

大深度円形立坑土留め壁における鉛直方向の鉄筋仕様に関する検討

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

1. はじめに

三大都市圏での大深度法を適用したシールドトンネルの工事に使用する立坑の掘削深度は50mを超える。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作用する設計荷重については学術的な根拠に基づく裏付けがほとんどないまま設定が行われている。つまり、浅い円形立坑の土留め壁における設計用荷重の算定方法をそのまま準用しているのが現状である。すでに、現行の設計基準¹⁾による設計側圧と鳴下ら²⁾の計測した測圧、阿部ら³⁾が計測断面力から逆算解析を行って推定した側圧、岩波ら⁴⁾が提案した設計土圧を用いた側圧に対してそれぞれ必要となる土留め壁の厚さを算出した⁵⁾。そこで、本報告では、4つ側圧分布について土留めのはりばねモデルで構造計算して配筋仕様について考察を行ったものである。

2. 検討対象の円形立坑

本検討で対象とした立坑は、文献に施工時の土留め壁における計測データが揃っている首都圏外郭放水路第一立坑（以後、第一立坑と称す）²⁾とした。なお、第一立坑の土留め壁には地下連続壁（以後、連壁と称す）が採用されていた。表-1は、第一立坑の連壁の諸元をまとめたものである。また、第一立坑の地盤構成と地盤条件をまとめたものが表-2である。

3. 検討の方法

4つの考え方で算出した側圧に対して必要となる連壁の厚さを示したものが表-3である⁵⁾。また、4種類の考え方で算出した鉛直方向の側圧分布を図-1から図-4までに示した⁵⁾。構造計算にはりばねモデルを用いたいわゆる土留めの弾塑性法を用い、実際の施工ステップを考慮して9次掘削で計算して鉛直方向の断面力を求めた。なお、本立坑は円形で軸剛性の大きい連壁を採用しているために、3次元効果も計算に取り入れるためにリングばねを考慮した。リングばね定数は、壁厚を求める際に採用した等側圧の10%を偏側圧として考慮して式(1)によって求めた。

表-1 第一立坑の連壁の諸元

連壁長(m)	131.0
掘削長(m)	72.6
根入れ長(m)	58.4
内径(m)	36.6
設計強度(N/mm ²)	24.0
弾性係数(kN/mm ²)	25.0

表-2 地盤物性値

深度(m)	地質記号	単位体積重量(kN/m ³)	粘着力(kN/m ²)	N値	内部摩擦角(°)	地盤変形係数(kN/m ²)	地盤反力係数(kN/m ³)
3.3	Ac	14	0	0	0	0	0
5.5	As	18	0	9	27	5000	1201
12.6	Ds1	19	0	15	30	9000	2163
16.7	Dc1	17	30	21	27	22000	5286
18.8	Ds2	17	0	50	42	22000	5286
21.3	Dc2	17	30	36	27	59000	14177
29.4	Ds3	19	0	50以上	42	41000	9852
36.0	Dc3	17	170	50以上	29	35000	8410
49.1	Ds4	19	0	50以上	42	52000	12495
52.4	Dc4	18	220	30	3	21000	5046
60.0	Ds5	19	0	50	42	49000	11774
64.7	Dg0	20	0	50以上	42	35000	8410
72.6	Ds5	19	0	50以上	42	56000	13456
75.6	Ds5	19	0	50以上	42	56000	13456
79.9	Dc5	17	370	34	8	24000	5767
88.8	Ds6	19	0	41	40	54000	12975
95.4	Dc6	18	420	45	6	32000	7689
96.4	Ds7	18	0	41	40	56000	13456
103.2	Dc7	18	300	37	7	26000	6247
107.5	Dg1	20	0	50以上	42	35000	8410
110.3	Ds9	19	0	50以上	42	35000	8410
119.7	Dc8	17	350	42	8	92000	22106
122.0	Ds10	19	0	50以上	42	26000	6247
130.1	Dc9	18	410	37	9	26000	6247

表-3 各側圧で必要なる壁厚

	壁厚(m)
設計側圧	3.2
実測側圧	2.1
逆算側圧	1.8
提案側圧	2.2

キーワード 大深度, 円形立坑, 設計側圧

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町888番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9276

$$k_r = \frac{p + \Delta p}{\frac{pr^2}{AE} + \frac{\Delta pr^4}{12(EI + 0.0454k_s r^4)}} \quad (1)$$

- k_r : リングばねのばね定数 (kN/m³)
- k_s : 地盤反力係数 (kN/m³)
- E : 連壁のヤング率 (kN/m²)
- A : 水平断面方向の単位幅を有する連壁の断面積 (m²)
- I : 水平断面方向の単位幅を有する連壁の断面二次モーメント (m⁴)
- r : 坑の半径 (m)
- p : 連壁に作用する等側圧 (kN/m²)
- Δp : 連壁の作用する偏側圧 (kN/m²)

4. 結果

それぞれの側圧について、全施工ステップにおける鉛直方向の最大の曲げモーメントおよび配筋仕様、鉄筋とコンクリートの応力度を表-4に示した。本検討では、4の側圧に対して、設計した結果、全てコンクリートの有効断面積の0.2%である最小鉄筋量で配筋となった。また、4つの側圧の鉄筋とコンクリートの応力度の両方とも許容応力度の1/2以下の値になった。なお、せん断力は許容応力度に対して十分に小さいため記載を省略した。表-4の結果から、現在、円形立坑の土留め連壁についても鉛直方向の解析を行って設計を行っているが、水平方向の構造解析だけで大深度立坑の連壁の設計を行っても設計結果が変わらないと考える。

【参考文献】

- 1) (財) 先端建設技術センター：大深度土留め設計・施工指針 (案), 1994
- 2) 鴨下由男, 酒井学, 石村彰生：首都圏外郭放水路の立坑とシールドトンネルへの作用土圧について, トンネル工学研究論文報告集, pp.269-272, 2000
- 3) 阿部弘明, 板場建太, 岩波基：大深度円形立坑用連続地中壁に作用する側圧に関する一考察, 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
- 4) 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, 2012.11
- 5) 岩波基, 板場建太, Bat-Erdene Bolor：大深度円形立坑土留め壁に関する検討 48回地盤工学会 (投稿中)

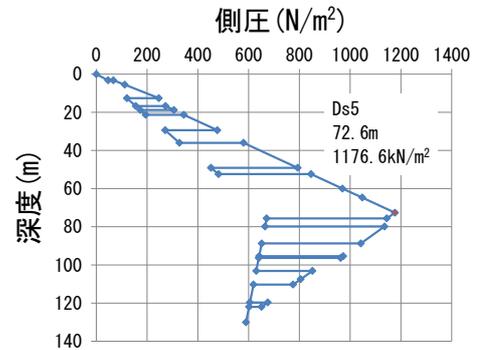


図-1 設計側圧

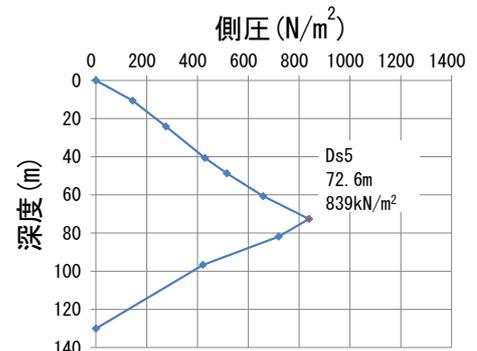


図-2 実測側圧

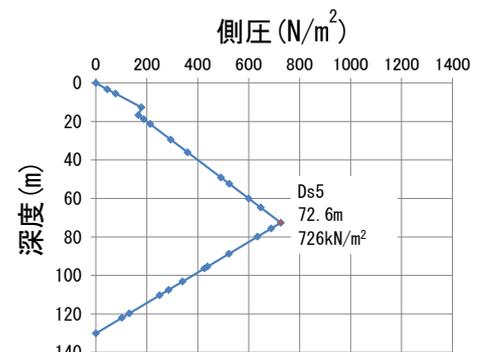


図-3 逆算側圧

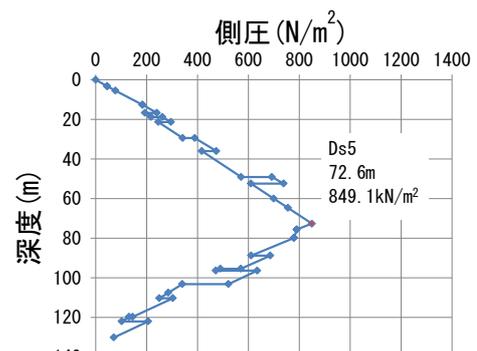


図-4 提案側圧

表-4 各側圧の応力と鉄筋要因

		設計側圧	実測側圧	逆算側圧	提案側圧
最大曲げモーメント(kN・m)		1243.3	958.3	434.4	795.3
鉄筋使用	鉄筋径	D35	D29	D25	D29
	鉄筋間隔(mm)	150			
鉄筋応力度(N/mm ²)		68.2	123.4	83.9	97.2
鉄筋許容応力度(N/mm ²)		300			
コンクリート応力度(N/mm ²)		1.1	2.2	1.4	1.7
コンクリート許容応力度(N/mm ²)		12			
鉄筋決定要因		最小鉄筋量により			