

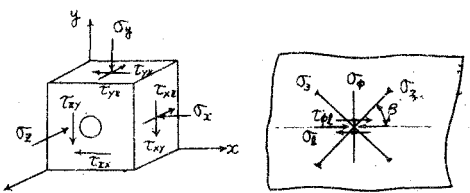
名古屋大学 正員 川本 兆万

よまがき 岩盤マスの力学的挙動は岩盤内の初期応力（プレストレス）に影響され、岩盤カドのような応力状態にあるかによって亀裂、節理や断層等の影響は非常に異なってくる。したがって、ダム基礎岩盤内やトンネルを掘削する地山における初期応力の状態を知ることには、岩盤の変形性や強度等の力学的特性が明らかにし、岩盤の安定性を推定するために必要なことである。岩盤のプレストレスを測定することはかなり以前より鉱山、ダムサイトで行われてきたことあり、いわゆる応力解放法¹⁾と flat jack²⁾あるいは curved jack³⁾による方法が用いられている。また Hydraulic fracturing 法⁴⁾がある。従来の応力解放法は単一孔あるいは同心円孔の掘削による応力解放であるが、本報告では既設ボアホールを測定側にし、それに隣接して第2のボアホールを掘削することにより、応力解放を行おうとする方法について説明する。この方法は前述した2孔の相互干渉による応力集中を利用して、岩盤のプレストレスを測定する一種の応力解放法であり、最初既設ボアホールを利用して岩盤内部におけるボアホールの変形測定により、プレストレスを求めるとするが、ここでは、まず横坑壁表面で行われたボアホール壁のひずみ測定によるものについて述べる。

プレストレスの測定 横坑壁面やボアホール壁でのひずみ測定値よりその位置の応力値を求めると、それはただちに岩盤のプレストレスを与えるものではない。それは横坑やボアホールの存在によって、これらの壁面にすでに応力集中を生じているからである。しかしこれらの応力集中は岩盤のプレストレスにもつて生ずるものであり、これらの間に適当な関係を有するから、ひずみあるいは応力の実測値と解析することによってプレストレスを求めることができるとする。坑道壁面上の応力から坑道の影響のない応力を求める方法については、三次元応力状態のもとでの坑道のまわりの応力および変位に対する厳密解を用いて、平松、国西博士により説明されている。

いま測定が円形断面の坑道壁面かボアホールで行われるときには、近似的につきの図様式を用いることができる（図-1参照）。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_p &= \sigma_x + \sigma_y - 2(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\phi + 4\tau_{xy} \sin 2\phi \\ \sigma_z &= \sigma_z + \nu(\sigma_x + \sigma_y) \\ \tau_{pz} &= 2(\tau_{yz} \cos \phi - \tau_{xz} \sin \phi) \cos 2\phi \end{aligned} \right\} (1)$$



式で σ_p , σ_z および τ_{pz} は坑道壁面の一点における断面 z 面内周方向および坑道軸方向（ z 軸方向）直応力と

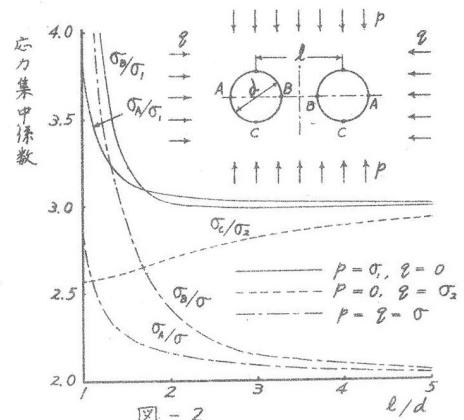
図-1

それらの間のせん断応力であり、 $\sigma_x, \sigma_y, \dots, \tau_{xz}$ 等は三次元的なプレストレス p_1, p_2, p_3 と x, y, z 軸方向に分解した2次元応力である。壁面上の応力の測定として、 $\sigma_p, \sigma_z, \tau_{pz}$ の代わりに主応力 σ_1, σ_2 とその方向 β を求めてもよい。

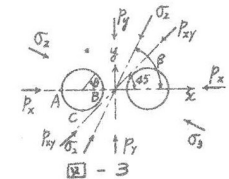
坑道の岩盤表面に直径 10~15 cm のボアホールを深さ 15~20 cm 程度掘削し、壁面より 2~3 cm 奥に入ったボアホール内面に、水平、鉛直およびそれらと 45° の位置にロゼットゲージを貼付した。これらのゲージを指示計に接続した後、さきのボアホールと中心が等レベルになり、それに近接した同

径のポアホールを周削し、その周削の進む深さに応じて、隣接ポアホール周辺のひずみの変化が測定された。このような測定では、ストレインゲージによるひずみ測定よりも、適当な変位計が用いられるれば、ポアホールの変形測定を行なう方が実験が容易であり、いくつかのポアホールに対して2回以上測定を続け2行くことが出来る。またポアホールの深部において測定が可能であると考えられる。坑道壁面での測定では、測り取れぬひずみから応力を算定する場合に、平面応力状態として取り扱われる。ポアホールの深部では平面ひずみ状態として取り扱わねばならない。岩盤表面での測定でも完全に平面応力状態にはなっていないので、ロゼットゲージを用いてポアホール軸方向のひずみの変化を計測する。

対称軸に平行に作用する等分布荷重をうける場合の2円孔を有する無限板の応力状態は、Chih-Bing Ling⁵⁾により解かれており、その解より求められる円孔周辺の特異的な位置における応力集中率と2円孔の中心間隔との関係を示すと図-2のようになる。これより応力解放の効果を充分にうけるためには、2つのポアホールをかなり接近させる必要があることがわかる。本法を含めて、一般に行われてゐる応力解放法で求められるものは、ポアホール軸に垂直な面（横坑岩盤表面もこれに相当する）内での、いわゆる2次主応力である。2次主応力の方向が推定される場合には、



それと平行に2円孔の中心線をとって測定すれば、結果の解析は容易である。しかし一般には岩盤のプレストレスの方向は不明であり、その場合には容易に Ling の解を用いることは出来ない。2次主応力の方向が図-3のように対称軸と傾斜して作用するとせば、主応力 (σ_1, σ_2) を分解して x - y 軸の荷重と、それらと 45° 傾いた方向の荷重 (P_x, P_y, P_{xy}) に置き換えることができる。そして円孔の周辺応力 σ_θ を次のように表わすことができる。



$$\sigma_\theta = AP_x + BP_y + CP_{xy} \quad (2)$$

係数 A, B, C は円孔周辺上の位置 (θ の値) と2円孔の位置関係 (l/d) によって定まる値であり、理論的に求めることが容易でないため、ここでは光弾性実験を用いて求めた。光弾性写真の1例を示すと図-4のようである。ポアホール壁上の3ヶ所 (例として図-3の点 A, B, C) における応力 σ_θ を測定すれば (2) 式より P_x, P_y, P_{xy} が、さらにそれらより2次主応力 σ_1, σ_2 および β が求められる。

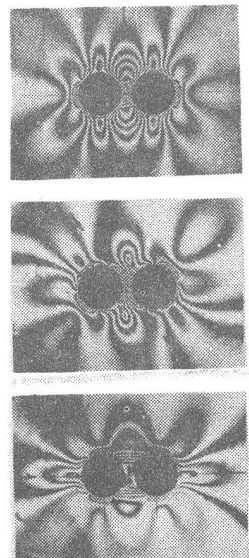


図-4

実例 中部電力K.K.高根ダムサイト (シャートとスレートの互層、被り 35m, $E=100,000 \text{ g/cm}^2$) および中部建設大井ダムサイト (両室母花崗岩、被り 18~20m, $E=35,000 \sim 45,000 \text{ g/cm}^2$) で計画的な実験を行なった。詳細については学会会報を参照。
 1) R.H. Merrill: Intern. Conf. on State of Stress in Earth's Crust. (Rand Corp.) Santa Monica, 1963, p.243
 2) J.C. Jaeger and N.G.W. Cook: 同前 p.281, 3) C. Fairhurst: Rock Mech. and Eng. Geol. vol.11/4 (1964), p.129
 4) 平松良雄他: 日本鉱業会誌, 78-885 (8637.3) 182頁
 5) Chih-Bing Ling: J. Appl. Phys., vol.19 (1948), p.405.