-452

大深度円形立坑における水平方向解析モデルの提案

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.大深度円形立坑地中連続壁(以後,連壁と称す)の建設費用に大きく影響する壁厚は水平断面 方向のリングまたは多角形のモデルを用いた2次元解析で決定されることが多かったが、近年は3次元解析が用い られている.しかし、3次元解析で詳細なシミュレーションを実施するには解析条件が多くなり多大な時間を必要 とするため、合理的で簡便な水平断面方向の2次元解析手法を確立することは設計業務や研究の効率化という点に おいて重要となる.水平断面方向の2次元解析は、最大荷重が作用する床付け位置を対象とすることが慣例である が、床付け位置のすぐ下の地盤による拘束を考慮できないために不経済な設計となるのが現状である.

そこで本研究では、大深度円形立坑連壁の3次元効果を忠実に表現できる水平断面方向の2次元解析モデルの確 立を目的として、掘削面側地盤の影響を考慮した水平断面方向のモデルについて検討した.

2. 解析モデル

最大圧縮応力度が生じる水平断面のリングと根入れ部のそれとを半径方向に働くせん断ばねで結んでモデル化した(図-1).最大圧縮応力度が発生するリングはノンテンション地盤ばねで支持し,根入れ部のそれは弾性地盤ば ねで支持した.2つのリングを結ぶせん断ばねのばね定数は図-2のような有限長の突出杭の変位式¹⁾を用いて式(1) より求めた.

$$k_{3Ds} = \frac{H}{y_1 - y_2} \cdots (1)$$

$$y_1 = f + \frac{h}{2EI\beta^2} (-A_1 - A_2 + A_3 - A_4) + \frac{Hh^3}{3EI} \cdots (2)$$

$$y_2 = \frac{1}{2EI\beta^3} [e^{\beta l} (A_1 \cos \beta l + A_2 \sin \beta l) + e^{-\beta l} (-A_3 \cos \beta l + A_4 \sin \beta l)] \cdots (3)$$

$$f = \frac{1}{2EI\beta^3} (A_1 + A_2) \cdots (4)$$

$$h = k \frac{\pi}{\beta_{R1}} \cdots (5) \qquad l = k \frac{\pi}{\beta_{R2}} \cdots (6)$$



ここに, k_{3Ds} : 両リングを結ぶせん断ばね定数(MN/m), H: 杭先端に作用させる単位荷重(MN), y_1 : 杭先端の 単位荷重による変位(m), y_2 : 根入れ部先端の単位荷重による変位(m), f: 地表面変位(m), h: 床付けから最大 圧縮応力度の発生位置までの距離(m), l: 根入れ部で床付けから最大圧縮応力度の発生位置までの距離(m), E: 連壁のヤング率(MN/m²), I: 連壁単位幅の断面二次モーメント(m⁴), β :連壁の単位幅のはりを地盤ばねで支持し た弾性床上のたわみ曲線の微分方程式の特性値(1/m), $A_1 \sim A_4$: 積分定数, k: 定数で床付け位置における対称性 が成り立つ場合には0.5, β_{R1} : 床付け位置より上の連壁の単位幅のはりをリングばねで支持した弾性床上のたわみ 曲線の微分方程式の特性値(1/m), β_{R2} : 床付け位置より下の連壁の単位幅のはりをリングばねで支持した弾性床上 のたわみ曲線の微分方程式の特性値(1/m)とする.

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

-452

3. 解析条件

解析は、今回の提案モデル(以後、2リングばねモデルと称す)とリング全周をノ ンテンションばねで支持したモデル(以後、ノンテンションばねモデルと称す)の2 種類で実施した.また、今回の検討では妙正寺川²⁰の円形立坑で計測された背面の側 圧と地盤条件を採用した.**表-1**に立坑の概略仕様、**表-2**に地盤条件、図-3に最終掘削

時における背面の側圧分布そして図-4にリングに 作用させる側圧を示す.

4. 解析結果

図-5,6は,最終掘削完了時の深度44.07mにおいて 土留め壁に生じる円周方向の曲げモーメントと軸 力の分布を示したものである.曲げモーメントの正 負は外側引張りの場合を正としている.そして,各 立坑について計測値と解析値とを比較して,表-3 に両者の最大値を示す.

図-5に示したように、曲げモーメントの分布は/ ンテンションばねモデルと2リングモデルとで0° の位置で大きく異なり、ノンテンションばねモデル は負の曲げモーメントが増加しているのに対し、2 リングばねモデルでは逆に減少している.また、表 -3に示したように2リングばねモデルを用いた場 合に発生する最大曲げモーメントは計測値のそれ に比べて10%程度大きい値となった.

図-6に示したように、軸力の分布は2リングばね モデルとノンテンションばねモデルの両方が計測 値よりもかなり小さくなる結果となった.また,表 -3から2リングばねモデルによる解析値と計測値 の最大値には5倍程度の差異が生じていることが分 かる.

5. おわりに

今回提案した2リングばねモデルを用いること で、負の曲げモーメントは計測値に近づくが,正曲 げについてはノンテンションばねモデルとほとん ど変化しない結果となった.また,軸力についても 計測値と大きく異なる結果となっており,今後はこ れらの点を改善する方法について検討する必要が あると考えている.

深度 (m)	土質名	単位14項 重量 (kN∕m ³)	粘着力 (kN/m ²)		地盤反刀 係数 (kN/m ³)
2.30	表土	13	13.7	11	1874
14.00	礫質土	20	0	40	15162
16.50	砂質土	19	0	40	18550
19.10	粘性土	20	73.5	23	80783
37.60	礫質土	20	0	40	40583
44.40	粘性土	17	45.7	5	39670
92.40	砂質土	19	0	40	83185
	礫質土	19	24.5	30	144625





図-6 軸力分布

表-3 最大曲げモーメントおよび軸力

図-5 曲げモーメント分布

	曲げモーメント(kN·m)	軸力(kN)
ノンテンションばねモデル	-172	2490
2リングばねモデル	-79	2169
計測値	-70	11750

【参考文献】

1) 日本道路協会:道路橋示方書·同解説,IV下部構造偏,2003.3

2) 新井泰:三次元挙動を考慮した円形および矩形立坑の設計手法に関する研究,東京工業大学博士学位論文, 2009.4

-904-

表-1 概略仕様

-	
掘削深度(m)	57.32
根入れ長(m)	44.78
立坑半径(m)	17.2
壁厚(m)	1.2

ut on e

表-2 地盤条件