

Ⅲ-B168

先行削孔した洪積地盤における圧入ケーソンの刃先抵抗力の逆解析

戸田建設(株)大阪支店 正会員 関口 高志

戸田建設(株)大阪支店 原 宏司

戸田建設(株)大阪支店 正会員 廣田 和道

1. はじめに

圧入式オープンケーソン工法は、アンカーに反力をとってケーソンを油圧ジャッキで圧入していく工法である。しかし、硬質な洪積地盤へ沈設する場合には圧入力不足となり、摩擦低減工法や先行削孔といった補助工法が必要¹⁾となる。ここで、先行削孔地盤の刃先抵抗力に関する定量的な評価²⁾は確立されていない。今回、下水道幹線のシールド発進・到達立坑(φ19.8m・H=53.0m)を先行削孔併用の圧入式オープンケーソン工法で施工したが、そこで圧入沈設時の計測結果(別報で報告)を数多く得ることができた。本報文は、この計測結果を基に先行削孔により緩められた洪積地盤における刃先抵抗力の逆解析を行うものである。なお、逆解析の対象は全13ロットのうち、洪積地盤を沈設する8(砂礫)、9(粘)、11(砂)、12(砂礫)の4ロットとした。

2. 先行削孔

先行削孔は、同軸二軸オーガー工法(84本-φ1,000)により、図-1に示す配置で行った。改良率は、以下の条件で計算³⁾し、80%となった。

- ① 削孔前N値：上限を50(砂) c/0.6(粘)
- ② 削孔前E：38+10.5N(砂) 41+1.5N(粘)
- ③ 削孔後E'=0.4×E²⁾ ※E、E'は変形係数
- ④ 削孔前(砂)：c=5tf/m²、φ=34°
- ⑤ 刃先貫入量：2.2m (側壁の1m内側まで掘削)

先行削孔の効果を確認するため標準貫入試験(SPT)を行い、削孔前後のN値を調べた(図-2)。N>60は換算N値である。砂礫層の削孔後の設計N値は一律18となるが、上部は、よく整合しているものの、下部はかなり大きめの値を示している。これは、削孔前の換算N値の違いによるものと思われる。

3. 刃先抵抗力の実測値

刃先抵抗力は直接計測することが難しいので、浮力と自重は計算から、周面摩擦力と圧入力は計測結果から求め沈下関係式で逆算することにより、刃先抵抗力の実測値を求めた。刃先抵抗力の設計値と実測値との比較を図-3に示す。その結果、8、9ロットは設計値より小さく、11、12ロットが設計値とよく整合しているということがわかった。以下、対象とする層ごとの刃先抵抗力の違いを逆解析により解明していく。

4. 逆解析の考え方⁴⁾

刃先抵抗力の設計値(q)と実測値(Q)との差を誤差関数(S)とし、この誤差関数を最小化させることを目的として逆解析を行った($S=|q-Q| \rightarrow \min$)。ここで、未知パラメータの選択は、工学的に有意で一意的な解の存在が条件となる。そこで、設計時における不確実性が強く、かつ刃先抵抗力への感度の高いものとして、以下の3変数を選択した。①残土の高さ(h)を考慮した刃先貫入量(Df)、②削孔地盤の変形係数の低減率(α：設計値0.4)、③削孔前の原地盤N値(砂のみ対象：設計値50)

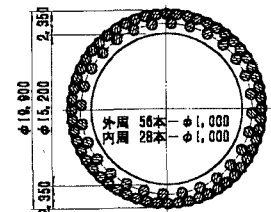


図-1 先行削孔平面図

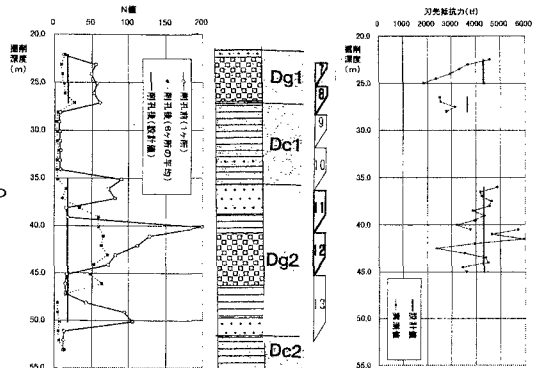


図-2 削孔前後のN値

図-3 刃先抵抗力の比較

キーワード：先行削孔、洪積地盤、圧入式オープンケーソン、刃先抵抗力、逆解析

連絡先(住所：大阪市西区西本町1-13-47 新信濃橋ビル・電話：06-6531-7981・FAX：06-6531-9898)

5. 刃先貫入量（ Df ）の同定

刃先貫入量は、図-4に示すように安息角 β （砂： 16° 粘： 0° ）をとり、実測値を求めた。また、ケーソン内部の残土高さ（ h ）も実測した。 Q 、 Df 、 h の関係を図-5に示す。また、 $Q-Df$ 、 $Q-h$ 間の相関係数を表-1に示す。ここで、刃先貫入量の推移をみると、8ロットは設計値（2.2m）に近く、9ロットは大、11、12ロットは小となった。施工上、貫入量の増減によって刃先抵抗力を調整していたことがわかる。また刃先貫入量は刃先抵抗力と正の相関が強く感度が高い。一方、残土の高さは、各ロットの掘削深度に比例して高くなっているが、刃先抵抗力との相関は弱く、感度が低い。したがって、パラメータとして、残土の高さは無視し、刃先貫入量の実測値を一意的に同定値とみなすこととした。

6. 変形係数の低減率（ α ）の同定

Df は実測値、砂礫層の原地盤のN値は上限を50として、 $S \rightarrow \min$ となる α を同定した（図-6）。砂礫層で設計値（0.4）と比較すると、7ロットは、設計値に近く、11ロットは1~2倍、12ロットは2倍となり、深さに比例して増大する結果となった。また粘性土層の8ロットは α がゼロとなった。

7. 原地盤のN値の同定

Df は実測値、 α は設計値（0.4）として、 $S \rightarrow \min$ となる原地盤のN値を同定した（図-7）。SPTによるN値と比較すると、上部の7ロットは、ほぼ一致しており、下部の11、12ロットも、バラツキの大きいSPTのN値を平均値に均す（線形近似と累乗近似の間）ように分布する結果となった。

8. まとめ

刃先貫入量が刃先抵抗力に対し高い感度を示したのは、テルツァギー公式をみれば自明であるが、残土の高さの感度が低いのは、側壁から4mの位置が円弧すべり状の破壊曲線からはずれていたためと考えられる。洪積粘性土層では、原地盤の c を一軸圧縮試験で求めており、6節で同定した $\alpha=0$ は信用性が高いといえる。一方、洪積砂礫層では、今回2通りの逆解析を行った。N値の上限を50とした6節では、 α が深度に比例して増大する結果となった。また、 $\alpha=0.4$ とした7節では、SPTの換算N値の有意性を示す結果となった。削孔前後のN値の比較と整合するのは7節ということになるが、この場合、2節の条件④に示す原地盤の土質定数も、より大きな値で評価することとなる。結論は、N値が50を超える洪積砂礫層の c 、 ϕ の評価へと帰着するので、各層のN値以外の要素（粒土分布等）との関係も含め、今後の研究課題としたい。

参考文献

- 1) 例えば、水澤ほか／地盤改良併用圧入オープンケーソンの実施例／土木学会第53回年次学術講演会／VI-196
- 2) 例えば、牛上ほか／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／同上／CS-131
- 3) 北村、日出山、三宅／淀の大放水路「十八条～西島下水道幹線の立坑」の設計／土木技術／53巻第1号
- 4) 関口ほか／圧入式オープンケーソン工法における計測管理と逆解析の手法／土木学会第53回年次学術講演会／III-A429

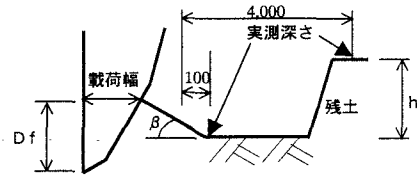


図-4 刃先貫入量の考え方

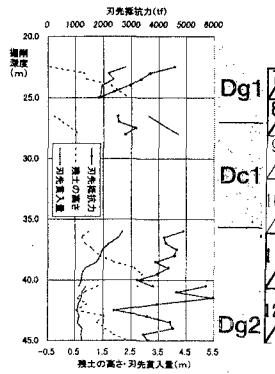


図-5 Q、Df、hの関係

表-1 Qとの相関係数

ロット	Df	h
7	+	-
8	+	+
11	+	-
12	+	-

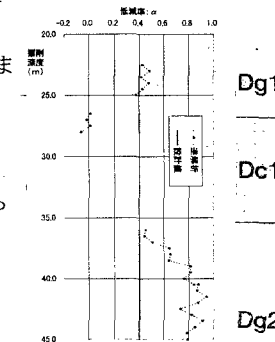


図-6 α の同定結果

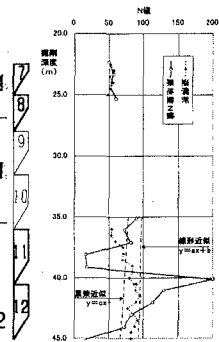


図-7 原地盤N値の同定結果