

円形立坑用山留め連壁における水平断面方向の2次元解析モデルについて

○ 榊熊谷組 正会員 岩波 基*
早稲田大学 学生会員 山口哲司**

1. はじめに

大深度の立坑や LNG タンクの断面形状には、構造的に合理的な円形が用いられる。現在、円形立坑用の土留め壁の設計は、立体的な円形立坑をその水平断面方向と鉛直断面方向とに分け、前者は円形のリングまたは多角形のラーメン構造で、後者ははり構造でモデル化し、これに主働のおよび受働的荷重を作用させて弾性または弾塑性解析を行うことが「大深度土留め設計・施工指針（案）」¹⁾に提案されている。また、2次元構造解析の結果を用いて設計を行う場合には、一般的に水平断面方向の解析結果によって壁厚が決定されることが多い。そこで、筆者らは水平断面方向の構造解析モデルについて検討を実施し、3次元シェルモデルによる解析結果が全周地盤ばねモデルによるそれに似た傾向を示していることを報告した²⁾。

本研究は、その報文の結果を受け、引張り力を伝達するばねを考慮する水平断面方向の構造解析モデルについて検討したものである。

2. 解析条件

本研究では土被りが 50m 以上の大深度トンネル用の立坑を想定し、立坑の掘削深度を 70m に設定した。表-1 に示すように 3 種類の半径は、共同溝と地下河川、LNG タンクの実績から 3 種類を定め、地盤反力係数は、大深度立坑の床付け深度での実績が多い洪積砂層の値とし、図-1 に示すような 3次元シェルモデルと図-2 の 2次元の全周地盤ばねモデルとを用い数値実験を行った。3次元シェルモデルは、土留め連壁をその中心を通る薄肉シェル要素でモデル化し、床付けより上の連壁にノンテンションの地盤ばねを、また、根入れ部には弾性地盤ばねを考慮した。全周地盤ばねモデルは、土留め連壁をリングでモデル化し、分布ばねによって全周を支持するものである。分布ばねのばね定数は、地盤が主働側になる場合（引張ばね）と、受働側になる場合（圧縮ばね）とで異なる値を用いる。また、その他の解析条件は表-2 に示すように設定し、偏側圧は等側圧の 10%を考慮した。

なお、各解析ケースにおいて、3次元シェルモデルの解析結果と全周地盤ばねモデルとのそれが一致するように引張分布ばね定数をパラメータとした解析を行った。

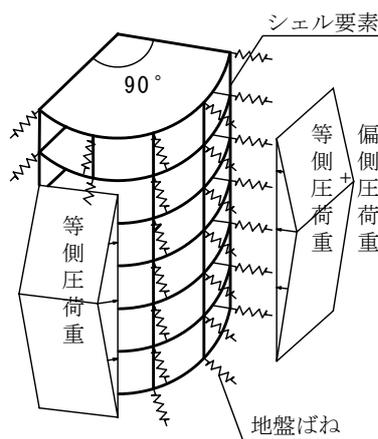


図-1 3次元シェルモデル

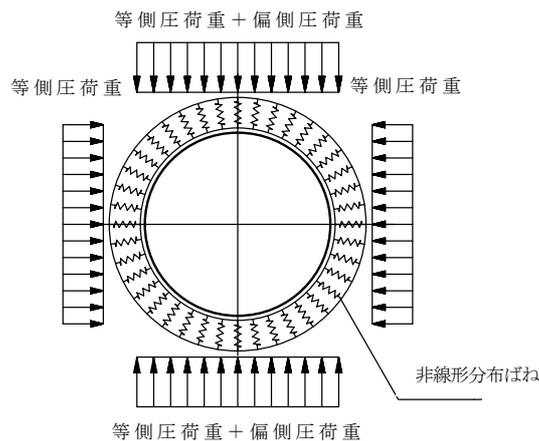


図-2 全周地盤ばねモデル

表-1 立坑の半径および地盤反力係数

立坑半径 (m)	10	20	30
水平方向地盤反力係数 (MN/m ³)	20		

表-2 解析条件

地盤	単位体積重量 (kN/m ³)	19
	静止土圧係数 K ₀	0.5
連壁コンクリート	設計基準強度 (N/mm ²)	24
	弾性係数 (kN/mm ²)	25
	ポアソン比	0.2
連壁の厚さ	2.0m	
連壁長	140m	
掘削深度	70m	

3. 解析結果

各解析ケースにおいて、3次元シェルモデルの解析結果と全周地盤ばねモデルとのそれが一致するように求め

キーワード：大深度、円形立坑、3次元解析、構造解析モデル

*〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2番1号 TEL 03-3235-8622 FAX 03-3266-8525
**〒112-0002 東京都新宿区大久保3-4-1 51-1608 TEL 03-3204-1894 FAX 03-3204-1946

た引張分布ばね定数を表-3 に、3次元シェルモデルによる解析結果のうち変位分布および曲げモーメント分布と全周地盤ばねモデルによるそれらとを比較して図-3~6 に示す。なお、3次元シェルモデルを用いた解析の結果は、水平断面方向の圧縮応力度が最大となる断面の値に着目した。

表-3 と図-3, 4 からわかるように、立坑の半径が 10m の場合の土留め連壁を支持する引張分布ばね定数が圧縮のその約半分のときに、3次元シェルモデルを用いて求めた変形分布および曲げモーメント分布と全周地盤ばねモデルの場合のそれらとがほぼ一致した。

図-5, 6 に示すように、立坑の半径が 20m の場合、引張分布ばね定数を圧縮の約 1/3 にすると、2種類の解析結果がほぼ一致した。立坑の半径が 30m の場合では、引張分布ばね定数を圧縮の約 1/3 にすると2種類の解析結果が最も近くなったが、図-8 に示すように、3次元シェルモデルを用いた場合の正の曲げモーメント分布と全周地盤ばねモデルによるそれとに違いが生じた。

表-3 引張分布ばね定数

立坑半径	トライアルで求めた引張分布ばね定数
10m	10.0 MN/m ³
20m	6.7 MN/m ³
30m	6.7 MN/m ³

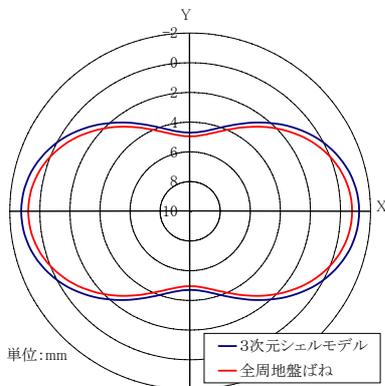


図-3 変位の分布(立坑半径 10m)

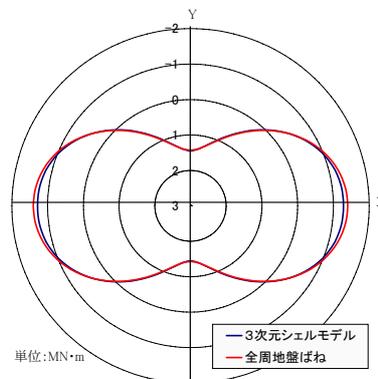


図-4 曲げモーメントの分布(立坑半径 10m)

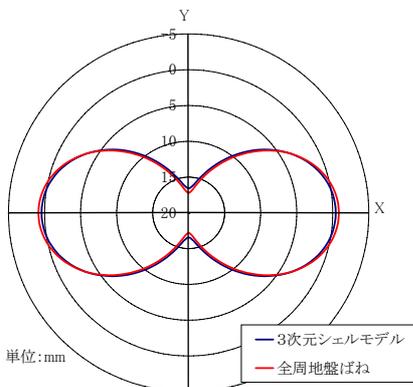


図-5 変位の分布(立坑半径 20m)

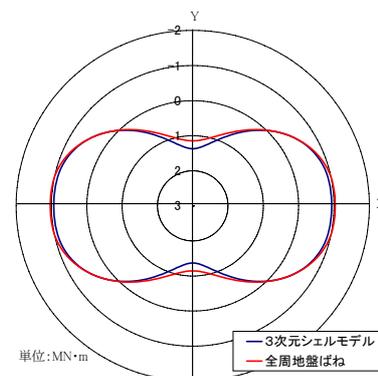


図-6 曲げモーメントの分布(立坑半径 20m)

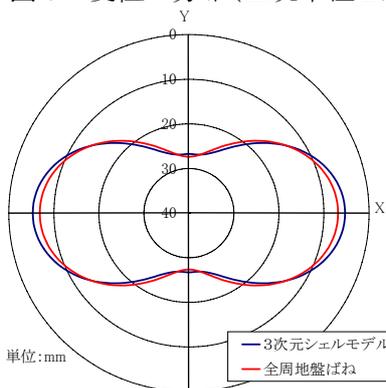


図-7 変位の分布(立坑半径 30m)

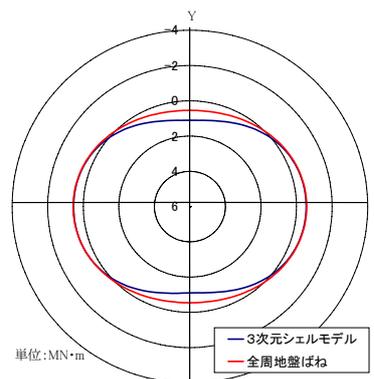


図-8 曲げモーメントの分布(立坑半径 30m)

4. おわりに

以上の結果から、下記の結果を得た。

- ① 本研究で検討した全周地盤ばねモデルは、引張分布ばねによって3次元効果を考慮することで、3次元シェルモデルを用いた解析結果のうち変形挙動を水平断面方向の2次元構造解析モデルで表現することができると思われる。
- ② 曲げモーメントの分布

についても立坑半径が 20m 以下の場合には、圧縮地盤ばね定数と引張のそれとを変えることで、3次元シェルモデルによる解析結果を全周ばねモデルによって表現できると考えられる。

3次元シェルモデルの変形挙動を分析した結果、3次元効果として根入れ部拘束の影響が大きいものと考えている。現在、引張分布ばね定数の設定方法について検討中である。

【参考文献】 1) 先端建設技術センター：大深度土留め設計・施工指針（案）,1994.10
 2) 岩波ら：大深度円形立坑用土留め壁における水平断面方向の構造解析モデルについて、(投稿中)