

(Ⅲ-24) 地盤解析技術に関する一考察(その1)

——軸対称効果の2次元問題への取り込みについて——

顧問組 土木本部 設計部 池松 建治
須田 清隆
内田 雅博

1. まえがき

FEM解析が土木設計の分野に広がり始めて久しいが、最重要構造物を除いては2次元解析による評価がほとんどである。しかしながら、実際の構造物は3次元的な拡がりを持っており、その効果を無視することはできないはずである。

本研究の目的は、地盤-構造物安定性評価において、円形構造物の3次元効果(リング効果)を、2次元問題としてどのように取り扱うかを、モデル特性と解法特性に関して評価することにある。

2. 検討ケース

解析方法として

- (1)弾性軸対称解析
- (2)弾性平面ひずみ解析
- (3)joint要素を用いた軸対称解析
- (4)joint要素を用いた平面ひずみ解析

の4種類の解析を、それぞれ図-1に従って

(1)D=10m (2)D=20m (3)D=40m

の3種類のモデルを用いて行った。

ここで用いたjoint要素の特性および物性値は、図-2、表-2に示す。

3. モデル化

円筒状構造物を、3次元的なリング効果を考慮し2次元平面モデルで評価するために、次のような方法を考える。

リング状構造物のバネ定数 K_R (tf/m/m)は、式(1)で表される。

$$K_R = \frac{E_R \cdot A_R}{D^2} (1 - \nu / 2) \quad \text{--- (1)}$$

E_R : ヤング係数 A_R : 壁体の断面積

D : 開口部直径 ν : ポアソン比

2次元平面モデル上で、リング状構造物のバネを表現するために仮想のビーム要素を設ける。ビーム要素のバネ定数 K_B (tf/m/m)は、式(2)で表される。

$$K_B = \frac{2 \cdot h \cdot E_B}{L} \quad \text{--- (2)}$$

E_B : ヤング係数 h : はり高 L : ビーム長

両モデルのバネ定数を $K_R = K_B$ と おくと、仮想ビーム要素のヤング係数 E_B は、

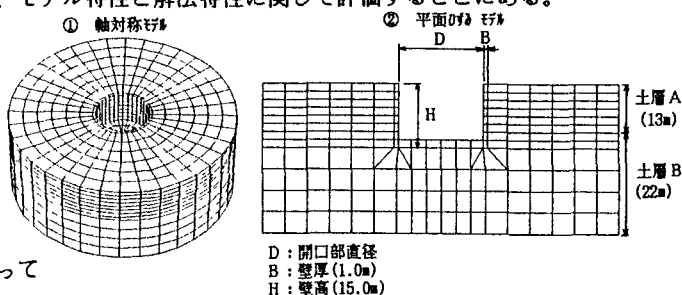


図-1 計算モデル図

表-1 物性値

	E (tf/m ²)	ポアソン比	C (tf/m ²)	ϕ	r (tf/m ²)
土層A	100.0	0.45	0.00	30.00	1.80
土層B	1000.0	0.40	0.00	45.00	1.80
壁	2.1×10^7	0.28	—	—	7.80

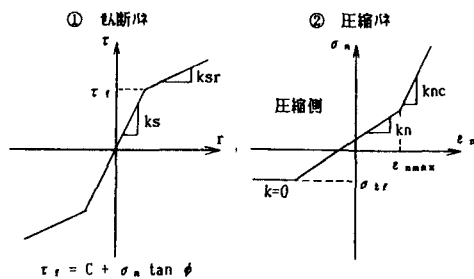


図-2 joint要素の特性図

表-2 joint要素の物性値

	単位---(tf/m ²)
接線剛性係数	$k_s = 100.0$
垂直剛性係数	$k_{nr} = 1000.0$
残留せん断強度に対応する接線剛性係数	$k_{sr} = 10.0$
閉合状態における垂直剛性係数	$k_{nc} = 100.0$

$$E_B = E_R \times \frac{A_R \cdot L}{2 \cdot h \cdot D^2} (1 - \nu / 2) \quad (3)$$

となる。

仮想ビーム要素のヤング係数 E_B を式(3)のよ
うにすれば、リング状構造物の3次元効果がある程
度表現することができる。解析モデルごとの仮想ビ
ーム物性値を表-3に示す。

4. 考察

①モデル特性について

壁体の変形量で比較すると、軸対称効果をモデル
化した平面ひずみモデルと軸対称モデルでは、平面
ひずみモデルのほうが2~2.5倍程度大きくなる傾
向にある。軸対称モデルの変位に平面ひずみモデル
の変位を近づけるために、仮想ビーム要素のバネ定
数を変えてキャリブレーションを行ったところ、バネ定数を
1.5~2倍にする必要があることがわかった。(図
-3参照) また、両モデルにおいて壁体に作用する
側圧を比較すると、軸対称モデルのほうが1~3割
程度小さくなる傾向にある。(図-4参照) このこ
とは、周辺地盤のリング効果の影響によるものと判
断される。

②解法特性について

joint要素のある場合とない場合の解析結果を比
較すると、joint要素のある場合のほうがない場合
に較べて変位が1.5~2倍程度大きくなる傾向にあ
る。(図-5参照) また、壁体に作用する側圧につ
いても、joint要素のある場合のほうがない場合に
較べて1~4割程度大きくなる傾向にあった。(図
-6参照)

このことより、周辺地盤と壁体との間の非線形を
考慮するかしないかによって、解析結果に上述程度
の影響がでることがわかった。

5. まとめ

今回の検討では、軸対称問題を平面ひずみ問題と
して取り扱う場合のモデル化の可能性について思索
したものであるが、実際にはかなりの問題が山積し
ていることがわかった。

今後の課題として、壁体の構造評価法、周辺地盤
のリング効果の評価法、偏荷重・方向性荷重等の評
価法、解析手法別の評価法などについて検討してい
きたいと考えている。

表-3 解析モデル

D (m)	解析モデル	弾性解析		joint要素を用いた解析	
		CASE NO.	E_B (tf/m)	CASE NO.	E_B (tf/m)
10	軸対称	CASE 1-1	—	CASE 4-1	—
	平面ひずみ	CASE 1-2	20000.0(+5)	CASE 4-2	20000.0(+5)
	キャリブレーション後	CASE 1-3	30000.0(+5×1.5)	CASE 4-3	40000.0(+5×2.0)
20	軸対称	CASE 2-1	—	CASE 5-1	—
	平面ひずみ	CASE 2-2	10000.0(+5)	CASE 5-2	10000.0(+5)
	キャリブレーション後	CASE 2-3	15000.0(+5×1.5)	CASE 5-3	20000.0(+5×2.0)
40	軸対称	CASE 3-1	—	CASE 6-1	—
	平面ひずみ	CASE 3-2	5000.0(+5)	CASE 6-2	5000.0(+5)
	キャリブレーション後	CASE 3-3	7500.0(+5×1.5)	CASE 6-3	10000.0(+5×2.0)

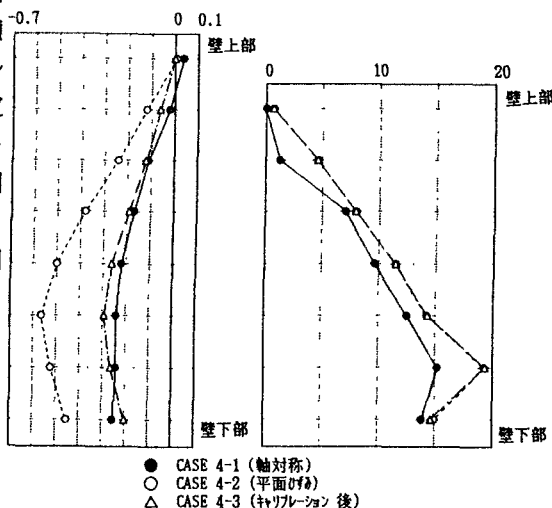


図-3 解析モデル別変位比較図

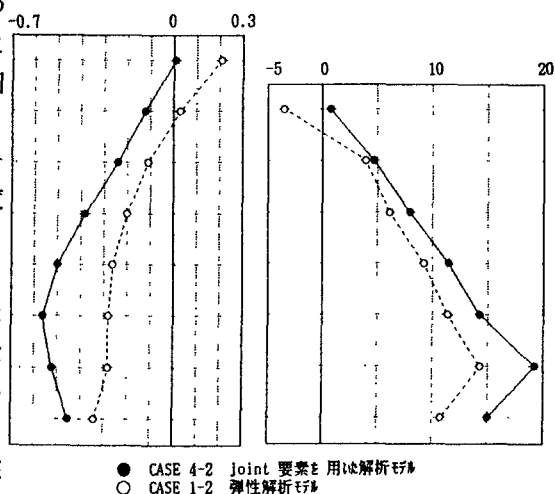


図-4 解析モデル別側圧比較図



図-5 解析手法別変位比較図



図-6 解析手法別側圧比較図