

山梨大学工学部 正員 平島 健一
山梨大学大学院 学生員 岡田 諒
山梨大学大学院 学生員 照山 修

1. 緒言

岩盤内の初期応力と測定する方法は従来より各種の方法が考案されて⁽¹⁾いるが、^(そのうちの二つに)川本博士の考案による“部分的応力解放法”がある。これは既設のボアホールと測定例とし、そこに隣接する第2のボアホールを周削することにより、2円孔の相互干渉による応力集中を利用して、初期応力の部分的解放を行って岩盤内部の初期応力と測定(算定)しようとするものである。この方法は、応力解放による応力、変形あるいはひずみの変化が、の測定法に比較して小さく、測定誤差による影響を受けやすいという難点はあるものの、簡便な方法であり実用的使用方法としての価値は充分にあると考えられる。

ところで、著者の一人は先に、実際の岩盤の力学的性質をより正確に導入するためのまず第一歩として、岩盤と等価の一般的三次元異方性弾性体と仮定して、単一のボアホール内に埋設接着したsolidな測定装置を用いたいわゆる“剛性測定法”ならびに、単一あるいは複数のボアホール内の変形(直径変化量、軸方向変形量)、周縁ひずみの測定を行なう、いわゆる“柔性測定法”の両方法により、岩盤内部の初期応力、変動応力と求めするための理論的解析方法なるかにその具体的手順についての考察結果を発表した^(2,3)。同時に、著者の一人はまた、2~3個の複数の孔(円孔または楕円孔)が存在する一般的な三次元異方性弾性体の無限遠より三次元的荷重が作用する場合の応力、変形状態の理論解析の可能性を明らかにした^(4,5)。したがって、本文では、はじめに述べた“部分的応力解放法”による三次元異方性岩盤の初期応力測定のための基礎資料の一例を紹介しようとするものである。さらにまた、第2のボアホールにcurved jackを挿入設置して“部分的応力回復法”により、新しい応力測定法の可能性ならびに応力測定の精度検証、向上をはかることを目標としようとするものである。

2. 部分的応力解放法の概略⁽¹⁾

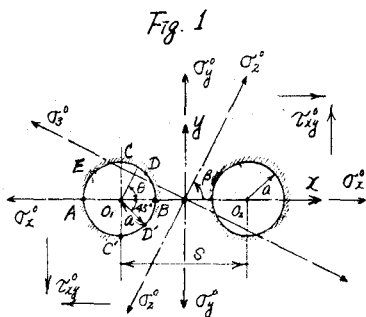
Fig.1に示すように、まず第1のボアホール(左側円孔)と設け、この円孔の内部に変位計あるいはひずみ計と挿着したのち、これを平行に第2のボアホール(必ずしも同径でなくとも)を周削することにより、応力、変形の再配分が生じ、第1のボアホール内に設置した測定計器には、その地点の地山応力に関連した応答が生じることになる。例えば、2次主応力の方向が図のように対称軸と傾斜しているときには、主応力(σ_1^* , σ_2^*)と分解して又も座標系の基本応力 σ_x , σ_y , τ_{xy} に置きかえることが出来、Fig.1のような場合、次の関係式が成立する。

$$\sigma_x = \frac{1}{2} \{ -(\sigma_2^* - \sigma_3^*) + \sigma_1^* \cot \beta + \sigma_3^* \tan \beta \} \sin 2\beta, \quad \sigma_y = \frac{1}{2} \{ -(\sigma_2^* - \sigma_3^*) + \sigma_1^* \tan \beta + \sigma_3^* \cot \beta \} \sin 2\beta, \quad \tau_{xy} = \frac{1}{2} (\sigma_2^* - \sigma_3^*) \sin 2\beta \dots (1)$$

これらの応力と円孔の周縁応力 σ_θ との間には、一般に次式のような関係が存在する。

$$\sigma_\theta = a\sigma_x + b\sigma_y + c\tau_{xy} \dots (2)$$

ここに、係数 a, b, c は円孔周縁上の位置(θ の値)と2円孔の位置関係(S/a)によって定まる応力係数と呼ばれ、定数である。川本博士⁽⁵⁾は光弾性実験法によって、これらの定数を求めてゐる。しかしこれに代り、これらの定数が円孔周縁の特定点(例えばFig.1のA, B, C, D)において何らかの方法で求まるものとせず、第2のボアホールを設けたときの応力と第1のボアホールのみのときの応力との差から、それらの変換を行なうことにより、主応力(σ_1^* , σ_2^*)の大きさと方向 β と理論的に計算することが出来る。また、乾差のある断面内の少なくとも



点において、2次主応力を上述したように求め、1次主応力を求めるための変換式を利用すれば、その地点における初期応力が算定される。

3. 異方性岩盤への拡張

前節で略述した部分的応力解放法による初期応力の手順は、ここで考える一般的な異方性岩盤にほほそのままの形で適用できることは、他の測定法の等方性体のものから異方性体のものへの適用^{2,3)}と同じである。ただし、(2)式の代りに、この場合、一般的に

$$\sigma_{\theta} = a_1 \sigma_x^2 + a_2 \sigma_y^2 + a_3 \sigma_z^2 + a_4 \tau_{xy}^2 + a_5 \tau_{yz}^2 + a_6 \tau_{zx}^2$$

の形で与えられ、さらに $a_1, a_2, \dots, a_6$ は θ の値、 $\frac{y}{2a}$ の値のみならず、対象とする岩盤の異方性弾性定数なるかにそれらの傾斜角にも依存する。

例えば、Fig. 2(a), (b) は (2) 式のうちの弾性定数 (直交異方性体) の場合に、円孔より充分離れた位置に σ_x, σ_y が作用した場合の孔周縁応力 σ_{θ} の特定点 (A, B, C, D, E) の値と異方性弾性係数比 $e (= E_y/E_x)$ とパラメータとしてプロットしたものである。

$$\left. \begin{aligned} E_z &= 0.6 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2, \nu_z = 0.150, \\ \frac{1}{q} &= \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} + \frac{2\nu_z}{E_1} \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

Fig. 3(a), (b) は左側の孔の半径方向変位 u_r と Fig. 2 の場合と同様にプロットしたものである。これらの図および Fig. 4 の孔縁直ぐみの図と利用すれば、変位計、ひずみ計での測定値を用いて、直接、応力算定が可能になる。

4. 結言

その他の計算図表、具体的な初期応力の算定例ならびに第2のモデルに curved jack を用いた“部分的応力回復法”の実施手順その他については講演会当日に発表する予定である。

参考文献:

- 1) 川本勝万, 高橋由行; 土木学会論文集, No. 146 (1967) pp. 22~27
- 2) Y. Niwa and K. Hirashima; Mem. Fac. Eng., Kyoto Univ. Vol. 33 (1971) pp. 221~232
- 3) 平島健一, 古賀明; 第4回岩の力学国内シンポジウム, (1973) pp. 13~17
- 4) 丹羽義次, 平島健一; 土木学会論文報告集, No. 196 (1971) pp. 9~18.
- 5) K. Hirashima; 土木学会論文報告集, No. 220 (1973) pp. 131~141
- 6) 平島健一, 丹羽義次; 材料, Vol. 23 No. 248 (1974), pp. 349~354
; 第7回岩盤力学シンポジウム, 土木学会 (1972) pp. 21~24

