

水圧破砕に関する基礎的研究

京都大学工学部 正員 小林昭一
日本国有鉄道 正員 宮本靖夫

1. はじめに

水圧破砕法は、石油井戸や地熱発電の分野で文字通り水圧によって岩盤を破砕する方法として用いられ、そのための研究が進められてきたが、最近ではこれらに加えて地殻応力測定の一方法としても扱われるようになってきた。地震予知の分野では地殻変動を知る手立として、土木の分野ではトンネルや地下発電所のような地中の土木構造物の設計に関連して、それぞれ地殻応力の大きさと方向を調べる必要性から、水圧破砕法を用いるべく研究がなされている。

2. 実験の目的と方法

実験では一辺が 10.5cm のモルタルの立方体供試体を用い、その中心に直径 25mm、高さ 25mm の円筒形の空洞をつくり、そこにポンプによって油圧をかけて破砕を起こさせる。供試体は三軸試験機にセットし、水平二方向および鉛直方向から地圧を想定した圧力を加えておく。この外圧の条件と破砕に要する油圧、破砕の形状などとの関連性を調べることにによって、水圧破砕の特性と地殻応力測定への応用の可能性を探ることが実験の目的である。破砕は供試体内部から発生するので、外側からの観察によって破砕が発生したことを知ることができない。そこで、AE をとることによって破砕の発生する状況を把握した。加える外圧の条件としては、(i) 外圧をまったく加えないもの、(ii) 水平二方向から等しい外圧を加えるもの、(iii) 三方向から等しい外圧を加えるもの、(iv) 水平二方向から等しい外圧を加え、鉛直方向から割の大きさの外圧を加えるものの4通りである。また供試体内部の空洞の底部に、空洞をつくるために付着したポーリングによって生じた突起を残しておいたものと、それを残さずに平らにしたものとの間に差異が見られるかについても調べるため、いくつかのケースについて比較した。

3. 実験の結果

AE を測定することによって、破砕の進行の状況がつかめ、油圧の低下と AE のカウンタ数の増加とがだいたい一致した(図1)。外圧の条件と破砕に要した油圧との関係は、図2に(i)、(ii)の場合を、図3に(i)、(iii)の場合を、図4に(i)、(ii)、(iii)、(iv)の場合の平均を示した。これを見てもわかるように、外圧が増加した場合に破砕に要する油圧が増大する傾向にあることがわかる。また水平方向圧と鉛直方向圧の比率を変えると、油圧の方にも変化が見られる。外圧と破砕の形状との関係については、破砕形状をいくつかの型に分類して各供試体をあてはめていったところ、外圧の条件と関係があることがわかった。これは、破砕が最小の圧縮応力を受けている方向に垂直な面を破砕面にもつように起こり、引張応力が穴の壁面付近に働くことに起因するものであると推測するのに十分な結果だと思われる。突起がない場合とある場合との差異については、図4の一点鎖線と二点鎖線を比べてみると、必ずしも突起がある場合の方が突起がない場合を下回っていない。しかし突起がある

場合で極端に大きい破砕時油圧を示したものがあり、それを含めて平均したためであって全般的には突起のある方がない場合を下回っている。これは突起が応力集中を引き起こし油圧の大きさの差となってあらわれたのだろう。

4、有限要素法による解析

有限要素法により、軸対称問題として実験時の外圧および破砕時油圧を入力して内部の応力を計算してみた。材料特性は、一軸試験によって求めた弾性定数、ポアソン比を用いた。破砕が起こる条件を検討したところ、破砕が引張応力のすぐ働いている部分に起きること、応力の方向が破砕面の方向と関係があることなどがわかった。がしかし、割裂試験によって求めた引張強度と計算の引張応力の大きさとの間にはくいちがいが見られ、まだ問題点を残している。

5、まとめ

破砕に至る油圧や破砕の形状から、そのときの外圧の条件を推測することにはある程度可能であろうが、空洞の長さや形状を変えてもっと多くのケースについて実験を行ない、どのような実験条件の時に関連性が最も顕著にあらわれるか調べる必要があるだろう。

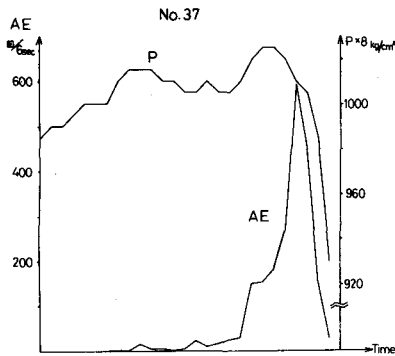


図 1

No.37の供試体の時間-AE・圧力の関係

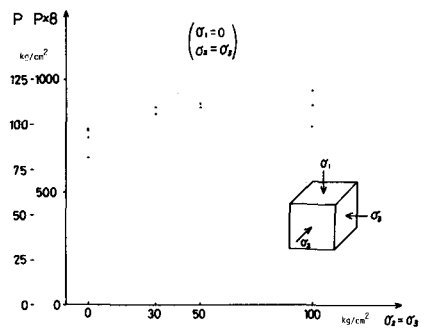


図 2

二軸試験の時の外圧と破砕圧の関係

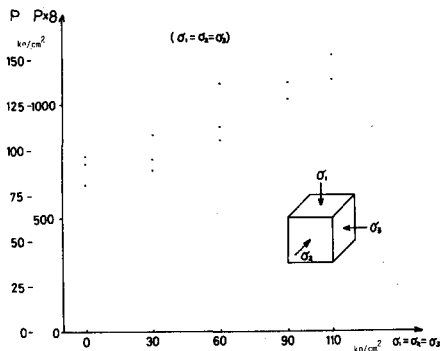


図 3

三軸試験の時の外圧と破砕圧の関係

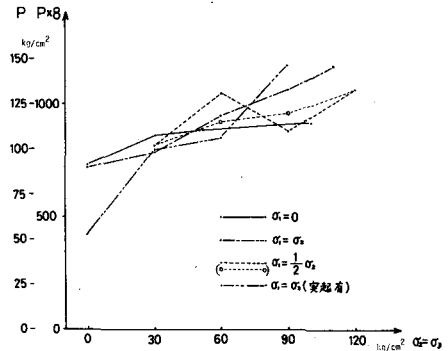


図 4

二軸・三軸試験の時の外圧と破砕圧の関係