

鳥取大学工学部 正員 勝見 雅  
 明石市 正員 O行司 展章

1. はじめに

開端杭の閉塞効果については、数多くの研究が行なわれているが、十分であるとはいえない。そこで昨年度は管内土押上げ実験を2次元モデル化し、有限要素法の手法を用いて数値解析を試みた。しかし今回は、昨年度に引き続き、管内土押上げ実験を想定し、3次元軸対称の場合の有限要素法の手法を用いて数値解析を試みたので、これらについて述べる。

2. 解析方法

2-1 土質材料と境界面の力学モデル 土質材料の応力-ひずみ関係はバイリニヤールとし、また初期応力のもとでは等方弾性体とした。用いた破壊規準及び要素の破壊に対する判定は文献2)に基づいて行なう。文献2)において、安全率  $F_s \leq 1$  を満足する要素は破壊を生じる。その時は材料のヤング係数とポアソン比を初期値  $E_0, \nu_0$  から  $E_f, \nu_f$  に変化させる。

次に壁面と管内土が接する境界面について考える。一般に不連続面においては引張力は伝達されず、また圧縮応力が作用する場合には、不連続面に沿うせん断応力がその面における摩擦抵抗より小さいときにはすべりが起こらないが、せん断応力が摩擦抵抗より大きいときには不連続面の両側に相対する節点はすべりを起こすと考える。この時摩擦抵抗に等しいせん断応力だけを伝播するものとする。本解析では、このような考え<sup>3)</sup>に基づいて、壁面と管内土の摩擦を考慮して行なう。この不連続面を表現する方法は参考文献3)を参照されたい。

2-2 解析条件と解析手順 開端杭の閉塞効果の研究として押上げ実験が有用な実験であるといわれている。そこで図-1に示すような円筒形を考え、3次元軸対称問題として解析し、検討するものである。

解析モデルは図-2に示すように、代表例として管内土高さ  $L = 31.5\text{cm}$  中心から剛板端までの長さ  $D/2 = 10\text{cm}$  の開端杭を要素数84、節点数58の三角形要素に分割した。境界条件としては、中心線上と土と壁面が平行な面では  $r$  方向に拘束し、底面と壁面が接する点を除く壁面と土が接する面では  $z$  方向に拘束する。また、用いた材料定数を表-1に示す。

外荷重を与え、剛性方程式を解くことにより、各節点変位が求められる。その各節点変位より境界面接点の節点力、各要素の応力を計算する。次に自重による節点力を計算で求めた節点力に加える。また自重によって生じる応力は要素の重心に働くものとして、自重  $\sigma_r = K \gamma z$ ,  $\sigma_z = \gamma z$  を計算で求めた各要素の応力に加える。以上の計算で求めた節点力で壁面のすべりの判定を行なう。すべりを生じた境界面接点は  $z$  方向の拘束を解き、壁面摩擦力を作用させる。そしてこの条件で再び応力解析を行なう。すべりを求め、すべりの判定を行なう。破壊を生じた要素はヤング係数、ポアソン比を変化させるとともに、仮定した応力-ひずみ関係となるよう初期応力法<sup>4)</sup>によって操作する。以上の手順で

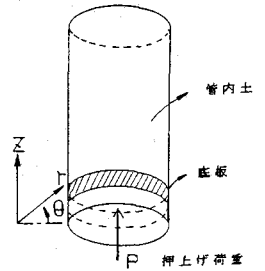


図-1

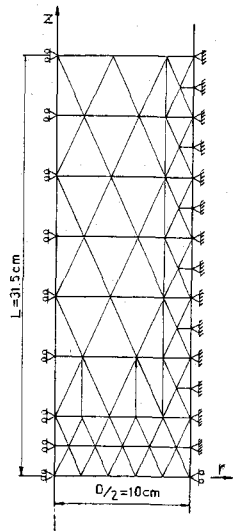


図-2 解析モデル

単位体積重量	$\gamma$ (dyn/cm <sup>3</sup> )	1566
内部摩擦角	$\phi$ (度)	35
粘着力	$C$ (Pa)	980
破壊前	ヤング係数 $E_0$ (Pa)	$1.0 \times 10^8$
	ポアソン比 $\nu_0$	0.3
破壊後	ヤング係数 $E_f$ (Pa)	$1.0 \times 10^9$
	ポアソン比 $\nu_f$	0.45
静止土圧係数	$K$	0.85
壁面摩擦角	$\delta$ (度)	20

表-1 材料定数

1回目の荷重増分を与える。以下同様の手順を繰り返して、境界面節点のZ方向の拘束がすべてとかれた時に計算を打ち切る。

### 3 数値計算結果とその考察

まず、押し上げ荷重の分布変位を決定する。そこで押し上げ荷重として等分布荷重、端点を頂点、中心でゼロとする三角形荷重、次式で示される放物線荷重の3形態で解析を行なった。

$$q = \frac{P}{2\pi r} \sqrt{1 - (r/R)^2} \quad (1)$$

ここに、 $q$ : 中心から距離 $r$ のところの接触応力 ( $P$ )

$P$ : 全荷重 ( $N$ ),  $R$ : 円形荷重の半径 ( $cm$ ) である。

その結果を図-3に示す。想定した押し上げ状態は剛板載荷であるので式(1)による放物線荷重が最も妥当なように思え、その結果が図-3に現われており、以後の解析は放物線荷重をもつて解析した。

図-4は全押し上げ荷重224Nすなわち押し上げ荷重が60Nの場合の最大主応力の大きさと方向を示す。これらより自重による鉛直方向に向いていた最大主応力の方向が底板からの押し上げ荷重により、壁面方向に向かうとともに、底板付近で中心軸に近いところでは、中心軸の方向に向かっている部分が観察される。

次に図-5には壁の拘束が全て解かれた時の荷重、すなわち極限全荷重値と根入れ比の関係を示したものである。同図によると一般的に考えられているように、根入れ比が大きくなるにつれ、この極限押し上げ荷重の値が増大していく様子が観察できる。このことは管内土が栓のような状態になる関係を表わす一つの指標とも考えられる。

### 4. おわりに

本研究は以上のように、有限要素法の手法を用い、想定した円筒管の押し上げ実験における管内土を3次元軸対称問題として数値計算を行なうことにより管内土の応力、変位と極限荷重を求め、その定性的な考察を行なった。その結果を要約すると次のようである。

- 1) 管内土は押し上げ荷重により、底板付近では中心に向かい、それ以外では逆に壁に向、て動く。
- 2) 主応力の方向は全体として壁面に向かう。
- 3) 根入れ比と極限荷重との関係はある程度把握することができた。
- 4) 管内土と壁との間に摩擦係数を取り入れた有限要素解析が可能である。

#### <参考文献>

- 1) 勝見 雅・岩成敬介: FEM解析による管内土の応力と変形に関する考察, 第38回土木学会年次講演会, III pp 631~632
- 2) 伊勢田哲也・棚橋由彦・橋田敏昭: 壁面摩擦を考慮したFEM解析, 第14回土質研究発表会 pp 989~992
- 3) 川本麻万・林正夫: 地盤工学における有限要素解析, 培風館, 昭53, 4, pp 264~266
- 4) O.C. シエンキーウィッツ: 基礎工学におけるマトリックス有限要素法, 培風館, 昭50, 10, pp 373~375

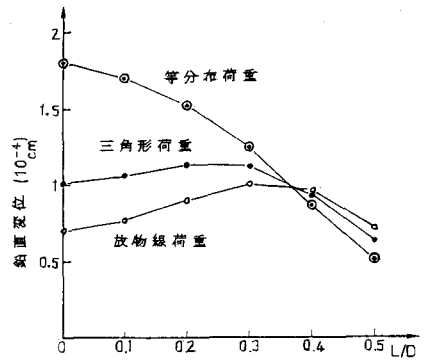


図-3 基礎底面での鉛直変位 (224N)

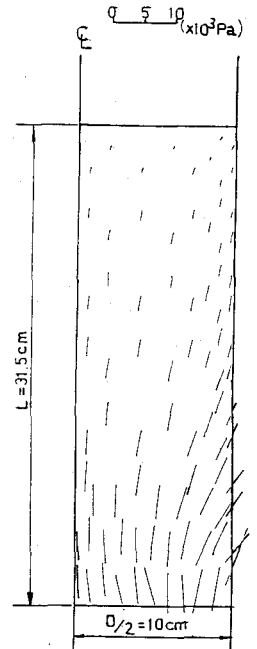


図-4 主応力の方向とその大きさ (224N)

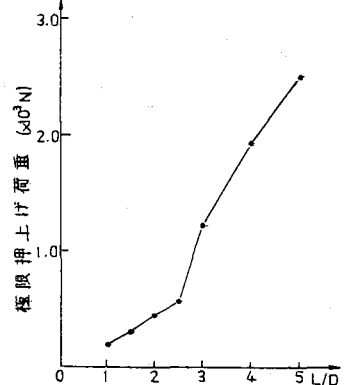


図-5 極限押し上げ荷重と根入れ比の関係