

Ⅲ-B85

スムーズプラスティングにおける破断面形成のメカニズム

西松建設(株) 正会員 諸岡敬太・稲葉 力・石山宏二
 北海道大学工学部 正会員 金子勝比古
 熊本大学大学院 原田秀敏

1. はじめに

スムーズプラスティング(以下 SB と略)は平滑な壁面形成と損傷領域の拡大を抑制する効果を目的としている制御発破工法である。従来、この SB による破壊のメカニズムは以下のように説明されている。まず、先行起爆した装薬孔からの応力波によって隣接孔の壁面に切断予定面に沿うクローズドクラックが発生し、ついでこの装薬孔が起爆するとクローズドクラックが発達して切断予定線に沿う長い亀裂になり、他の方向にはあまり発達しない。従って、この様な亀裂が全体として接続し、平滑な壁面を形成する¹⁾。

しかしながら、SB を実施した場合、実際には平滑な壁面を形成するケースと形成しないケースがあり、これは上記の破壊メカニズムが発現するケースと発現しないケースがあるためと考えられる。特に、発現しないケースでは発破後の壁面には当たり・余堀りが生じる可能性が高まる。従って、コソク作業などの補修工事を行う必要が生じ、その結果掘削コストの増大に結びつく。

この平滑な破断面を形成しない原因は、亀裂の生成・伸長がある種の確率的な性質を有するためであると考えられる。つまり、岩石の破砕が主として岩石物性の不均一性に依存しているため、亀裂の伸長する方向・長さが特定できないためである。そこで、筆者等は亀裂伸長と強度不均一性を考慮した FEM による数値解析を行い、破壊のメカニズムをシミュレートした。

2. 解析モデル・解析条件

解析モデルは図1に示すように、1自由面を有する半無限岩盤を想定し、その自由面と平行な方向に3つの装薬孔を有する長方形領域を考えた。ここで、孔間隔 60 cm・最小抵抗線長 60 cm・装薬孔径 45 mm とした。また、物性は超硬岩を想定した。装薬孔内に作用する圧力はJWL状態方程式により表現する。なお解析法の詳細は参考文献^{2) 3)}を参照されたい。起爆条件はDS雷管の秒時誤差を想定し、起爆の順番は最初に装薬孔Bが、その後装薬孔A、Cの順に起爆するものとした。

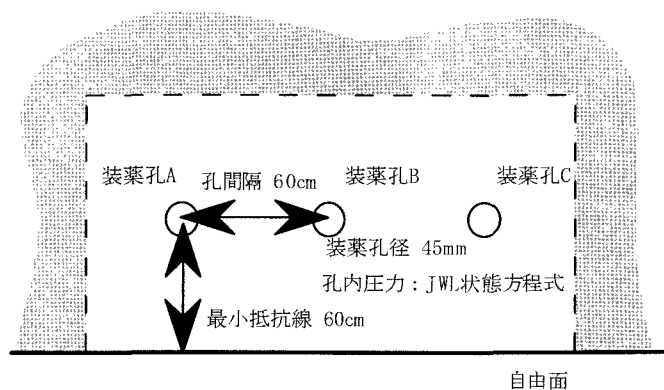


図1 解析モデル

3. 解析結果

亀裂進展による破断面形成メカニズムを図2に示す。ただし、それぞれのケースについて、先行起爆した装薬孔による破壊が終了した時刻、および、全ての装薬孔が起爆し最終破断面を形成した時刻での結果を示す。

Case 1においては、先行して起爆する装薬孔Bから放射状に生成した亀裂は、確率的に数本の亀裂に収束し、その亀裂が隣接孔方向に卓越伸長する。その結果、このケースでは隣接孔Cに亀裂が連結する。そして、後続して装薬孔AおよびCが起爆すると、装薬孔を中心とした放射状の卓越亀裂を生成するが、孔間を結ぶ方向には装薬孔Bからの卓越亀裂が存在する影響により破断面を形成する。特に装薬孔Cにおいては、孔間は起爆以前の卓

キーワード: スムーズプラスティング 数値解析 Guide-Hole 効果 Pre-Cracking 効果

連絡先 : 西松建設(株)技術研究所 神奈川県大和市下鶴間 2570-4 Tel : 0462-75-1135

越亀裂により連結しているため、この領域では大きな引張応力が発生せず、亀裂は発生しない。このケースの破壊メカニズムを Guide-Hole 効果とする。次に Case 2 の場合、装薬孔 C では先行起爆した装薬孔からの応力波が隣接孔に届くと、孔間方向の孔壁には引張応力の集中が生じる。さらに卓越亀裂の伸長による引張応力の集中により孔壁には亀裂が生成される。その後装薬孔 C が起爆すると、孔周辺には放射状に卓越亀裂が生成されるが、孔間方向には起爆以前に生成した亀裂が卓越伸長し、装薬孔 B からの卓越亀裂と連結して破断面を形成する。このケースを Pre-Cracking 効果とする。Case 3 の場合、装薬孔 B から放射状に卓越亀裂が生成するが隣接孔は卓越亀裂の影響を受けない。その後装薬孔 A, C が起爆すると、装薬孔 A, C から卓越して伸長する亀裂と先行起爆により生じた卓越亀裂との距離がある程度近くなると、それらの亀裂間には引張応力が高まり亀裂は連結する。

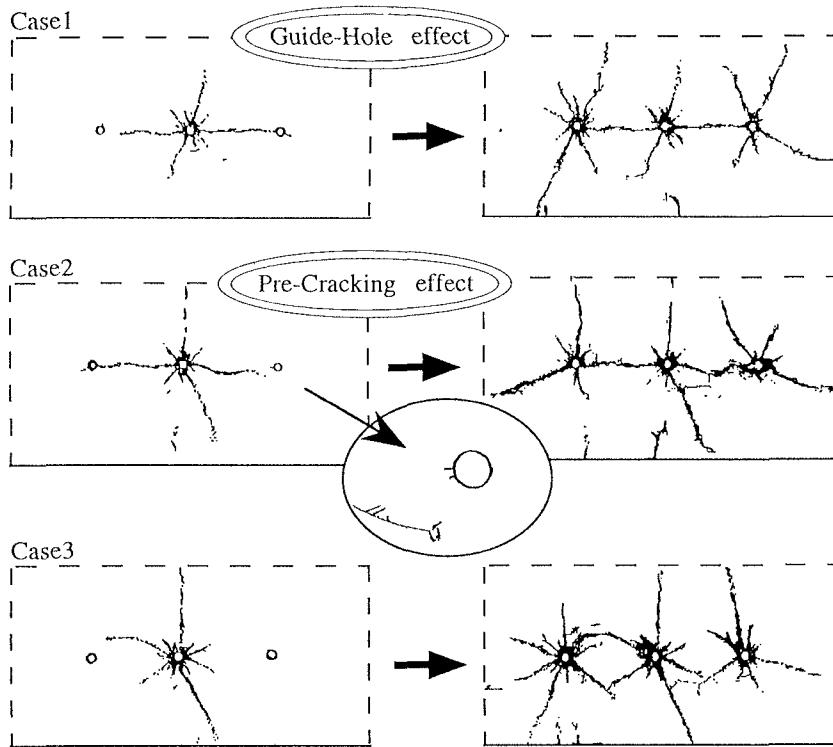


図2 亀裂進展による破断面形成のメカニズム

4. まとめ

孔間を結ぶ破断面形成のメカニズムは、先行起爆により生じた卓越亀裂の方向と長さに強く影響を受けるといえる。つまり先行起爆により生じる卓越亀裂により Guide-Hole 効果や Pre-Cracking 効果が発現するケースでは設計面に近い比較的平滑な破断面を形成するが（Case1 Case2）、いずれの効果も認められないケース（Case3）においては平滑度の低い破断面が形成された。さらにこのケースから、先行起爆により生じる卓越亀裂の長さ・方向によっては後続起爆による亀裂は連結しない可能性を示していることから、孔間隔が増大すれば破断面形成の確率が減少すると推察できる。

- 【参考文献】 1) 伊藤一郎, 佐々宏一: スムースブラスティングにおける破壊機構の一考察, 日本鉱業会誌, Vol.84, No.964, pp.1059-1065, 1968
 2) 金子勝比古, 松永幸徳, 山本雅昭, 松永博文: 発破における岩石破砕過程の破壊力学的解析, 火薬学会誌, No.56, Vol.5, 1995
 3) 金子克比古: スムースブラスティングにおける岩石破砕メカニズムに関する研究, 西松建設 1996 年度研究成果報告書, 1997