

大深度円形立坑の解析値と計測値の比較における一考察

長岡工業高等専門学校 学生会員 阿部 広明
正会員 岩波 基

1. はじめに

大都市部の地下にトンネル構造物を建設するためには大深度の立坑が必要であり、その断面形状は円形が合理的と考えられている。そして、大深度円形立坑地中連続壁（以後、連壁と称す）の設計方法は合理的な根拠が無いまま、浅い土留め壁や円形立坑の設計方法を踏襲して通常の土留め壁の設計の弾塑性法にリングばねを考慮して用いられているのが現状である。これまでに、偏圧を考慮したリングばねを用いた円形立坑土留め連壁のはりモデルによる鉛直方向2次元解析の結果と計測結果の比較を行ったところ、両者には大きな差異があることが判明した¹⁾。また、リングばね値の算定にノンテンション地盤ばねモデルを用いた解析において、立坑半径が小さい場合に根入れ部の挙動は計測値と大きく異なることも判明した²⁾。

そこで本研究では、円形立坑土留め連壁のはりモデルの解析精度を向上させることを目的とし、根入れ部のリングばねの評価方法について検討したものである。

2. 解析モデル

解析は2次元はりモデルで実施した。図-1に示すようにリングばねと床付け以深の地盤ばねを考慮した弾性床土のはりとしてモデル化した。連壁と地盤の相互作用をよく表現できると考えられているノンテンション地盤ばねモデル（図-2）で変位 δ を求めて式(2)より算出したリングばねでは実測値と合わないため、根入れ部は「地中送電用深部立坑、洞道の調査・設計・施工・計測指針」³⁾に従い式(1)で、床付け以浅は式(2)で求めたリングばねで評価した。

$$k = \frac{AE}{r^2} \dots (1)$$

$$k = \frac{p + \Delta p}{\delta} \dots (2)$$

ここで、 k は連壁のリングばねの値(kN/m^3)、 A は立坑壁の断面積(m^2)、 E は立坑壁の弾性係数(kN/m^2)、 r は立坑半径(m)、 p は側圧(kN/m^2)、 Δp は側圧の偏圧分(kN/m^2)である。

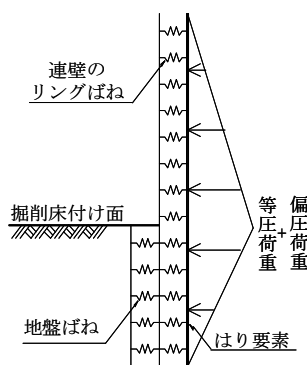


図-1 はりモデル

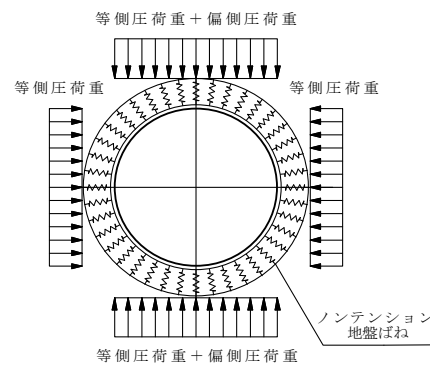


図-2 ノンテンション
地盤ばねモデル

3. 解析条件

今回の検討では、白鳥大橋P3橋梁基礎⁴⁾と明石大橋1A基礎⁵⁾の円形立坑で計測された側圧と諸条件を採用した。表-1に各立坑の概略仕様、表-2～3に地盤条件そして図-3～4に最終掘削時の側圧分布を示す。

はり全域のリングばね値を式(3)で算定した解析をパターン1とし、根入れ部を式(1)、床付け以浅を式(3)で求めたリングばね値を用いた解析をパターン2とした。

表-1 立坑概略仕様

	白鳥大橋	明石大橋
立坑内径(m)	34.0	80.6
壁厚(m)	1.5	2.2
掘削深度(m)	76.0	65.5
根入れ長(m)	30.0	10.0

キーワード 大深度地下, 円形立坑

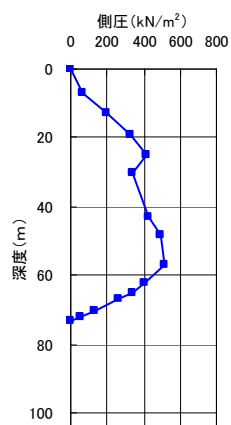
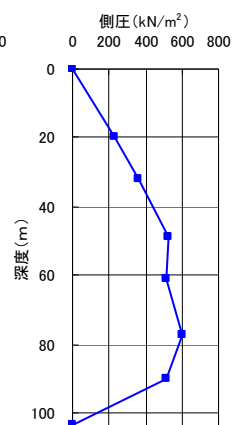
連絡先 新潟県長岡市西片貝町888 長岡工業高等専門学校 環境都市工学科 電話&FAX0258-34-92732

表-2 地盤条件(白鳥大橋)

深度 (m)	土質名	単位体 積 重 量	粘着 力 c (kN/m^2)	内部摩 擦 角 $\phi(^{\circ})$	地盤反力 係数 k (MN/m^3)
36	砂質土	18	0	25	3
57	砂質土	19	0	40	10
110	砂質土	20	0	42	13
	粘性土	16	600	0	20

表-3 地盤条件(明石大橋)

深度 (m)	土質名	単位体 積 重 量	粘着 力 c (kN/m^2)	内部摩 擦 角 $\phi(^{\circ})$	地盤反力 係数 k (MN/m^3)
6.5	B	1.9	0	25	1
22.5	A1	1.96	0	30	4
47.5	Dg	1.96	0	30	6
57.5	Ak	2.15	0	35	34
	K1	2.25	300	25	57

図-3 側圧分布
(明石大橋)図-4 側圧分布
(白鳥大橋)

4. 解析結果

図-5~6は、最終掘削完了時において土留め壁に生じる鉛直方向の曲げモーメントの分布を示したものである。また、各立坑について計測値と解析値とを比較して、表-4に両者の最大値を示す。

図-5の白鳥大橋では、床付け付近でパターン1の場合に比べ、パターン2の場合の曲げモーメントが大きく増加した。これは式(1)により評価した根入れ部のリングばね値が大きく、根入れ部での変位が拘束されることに対応していると思われる。また、正の曲げモーメントは計測値に近いものの、負の曲げモーメントが計測値より大きくなり、曲げモーメントの分布は全体的に異なる結果となった。

図-6の明石大橋では、曲げモーメントの挙動はパターン1とパターン2でほとんど変化しなかった。これは地盤ばね値が大きく、根入れ部のリングばねの変化による影響が少なかったためだと考えられる。しかし、最大曲げモーメントは正と負の両方で計測値より大きくなる結果となった。

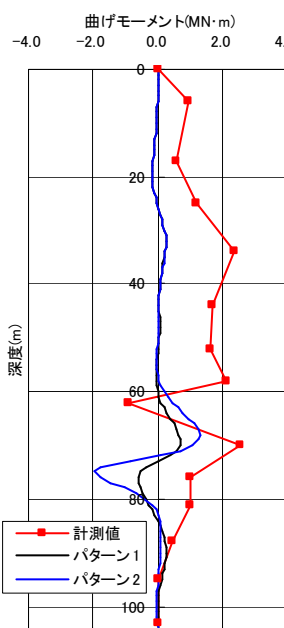
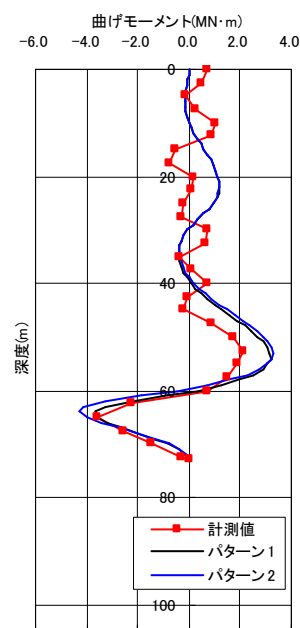
図-5 曲げモーメント分布
(白鳥大橋)図-6 曲げモーメント分布
(明石大橋)

表-4 鉛直方向最大曲げモーメント

	計測値(MN·m)	解析値(MN·m)
白鳥大橋	2.55	-1.98
明石大橋	-3.60	-4.32

5. おわりに

今回の検討により、土留め壁の弾塑性解析のリングばねを根入れ部は式(1)で、掘削床付け以浅は式(2)で評価する手法による影響は立坑の規模や地盤反力係数によって大きく異なることが確認できた。したがって、立坑規模や地盤反力などを適切に考慮することで合理的なリングばねの評価が可能となると思われる。しかし、白鳥大橋は土留め壁の全域で挙動が大きく異なる結果となっている。今後は3次元効果を忠実に反映し得るモデルの確立を目指して研究を進めていく予定である。

【参考文献】

- 1) 保科ら：円形立坑土留め連壁におけるはりモデル解析精度について，土木学会全国大会，VI-272，2008.9
- 2) 岩波ら：円形立坑仮設連壁における鉛直方向2次元解析について（その4）－鉛直方向2次元解析の解析方法に関する提案－，第44回地盤工学研究発表会，534，pp.1067-1068，2009.8
- 3) 日本トンネル技術協会：地中送電用深部立坑，洞道の調査・設計・施工・計測指針，1982.3
- 4) 熊谷ら：円形土留めによる超大深度掘削－白鳥大橋第三橋脚O基礎工事－，土木施工シンポジウム，pp.137-142
- 5) 伊藤ら：大深度掘削に伴う円形土留めの挙動とその解析，大林組技術研究所報No.49，pp.71-76