

III-333

水圧破碎法による三次元地圧測定結果

鹿島建設技術研究所	正員	日比谷 啓 介
同 上	正員	渥 美 博 行
同 上	正員	青 木 謙 治

1. はじめに

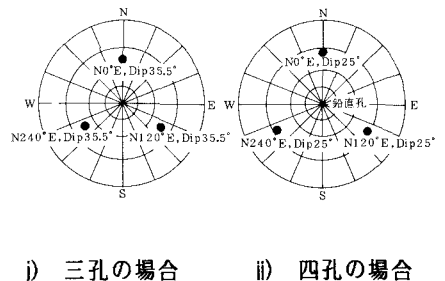
水圧破碎による地圧測定法は、これまで通常用いられてきたオーバーコアリングによる応力解放法(以下OC法とする)と比較して、①応力場を算定するための数多くの情報を短時間のうちに得ることができる、②局所的な地圧ではなくより広い領域の平均的な地圧を求めることができる、③操作が簡便である、等の理由により最近次第にその適用例が増加しつつある。筆者等は水圧破碎による三次元地圧測定法の実用化のためにこれまで各種の検討を行ってきたが、ここでは孔井配置に測定精度を高めるための配慮をして実施した地圧測定例について報告する。

2. 測定用孔井配置について

応力解放によって生ずる孔軸直交平面内の変形成分を計測するOC法(孔径変化法)では複数孔井の配置が地圧測定精度に大きな影響を及ぼす。これは三次元地圧を求めるために方向の異なる通常3孔以上の孔井を必要とする水圧破碎法でも同様である。

水圧破碎によって生成されるき裂は孔軸方向のもの(たてき裂)と孔軸を横切るもの(よこき裂)とに分類される。これらのき裂のうちいずれのタイプがどのような方向に開口するかは、三次元地中応力場、先在き裂の分布状況、および孔井の方向によって決定されるが、よこき裂に関してはその多くが先在き裂の開口によって生成する。一方たてき裂は地圧の算定に際して信頼性の高い情報を与えるためより重要なき裂であるが、通常試験前に孔井内壁またはコアを観察することによって先在き裂を避けた位置を破碎区間に選んで水圧破碎を行い新規に発生させる。このようなたてき裂により孔軸に直交する平面内の地中応力場に関する情報が得られるが、孔軸方向については情報を与えないため三次元地圧の決定には方向の異なる複数の孔井が必要となる。この場合、信頼性の高い三次元地圧を求めるためには複数の測定用孔井を空間的に等間隔に配置することが最適と考えられる。孔井数が三本、四本の場合の最適孔井配置例を図-1のステレオネット上に示した。すなわち孔井が三本の場合には直交三軸配置、孔井が四本の場合には正四面体配置(テトラポット状)となる。ただし水圧破碎では孔井内を常に水で満たしておく必要があるので孔井掘削方向は下向きでなければならない。

さて複数孔を用いてOC法を適用する場合孔井の配置は先端一点集中型とされることが多い。これは孔井先端付近のある一点の地圧を求めるという考え方に基づくものであり、水圧破碎法の適用にあたってもしばしば用いられる孔井配置である。しかし、OC法の結果に基づいて指摘されているとおり岩盤内の地圧は数十cm位置が異なっても測定結果が有意な差を呈することがある。一方、岩盤構造物の設計上必要な地圧は通常このような局所的な地圧ではなく所定領域中の平均的な地圧である。水圧破碎法によって得られる地圧の情報はそもそもOC法によるよりも広い範囲を代表しているといわれているが、以上のような観点からは孔井は先端一点集中型とせず、先端放射型とし、さらに孔井深度方向にできるだけ数多くのデータを取得するよう努めることが適切と考えられる。またこのようにすれば孔口も一点に集中して設けることができ、特に坑道から試験を実施する場合など測定領域選定に関する制約条件の低減も可能となる。



i) 三孔の場合 ii) 四孔の場合

図-1 水圧破碎用孔井の最適配置例
(ステレオネット 下半球投影)

3. 原位置地圧測定結果

今回の地圧測定は花崗岩岩盤内のトンネルから掘削した四本のボーリング孔（孔径76φ、掘進長は各20m）を用いて行った。図-2に2.節の考察に基づいて決定した孔井配置図を示す。なお調査地点の被り厚さは約140mであった。

水圧破碎は先在き裂のない区間をコア観察および型取りパッカーによって選定し、各孔井毎に3～4箇所ずつ行った。図-3が測定に用いたシステムの系統図である。

破碎後型取りパッカーによって明瞭に判別されたき裂（たてき裂；6、よこき裂；2）から得られた情報を用いて、三次元地圧を解析^{*}した結果を表-1に示した。なお同図には別途実施したOC法の結果も併記した。測定地点の鉛直方向地圧は被り厚さおよび各構成層の単位体積重量とから36.3kg/cm²と算定され、水圧破碎による垂直方向の応力 $P_v = 38.9 \text{ kg/cm}^2$ はこれと極めてよい対応を示している。また表-1中に示したように各応力成分の確率誤差の推定値も極めて小さく測定および解析精度もかなり高いことを示している。図-4のステレオネット上に水圧破碎法とOC法によって求めた主応力の方向を示したが、同図および表-1から両測定法の結果は非常によく合致していることがわかる。なお、OC法の結果は水圧破碎用孔井とは異なる三孔井内（N90°E、水平；N135°E、水平；N225°E、水平）で5成分埋設ひずみ計を用いた合計9点の計測結果を総合評価して求めたものである。

4. おわりに

花崗岩岩盤内のトンネル中で水圧破碎による三次元地圧測定を行った。孔井配置を従来のOC法の適用時に見られるような先端一点集中型とせず放射型とすることによって設計上必要な岩盤中所定領域内の平均的な地圧を求めるよう努めた。このような孔井配置はOC法の適用に際しても採用しようと考えられる。また水圧破碎法の実施に際してはできるだけ数多くのデータを求めるように努め、後日手法自体の精度検定に役立つようにした。

（参考文献）

* Kuriyagawa, M. et al. Determination of In-Situ Stress to Predict the Direction of Hydraulically Created Fracture for the Development of Hot Dry Rock Geothermal Reservoir (GRC Annual Meeting 1985)

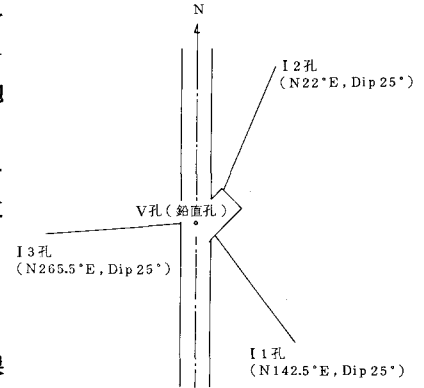


図-2 測定用孔井配置図

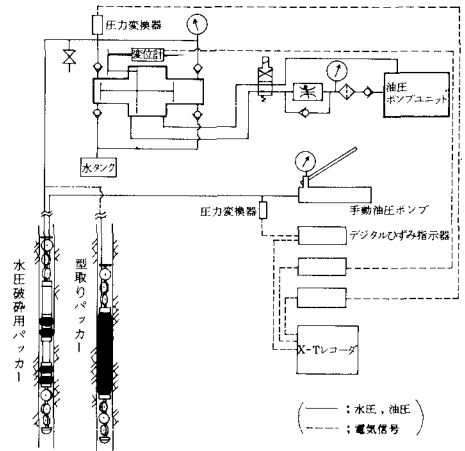


図-3 計測システム系統図

表-1 三次元地圧解析結果

応力	水圧破碎法	オーバーコアリング法
σ_N	37.2 ± 3.5	29.5
σ_E	27.1 ± 2.0	30.2
σ_V	38.9 ± 2.3	32.7
σ_{NE}	5.7 ± 1.1	2.1
σ_{EV}	-13.7 ± 1.8	-8.0
σ_{VN}	-2.1 ± 1.4	-4.0
σ_1	49.9	41.2
σ_2	36.0	28.0
σ_3	17.4	23.2

(kg/cm²)

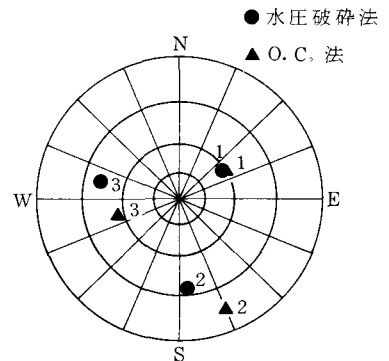


図-4 三次元地圧解析結果

（ステレオネット 下半球投影）