

鳥取大学工学部 正員・勝見 泰而
同 上 岩成 敬介

1. はじめに

閉端杭の開塞効果については、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。そこで本研究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1)に基づいて行なう。文献1)において、安全率 $F \leq 1$ 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, ν_0 から E_f, ν_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の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、このような考え方²⁾に基づいて、壁面と管内土の摩擦を考慮して行なった。この不連続面を表現する方法は参考文献2)を参照されたい。

2-2 解析条件と解析手順 閉端杭の開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Z方向には応力やひずみが変化しないような2次元的な押上げ実験を考え、内詰土の定性的な性質を2次元平面ひずみ問題として解析し、検討するものである。

解析モデルは図-2に示すように、代表例として内詰土高さ $L=31.5\text{cm}$ 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Z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方向にも拘束する。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節点の節点力、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 $\sigma_z = K \gamma z$ 、 $\sigma_y = \gamma z$ 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節点はZ方向の拘束をとき、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。節点力を求め、すべりの判定を行なう。これらの計算をすべりが生じなくなるか、境界面節点すべてがすべりを生ずるまで繰り返す。次に各要素の応力より要素の破壊の判定を行なう。破壊を生じた要素はヤング率、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³⁾によって操作する。以上の手順で1回目の荷重増分に対する計算を終り、次の荷重増分を与える。以下同様の手順を繰行して、境界面節点のZ方

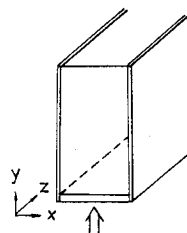


図-1

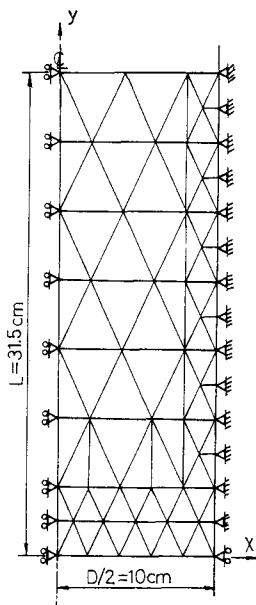


図-2 解析モデル

単位体積重量	γ (dyn/cm ³)	1666
内部摩擦角	ϕ (度)	35
粘着力	C (Pa)	980
破壊前	ヤング率 E_0 (Pa)	2.94×10^7
	ポアソン比 ν_0	0.3
破壊後	ヤング率 E_f (Pa)	2.94×10^5
	ポアソン比 ν_f	0.45
静土土圧係数	K	0.85
壁面摩擦角	δ (度)	20

表-1 材料定数

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、押上げ荷重は基礎底面直上の変位分布を考える。そこで、押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。

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

ここに、 q : 中心から距離 x 点の接触応力、 P : 全荷重、 R : 円形荷重の半径である。

その結果を図-3に示す。想定した押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るが、同図より三角荷重もほとんど一定の変位を示していると考えられるので以後の解析は三角荷重をもって解析した。

図-4は押上げ荷重 $6.2N$ の場合の最大主応力の大きさとその方向を示す。これより自重によって鉛直方向に向いていた主応力の方向が先端から押上げられる荷重によって壁に向くとともにO点近くでは反対に中心に傾く。そしてB-C点を結ぶ不連続な線が観察される。

次に、根入れ比に相当する $L/D \div 1, 1.5, 2, 2.5$ の4つのケースについて荷重の増加に伴う破壊域の発達状況を観察したが、ここには代表的に $L/D \div 2$ と 2.5 の2つの場合を図-5(a), (b)に示す。このとき、境界節点がすべてとかれたときの荷重(管内土と管壁との間の摩擦が切れた荷重)を極限荷重とするとその値は $11.9N$ と $13.6N$ である。図(a)は最初下部壁面に少し現われ、つづいて上部中心にも現われてすべる。図(b)は上部に破壊域が現われ、荷重の増加とともに壁に沿って発達し、ついには全域にわたって破壊するのが観察される。

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て、想定した2次元的な押し上げ実験における内詰土の応力と変位を求め、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) 主応力は全体として壁に向うが、不連続な面(図-4に示すB-C)が現われ、OBC内では逆に中心に向く。
- 2) 破壊域の発達は、最初壁面付近と上部中心部に現われ、壁に沿って発達する。
- 3) 内詰土と壁面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) 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PP989~992
- 2) 川本勝万・林正夫: 地盤工学における有限要素解析, 培風館, 昭53.4, PP264~266
- 3) O.C.ツィエンキー・ウッツリ: 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, PP373~375

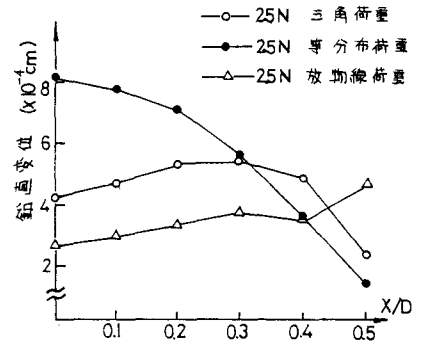


図-3 基礎底面での鉛直変位

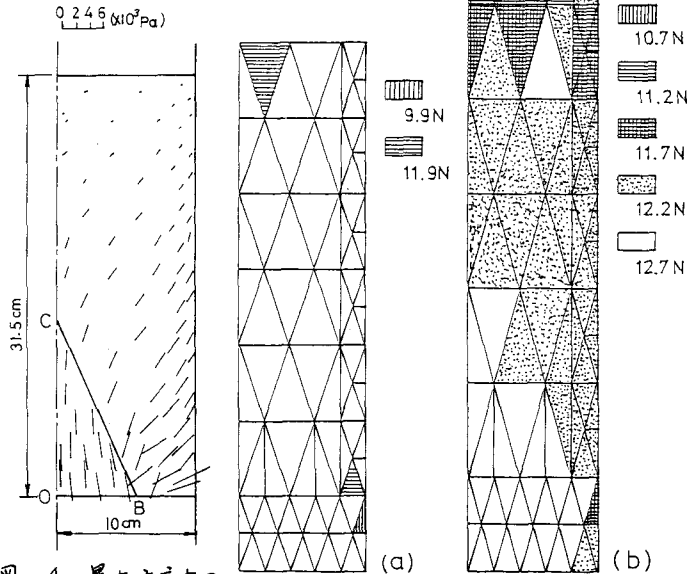


図-4 最大主応力の大きさと方向(6.2N)

図-5 破壊域の発達状況