

京都大学大学院	○学生員	藤田耕三
京都大学工学部	正会員	小林昭一
日本国有鉄道	正会員	宮本靖夫

1. はじめに

水圧破砕はボーリングした孔に、水圧を加えることにより岩を破壊する方法で、従来、石油井戸や地熱発電所などにおいて地下資源の開発に使用され、研究、開発がおこなわれてきた。また地山の応力測定については、オーバーコアリング、ボアホールジャッキ等により計測されてきたが、この水圧破砕も地山の応力を知る一方法である。本実験は、主に、地山の応力測定への実用化のための基礎的なものである。

2. 概略

岩を水圧によって破壊するとき、その破壊基準は、岩にかかる応力、すなわち地山の応力、加える水圧、岩中の間げき水圧、岩の物理定数、透水性およびクラックの状態の関数と考えられる。さらに水圧を加える空洞の形状も関係すると考えられる。これらを総合的に、実験または試験により知ることができれば、岩にかかっている応力、すなわち地山の応力状態は知ることが可能である。外より加える水圧と空洞形状には、密接な関係があり空洞を細長いものにすれば、水圧は水平方向に二次元的に加わるとみなしてよく応力の計算はたやすく求まる。しかし、破壊は応力集中によって発生するもので、実際の地殻中ではさらに複雑なものになると思われる。注入量に関しては、透水性、クラックの状態に深く関係し、これを測定することにより、その状態を知る一つの目安になると考えられる。

3. 実験方法

予備試験として室内実験を行なった。モルタル供試体を用い、加える水圧、応力（地圧）および空洞形状との関連について調べた。本来、実際の状態に近づけて試験することが望ましいが、予備試験では試験機などの制約により、一边10.5cmの立方体の供試体をモデルとし、その中央に直径2.5cmの孔を深さ6.5cmまであけたものを使用した。別に直径22.5cm、高さ26.5cmの円柱の供試体についても補足的に実験を行った。供試体にはL字型パイプを取り付け図-1のようにしたのち、ハンドポンプにより静かに油圧を加えた。初期地圧に相当するものとしては、三軸試験機により供試体に荷重を加えた。次の4ケースを対象とした。

1. 加圧しない場合、2. 等方加圧した場合、3. 垂直方向のみ異なる加圧の場合、4. 垂直方向のみ加圧0の場合、

ケース4の場合はケース3の特別な場合である。計測はプレシヨージョーグとストレインメーターにより油圧を、また、AE計測装置により内部に亀裂が入りはじめた時のノイズを計測した。AEをもちいれば、ごく初期における破壊の開始時期も知ることができ、またノイズの発生率により破壊の進行過程も知ることができる。

4. 実験結果

室内で行なった実験結果より、次のようなことが観測された。時間とAEカウント数、油圧との関係は図-2に示す通りである。油圧がある値に達するとAEがカウントしはじめ、油圧の増加にしたがいカウント数も増加する。そして油圧を減少させるとカウント数も減少する。しかし、ある油圧をこえると油が低下しても、AEカウント数は増加し

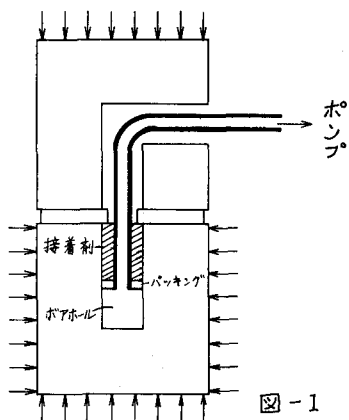


図-1

ほぼ破壊してしまうとどちらも低下してしまっている。したがって、このAEがカウントを初めた時点の油圧が、このモルタル供試体の内壁に破壊を生じはじめた油圧であり、それに相当して引張応力が生じていたものと思われる。破壊しはじめた点は、油圧の低下によっても分るわけであるが、それが微妙であること、また、クラック等のある実際においては、AEのほうが確かであると考えられる。空洞が長く、油圧が二次元的にあつかえる場合は、この油圧よりモルタル供試体の内壁に生じる破壊開始時の最大引張応力を容易に求めることができる。図-3は、供試体に三方向に等方加圧した場合の加圧と破壊時の油圧との関係を示す。図-4は試験ケース1~4の場合をまとめて書いたものである。モルタルを数回に分けて打ちこんだのでその割裂強度に若干のバラツキがあり、良好な結果とは言い難い。しかし定性的性質はあらわされていると言えよう。側圧と垂直方向との加圧力が異なる場合 ($\sigma_1 = \frac{1}{2}\sigma_3$, $\sigma_2 = \sigma_3$) については、等方に加圧した場合より低い油圧で破壊しているが、この低下の割合については、この試験では明確に知ることはできなかった。ケース4の場合はケース3の極端な場合で、垂直方向のみの影響を知るために行なった。図においてはケース3の場合はかなりバラツキがあつて、その直線の傾きは知ることは出来ないが、2~4のケースにおける直線の傾きを比較することにより地圧測定への実用化が可能であると思われる。

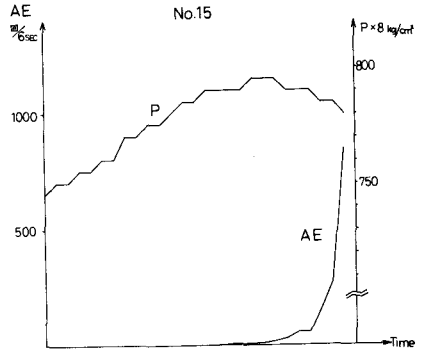


図-2 時間-AEカウント数・油圧

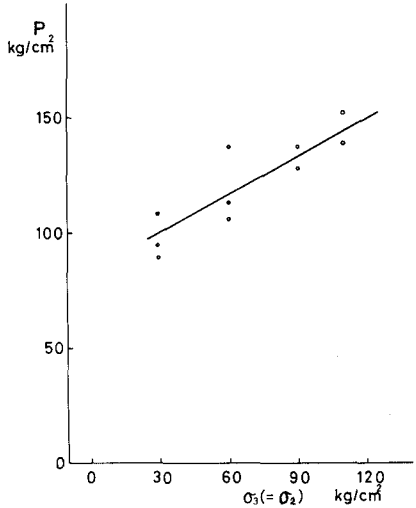


図-3 等方加圧の場合の加圧-破壊圧

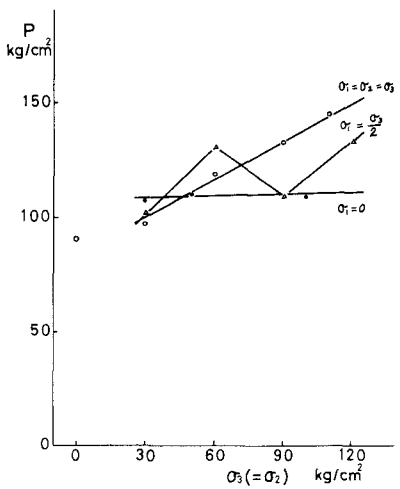


図-4 ケース1~4の場合の加圧-破壊圧

5. おわりに

今回の予備実験は水圧破碎の機構を把握する目的で行なった室内試験である。この試みは、我々にとっては最初でもあり、極めて基礎的なものだけに限定した。不十分な点も多々あり、決して満足のものではないけれども、水圧破碎の基礎的な性質は一応把握できたと思う。

今後は、まず、実験装置を改良し、岩石資料を含めて、より大きなモデルを用いることにより、より高精度の実験を試みる予定であり、初期地圧との関連がもう少し明確になることを期待している。また、節理面をも含むモデル、異方性の卓越したモデルについても研究する予定である。

なお、実験結果と解釈の詳細については当日発表する。