

応力解放法による初期地圧の測定

(財)電力中央研究所 金 川 忠

1. まえがき

地下式揚水発電所の建設や石油地下備蓄等を行うためには、地下の岩盤を掘削して大きな空洞を造る必要がある。そのためには、予め周辺岩盤に作用している初期地圧の大きさを把握し、岩盤の強度・変形特性等を考慮して合理的な補強工を施した安全な設計・施工を行わなければならない。

初期地圧の大きさは、岩盤の自重だけでなく地殻運動にも起因していると考えられ、さらに地形や地質構造の影響を受けて三次元的に複雑に分布している。このような初期地圧の状態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。

初期地圧の測定法は、いくつかの原理に従い種々の方法が考案・実施されているが、ここでは応力解放法について述べる。

2. 測定法の概要

(1) 測定原理と方法

応力解放法は、応力を受けている岩石部分を切り取って応力を解放し、その時の岩石部分のひずみまたは変形を測定して解放前の応力を逆算する方法である。

実際には、空洞掘削予定位置近傍の調査坑（地質調査等のために掘削された幅・高さともに2～3m程度の坑道）を利用し、坑内から深度5m以上のボーリングを行う。そのボーリングの孔奥に測定ゲージをセットした後にその周囲を同心円の大口径ボーリング（オーバーコアリングと言う）によって応力解放する。

ボーリングを利用する大きな理由は、調査坑近傍の岩盤が掘削時の発破等により損傷し応力が乱れている可能性があるので、その領域を避けて測定するためである。

(2) 測定法の種類

国内で実績のある方法を次に示す。すなわち、ボーリング孔内のどの部分に着目して測定するかによって

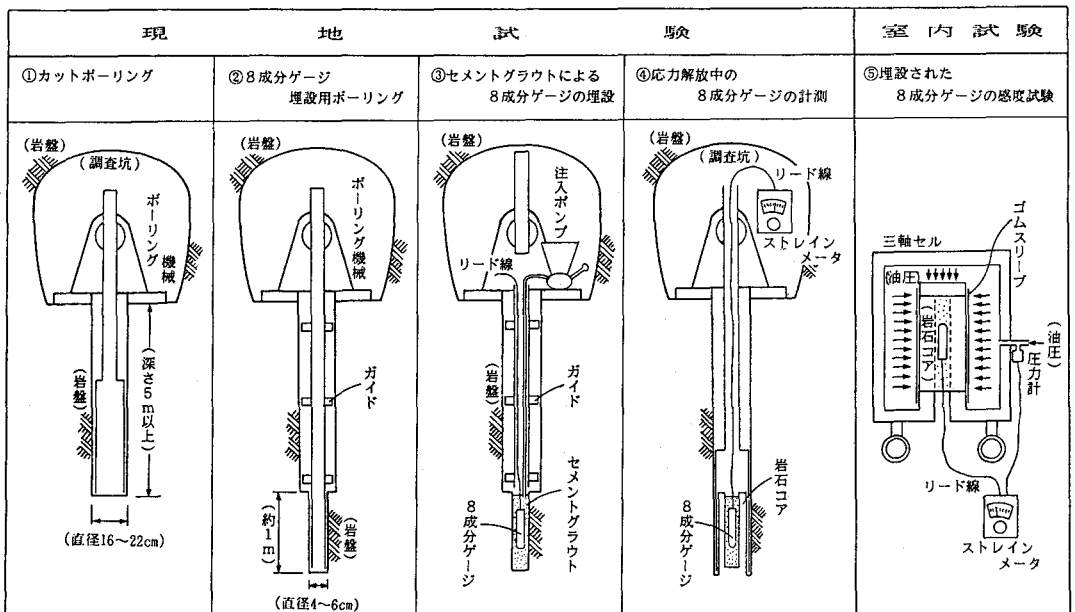


図-1 電中研方式による地圧測定手順の模式図

使用するゲージや解析条件が異なってくる訳である。

- a. 孔底を平滑に研磨して孔底面のひずみ変化を測定する孔底法（京大方式）
- b. 孔底法のひずみ感度を改善するために孔底を凹んだ半球状に研磨し、球状面のひずみ変化を測定する球状孔底法（熊大方式）
- c. 変形の最も大きい孔径変化を測定する孔径変化法（東大方式）
- d. 孔径変化だけでなく孔内斜め方向の変位変化も測定するために、ひずみ計を組合せて孔内に埋設（セメントグラウト）して測定する埋設法（電中研方式）

以下に、電中研方式について示す。

3. 電中研方式の概要

図-1に測定手順を示す。深さ5m以上の小口径ボーリング孔内に8成分ゲージを埋設した後にオーバーコアリング（OC）を行い、応力解放時のひずみ変化を測定する(④)。その後、OCのコアを回収して室内三軸試験を行い、8成分ゲージの外圧に対する検定を行う(⑤)。応力（地圧）解放時のひずみ値と、8成分ゲージの検定値とから地圧を算出することになる。

図-2に8成分ゲージの構成図を示す。孔径方向4成分と斜め方向4成分を組合せたものである。この内、孔径および斜め方向の各3成分（合計6成分）の測定値が得られれば3次元主応力が算出できる。

図-3は、応力解放中のひずみ変化を解析により予測したものである。孔内の測定方向によりひずみが特徴的に変化する。実際の測定でもひずみ変化の形状が酷似しており、測定値の信頼性が高い。

図-4は、8成分ゲージが正しく3次元主応力を算出できるか否かを検証した室内実験である。花崗岩の立方供試体（30cm角）を用い、斜め対角上に8成分ゲージを埋設し、3方向から作用させた外力の除荷時のひずみをまず測定する。次に、3方向から等圧载荷して8成分ゲージの外圧に対する検定値を得る。除荷時のひずみと検定値から応力を算出した結果が下図である。上図に示した载荷応力とほとんど一致し、実用上問題とならない誤差であることが確認できた。

4. 系 言

初期地圧測定法の中で、応力解放法は原理も明解で実績も多く、最も信頼できる方法と言えよう。しかし、原位置試験が主体のため経費が高む等の問題がある。

電中研方式は20年近い測定経験と40地点（被り深さ20~1000m）に及ぶ実績を挙げてきた。8成分ゲージは埋設することにより測定値が安定し、また、硬岩から軟岩地帯まで幅広く適用できる利点を持っている。

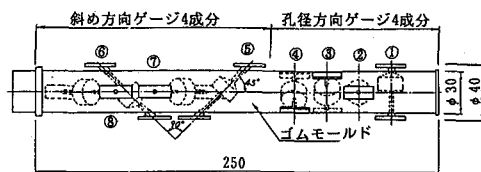


図-2 8成分ゲージ構成図

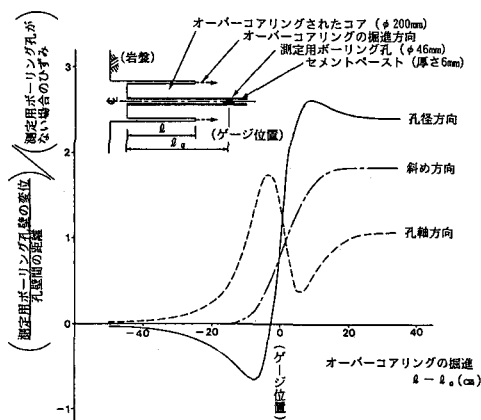


図-3 応力解放中の方向別ひずみ変化
(回転体モデルによるFEM解析)

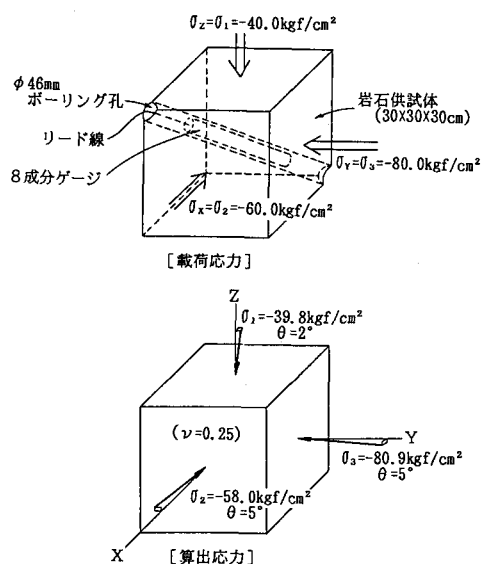


図-4 8成分ゲージの三軸検証実験