

III-473 剛性を有する埋設型計測器の接着層厚およびすべりの影響について

山梨大学大学院 学生員 松田 武

山梨大学工学部 正 員 平島健一

金沢大学大学院 学生員 木村清和

1. はじめに

岩盤内の初期・変動応力の測定には円形断面のボアホール内に、計測装置を内蔵した計器を接着ないし固定して計測する場合が多いが、その際、計器の剛性がある程度大きい場合にはその剛性を無視することは出来ないと共に、計器と岩盤ボアホールとの間の接着層厚や弾性特性等によって地山応力の測定結果にかなりの影響を与えることが十分予測される。しかし、それらの影響を理論式に組み込み、定量的に解析した例はあまり見当たらない。ここではそれらの事項およびボアホールと埋設計器との境界ではなく離やすべりが生じた場合の問題についてもまとめて検討することを試みようとしたものである。

2. 理論

ここでは次の2つの場合に区分して問題設定を行う。

[A] 岩盤と計測器の間の接着層厚さおよびその弾性特性の影響

[B] 岩盤と計測器間にはく離やすべりが発生する場合の影響

まず、[A] の場合について考えるとFig.1 のように岩盤部分(Matrix) 接着層部分(Interface) および計測器部分(Inclusion) の3つの部分から構成され、Inclusion の半径 R_1 に比べ十分遠方より面内の一様応力成分 σ_x^∞ , σ_y^∞ , τ_{xy}^∞ が作用するものとすれば、複素解析関数 $\phi_k(z)$, $\psi_k(z)$, ($k=1, 2, 3$) を用いて任意点の応力、変位の計算式が次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r + \sigma_\theta &= \sigma_x + \sigma_y = 4\operatorname{Re}[\phi'_k(z)], \\ \sigma_r - i\tau_{r\theta} &= 2\operatorname{Re}[\phi'_k(z)] - \{\bar{z}\phi''_k(z) + \psi''_k(z)\}e^{i\theta}, \\ u_r - iu_\theta &= (u - iv)e^{i\theta} = \frac{1}{2G_k} \left[k\phi_k(z) - \{\bar{z}\phi'_k(z) + \psi'_k(z)\} \right] e^{i\theta} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \phi_k(z) &= A_3^{(k)} z^3 + A_1^{(k)} z + A_{-1}^{(k)} / z, \\ \psi_k(z) &= B_2^{(k)} z^2 + K^{(k)} \ln z + B_{-2}^{(k)} / z^2 \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

Fig.1

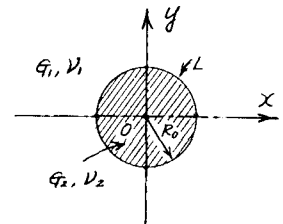
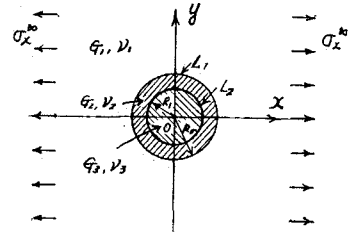


Fig.2

Fig.1 の3つの媒体の境界 L_1, L_2 において、応力、変位の連続性が完全に達成されているとすれば、次の境界条件式が成立しなければならない。

$$\left. \begin{aligned} u_r^{(1)} - iu_\theta^{(1)} &= u_r^{(2)} - iu_\theta^{(2)}, \quad \sigma_r^{(1)} - i\tau_{r\theta}^{(1)} = \sigma_r^{(2)} - i\tau_{r\theta}^{(2)} \quad \text{at } r=R_0 \\ u_r^{(2)} - iu_\theta^{(2)} &= u_r^{(3)} - iu_\theta^{(3)}, \quad \sigma_r^{(2)} - i\tau_{r\theta}^{(2)} = \sigma_r^{(3)} - i\tau_{r\theta}^{(3)} \quad \text{at } r=R_1 \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

また、これに加えて無限遠での作用荷重応力の条件ならびにInclusion の原点0での応力、変位の有限性の条件によって、式(3)の未知の複素定数が全て決定できることになる。

次に[B] の場合には[A] の3層系とは異なり、Fig.2 のようにMatrixとInclusion との2層系とすれば、式(1)、(2)において $k=1, 2$ のものを採用してやればよい。また、境界 L ($r=R_0$) においては相対的なすべりを許すような次の境界条件を設定する。

$$\sigma_r^{(1)} = \sigma_r^{(2)}, \quad u_r^{(1)} = u_r^{(2)}, \quad \tau_{r\theta}^{(1)} = \tau_{r\theta}^{(2)} = C_0(u_\theta^{(1)} - u_\theta^{(2)}) \quad \text{at } r=R_0 \dots (4)$$

ここに、 C_0 はマサツ係数に相当する一つのパラメータである。この式に加えて無限遠での作用荷重応力の条件ならびにInclusion の内部での応力、変位の有限性の条件によって式(2)の複素定数が定められる。

3. 数値計算例

具体的な計算例としては、任意の弾性定数を設定することが可能であるが、上述の[A]、[B] の場合の基本的特性を把握するために、主としてMatrixとInclusion のせん断弾性係数を同一としたものを以下に示す。

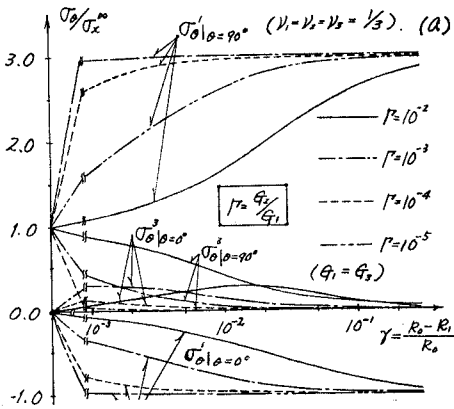


Fig. 3

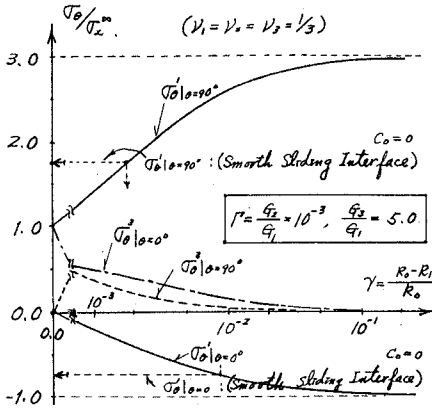
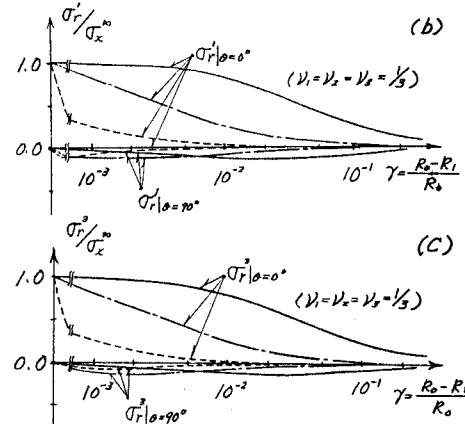


Fig. 4

Fig. 3 は[A] の場合で接着層厚と接着層弾性定数をパラメータとして、境界 L_1 に沿うInclusion の応力をプロットしたものである。Fig. 4 もFig. 3 と類似のものである。またFig. 5 は[B] の場合で境界 L_1 に沿う応力を、Matrixのポアソン比 ν_1 をパラメータとしてプロットしたものである。

4. むすび

紙面の都合上、これらの計算例に対する考察や[A]、[B] の場合の比較検討さらに、この他の具体的な数値例については講演会当日に発表する。

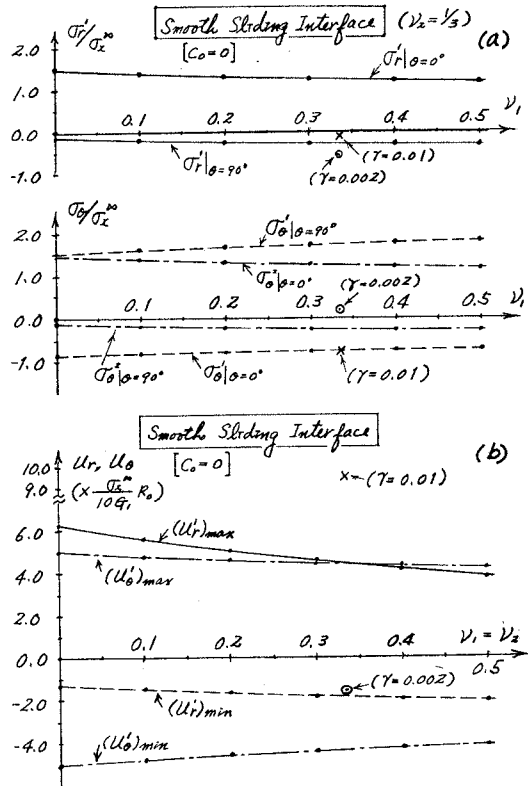


Fig. 5

参考文献：

G.N.Savin, "Stress Concentration around Holes", Pergamon (1961), pp. 234-264.

平島健一、浜野浩幹、"測定用の円柱状埋設物による異方性弾性地山の初期（変動）応力の解析理論"、土木学会論文集（印刷中）。