

新高瀬川地下発電所地点における初期地圧の測定結果について

東京電力株式会社 御 牧 陽 一

1. まえがき

近年、各所の地圧測定結果より地表近くでの水平地圧が意外に大きいことが報告されている。このことは、地圧が地山かぶり重量の他に、地形ならびに地質構造、更に地殻変動、造山作用等の影響を受けるためであり、大型地下構造物の設計にあたっては特に注意すべき問題である。

東京電力が高瀬川地点で計画している地下発電所は高さ59.5m、巾32.5m、長さ139.5mの規模を持ちこれに主変室等の大型地下構造物が併設されることとなる。これ等地下構造物の設計に際し当地点で実施した地圧測定の結果、水平方向に卓越した残留地圧が確認され、地形、断層等の関連に関し非常に興味ある結果を示した。以下その測定方法ならびに結果についてのべるものである。

2. 測定方法

本地点の測定方法は、特に①導坑壁面での発破による直接損傷領域、応力集中ならびに緩み領域から隔離した深部での測定をすること、②計器の岩盤への接着を確実にするとともに、多少の湧水のある地点での測定が可能なること、③1測点あたりの観測データ数を最大とすること、に留意し図-1に示す測定方法を採用した。

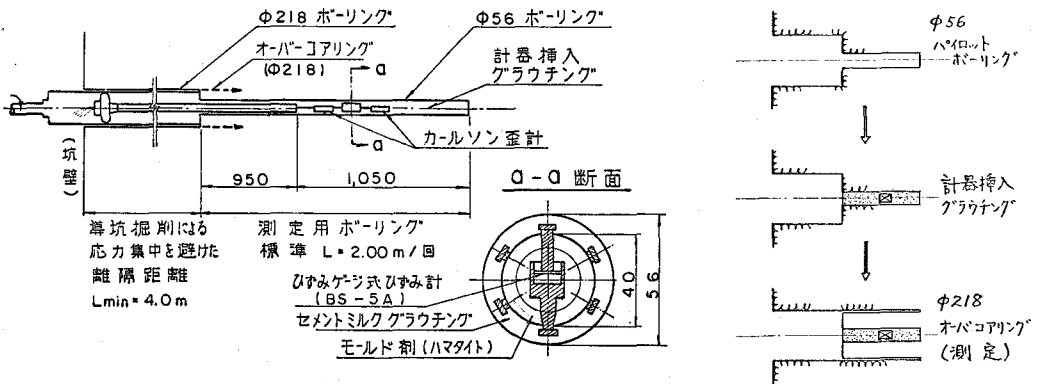


図-1 測定方法説明図

この測定方法は、孔径方向3成分および孔軸方向1成分（合計4成分）の開放ひずみを同時に測定するもので、各ボーリング測定孔について孔径方向内応力およびこれと直交する孔軸方向直応力を求めることができる。さらに3次元応力を求めようとする場合は、独立した6個の開放ひずみが必要となり、相異なる方向で2孔以上の測定を行ない、開放ひずみを組合せることにより求めることができる。本地点の測定においては、同一地点において測定した多数の開放ひずみを組合せて解くことにより、最確値を求めるとともに誤差の推定を行なうこととした。

3. 測定位置ならびに周辺岩盤の物性

高瀬川流域の地質は花崗岩、閃緑岩および玢岩より構成されているが、大部分は花崗岩である。これ等の岩石は黒部川中流部、烏帽子岳、蓮華岳などに分布する岩石と同一であり、中生代ジュラ期以

降に生成したものと考えられる。測定は地山かぶり250mの発電所アーチ中央部の調査坑（E L 1023m, 3箇所×2方向），および同一地山かぶりの鉄管中段作業坑（E L 1110m, 1箇所×2方向）の合計4個所で実施し、測定位置の地質は花崗閃緑岩，斑状細粒閃緑岩および花崗岩である。

測定位置周辺で同一岩種について調査した結果によると、ボーリングコア（ $\phi=46\text{mm}$ ）による室内試験で圧縮強度2,000 kg/cm^2 ~3,000 kg/cm^2 ， $V_p=4.0\sim 5.0\text{ Km/sec}$ であり、現地ジャッキ試験およびブロックせん断試験において $E=6\times 10^4\sim 12\times 10^4\text{ kg/cm}^2$ ， $\alpha=0.32\sim 0.36$ ， $\beta=0.72$ ， $\tau_0=14\sim 35\%$ ， $\theta=52^\circ$ である。

(測定 NO.3-V-1)

4. 測定ひずみならびに採取コアの物性
オーバーコアリングの進行と開放ひずみとの関係は、実測例を図-2に示すとおりであり、孔径方向では、まず解放ひずみと逆のひずみが発生し、オーバーコアリングが埋設計器を通過する地点で逆転し、開放ひずみが発生することとなっている。このことは、孔径方向応力は開放直前まで応力集中するのに比して、孔軸方向応力が比較的早期に開放されるためであり、理論解（弾性解）と一致している。

解放ひずみを用いて地山初期応力を求めるのに必要となる岩石の物性（ E ， ν ）は、オーバーコアリングにより採取した岩石コア（ $\phi 218\text{mm}$ ）を計器埋設のまま用いて室内三軸試験により求め、計器の応答も同時にチェックすることとした。

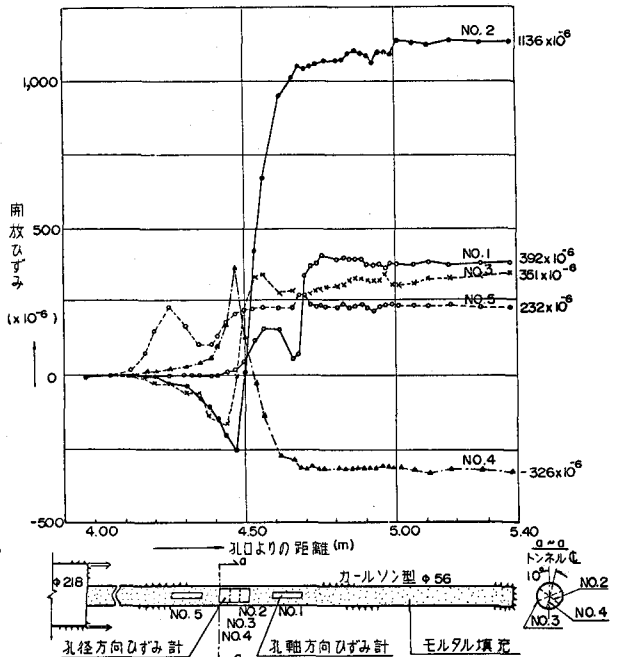


図-2 オバ-コアリング法による開放ひずみ測定結果の例

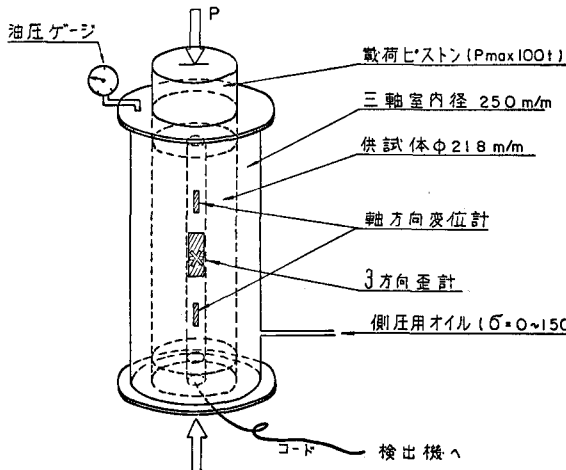


図-3 高圧三軸室概念図

荷重装置の概要は図-3に示すとおりであり、最大荷重々重は、それぞれオーバーコアリングにより発生した開放ひずみの120%を補償する荷重とし、全コアについて物性を求め、それぞれ解析に導入することとした。

試験の結果、計器の応答は正常で、弾性係数は $20\times 10^4\sim 35\times 10^4\text{ kg/cm}^2$ であり、同一岩盤について $\phi 46\text{mm}$ ボーリングコアを用いて行なった試験結果よりやや低い値を示した。

5 解析結果

各地点の計測結果より面内応力を解析した結果は、いずれも平面的にE-W方向の地圧が卓越している。発電所アーチ調査坑の接近した2地点が同一地山かぶりであり顕著な断層または開口節理が介在しないことで、マクロ的に同一地山特性を示すと仮定した3次元解析の結果は図-4に示すとおりである。なお図-4に示す解析に用いた測点は、-X, Y, -Zの3方向各2測点(解放ひずみ $3 \times 2 \times 4 = 24$ 成分)であり、全測点を組合せて解いた結果は、標準偏差 $\pm 10\%$ であった。

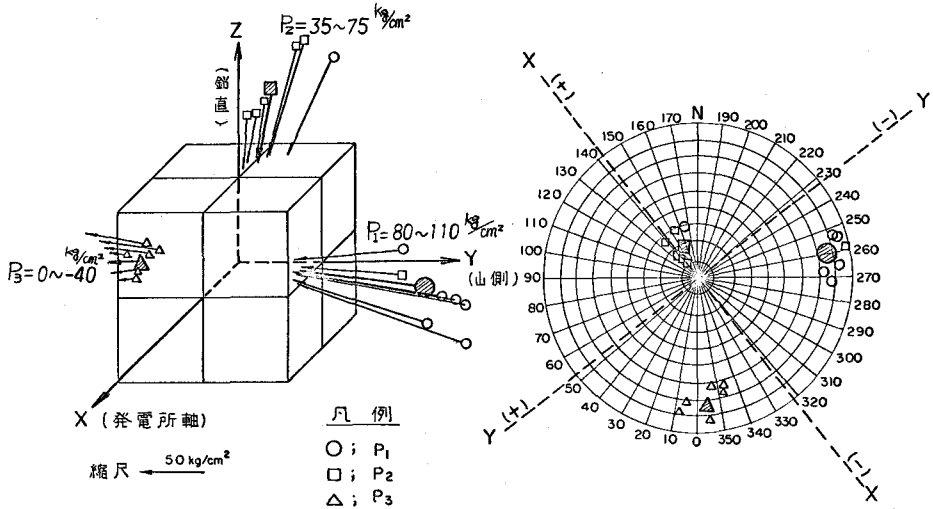


図-4 地下発電所における地山の初期地圧(主応力)

a. 地形との関連

解析結果からみると、第1主応力は平面的に尾根の方向で尾根の方向に 10° の傾きを持ち、第2主応力は山の斜面にほぼ平行で、測定個所における地山かぶり重量($250m \times 2.5 \text{ ton/m}^2 = 625$)にほぼ等しい値を示し、第3主応力は地表面と直交する方向となっている。

一方、水平方向に卓越した第1主応力 P_1 と、上記かぶり深さ重量に等しい第2主応力との比(P_1/P_2)は平均して2であり、水平方向が大きいため、当地点の地山には潜在地圧があり、除荷の影響を受けにくい尾根の方向に残留しているものと考えられる。

また最小主応力である第3主応力は、地表と直交する方向であり、高瀬溪谷の浸蝕と猪の口断層の発生により開放され消滅したのと考えられ除荷の影響を顕著に表わしている。

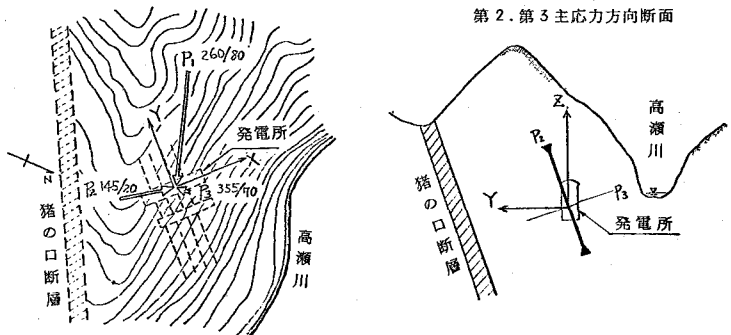


図-5 地形と初期地圧の方向

6. 断層との関連

新高瀬川発電所付近の大きな断層破砕帯としては、下流（東5 km）付近をN-Sに走る中央構造線があり、上流（西3 km）には中央構造線と平行して、N-Sに走り高瀬川上流部の溪谷を形成している高瀬川断層（91/56, 巾60m）があり総じてN-S系が支配的である。

新高瀬川地点の地質調査を担当している電力中央研究所 堀氏の調査によると、測定地点近郊で卓越した断層・破砕帯としては、測点の東南300mに猪の口断層（332/79, 巾30m）および北東800mに葛断層（17/80, 巾35m）がある。これ等の断層と測定結果との関係は図-6に示すとおりであり、猪の口断層および葛断層が地圧によるせん断破壊により発生したものとして求めた主応力の方向は、前記実測結果と良く一致しており、興味ある結果を示している。

c. その他

ボーリング削孔時に発生するディスクング現象と初期地圧の関係から、地山初期応力を推定する研究がある。本地点での測定用ボーリングにおいても、下向（-Z方向）ボーリングの一部（オーバーコアリング時）にディスクング現象が発生した。このことから水平地圧が1軸的に卓越していることが推定され、オーバーコアリングにより求めた結果と一致しているが、岩石の物性、ジョイント系列等の相異も影響してか、ディスクング現象は極端的に発生しており、3次元の地山応力を推定することはできなかった。

6. あとがき

上記初期地圧測定の結果は、発電所長手方向にやや直交する方向であり、地下空洞掘削時における側壁のゆるみ出し等、掘削時の安定を計るうえで誠に不便な結果となった。地下発電所の設計については、揚水式の場合、下部調整地の水位によりポンプ水車の中心標高が定まり、機器配置により空洞の大きさが定まるが、更に合理的機器配置のほか、地山の初期条件を含め、発電所軸ならびに掘削断面の変更を行なうことにより、空洞掘削時の安定を計るべく検討中である。

終りに、本測定を行なうにあたって、岡行俊助教授はじめ京都大学鉱山学教室の各位、ならびに林正夫部当任はじめ電力中央研究所・地盤基礎研究室の各位の御指導、御協力をいただいたことを記し厚く謝意を表します。

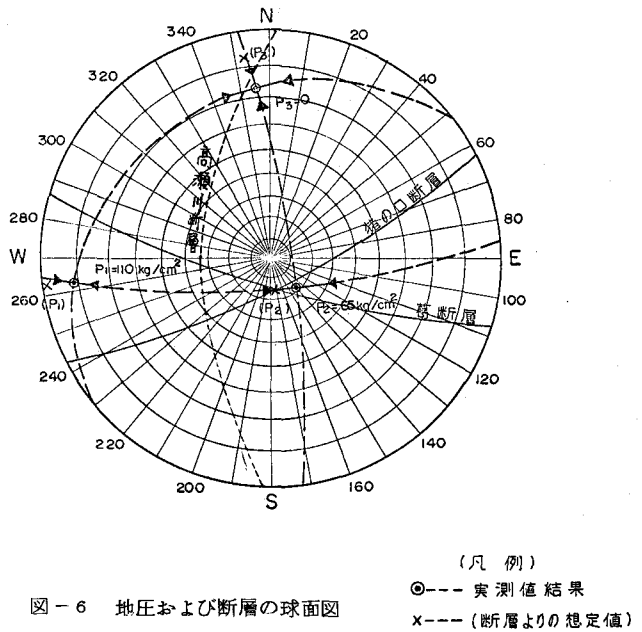


図-6 地圧および断層の球面図

以上

Results of Measurement the Initial In Situ
Stresses in the Underground at the Shintakasegawa
Underground Powerhouse

Tokyo Electric Power Co. Inc.
Youichi Mimaki

In recent years, as the results of the initial in situ stresses measurements in various sites, it has been reported that the horizontal in situ stresses near the surface are unexpectedly large, and this has been important problem in case of the design of large sized underground structures. For the design of the Shintakasegawa Underground Powerhouse, the initial in situ stresses were measured by the overcoring method by which three relieved strains in the plane perpendicular to the bore hole and one longitudinal relieved strain were measured at the same time. As the result, remaining stresses in the rock mass were measured which were distinguished to the horizontal direction. The direction brought about very interesting results in relation to the geographical features and the faults.

The method is as follows. First the pilot boring (56mm in diameter) is done and the particular gauges are set by grouting by which three component strains in the plane perpendicular to the bore hole and one longitudinal component strain will be measured. In situ rock stresses are relieved by overcoring (218mm in diameter) and the relieved strains are measured. By this method, on every measuring points the stresses in the plane perpendicular to the bore hole and the longitudinal stresses can be obtained. And, also in case of analyzing the three dimensional stresses in the rock mass, that can be obtained by measuring at more than two bore holes and assorting the relieved strains on account of the necessity of six independent relieved strains.

The property of matters of the rock (E, ν), which was necessary to obtain the initial in situ stresses by using the relieved strains, was obtained by the laboratory triaxial compression test using the rock core (218mm in diameter) with the gauge gathered by overcoring. And at the same time, the response of the gauge was checked.