

100m 以上の大深度円形立坑の地下連続壁への 2 リングモデルの適用効果に関する試計算

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○Bat-Erdene Bolor
 長岡工業高等専門学校 学生会員 井上 晋太郎
 長岡工業高等専門学校 正会員 岩波 基

1. はじめに

近年、土かぶり が 100m 程度のシールドトンネルの計画がある。そのため、100m を超えるような大深度円形立坑が必要となる。このような立坑には平面形状が円形の立坑が採用されることが一般的である。これらの円形立坑の仮設用土留め壁における設計では浅い円形立坑に用いる設計荷重と構造計算が用いられている。しかし、大深度立坑は自立性が高い地盤に構築され、また、その構造は構造的に 3 次元効果が大きい。そのため、岩波らは、計測データと解析から自立性が高い地盤での荷重を提案¹⁾するとともに、3次元効果を表現できる 2 リングばねモデルを提案²⁾している。そこで、本報告では、大深度立坑の土留め壁の設計用に提案した荷重と 2 リングばねモデルを用いた場合の試計算を行い、設計への影響を確認したものである。

2. 検討条件

表 1 は検討対象となる立坑の地下連続壁(以下、連壁と称す)の基本的な構造条件である。なお、連壁内径は井上らの研究³⁾で定まったものを使用する。表 2 の各地盤の物性値は品川区広町一丁目付近のデータを参考にして定めた。表 3 は立坑の材料条件である。表 4 は通常の土留め工の設計に用いる土圧係数と、今回提案している土圧係数の比較表であり、提案した土圧係数は岩波らの研究¹⁾の結果に基づいて設定した。

表 1 基本的な構造条件

	通常	提案
連壁内径(m)	53.0	46.4
掘削深度(m)	118	
根入れ長さ(m)	32	

表 2 地盤条件

層下端深度(m)	地質記号	単位体積重量(kN/m ³)	N値	地盤変形係数(kN/m ²)	地盤反力係数(kN/m ³)
20.4	A _c	17.5	1	2800	622
97.6	K _m	18.0	50	140000	31107

※土丹については底版下端までの層厚を記載した。

表 3 材料条件

コンクリート	設計基準強度(N/mm ²)	48
	弾性係数(N/mm ²)	28
鉄筋		SD345

表 4 通常の土圧係数と提案した土圧係数

	通常	提案
土圧係数	0.5	0.2

表 5 側圧の比較

	通常の側圧		提案した側圧	
	第一層	第二層	第一層	第二層
層下端深度 h(m)	20.4	97.6	20.4	97.6
N値	1.0	50.0	1.0	50.0
土の単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	17.5	18.0	17.5	18.0
層下端強度 $\gamma_t \cdot h$ (kN/m ²)	357.0	1756.8	357.0	1756.8
累加強度 $\sum \gamma_t \cdot h$ (kN/m ²)	357.0	2113.8	357.0	2113.8
土圧・側圧係数 K ₀	0.8	0.5	0.8	0.2
層下端常時水圧 W ₀ (kN/m ²)		1162.5	186.5	1162.5
層下端静止土圧 P ₀ (kN/m ²)	285.6	475.7	136.4	190.3
層下端側圧 P ₁ (kN/m ²)	293.6	1638.2	322.9	1352.8
偏側圧 ΔP (kN/m ²)	57.1	95.1	27.3	38.1

※土丹については底版下端までの層厚を記載した。

キーワード 地下連続壁, 円形立坑, 2 リングばねモデル

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-32-6435

3. 検討方法

(1) 通常の設計方法

側圧は、表4の土圧係数を用い、 A_c 層では土水一体、 K_m 層では土水分離として算出した。また、偏側圧を静止土圧の20%とした。その結果、 K_m 層の底版下端となる掘削床付け深度が設計上クリティカルな断面となった。構造解析は、引張剛性を無視した地盤反力ばねを考慮した水平断面方向のリングモデルによって行なった。荷重は、静止側圧と偏側圧を載荷させた。

(2) 提案した設計方法

大深度立坑の計測結果から、自立性が高い K_m 層だけでなく、深度30m程度の比較的軟らかい粘性土層でも水圧が計測されていた¹⁾。このことから、提案した設計方法では全ての土層で土水分離の考え方によって側圧を算定した。偏側圧は通常と同様に静止土圧の20%とした。提案土圧係数には表4の値を用いた。構造解析では、3次元効果を表現するために2リングばねモデル²⁾で解析を行った。

表5に両方法で求めた荷重を比較して示す。

4. 側圧に対する必要壁厚の検討

通常の設計方法と提案した設計方法を用いて算出した断面力と応力、許容応力度をまとめて表6に示す。全てのケースで全断面圧縮となった。また、表7は今回の照査結果により定まった連壁の壁厚と土留め壁の外径をまとめたものである。

5. まとめ

提案土圧係数と土水分離の考え方をを用いて算定した荷重を用い、構造解析に2リングばねモデルを使用して設計を行うことにより、土留め壁の壁厚を通常の3.5mから2.0mへ、3分の2以下に合理化できることが判明した。また、立坑内径が40m必要な立坑において、本体と連壁全体を今回の提案した設計方法を用いることで連壁外径が通常の60.0mから50.4mに低減できる可能性があることも判明した。

参考文献

- 1) 岩波基, 板場建太: 大深度円形立坑の地中連続壁における設計用土圧に関する一考察, 土木学会論文集 F1 (トンネル工学) 特集号 Vol.67, No.3, pp.95-108, 2011.11
- 2) 岩波基: 施工時偏側圧が作用する大深度円形立坑の設計法に関する研究, 早稲田大学博士学位論文, 2003.3
- 3) 井上晋太郎, Bat-Erdene Bolor, 岩波基: 100m以上の大深度円形立坑の本体側壁の合理化に関する試算

表6 通常と提案の断面力と応力, 許容応力度の一覧表

通常の設計方法					
項目		Mmax時	Mmin時	Smax時	Nmax時
曲げモーメント(kN/m)		9740	-6500	2008	-6475
軸力(kN)		47581	49487	48306	49528
せん断力(kN)		1.9	110.9	726.7	129.5
壁厚(mm)		3500	3500	3500	3500
有効壁厚(mm)		3300	3300	3300	3300
主鉄筋	鉄筋径(mm)	22	22	22	22
	本数(本)	4	4	4	4
コンクリート	圧縮応力度(N/mm ²)	19.8	11.4	15.7	11.4
	許容圧縮応力度(N/mm ²)	24.0	24.0	24.0	24.0
	$\delta c/\delta ca$	0.8	0.5	0.7	0.5
	判定	○	○	○	○
せん断応力度(N/mm ²)		0.00	0.03	0.22	0.04
許容せん断応力度(N/mm ²)		0.76	0.76	0.76	0.76
τ/ta		0.00	0.04	0.29	0.05
判定		○	○	○	○
提案した設計方法					
項目		Mmax時	Mmin時	Smax時	Nmax時
曲げモーメント(kN/m)		1887	-1244	186	-712
軸力(kN)		33042	33557	33266	33619
せん断力(kN)		-11.3	-9.6	186.3	52.6
壁厚(mm)		2000	2000	2000	2000
有効壁厚(mm)		1800	1800	1800	1800
主鉄筋	鉄筋径(mm)	22	22	22	22
	本数(本)	4	4	4	4
コンクリート	圧縮応力度(N/mm ²)	22.9	16.9	19.6	18.0
	許容圧縮応力度(N/mm ²)	24.0	24.0	24.0	24.0
	$\delta c/\delta ca$	1.0	0.7	0.8	0.8
	判定	○	○	○	○
せん断応力度(N/mm ²)		-0.01	-0.01	0.11	0.03
許容せん断応力度(N/mm ²)		0.76	0.76	0.76	0.76
τ/ta		0.01	0.01	0.14	0.04
判定		○	○	○	○

表7 土留め壁の諸元

	通常の設計方法	提案した設計方法
壁厚(mm)	3500	2000
土留め壁外径(m)	60.0	50.4