

静的破碎剤による岩盤の自由辺近傍の 力学的特性に関する研究

岐阜大学大学院 学生員 ○坂部 泰樹 日本国土開発(株) 正会員 栖原 秀郎
岐阜大学 正会員 藤井 康寿 日本国土開発(株) 藤田 真人
岐阜大学 正会員 中川 建治

1. はじめに

都市部では老朽化した構造物の解体、あるいは建設工事に伴う岩石やコンクリートの破碎作業において、ダイナマイトを初めとする火薬類の使用は危険性と公害問題を伴っており、使用するありかたを問われる状況になりつつあり、安全でかつ無公害な破碎工法の開発が要望されている。この問題を解決するために開発された無発破工法の一つであるブライスター(薬液)について簡単なモデルを設定して、その力学的特性を検討したので報告する。ブライスターは水との化学反応により発生する膨張圧を利用した静的破碎剤の一つであり、破碎対象となる岩石や鉄筋コンクリートにあらかじめクローラードリル等で一定間隔に穿孔を行い充填するだけで静かにしかも計画的に亀裂を発生させ破碎することが可能である。

本研究では、複素変数で構成される応力関数群を用いて一方向に自由辺を有する2次元無限弾性板にブライスターの穿孔径に相当する円孔を多数設定し、ブライスターの任意時間における膨張圧を用いて解析を行い多数設定された円孔周辺の長方形領域における応力と変位を視覚的に認識できる解析結果を示し得た。

2. 解析方法

ブライスターの効果的な運用とはクラックが発生し易い施工をすることであり、被破碎体(対象とする岩盤あるいはコンクリート材料供試体)の抵抗をどれ程低減できるかである。これは自由辺あるいは穿孔径の位置関係に大きく影響されると思われる。

本研究では、上記の問題を2次元弾性問題に置き換えて、図-1に示すように一方向に自由辺を有する反無限2次元弾性体に円孔を一定間隔で6個配置して、材料特性、膨張圧、円孔の半径は実際に現場使用された試料あるいは数値を採用して、力学的特性を検討した。現場施工で破碎した岩質は石灰岩であり、異方性を有すると推定されるが等方等質材料と仮定してヤング係数はシュミット・ロックハンマーの反発度より 184800 kgf/cm^2 と求め、ポアソン比は0.2とした。また、静的破碎剤はブライスター100Cを使用するものとし、図-2に示すように経過時間により膨張圧は増大する。穿孔径70mmにおけるクラック発生は約3時間であることが現場における目視の結果判明したため、クラック発生直前の膨張圧 51.7 kgf/cm^2 を穿孔径の内圧として作用させる(表-1参照)。

著者等は既に無限弾性板に直線状クラックが一本存在して、クラック先端で応力度も変位も共存するプロセスゾーンに相

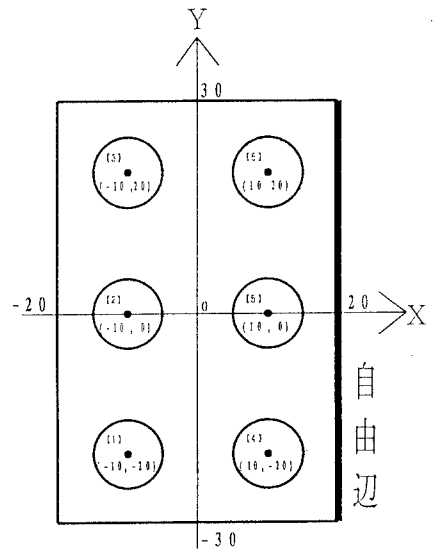


図-1 解析モデル

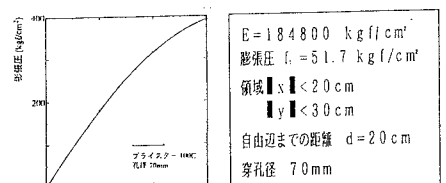


表-1 各種パラメータ

図-2 ブライスターの膨張圧経時変化

当する部分を構成する複素応力関数を誘導した[1]。本研究では、円孔周辺に膨張圧が作用する応力関数の他に、上述の直線状クラックの関数あるいは外側クラック（連続部分が有限な長さを有するクラック）の関数を同一平面上に自由な位置にしかも多数配置することが可能なプログラムを作成しかつ、引張り応力 σ_x とせん断応力 τ_{xy} が自由辺で0となる境界条件を満足する新たな関数を誘導することにより、一方向に自由辺を有する解析結果を導き出した。

3. 解析結果と考察

ブライスターによる膨張圧は経過時間とともに増大し、円孔と円孔の間あるいは円孔と自由辺の間にクラックが発生することになる。このような円孔間の時間経過による破壊進行状況を追跡することは非常に困難であると思われる。したがって、本研究では最も初歩的な円孔を一定間隔に配置しただけの応力及び変位状態を表した計算例(図-3(a)~(c)参照)と円孔間に直線状クラックが入り、しかも外側クラックが2カ所発生した計算例を図-4の(a)~(c)に示す。図-3、図-4の σ_x 、 τ_{xy} の計算例では、解析の都合上、円孔内部の応力は0として解析した。両図に共通して言えることは自由辺線上において σ_x 、 τ_{xy} とも0となり境界条件を満足している。また、せん断応力 τ_{xy} は $x-y$ の直角座標軸に対して45度で応力最大値を与えることが確認される。

図-4は図-3と比較して、円孔間にクラックを配置したことにより、円孔周辺の応力と変位の低減が顕著に現れていることが認識される。また、同時にクラック先端で応力が集中している状態がみられるが、従来の解析手法に見られるようなクラック先端での無限大の応力集中は発生しないような解であることが確認できる。今後の検討課題として、自由辺と円孔との距離による影響評価あるいは円孔と円孔の孔間隔による最適な破壊形態を実測と解析値の両面から検討を行いパラメーターを導出することが必要である。

〔参考文献〕 [1]段樹金・児島弘行・中川建治：亀裂先端部分で有限な応力集中を与える応力関数
土木学会論文集, NO. 374, I-6, PP. 399-407(1986)

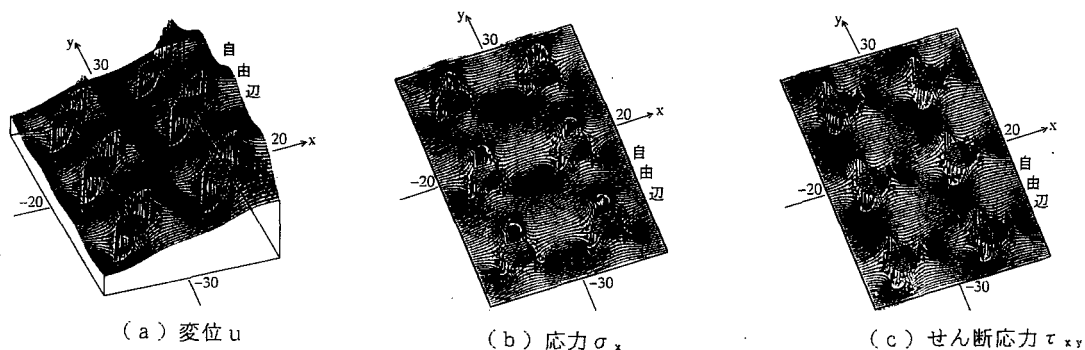


図-3 自由辺を有する無限板に一樣膨張圧が作用する変位と応力(円孔のみの場合)

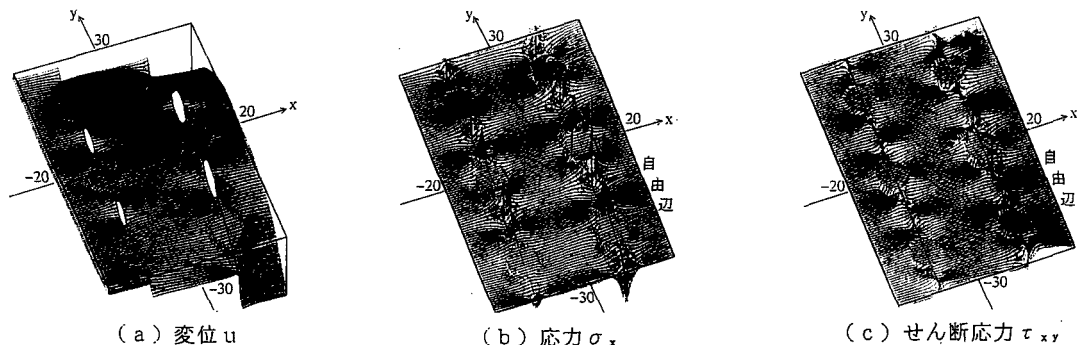


図-4 自由辺を有する無限板に一樣膨張圧が作用する変位と応力(円孔, 直線上クラック, 外側クラックが混在する場合)