

名城大学 正 清水 泰弘

名古屋大学 正 川 本 勝 万

1. まえのき

最近、建設工事の地盤に関する調査および試験の重用度が増加してきている。従来は室内での土質試験が主体であったが、今日では、各種現場試験装置による現場試験が多くとりいれられ、地盤の調査および試験の主要部分を占めるようになってきた。このような現場試験の中で、測定値の信頼性や取り扱いが簡単であるなどの多くの利点から、ボーリング孔を利用した孔内周圧載荷試験が盛んに使われるようになってきた。本試験法の中で、極く一般的に使用されるプレシオメーターを例にとり、実際の試験結果と荷重載荷時の地盤状態の2, 3の例についてモデル化し有限要素法により解析し、これらと比較しながら、この試験法による測定結果の解釈について考察したので報告する。

2. 有限要素法による解析と考察

プレシオメーターは載荷部分が両端のガードセルと計測部と共通したメインセルの三室にわかれている。水圧とガス圧により載荷するもので三室ともゴム質で出来ている。そして計測は地上に置かれた容器の体積変化で測定する。荷重載荷の地盤状態をモデル化して有限要素法により地盤の線形および非線形応力-ひずみ関係を考慮して軸対称問題として解析した。解析にあたり考慮しなければならない条件は多いが、今回は次のように考えて計算を行なった一有限要素法の解析モデルを図-1に示す。

線形解析の方法について示すと、解析モデルは直径7.20m、深さ5.00m、(総要素数276, 総節点数159)で中央に6.6cmのボーリング孔をすてに開孔した状態から計算を始めた。地盤の単位重量、測定の深さを無視し、弾性係数 $E=50000 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ とし、等質等方性、等質異方性、破砕帯や軟弱層を示す $seam$ が存在する場合について解析した。等質異方性の場合には半径方向と軸方向の弾性係数の比、 E_r/E_z で5.0から0.2まで5ケースについてポアソン比を変えながら解析し、 $seam$ の存在する場合の解析は地盤の弾性係数を $E_1=5.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_1=0.3$ とし、 $seam$ 内の弾性係数を $E_2=5.0 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ 、 $E_3=5.0 \times 10^2 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_2=0.4$ 、 $\nu_3=0.45$ におとし、 $seam$ 幅をプレシオメーターの計測部長と同じ20cmと倍の40cmに変化させ、荷重載荷位置をかえ、荷重は 100 kg/cm^2 の等分布荷重として載荷した。また、測定方法を比較するため載荷部分の長さを計測部長と考え、これを6等分し、一室計測型では全長60cmの部分の計算結果を平均し、三室計測型では中央20cmの平均を、また中央計測型では中央点のみの値をばって、比較した。以上の線形解析についてまず考察すると、等質等方性地盤において、計算結果をボーリング孔に一番近い半径方向接点変位 u を次の式に代入して求めた E 値を逆算 E 値とする。等方等質地盤の場合の逆算 E 値の分布についてみると図-2のようである。

$$E = \frac{(1+\nu)}{u} Pa^2 r^{-1}$$

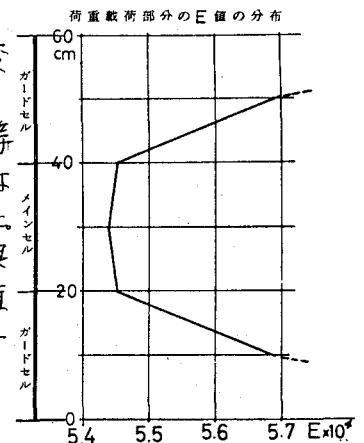
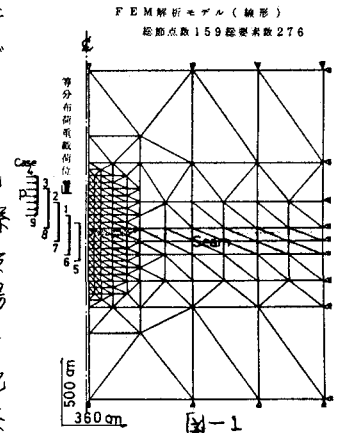


図-2.

E: 弾性係数, ν : ポアソン比 u : 半径方向変位
P: 荷重, r: 半径, a: 内径

この図から、計測部が60cmの一室計測型より20cmの三室計測型、そしてこの二つの型より中央計測型の方が仮定E値に近い値を示している。一室計測型では計測部と載荷部分の長さが同一であるため、その両端の影響が相当含まれていることが考えられる。しかし実際の計測値の比較では一室計測型と三室計測型の間にはほとんどその差が見られないことが、陶山他の研究で明らかである。有限要素法の解析結果に両者の差が見られるのは線形解析であることが原因していると考える。

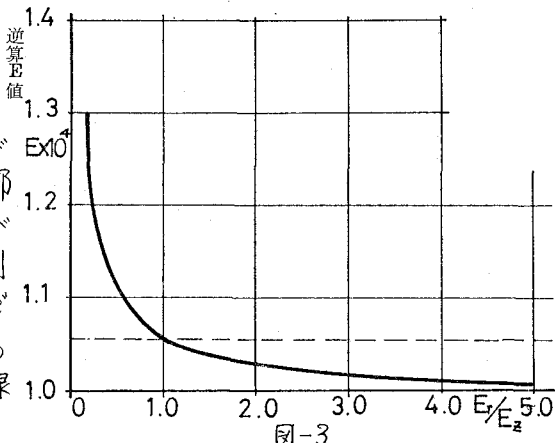


図-3
 載荷位置による逆算E値の比較
 Seam仮定E値5000 kg/cm²

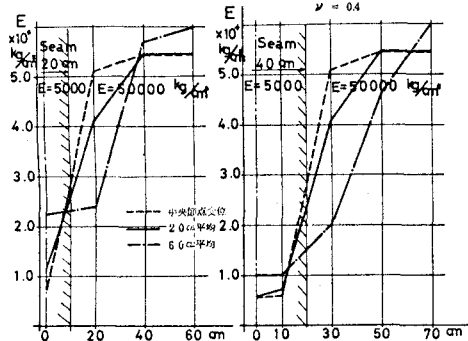


図-4(a)

図-4(b)
 載荷位置による逆算E値の比較
 Seam仮定E値5000 kg/cm² $\nu = 0.45$

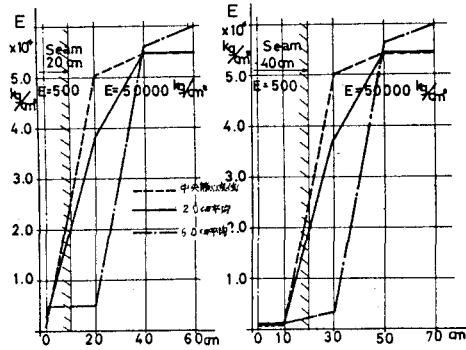


図-4(b)

次に等質異方性地盤について見ると、地盤の異方性を弾性係数の比で示し、 $E_1:1.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ を基準にして E_1/E_2 で5.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.2の5ケースについて解析した。異方性のために計測値に与える影響を中央部の半径方向変位で計算した逆算E値でみると、図-3のようである。与える影響はseamの存在する場合の影響と比べると少なく、無視できるほどである。

次にseamの存在する場合について考察する。地盤の弾性係数を $E_1=5.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ $\nu_1=0.3$ とし、seam内の弾性係数を $E_2=5.0 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ $E_3=5.0 \times 10^2 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比を $\nu_2=0.4$ $\nu_3=0.45$ と変えた場合についての影響とseam幅を変えた場合の影響を中心に近い半径方向を使って計算した逆算E値でみると図-4(a)(b)のようである。図から判明することは、seam内とその他の地盤の弾性係数との差が大きいほど、またseam幅が大きいほど地盤に与える影響は大きい。seam幅より弾性係数の差の影響の方が大きいから、その影響範囲は計測部の長さの2倍程度までである。ボーリングでは各深度の土質を知ることが出来る。よって本試験時には、これらの影響を考慮しながら試験を行なうことが可能である。

次に、地盤の非円形を考慮して行なった解析について1例を示すと、応力-ひずみ関係は $\bar{\sigma} = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$, $\bar{\epsilon} = \epsilon_1 - \epsilon_3$ において $\bar{\sigma} = \bar{\epsilon}/(a + b\bar{\epsilon})$ を仮定し、降伏条件としては、 $\bar{\sigma} = -\sigma_1(\sigma_1/\sigma_0^2)^2$ を仮定した。モデルの大きさは非円形解析のものと同一であり仮定した材料定数は $E_1=5 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$, $\nu=0.3$, $r=2.6 \text{ cm}$, $\sigma_0=50 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_f=30 \text{ kg/cm}^2$, $R_f=0.9$ 荷重深さを103.0cmとし、プレシオメーターの圧力は 100 kg/cm^2 の等分布荷重として、5回の荷重増大を行なった。段階増大荷重による中央部の荷重-変位曲線と弾性変化、そして荷重増大による降伏領域の進展および他の非円形解析の結果については発表当日報告する。