シールド掘進における新たな支障物撤去工法の実用化
～営団地下鉄 11 号線隅田川工区土木工事～

帝都高速度交通営団　総合企画室　正会員　小坂　彰洋
帝都高速度交通営団　建設本部　正会員　大塚　努
鹿島・竹中土木・大日本ＪＶ工事(事)　小土井 満治
鹿島　土木設計本部　正会員　○中川　雅由
鹿島　土木設計本部　正会員　齊藤　祐輔

１．はじめに

本工事は、営団地下鉄 11 号線（半蔵門線）の水天宮～押上間建設事業のうち、水天宮前駅・清澄駅（仮称）間の複線トンネル（外径φ9,700㎜、延長 1,258m）を、泥水式シールド工法にて築造するものである。

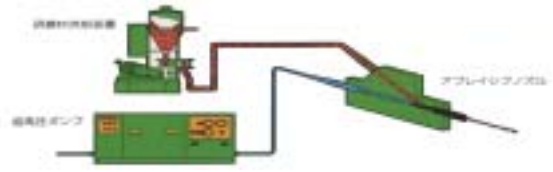
このたび、シールド掘進の支障となる地中障害物（PHC 杭）を事前に細断する新たな支障物撤去工法を採用し、無事施工を完了したので報告する。

２．支障物撤去工法の概要

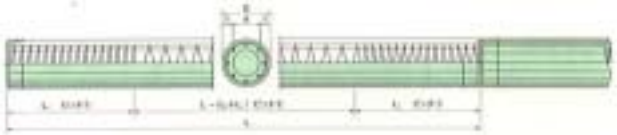
シールド掘進の支障となる PHC 杭(φ450㎜,f´ck＝80N/㎟)は既設建物直下に位置しており、事前に引抜くなどの撤去策を講じることが不可能であったため、シールド機での切削を余儀なくされた。

しかし、シールド機で直接 PHC 杭を切削する際には、コンクリート塊の取込みや PC 鋼線のカッタービットへの絡み付き等による閉塞が懸念されるため、シールド機掘進停止のリスク回避を目的として、予め杭頭部をワイヤーソーにて切断後、アブレイシブジェット（高速砂水噴流装置）を杭中空部に挿入し、ノズルを杭内で回転させてトンネルと干渉する部分を細かく切断する新たな支障物撤去工法を適用した。

アブレイシブジェット装置、及び PHC 杭の構造概要を図‐1、図－２にそれぞれ示す。



図‐1　アブレイシブジェット装置概要



図－２　PHC 杭構造概念図

３．ＡＪ（アブレイシブジェット）仕様の設定

本工事においては、PHC 杭を確実に切断する必要があるとともに、当該地の地盤が沖積粘性土層であることから、必要以上の水撃により地表面沈下につながる周辺地盤の緩みを生じさせないAJ 仕様の設定が要求された。

そこで、事前に切断撤去した実物（杭頭部）を試験場に持ち込み、水中での PHC 杭切断実験を実施（9 ケース）し、AJ 仕様を設定することとした。

代表的な実験ケース及び結果一覧を表‐１に示す。

表‐１　試験ケース及び結果

case	圧力 (Mpa)	切断速度 (㎜/sec)	状況
ｹｰｽ１	245	0.8	完全に切断（スリット幅約 3㎜）
ｹｰｽ３	245	1.3	完全に切断（切断面が波状）
ｹｰｽ４	245	1.5	未切断部分あり
ｹｰｽ５	147	1.0	未切断部分あり

※噴射水量は 28Ｌ/min 一定

試験の結果、ｹｰｽ１の AJ 仕様で PHC 杭の切断が確認された。しかし、実際は杭の中空部（φ310㎜）に礫などの支障物が詰まっていることが確認され、これを完全には除去できない状態でAJ 施工を実施せざるを得なくなった。そこで、上記仕様では切削スリット幅も小さく地盤への悪影響はほとんどないと想定されることから、地中での杭の確実な切断を優先し、地表面沈下計測管理を行うことを前提として切断速度を 0.5㎜ とさらに遅くして施工を実施した。

表‐２　施工における AJ 仕様

水量 (L/min)	圧力 (Mpa)	切断速度 (㎜/sec)
28	245	0.5

キーワード：シールドトンネル、支障物撤去、アブレイシブジェット
連絡先　〒110-0015　東京都台東区東上野 3-19-6　帝都高速度交通営団　総合企画室　TEL　03-3837-7024

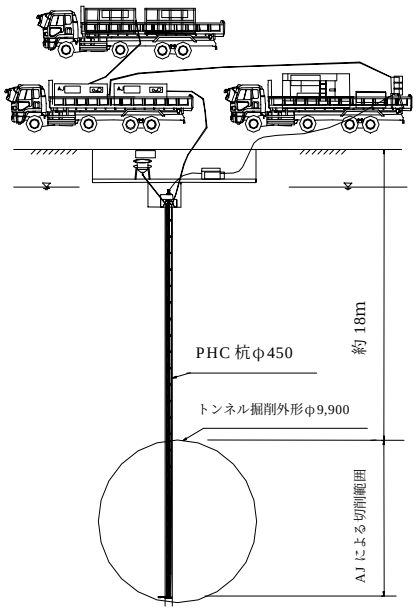
実験結果の１例を写真－１に示す。
なお、PHC 杭切削による地表面沈下は殆どなかった。

写真－１　AJ による PHC 切削実験結果

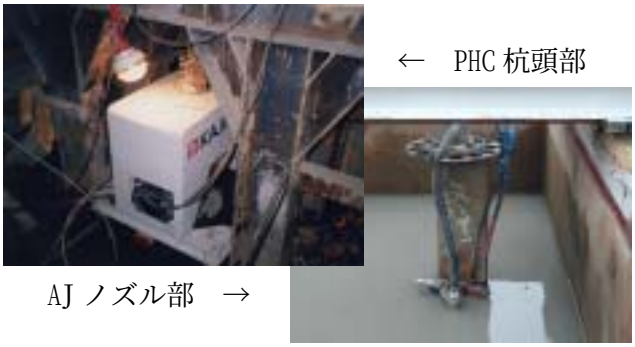
４．AJ による切断工

シールド掘進に支障となる３本の PHC 杭について、トンネルと干渉する部分を AJ にて切断した。なお、AJ による PHC 切断後、杭の中空部にＣＢ注入を実施した。

トンネルと PHC 杭との断面位置関係を図－３に、施工状況を写真－２にそれぞれ示す。



図－３　PHC 杭とトンネルの位置関係

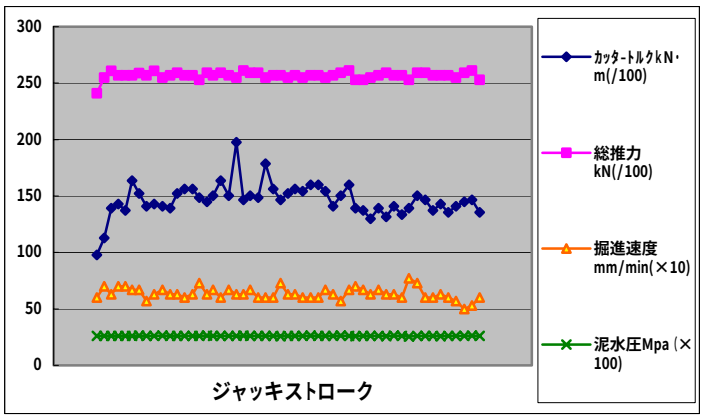


写真－２　AJ 施工状況

５．シールド掘進及び支障物撤去工

AJ による事前の PHC 杭切断を実施した後、シールド機による残置杭部掘進を行った。残置杭切断時には、ジャッキ推力及びカッタートルクを入念に監視しながら、掘進速度を 5mm/min 以下に抑えて慎重な施工を行った。その結果、部分的にジャッキ推力、カッタートルク、排泥ポンプ回転数の急激な上昇、及び排泥設備の度重なる閉塞が確認されたが、地表面に悪影響を及ぼすことなく、またシールド機掘進不能に陥ることもなく無事に当該地点を通過できた。

残置杭切削時の泥水圧、掘進速度、ジャッキ推力、カッタートルクの経時変化を図－４に、シールド機からの支障物搬出状況を写真－３にそれぞれ示す。



図－４　残置杭部掘進時の主な施工データ

搬出された PHC 杭の破片（ｺﾝｸﾘｰﾄ塊、PC 鋼線、杭接合部鋼板）

写真－３　掘進時における支障物搬出状況

６．おわりに

本工事では、地中に残置された PHC 杭を事前に撤去できないという厳しい状況の中で、AJ を用いた新たな支障物対応工法を適用し、無事当該部の掘進を完了できた。本報告が今後の同種工事の参考になれば幸いである。

参考文献

・補助工法不要のカッタービット交換方法「リレービット工法」の施工実績報告　土木学会第 57 回年次学術講演会