

グラウト材を使用した応急防爆材の耐爆性能に関する基礎的研究

防衛大学校 学生会員 ○高橋 謙士郎 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

爆発を伴うテロ事件により構造物が被災すると、構造物内部の人命・財産に損害を生じるとともに、構造物が損傷を受け、その機能が損なわれる。この際、爆発物を構造物から努めて遠方で爆発させることが有効な対策となる。そこで、構造物の外周に防護壁等を応急的に構築するなどして、構造物を爆発から防護することが考えられる。この際、あらかじめ型枠や袋等に骨材を詰め、その空隙に流動性の高いグラウト材を流し込む工法を用いて、コンクリートに類似した固化体（以下、単に「固化体」とよぶ。）により応急的な防爆材を作製する方法がある。この方法では、骨材は岩塊等、水は真水でも海水でも差支えなく、現場近辺で入手できるものが利用できる。このため、コンクリートを打設する場合と比べ、生産設備を要せず、材料の運搬労力も低減される。このような固化体による防爆材がコンクリートに準ずる耐爆性能を有していれば、耐爆防護壁等に応用が可能である。本研究では、板状の供試体に接触した爆薬を爆発させる実験を行い、グラウト材を使用した応急防爆材の耐爆性能、すなわち爆発を受けた際の局部破壊の性状とその大きさについて調べた。

2. 固化体に対する爆発実験

(1) 実験方法

本実験では、砂地盤を整地し厚さ 12mm のベニヤ板を敷いた上に H 型鋼を溶接して口の字形に組み立てた支持具を置き、その上部に供試体を 4 辺単純支持で設置した。供試体は、型枠の中に最大粒径 20mm の骨材を敷き詰め、その中に水で練り混ぜた B 種高炉セメントを主成分とする無収縮グラウト材を流し込み、骨材間の空隙を埋めるように作製した。供試体の寸法は縦横 500mm で、厚さは 80mm である。C4 爆薬を直径と高さが等しい円柱形に成型した。C4 爆薬は図-1 に示す位置に設置し、固化体に接触させた状態で 6 号電気雷管により起爆した。爆薬量は 10g、20g および 30g の 3 ケースで行った。実験は、薬量 10g および 30g を各 1 回、20g を 2 回の計 4 回行った。供試体の損傷の程度を評価するため、図-2 に示すようにクレータ（爆発面（表面）の損傷）とスポール（爆発面と反対側（裏面）の損傷）の直径および深さを直線 1~4 に沿って 4 箇所を計測し、その平均値を求めた。貫通孔が発生していない場合にはクレータおよびスポールの最も深い位置で深さを計測した。

(2) 実験結果

爆発後の供試体の状態を、図-3~5 に示す。爆薬量 10g の場合、クレータは発生したが、スポールは発生しなかった。クレータ直径は 93mm、クレータ深さは 21mm であった。爆薬量 20g の場合、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。クレータ直径は 137mm と 133mm、クレータ深さは

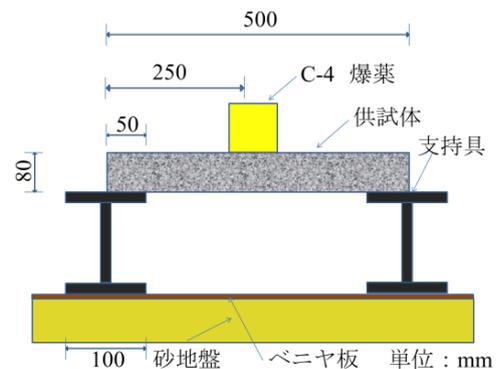


図-1 実験の概要図

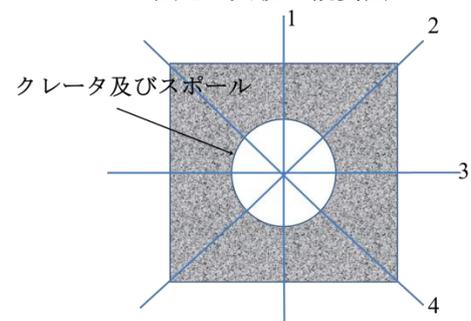


図-2 損傷の計測位置

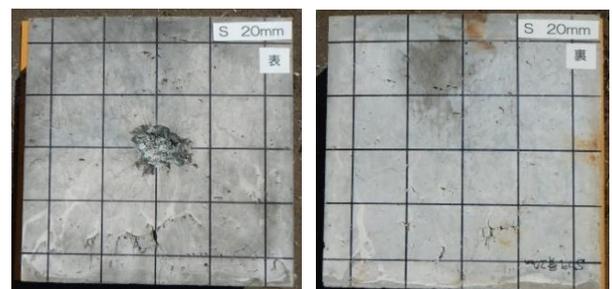


図-3 爆薬量 10g (左：表面，右：裏面)

キーワード グラウト材, 応急防爆材, 接触爆発

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

は25mmと31mm, スポール直径は70mmと89mm, スポール深さは23mmと30mmであった. 爆薬量30gでは, クレータとスポールが接続し, 供試体に貫通孔が生じていた. クレータ直径は149mm, スポール直径は228mmであった. 爆薬量の増加により損傷はより大きくなるが, 厚さ8cmの板の場合, 10g程度の爆薬量であれば, 爆発面の反対側の板面には損傷は生じない. 薬量20gおよび30gの場合には, 板の両面に局部的な損傷が生じる. 供試体の損傷面を観察すると, 爆薬量の多少に関わらず, 骨材とグラウト材の界面で剥がれ落ちるように損傷が生じていた. したがって, グラウト材を使用した応急防爆材の耐爆性能はグラウト材と骨材の付着と深く関連があると考えられる.

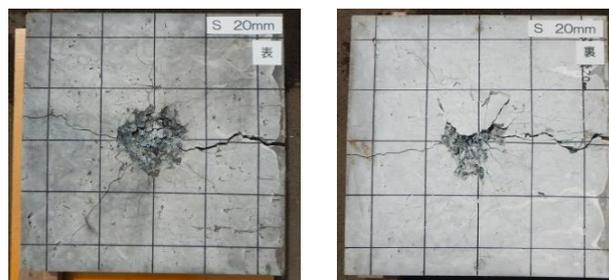


図-4 爆薬量20g (左:表面, 右:裏面)

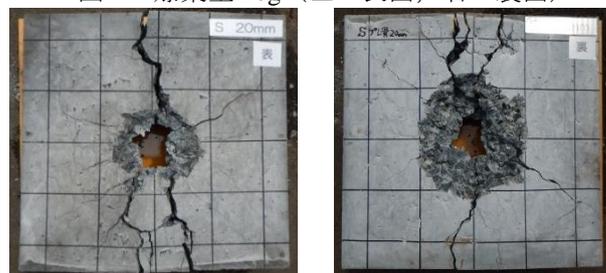


図-5 爆薬量30g (左:表面, 右:裏面)

3. コンクリートの局部破壊評価式との比較

ここでは, コンクリートと固化体との局部破壊について比較を行う. コンクリートや本研究における固化体を用いた防護壁の内側の人員や物品を保護するためにはスポールの発生を防ぐ必要がある. 防護壁の壁厚方向の損傷を評価することが必要となる. そこで, 耐爆性能を表す指標として, クレータおよびスポール深さを選び考察する. 森下ら¹⁾は, 接触爆発を受ける鉄筋コンクリート版の損傷について実験を行い, クレータ深さ C_d , 並びにスポール発生から貫通孔発生に至る損傷深さの和 C_d+S_d について, 次式を提案した.

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

$$\text{損傷深さの和} : \frac{(C_d+S_d)}{T} = -0.49 \frac{T}{W_m^{1/3}} + 2.0 \quad (2.0 \leq \frac{T}{W_m^{1/3}} \leq 3.6) \quad (2)$$

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)

本実験 ($T=8\text{cm}$, $W_m^{1/3}=12.5\text{g}$, 25g , 37.5g) で得られた破壊モードおよび式(1), (2)を重ねたものを図-6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-6より, 本実験の固化体のデータは式(1)および(2)による評価と整合するか, それらのやや上側にプロットされる. すなわち, グラウト材を使用した応急防爆材の耐爆性能はコンクリートより多少劣るか, またはほぼ同等と考えられる.

4. おわりに

本研究では, 接触爆発実験を行い, グラウト材を使用した応急防爆材の耐爆性能について調べたものである. その結果, クレータおよびスポール深さの観点から, グラウト材を使用した応急防爆材の耐爆性能はコンクリートより多少劣るか, またはほぼ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.

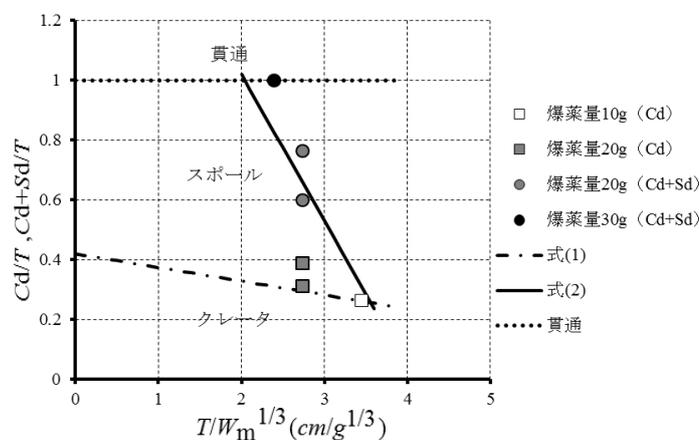


図-6 コンクリートと固化体の比較