

# 水圧が卓越する大深度地盤内の円形立坑壁に発生する断面力について

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○板場 建太  
 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

大都市部で大深度に構造物を構築する際には、アクセスのために大深度立坑が必要となる。その土留めには地下連続壁（以下、連壁と称す）が採用され、円形である実績が多い。円形立坑の特徴として、等側圧に対しては十分な強度と剛性を有するが、偏側圧に対しては比較的に耐荷力が低いという問題がある。しかし、そのような連壁の設計方法は中浅深度のものを踏襲しており、学術的な根拠に基づく裏付けはない。現場に設置された土圧計と水圧計の計測結果から、このような特徴を持つ連壁に偏側圧が作用することが判明し、特に水圧の偏りによる偏側圧が大きかった。既往の研究<sup>1)</sup>から連壁に作用する鉛直方向断面の水圧分布を3次元浸透流解析で表現でき、その結果、局所的に水圧低下が生じることを確認した。現在の大深度円形立坑の連壁の設計基準では静水圧分布などが多く用いられ、局所的な水圧低下を考慮したような例はほぼない。そこで本論文では、連壁に現実に近い水圧が作用した場合に発生する断面力を確認することを目的とした。

表 1 連壁の構造諸元

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| 連壁長 (m)                   | 131.0             |
| 掘削長 (m)                   | 72.6              |
| 根入れ長 (m)                  | 58.4              |
| 内径 (m)                    | 36.6              |
| 壁厚 (m)                    | 2.1               |
| 弾性係数 (kN/m <sup>2</sup> ) | $2.5 \times 10^7$ |

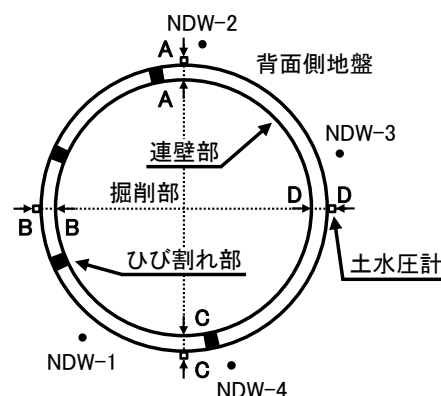


図 1 連壁の水平方向の断面図

## 2. 検討対象の円形立坑と周辺の状況

検討対象の円形立坑は首都圏外郭放水路第一立坑（以下、第一立坑と称す）である。表 1 に構造諸元を示し、図 1 に水平方向の断面図を示す。第一立坑は立坑内の掘削時にディープウェル工法を実施しており、かつ連壁に温度応力ひび割れが生じているエレメントが実際の観察と解析結果から特定できる。解析で現実に近い水圧を表現するにはこれらを考慮することが必要である。

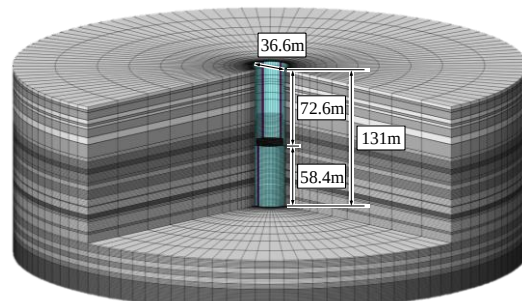


図 2 解析モデル図

## 3. 解析と解析結果

第一立坑に作用する水平方向断面の水圧分布を3次元浸透流解析により、求める。その際に作成した解析モデルを図 2 に示す。表 2 の各地盤の物性値は事前の調査結果に基づいて設定した。連壁のひび割れ発生部の透水係数については渡部らの研究<sup>2)</sup>による実験式から算定した値とし、連壁の背面側の安定液固化材などで構成されるマッドケーキ部の透水係数については深見らの研究<sup>3)</sup>による値を参考にして決定し、その厚さは5cmとした。

表 2 各地盤の物性値

| 地質記号 | 層下端深度(m) | 透水係数(cm/s)                                        | 地質記号 | 層下端深度(m) | 透水係数(cm/s)            |
|------|----------|---------------------------------------------------|------|----------|-----------------------|
| Ac   | 3.3      | $1.00 \times 10^{-6}$                             | Dc5  | 79.9     | $1.00 \times 10^{-7}$ |
| As   | 5.5      | $1.00 \times 10^{-5}$                             | Ds6  | 88.8     | $1.13 \times 10^{-6}$ |
| Ds1  | 12.6     | $6.59 \times 10^{-4}$                             | Dc6  | 95.4     | $1.00 \times 10^{-7}$ |
| Dc1  | 16.7     | $1.00 \times 10^{-6}$                             | Ds7  | 96.4     | $1.50 \times 10^{-6}$ |
| Ds2  | 18.8     | $6.56 \times 10^{-3}$                             | Dc7  | 103.2    | $1.00 \times 10^{-7}$ |
| Dc2  | 21.3     | $1.00 \times 10^{-6}$                             | Dg1  | 107.5    | $1.18 \times 10^{-5}$ |
| Ds3  | 29.4     | $4.61 \times 10^{-3}$                             | Ds9  | 110.3    | $2.41 \times 10^{-5}$ |
| Dc3  | 36.0     | $1.00 \times 10^{-7}$                             | Dc8  | 119.7    | $1.00 \times 10^{-7}$ |
| Ds4  | 49.1     | $5.00 \times 10^{-4}$ , ( $1.00 \times 10^{-5}$ ) | Ds10 | 122.0    | $2.41 \times 10^{-5}$ |
| Dc4  | 52.4     | $1.00 \times 10^{-7}$                             | Dc9  | 130.1    | $1.00 \times 10^{-7}$ |
| Ds5  | 60.0     | $1.00 \times 10^{-5}$ , ( $1.25 \times 10^{-6}$ ) | Ds10 | 137.8    | $2.41 \times 10^{-5}$ |
| Dg0  | 64.7     | $1.68 \times 10^{-3}$                             | Dc10 | 142.8    | $1.00 \times 10^{-7}$ |
| Ds5  | 75.6     | $5.00 \times 10^{-4}$ , ( $1.25 \times 10^{-6}$ ) | Ds11 | 147.8    | $2.41 \times 10^{-5}$ |

キーワード 地下連続壁, 大深度, 円形立坑, 浸透流解析, マッドケーキ

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環境都市工学科 TEL&FAX 0258-34-9273

表 3 連壁とマッドケーキの透水係数

|            | 透水係数 (cm/s)           |
|------------|-----------------------|
| 連壁の一般部     | $1.00 \times 10^{-7}$ |
| マッドケーキ部    | $5.90 \times 10^{-4}$ |
| 連壁のひび割れ発生部 | $2.50 \times 10^{-5}$ |

表 4 DW 揚水量

| DW番号  | 揚水量 (m <sup>3</sup> /day) |
|-------|---------------------------|
| NDW-1 | 732                       |
| NDW-2 | 336                       |
| NDW-3 | 233                       |
| NDW-4 | 511                       |

表 5 床付け位置での最大圧縮応力度

|     | 床付け位置での応力度 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----|---------------------------------|
| 許容値 | 12.0                            |
| 計測値 | 7.8                             |
| 解析値 | 13.6                            |

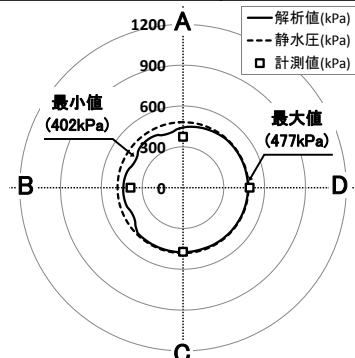


図 3 49.1m 地点の断面水圧分布

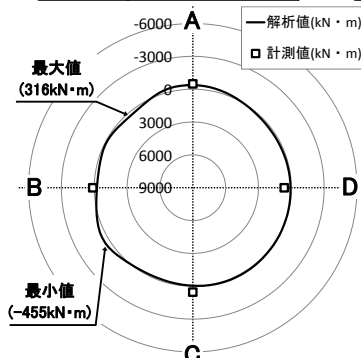


図 4 49.1m 地点の曲げモーメント分布

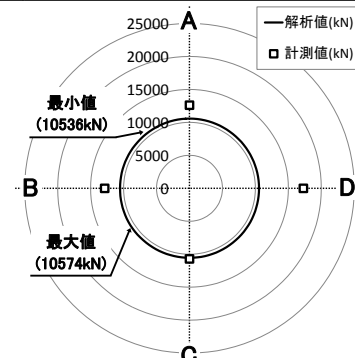


図 5 49.1m 地点の軸力分布

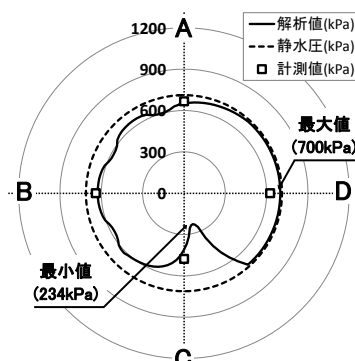


図 6 床付け位置の断面水圧分布

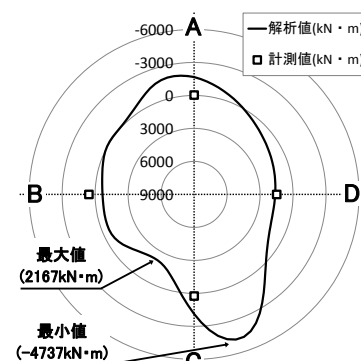


図 7 床付け位置の曲げモーメント分布

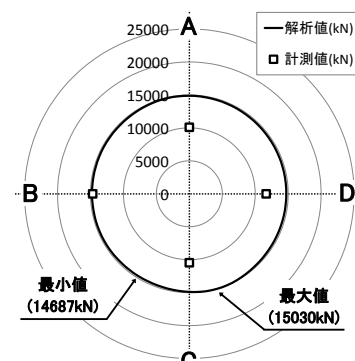


図 8 床付け位置の軸力分布

連壁とマッドケーキの透水係数を表 3 に示す。ディープウェルは、図 1 の NDW-1～4 のように 4 つ設置されており、各揚水量は表 4 の通りである。計測結果に従い、Ds11 層から揚水を行っているものとした。連壁に作用する断面力の算定は、2 リングばねモデルと全周ばねモデルを用いた構造解析を行って算出した。

図 3 は 49.1m 地点の水平方向断面の水圧分布であり、計測値とほぼ等しい結果となった。この水圧分布を荷重として構造解析を行い、算出した断面力を図 4 と図 5 に示す。曲げモーメントも軸力も計測値とほぼ等しい結果となっているが、軸力の解析値は計測値に比べて全体的に小さい結果となった。次に、図 6 は床付け位置の水平方向断面の水圧分布であり、計測値とほぼ等しい結果となったが、C 断面付近で局所的な水圧低下が生じた。この水圧分布を荷重として構造解析を行い、算出した断面力を図 7 と図 8 に示す。曲げモーメントも軸力も計測値とほぼ等しい結果となっているが、曲げモーメントの解析値で局所的に大きい値が算出された。表 5 に床付け位置に生じる断面力から算出した最大圧縮応力度を示す。この結果から、計測値は 7.8N/mm<sup>2</sup> となり、許容応力度の 12.0N/mm<sup>2</sup> 以内であるが、解析値は 13.6N/mm<sup>2</sup> となり、許容応力度より大きい値となった。

#### 4. おわりに

本検討の結果、水圧分布の計測値と解析値がほぼ一致した。また、断面力も計測値と解析値がほぼ一致した。しかし、解析上、局所的に大きな断面力が生じ、圧縮応力度が許容値を上回る可能性があることが判明した。

#### 【参考文献】

- 1) 板場建太, Bat-Erdene Bolor, 岩波基, 大深度円形立坑の地下連続壁に作用する水圧分布に関する一考察, 土木学会第 68 回年次学術講演会論文集, pp.579-580, 2013.9
- 2) 渡部直人, 発電所廃棄物陸地貯蔵・処分用コンクリートピットの水密性に関する研究 -ひび割れ部および継目部の透水性評価-, 電力中央研究所報告, 1987.9
- 3) 深見秀樹, 須藤賢, 上野孝之, 連続地中壁背面の泥水浸透特性と透水性について (その 2), 土木学会第 54 回年次講演会 III-A284, p568~p569, 1999.9