

Ⅲ-B187 スムースブラスティングにおける岩石破碎

西松建設技術研究所	正会員	諸岡敬太
西松建設技術研究所	正会員	稲葉力
北海道大学工学部	正会員	金子勝比古

1. はじめに

スムースブラスティングの効果は、設計掘削面に沿った滑らかな破断面の形成と、破断面より奥部岩盤中の損傷領域の抑制とにより評価される。ここで、最近、電子遅延雷管などの高精度起爆システムが開発され、そのスムースブラスティングへの適用が試みられている。そして、これにより、発破による岩盤の損傷圏が著しく抑制されることなどが報告されている。これは、従来のスムースブラスティングとは異なる、より高度なスムースブラスティングが実現される可能性を示している。そこで、その効果を実現させるためには、スムースブラスティングのメカニズムを再検討する必要があると思われた。よって、筆者等は、スムースブラスティングによる岩石の動的破碎プロセスを解明するために、数値実験法を開発し、これにより、破碎のメカニズムを解明することとした。ここでは、現在までに得られたシミュレーション結果を示す。

2. 数値解析法の概要

解析には、強度不均一性とき裂の発生・伸長を考慮した動的有限要素法を用いた。ここで、ワイブル分布により強度分布の確率的ばらつきを考慮し、引張強度は要素境界辺に与え、圧縮強度は要素に与えることとした。破壊形態としては、引張破壊および圧縮破壊を考え、破壊基準としては、それぞれ、最大引張応力基準およびモール・クーロン基準を用いた。引張破壊に対しては、引張破壊は要素境界辺に発生するものと仮定し、それによるき裂の発生・伸長は要素境界辺の分離として取り扱い、そのき裂面の結合力は引張軟化則1/4モデルで与えた。また、圧縮破壊に対しては、破壊は要素の破壊とし、破壊後は偏差応力を修正することとした。

3. 解析モデルおよび解析結果

解析モデルは、図1に示すような自由面に平行な3つの装薬孔A,B,Cを有する1自由面の長方形領域である。装薬孔径は、45mm、孔間隔および最小抵抗線はともに45cmとし、物性値としては、極めて堅い岩盤を想定した。また、爆薬は、SB専用爆薬(薬径22mm)を想定した。爆薬の爆発によるガス圧は、装薬孔体積の増加により圧力の減少も表現できるものとして、JWL関係式で与え、この圧力をそれぞれの装薬孔に作用させた。ここで、有限要素モデルの初期節点数は28,374、総要素数は56,664であり、計算時間増分は、0.1 μ sである。起爆条件としては、想定した雷管によって、それぞれ秒時誤差を与える。起爆する順番としては、まず装薬孔B、次に装薬孔A、最後に装薬孔Cが起爆するものとする。

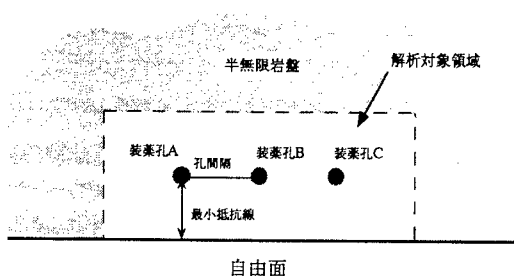


図1 解析モデル

キーワード 準静的応力場

ここで、解析結果の一例として、電子遅延雷管を用いた発破の場合について以下に述べる。まず、それぞれの装薬孔A,B,Cの圧力は図2に示すようである。また、起爆後の時間経過におけるき裂進展状態を図3に示す。図より、まず装薬孔Bが起爆すると、装薬孔全周にわたってき裂は放射状に伸長し、応力波の伝播に伴って、確率的な選択作用により何本かに収束し、伸長していくことが分かる。次に、装薬孔Bが起爆し、また一定時間経過し、装薬孔Cも起爆すると、装薬孔間には、隣接する互いの装薬孔からの応力波の干渉により引張応力が高められ、装薬孔間を結ぶ線上に卓越したき裂が伸長し、最終的にき裂が連結することが分かる。これとともに、岩盤奥部中へのき裂が抑制されていることが分かる。このことは、先行して起爆した発破孔により形成された準静的応力場（装薬孔Bを中心とした半径方向圧縮・円周方向引張の応力状態）と後続する発破孔からの応力波が干渉した結果であると解釈される。詳細は口頭発表の際に述べる。

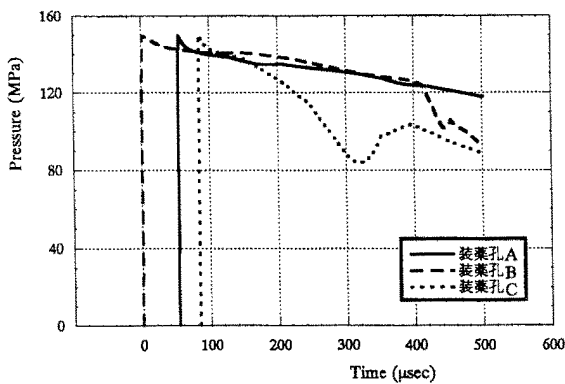


図2 圧力関数

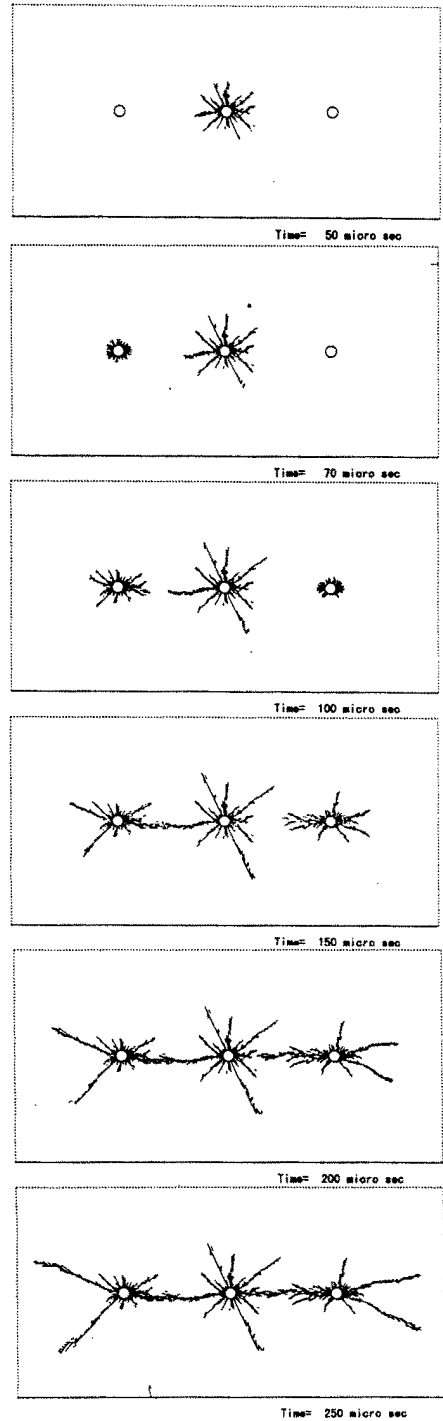


図3 き裂進展状態