

PSⅢ-20 地山内部応力の計測

（財）電力中央研究所 正員 金川 忠

1. まえがき

地下式揚水発電所の建設に代表されるような大規模な岩盤空洞の掘削等では、合理的かつ安全な設計・施工を行うために、岩盤内部に作用する地圧（地山応力）の大きさや方向を事前に把握する必要がある。

地圧は岩盤の自重だけでなく、地殻運動や地形・地質構造等の影響を受けて複雑に分布している。このように種々の要因により生じている地圧は、簡単に想定することが困難であり、測定に頼らざるを得ない。

当所は、電力各社等に協力し、手法の改良・開発を図りながら全国30地点以上の地圧測定を実施してきた。以下にこれらの概要を述べる。

2. 測定方法

（1）電中研式オーバーコアリング法（OC法）

岩盤内に削孔した小口径ボーリング孔内に多成分ひずみ計をセメントペーストで埋設し、同心円の大口徑コアボーリングにより応力解放を行ってその時のひずみ（解放ひずみ、図-1）を測定する方法である。そして、コア内に埋め込まれているひずみ計は、コアの三軸試験により外圧を与えて検定し、外圧とひずみ計出力の関係から応力への変換係数を求めて解放ひずみに対応する地圧を算出することになる。

多成分ひずみ計は改良を重ね、1測点で3次元地圧が測定できるように $\phi 42 \times 250\text{mm}$ のゴムモールドの中に8方向成分のひずみ計を組込んだ8成分ゲージを最近では用いている。通常、1地点において6～9測点の測定を行い、平均的な地圧状態を求めている。

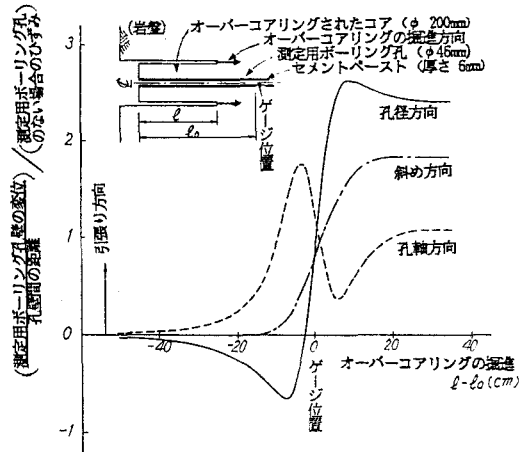


図-1 応力解放中のひずみ変化（軸対称解析）

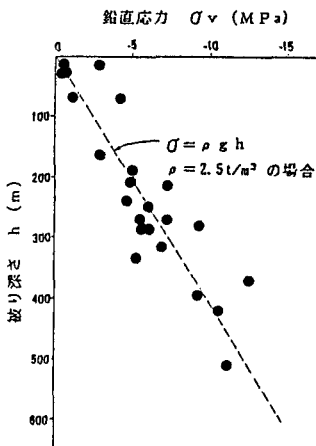


図-2 鉛直応力と被り深さの関係（OC法）

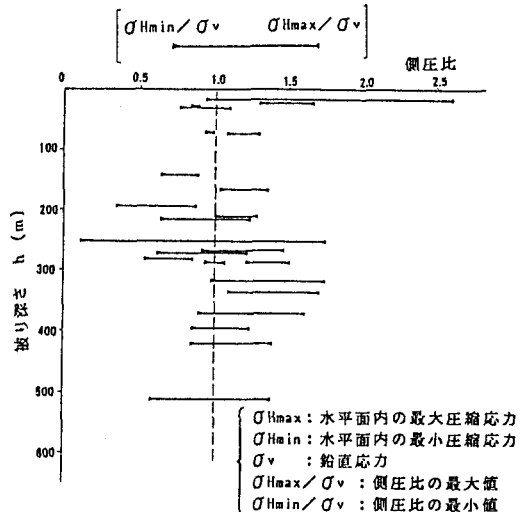


図-3 側圧比と被り深さの関係（OC法）

(2) アコースティック・エミッション ン法 (AE法)

室内で岩石コアの一軸圧縮時に発生するAEを測定して、そのカイザー効果から地圧を求める方法で、当所の開発によるものである。カイザー効果とは、一度応力履歴を受けた材料に再び载荷すると、その先行応力レベルまではAEがほとんど発生しないという現象である。すなわち地圧を受けていた岩石コアの载荷試験により、AEの発生する応力レベルから地圧を求めることになる。

AE法による地圧測定は、一軸载荷方向の地圧成分を求めることになるので、3次元状態の地圧を調べるためには6方向以上の岩石供試体を作製して、それぞれ実験を行う必要がある。通常、1方向について20個程度の供試体を用いて測定し、その精度を高めている。

AE法の測定結果は、数地点においてOC法の結果と比較検討され、その有効性が確かめられている。

(3) AE法と変形率変化法 (DR法) の併用試験

DR法は、岩石に与えられた先行応力によって既に発生しているクラックが载荷によって閉じる時の変形特性と、先行応力以上の载荷によって新たにクラックが発生する場合の変形特性に相違が生じることを利用する方法で、東北大学（山本）により提案された方法である。すなわち岩石供試体に一軸の繰返し载荷応力を与え、各回の同応力レベルにおけるひずみ差を求め、このひずみ差の挙動の相違から地圧を求めることになる。DR法もOC法の結果と比較検討され、その有効性が確かめられている。

AE法とDR法は、共に岩石試料を用いた室内試験であることが共通している。そこで、一供試体に両測定法を同時に適用する併用試験（図-4）を提案し、手法の検討を進めている。

3. 測定結果のまとめ

(1) 図-2, 3にOC法による各地点の測定結果を示す。鉛直応力はほぼ被り深さに対応する結果が得られているが、水平面内の最大応力は鉛直応力より大きい地点が多い。

(2) 図-5にAE法とDR法の併用試験測定例を示す。花崗岩供試体を用い、先行応力（20MPa）を人為的に与えた後に、両測定法を適用したもので、推定地圧は21MPaとなり先行応力とほぼ同等の値となった。

(3) 図-6にOC法とAE法の比較結果を示す。ボーリングの深さ方向に孔軸応力を測定して比較したものである。絶対値は若干異なるがボーリングの深い方で応力が大きくなる傾向が両者に顕著である。コアのP波速度を示したが、深い方で速度が速くなっており、深い程岩質が良好であるものと思われる。すなわち、非均質な岩盤の場合、岩質が硬い良好な岩盤の方がより大きな地圧を分担していることが伺える。

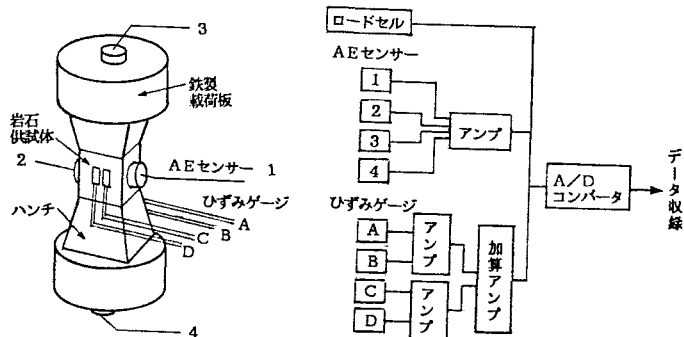


図-4 AE法とDR法の併用試験

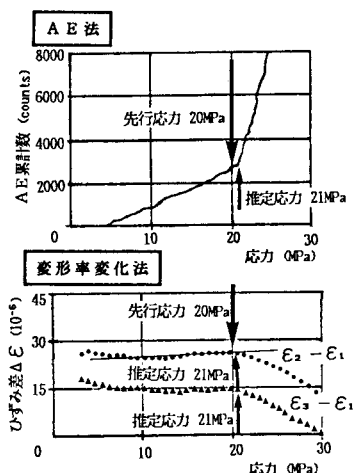


図-5 併用試験結果例

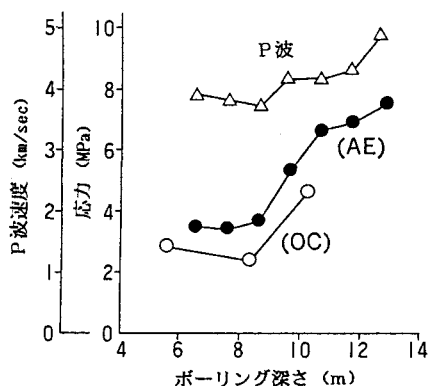


図-6 OC法とAE法の比較