

Ⅲ - A299

多層地盤における弾性係数の異方性を考慮した連成解析による逆解析の適用

岡山大学 正会員 今井 紀和

岡山大学 正会員 西垣 誠

1. はじめに

浸透流解析などによる予測計算や周辺への影響計算を行う場合、計算に用いる地盤定数はとても重要である。この地盤定数を求める場合に現場揚水試験がよく用いられているが、揚水試験は単一層を対象としたものであり、多層地盤での揚水試験結果を評価する場合には各帯水層間の影響により評価が難しくなってくる。

その為、逆解析による地盤定数を求める手法が提案されている。²⁾

また、多層地盤の上層から揚水した場合に初期の水位低下は下層側が大きく時間経過とともに上層の水位低下が大きくなる現象が見られたが、これは、浸透流解析では表現することは不可能であったが、弾性係数の異方性を考慮した応力・浸透の連成解析を行うことで、この現象を表現する事が可能となった。

2. 弾性係数の異方性を考慮した応力・浸透の連成解析

帯水層が層状に堆積したような場合には、水平方向と鉛直方向の弾性係数が違う場合が考えられる。そこで、弾性係数の異方性を考慮した軸対称の連成解析を考える。

応力・浸透の支配方程式は、Biotの圧密方程式を用い、間隙水の運動方程式としてダルシーの式が成り立つとした。また、弾性係数の異方性を考慮した場合の軸対称積層材料の応力・ひずみの関係は式(1)のように表される。¹⁾

$$\begin{Bmatrix} \sigma_r \\ \sigma_z \\ \sigma_\theta \\ \sigma_{rz} \end{Bmatrix} = \frac{E_2}{(1+\nu_1)(1-\nu_1-2n\nu_2^2)} \times \begin{bmatrix} n(1-n\nu_2^2) & n\nu_2(1+\nu_1) & n(\nu_1+n\nu_2^2) & 0 \\ n\nu_2(1+\nu_1) & 1-\nu_1^2 & n\nu_2(1+\nu_1) & 0 \\ n(\nu_1+n\nu_2^2) & n\nu_2(1+\nu_1) & n(1-n\nu_2^2) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m(1+\nu_1)(1-\nu_1-2n\nu_2^2) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_r \\ \varepsilon_z \\ \varepsilon_\theta \\ \varepsilon_{rz} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 $n = E_1/E_2$ 、 $m = G_2/E_2$ とする。 E_1 、 ν_1 は積層方向の弾性係数とポアソン比であり、 E_2 、 ν_2 、 G_2 は積層面に対して鉛直方向の弾性係数、ポアソン比およびせん断弾性係数である。

3. 浸透流解析による結果

図-1に示した軸対称の多層地盤モデルを用いた浸透流解析による結果を示す。揚水はC層から行われており、観測値としてC、D層の水位低下を用いた。このときの浸透流解析による逆解析で得られた同定結果を表-1に示し、水位低下曲線の観測値と計算値の比較を図-2に示す。

浸透流解析ではD層の水位低下が先に生じている現象を得ることはできなかった。

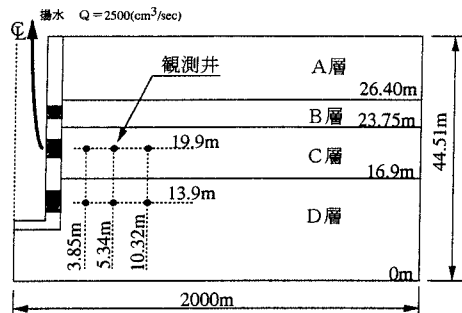


図-1 解析モデル概要図

キーワード：逆解析、連成解析、異方性、多層地盤、揚水試験

〒700 岡山市津島中3丁目1の1 岡山大学環境理工学部

TEL086-251-8164 FAX086-253-2993

4. 応力・浸透の連成解析による結果

地盤定数は浸透流解析と同じ値を用いたが、弾性係数を求めるために式(2)を用いた²⁾。このとき、弾性係数の異方性を考慮しているが、逆解析の初期値は鉛直および水平方向の弾性係数は同じであるとして地盤定数を決定した。

$$S_s = \gamma_w \cdot 2 \cdot (1 + \nu) (1 - \nu) / E \quad (2)$$

ここで、 γ_w は水の単位体積重量、 ν はポアソン比、 E は弾性係数である。

このときの逆解析により得られた地盤定数を表-2に示す。ポアソン比についてはすべての層において0.45とした。また、水位低下曲線を図-3に示す。このように、C、D層の水位低下の傾向を表すことができた。

さらに、弾性係数の異方性を与えなかった場合には浸透解析と同様な結果が得られるのみであり、また、図-1のA層が無い場合には観測値のような結果が得られなかった。

5. まとめ

弾性係数の異方性を考慮することでC層から揚水を行った場合のC層とその下層であるD層で生じた水位低下の現象を表すことができた。しかし、浸透流解析ではこのような現象を求めることは不可能であった。したがって、多層地盤による揚水試験の逆解析を行う場合には、応力・浸透の連成解析を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) O.C.Zienkiewicz, 織雅夫、田嘉昭(1984): マトリックス有限要素法、培風館、pp.116-122.
- 2) 西垣 誠、今井紀和(1996): 多層地盤における逆解析手法による浸透特性の算定手法について、第31回地盤工学研究発表会発表講演集、pp.2105-2106

表-1 浸透解析による同定結果

地層	水平方向の 透水係数 (cm/sec)	鉛直方向の 透水係数 (cm/sec)	比貯留係数 (1/cm)
A	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-12}
B	1.3×10^{-3}	1.3×10^{-3}	1.0×10^{-6}
C	3.27×10^{-3}	2.77×10^{-3}	6.0×10^{-6}
D	1.24×10^{-2}	8.20×10^{-3}	3.84×10^{-7}

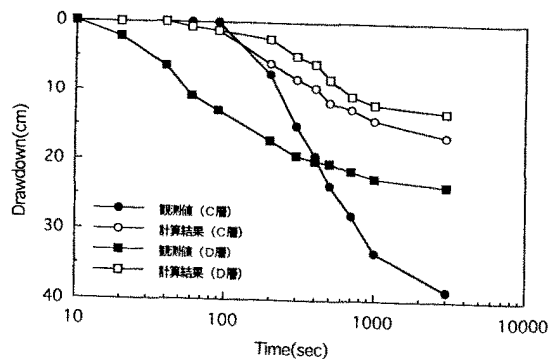
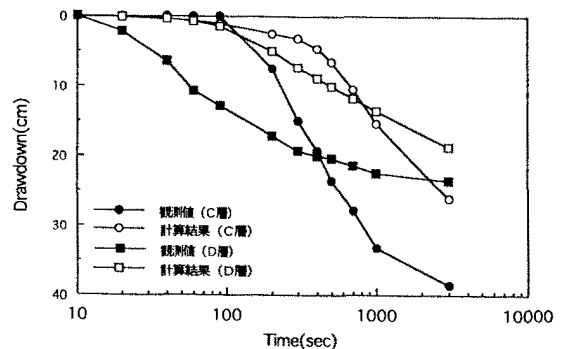
図-2 浸透解析による水位低下曲線 ($r=10.32\text{m}$)

表-2 連成解析による同定結果

地層	水平方向の 透水係数 (cm/sec)	鉛直方向の 透水係数 (cm/sec)	水平方向の 弾性係数 (gf/cm^2)	鉛直方向の 弾性係数 (gf/cm^2)	比貯留係数 (1/cm)
A	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-8}	2.9×10^{11}	2.9×10^{11}	1.0×10^{-12}
B	1.3×10^{-3}	1.3×10^{-3}	2.9×10^6	2.9×10^6	1.0×10^{-6}
C	3.25×10^{-3}	1.63×10^{-4}	1.59×10^5	7.25×10^3	1.82×10^{-6} 4.00×10^{-6}
D	6.82×10^{-3}	7.54×10^{-4}	4.23×10^6	4.23×10^6	6.86×10^{-10}

図-3 連成解析による水位低下曲線 ($r=10.32\text{m}$)