直径／高さ＝1 の円柱形に成型した 20g の C4 爆薬を中央に設置（図-1）し、6 号電気雷管により起爆した。実験は各供試体について 2 回ずつ行った。コンクリートなどの固化体を壁に用いた場合、壁内側の人員や物品等を保護するためには、スポール（爆発面と反対側の損傷）の発生を防ぐ必要があり、防護材の厚さ方向の損傷を評価することが必要となる。そこで、局部破壊の性状を観察するとともに、クレータ（爆発面側の損傷）およびスポールの深さを計測した。

(2) 実験結果

爆発後の供試体の状況を、図-2 に示す。最大粒径 20mm の粗骨材を用いた場合、2 回の実験でいずれもクレータ、スポールの両方が発生した。クレータ深さは 25mm と 31mm、スポール深さは 23mm と 30mm であった。最大粒径 40mm の粗骨材を用いた場合、2 回中 1 回の実験でクレータとスポールが接続し、供試体に粗骨材 1 個程度の大きさの貫通孔が生じていた。クレータ深さは 49mm と 32mm、スポール深さは 42mm と 45mm であった。G40mm 供試体では、G20 供試体と比較して各損傷の深さが大きい。これは、径が大きな骨材の存在により、骨材それぞれの剥離が他のケースよりもより広い範囲の損傷をもたらすためであると考えられる。また、S30（骨材 40mm）の 1 回目のクレータ深さは、2 回目と比較して 17mm 大きい。この差は、G20 供試体と比較して大きい。これは、径が大きな骨材が剥離するか否かで、クレータ深さの値が大きく異なるためである。供試体の損傷面を観察すると、G20 供試体、G40

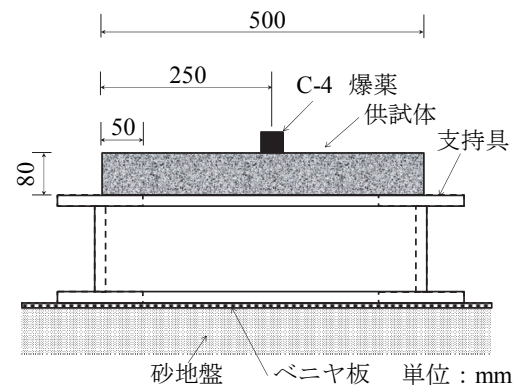
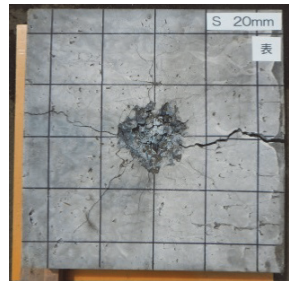


図-1 実験の概要

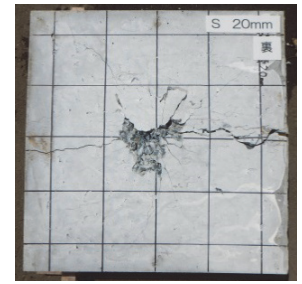
キーワード グラウト材, 防爆材, 接触爆発

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

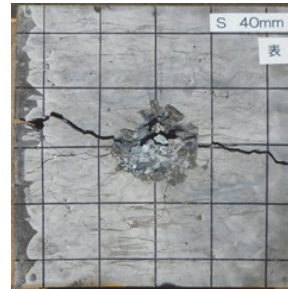
供試体ともにクレータ側では粗骨材とグラウト材の界面での剥離，粗骨材の割れ，グラウト材部分の破壊が認められる．スポール側はグラウト材部分の破壊や粗骨材の割れはほとんど認められず，専ら粗骨材とグラウト材の界面で剥離されている．したがって，固化体の耐爆性能はグラウト材と粗骨材の付着と深く関連すると考えられる．



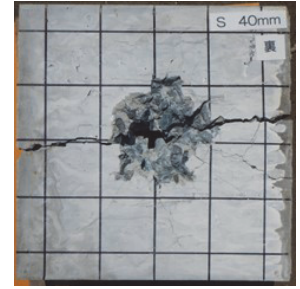
(a) G20, クレータ



(b) G20, スポール



(c) G40, クレータ



(d) G40, スポール

図-2 供試体の局部破壊性状の例

$$\text{クレータ深さ: } \frac{C_d}{T} = -0.046 \frac{T}{W_m^{1/3}} + 0.42 \quad (1)$$

$$\text{損傷深さの和: } \frac{(C_d + S_d)}{T} = -0.49 \frac{T}{W_m^{1/3}} + 2.0$$

$$(2.0 \leq \frac{T}{W_m^{1/3}} \leq 3.6) \quad (2)$$

ここに， T ：コンクリート板の厚さ(cm)， $W_m^{1/3}$ ：TNT 換算爆薬量(g)，である．

本実験 ($T=8\text{cm}$, $W=25\text{g}$) で得られた破壊性状および式(1)，(2)を重ねたものを図-3 に示す．なお，本実験の結果における C4 爆薬の TNT 換算爆薬量は，TNT 爆薬との爆発熱の違いを考慮し，TNT 爆薬 1 に対し C4 爆薬を 1.25 とした²⁾．図-3 より，G20 供試体のデータは式(1)および(2)による評価とほぼ整合する．一方，G40 供試体のデータは式(1)および(2)のやや上側にプロットされる．本実験の結果より，使用する粗骨材の寸法を適切に選定すれば，グラウト材を使用した固化体はコンクリートと同等の耐爆性能を発揮できると考えられる．

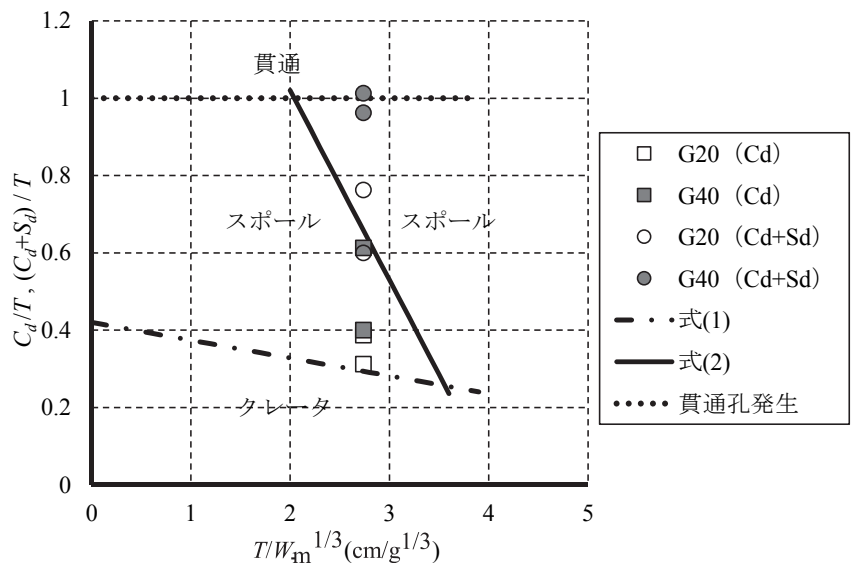


図-3 コンクリートと固化体の損傷深さの比較

4. おわりに

本研究では，グラウト材による固化体を使用した防爆材の耐爆性能を，実験によって調べた．その結果，クレータおよびスポール深さの観点から，使用する粗骨材の寸法が適切な場合は，グラウト材を使用した固化体は防爆材としてコンクリートと同等の耐爆性能を有していることが認められた．

参考文献

- 1) 森下政浩，田中秀明，伊藤孝，山口弘：接触爆発を受ける RC 版の損傷，構造工学論文集，Vol.46A，pp.1787-1797，2000．
- 2) Headquarters, Departments of the Army：Structures to Resist the Effects of Accidental Explosion, TM5-1300, pp.4-181, 1990．