

# CS-131 先行削孔併用圧入オープンケーソンの設計上の課題と対策について

戸田建設(株)土木設計室 ○牛上 敬 小玉 正文  
 〃 河野 裕之 佐藤 智晶

## 1. はじめに

圧入式オープンケーソン工法は刃先を常に地山に貫入させた状態を保持して掘削を進めていくことを基本的考え方とする。刃先の先堀りを無くすることにより躯体の安定と地盤変位の低減を図っている。しかし刃先の貫入力が大きくなり自重による力だけでは不足するため、アンカーによる圧入が必要となる。また地山の強度によっては先行削孔による貫入力の低減や地盤改良による沈設時の安定化が必要になる場合がある。今回ガス導管工事の発進立坑を先行削孔併用の圧入オープンケーソンで設計する機会を得た。設計上の課題と対応策について以下に概要を報告する。

## 2. 設計条件

図-1に立坑の平面・断面と土質柱状図を示す。内径9m、外径11m、掘削深さ28mのケーソンである。

GL-5～12mがN値0～4の軟弱シルト層、GL-22m以深がN値5以上の良く締まった砂層になっているのが特徴である。

## 3. 設計上の課題と対応策

### (1) 先行削孔の検討

N値50以上の砂層に静的に刃先を貫入させることは困難であり、先行削孔を検討した。該当地盤がGL-22m以深であり、沈設全区間の地層を緩める結果になってしまうのが1つの課題である。先行削孔による地山の強度低下を定量的に検討した事例はあまりないが、ケーソン沈設時の緩みに関する研究<sup>1)</sup>を参考にして変形係数、N値を40%に設定した。

変形係数 $E_0$ とNは慣用的に次の関係<sup>2)</sup>がある。

$$E_0 = 28N$$

またN値とC、 $\phi$ の関係は次の式<sup>2)</sup>を使用した。

$$C = N/16$$

$$\phi = \sqrt{15N + 15}$$

従って変形係数を40%低減するとCは40%、 $\phi$ は63%の低減となる。先行削孔前後の各土質定数の変化を表-1に示す。この土質定数を基に刃先の貫入抵抗を試算し、必要圧入力を算定した。その結果を表-2に示す。

### (2) 地盤改良の検討

掘削後、次ロットを構築するとその重量が加算される。次ロットの躯体重量 $W_{n+1}$ と前段階の沈下抵抗力 $R_n$ の関係

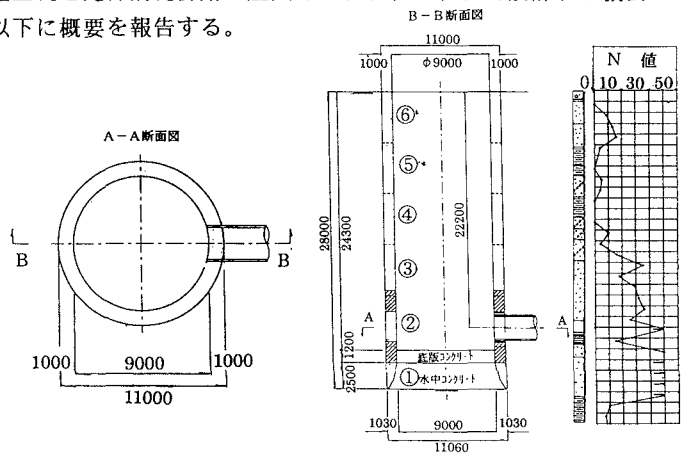


図-1 発進立坑計画図

表-1 土質定数の評価

| 先行削孔前 | 深さ   | 地盤   | 単位重量 | 粘着力 | 内部摩擦角 | N 値 |
|-------|------|------|------|-----|-------|-----|
| GL-5m | 5.85 | B    | 2.00 | 0   | 26    | 8   |
| 12.45 | Ac1  | 1.75 | 2.3  | 0   | 2     | 2   |
| 14.55 | As2  | 1.70 | 0    | 25  | 7     | 7   |
| 22.15 | Ds1  | 1.75 | 1.0  | 37  | 24    | 24  |
| 24.35 | Dc1  | 1.70 | 9.4  | 11  | 15    | 15  |
| 28.00 | Ds1  | 1.60 | 1.5  | 40  | 60    | 60  |

| 先行削孔後 | 深さ   | 地盤   | 単位重量 | 粘着力 | 内部摩擦角 | N 値 |
|-------|------|------|------|-----|-------|-----|
| GL-5m | 5.85 | B    | 2.00 | 0   | 16    | 3   |
| 12.45 | Ac1  | 1.75 | 0.9  | 0   | 1     | 1   |
| 14.55 | As2  | 1.70 | 0    | 16  | 3     | 3   |
| 22.15 | Ds1  | 1.75 | 0.4  | 23  | 10    | 10  |
| 24.35 | Dc1  | 1.70 | 3.8  | 7   | 6     | 6   |
| 28.00 | Ds1  | 1.60 | 0.6  | 25  | 24    | 24  |

表-2 先行削孔併用時の必要圧入力

| ロット No. | 刃先の位置 | 沈下力    | 浮力    | 沈下抵抗力 (I) | 沈下抵抗力 (II) | 計 R    | 不足荷重 (圧入力) (I) |
|---------|-------|--------|-------|-----------|------------|--------|----------------|
|         | GL-m  | W      | U     | F         | Q          | =U+F+Q | P=R-W          |
| ①       | 5.00  | 252.8  | 32.2  | 364.8     | 391.3      | 788.3  | 535.5          |
| ②       | 9.80  | 622.3  | 183.3 | 491.3     | 223.8      | 898.4  | 276.1          |
| ③       | 14.60 | 991.7  | 334.1 | 645.0     | 789.9      | 1769.0 | 777.3          |
| ④       | 19.40 | 1361.2 | 484.9 | 878.3     | 789.9      | 2153.1 | 792.0          |
| ⑤       | 24.20 | 1730.6 | 635.7 | 1191.0    | 1022.3     | 2849.0 | 1118.4         |
| ⑥       | 28.00 | 2100.1 | 755.1 | 1453.7    | 930.8      | 3139.6 | 1039.5         |

キーワード ケーソン、先行削孔、刃先抵抗、観測施工

〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 Tel03-3535-1606 Fax03-3564-0475

が次式の通りでないと過沈下または不安定な状態となる。

$$W_{n+1} < R_n$$

表－2でこの関係をチェックすると、3ロット構築時点の関係が逆転する。

$$W_3=991.7 < R_2=898.4 \text{tf}$$

この対応策として次の2つの方法を考えた。

①2ロット圧入的に内部掘削を行わず（根入れ長7.3m）、刃先抵抗力を大きくする。

②地盤改良を実施して支持力を増大させる。

①の方法は必要圧入力408.5tfとなり計算上圧入は問題ないが、工期がかかる欠点がある。②の方法は先行削孔に用いるSMWで上部の改良を併せて行うという考え方であり、低強度の改良が容易であるという特長もある。従って②の方法を採用した。改良強度を1kgf/cm<sup>2</sup>とし、このときのWとRの関係を再計算すると次の通りである。

$$W_3=991.7 < R_2=1311.2 \text{tf}$$

以上の検討で決定した圧入力各因子との関係を図－2に示す。

### （3）刃先抵抗力の算定方法

刃先を地山に貫入させるためには地盤をせん断破壊させる必要がある。刃先の抵抗力の考え方には基礎の支持力問題として例えば図－3に示す Terzaghi, Meyerhof, Vesic等の理論がある。しかしこれらは刃先の形状に見合ったものとは言えず、今回は図－4に示す円弧すべりの考え方を取り入れた。図において円弧すべりの安全率が1.0になる水平力Hをトライアル計算で算出し、図中に示すベクトルから刃先抵抗を計算した。

### 4. 先行削孔後の地盤調査結果

先行削孔、地盤改良を行った後、標準貫入試験を実施して地山強度の変化を測定した。その結果を図－5に示す。図中の実線が改良前、破線が改良後のN値である。GL-15m前後の砂層でN値が大きく出ている以外は、緩みによって平均化され小さくなっていることが認められる。ただ、深部の硬質地盤については先行削孔効果を保持するためにベントナイト溶液を注入しておりさらにN値が小さくなっている。この部分は圧入時の加圧による脱水で強度が復元する可能性も考えられるため、ケーソン沈設時の計測結果によって総合的に判断したい。

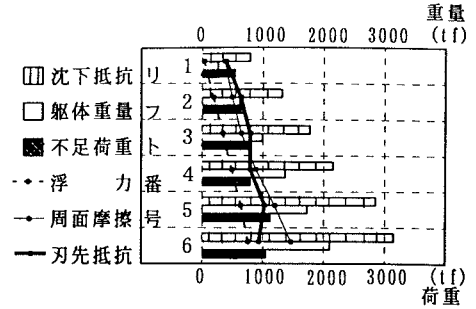
### 5. おわりに

工事の実施結果は別報で報告するが、さらに詳細なデータ分析を今後実施する予定である。今後低コスト型の圧入ケーソンの採用がさらに増えていくと考えられ、今回の設計検討や計測結果を次の工事に生かしたいと考える。

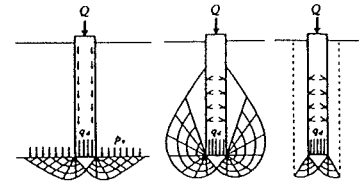
引用文献①大植他：施工に伴う周辺地盤のゆるみを考慮したケー

ソン設計法，土木技術，1981.7

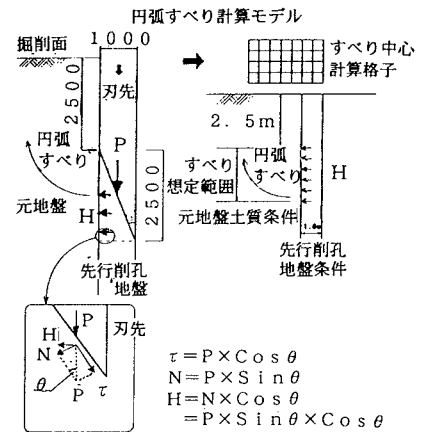
2)例えば土質工学ハンドブック



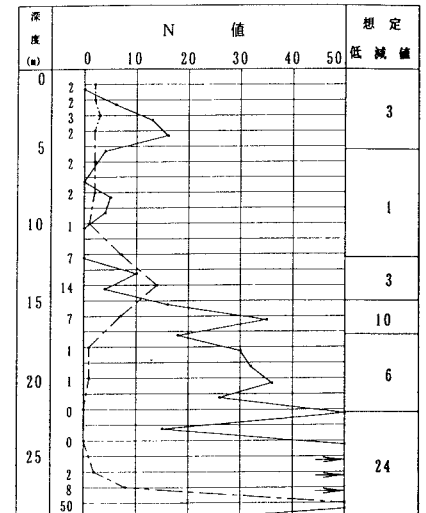
図－2 圧入力と諸因子の関連



図－3 支持力理論図



図－4 刃先抵抗力算定の概念図



図－5 地盤改良効果