

III-414

粘土と鋼矢板との相互作用モデルにおけるパラメータ決定手法

九州大学工学部 学○中野清人 同 正 落合英俊
 " 正 林 重徳 " 正 大谷 順
 " 学 田中康徳

1. まえがき

盛土基礎軟弱地盤の沈下・側方流動対策工の一つとして、鋼矢板工がしばしば用いられる。粘土と矢板のように剛性が著しく異なる二つの材料が力を及ぼし変形する相互作用を数値解析的に評価する場合、不連続面の概念を導入する必要がある。これまで不連続面の特性を評価するため、内部境界要素の開発と数値解析法への適用に関する研究が Goodmanらや Zienkiewiczらによってなされている。これらは岩盤における節理や亀裂の挙動を表すことを主眼として開発され、さらに土と構造物の接触面における変形解析問題への適用も試みられている。本文は、鋼矢板工の効果を数値解析的に評価することを目的として、有限要素法により地盤と鋼矢板の挙動を解析する場合における、粘土と鋼矢板の相互作用モデルの構成パラメータを実験的に求める方法を考察・検討したものである。

2. 相互作用モデルとその決定手法 土と構造物の相互作用は、応力および変位を接触面に対して法線成分(n方向)とその垂直成分(s方向)に分け、次式によって評価できるとする。土と構造物の接触面の挙動は4個のパラメータの特性によって表される。

$$\begin{bmatrix} \tau \\ \sigma_n' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{ss} & k_{sn} \\ k_{ns} & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_s \\ w_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで τ ; せん断応力

σ_n' ; 垂直応力

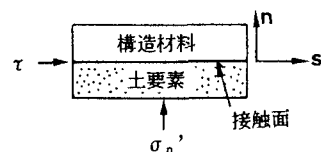
w_s ; せん断変位

w_n ; 垂直変位

k_{ss} ; せん断剛性を表すパラメータ

k_{nn} ; 垂直剛性を表すパラメータ

k_{ns} k_{sn} ; ダイレイタンスーを表すパラメータ



(1)式を鋼矢板工の問題に適用する場合、粘土と鋼矢板の相互作用特性を考慮して、式中のパラメータを決定しなければならない。本文では、矢板自身の変形が無視できる場合について検討する。

k_{ss} は、(1)式から、一般に $w_n=0$ の条件を満足するせん断試験により求められる。矢板自身の変形が無視できる場合には、上部せん断箱を鋼板に置き換えた一面せん断試験機^{1), 2)}を用い、等体積条件のせん断試験より得られる $\tau-w_s$ 曲線の勾配として求めることができる。

k_{ns} は、 w_s に伴う σ_n' の変化を表すものであり、矢板と粘土のせん断変位によって生じる粘土のダイレイタンスーの影響が反映されており、 k_{ss} と同様に等体積条件のせん断試験において得られる $\sigma_n'-w_s$ 曲線から求められる。

k_{nn} は、矢板と土との間の垂直剛性を表すパラメータである。数値解析上この値は、次のように場合分けして定められる。(1) $\sigma_n'>0$ のときは、矢板と粘土が重なり合わないことを考慮して、 $k_{nn}=10^3(\text{kg/cm})$ 程度の大きな値(2) $\sigma_n'<0$ のときは、引っ張り応力 σ_n' が作用した場合抵抗力は無視できるほど小さいことを考慮して $k_{nn}=0$ とする。

k_{sn} は、 k_{ns} と同様に粘土のダイレイタンスーを表すパラメータであるが、鋼板と粘土の接触面において、垂直変位のみが与えられたとき、せん断応力は生じないと考えられるので、 $k_{sn}=0$ とする。

3. せん断試験の概要

試験装置²⁾は、改良型一面せん断試験機の上部せん断箱を鋼板に置き換えたものであり、鋼板と粘土試料の接触面積は、試験中一定に保たれる。有明粘土($G_s=2.659, w_L=68.8\%, I_p=29.3$)の $420\mu\text{m}$ 通過分を試料として用い、予圧密容器内で一次的に圧密した後、直径6cm高さ1cmに切り出して供試体を作成した。せん断試験

は、予圧密圧力に等しい垂直応力で2時間再圧密した後、等体積条件で、0.4mm/min の変位速度で行った。

4. 試験結果とその定式化

初期垂直応力 $\sigma'_{n0} = 0.2, 0.3, 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の場合のせん断応力 τ と鋼板と粘土の相対変位量 w_s の関係を図-1に示す。 τ は $w_s = 1.0 \text{ mm}$ 程度で最大値をとり、その後ほぼ一定の残留強度を示す。また、 $\tau - w_s$ 関係の初期勾配、ピーク強度、残留強度はともに σ'_{n0} の値に依存する。このように、 $\tau - w_s$ 曲線は、その形状から双曲線で近似できる³⁾。

$$\tau = \frac{w_s}{a + b w_s} \quad (2)$$

$$\text{従って } k_{ss} = \frac{d\tau}{dw_s} = \frac{a}{(a + b w_s)^2} \quad (3)$$

$1/a$ は双曲線の初期接線勾配、 $1/b$ はその漸近線を表し、前述のように垂直応力 σ'_{n0} によって変化する。ここでは、 a 、 b と σ'_{n0} 関係の両対数紙上での直線関係より次式で表わす。

$$a = 0.02 \sigma'_{n0} {}^{(-0.91)} \quad (4)$$

$$b = 2.30 \sigma'_{n0} {}^{(-1.0)} \quad (5)$$

$\sigma_n - w_s$ 関係を図-2に示す。正規圧密粘土のため σ'_n は相対変位量とともに減少する。この σ'_n の減少量 $\Delta \sigma'_n (= \sigma'_{n0} - \sigma'_n)$ と w_s の関係は図-3に示すとおりであり、この $\Delta \sigma'_n - w_s$ 関係にも双曲線近似を適用する。

$$\Delta \sigma'_n = \sigma'_{n0} - \sigma'_n = \frac{w_s}{a' + b' w_s} \quad (6)$$

$$\text{従って } k_{ns} = \frac{d\sigma'_n}{dw_s} = - \frac{a'}{(a' + b' w_s)^2} \quad (7)$$

係数 a' 、 b' は $\tau - w_s$ 関係と同様の方法で求め、次式が得られた。

$$a' = 0.36 \sigma'_{n0} {}^{(-1.54)} \quad (8)$$

$$b' = 1.90 \sigma'_{n0} {}^{(-1.0)} \quad (9)$$

これらの値を用いた計算曲線と実験値との比較は図-2、3に示すとおりである。

図-4は等体積試験におけるベクトルカーブの実験値と計算曲線との比較である。実験値は τ が最大値となる付近で折れ曲がる傾向があり計算曲線もこの傾向を比較的良く表している。

5. あとがき

鋼矢板と粘土の相互作用モデルにおけるパラメータ k_{ss} と k_{ns} は一面せん断型の等体積条件のせん断試験によって求められ、その結果が双曲線によって十分な精度で近似できることがわかった。しかし、本文では鋼矢板の変形を考慮しておらず今後の課題としたい。

（参考文献）(1) 椿原ら(1988), "粘土-鋼材間の摩擦挙動" 第23回土質工学研究発表会 (2) 中野ら(1989), "粘土と鋼矢板の摩擦特性について" 63年度土木学会西部支部研究発表会 (3) W.Clough and J.M.Duncan, "Finite element analysis of retaining wall behavior" Proc, ASCE, 97, SM12(1971)

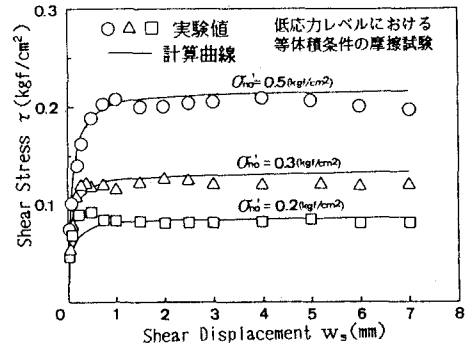


図-1. せん断応力の変化

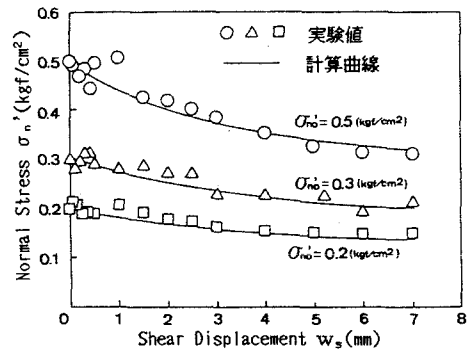


図-2. 垂直応力の変化

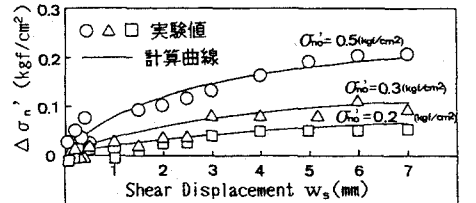


図-3. $\Delta \sigma'_n$ の変化

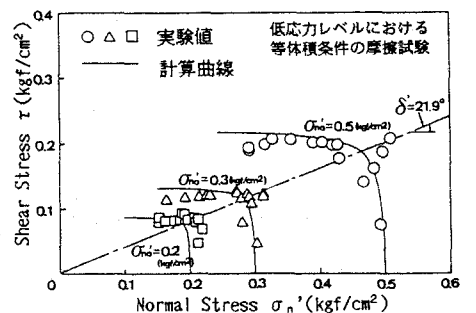


図-4. ベクトルカーブ