

東京電力(株) 正員 吉川 新吉

(株)熊谷組

安藤 巨之

1. はじめに

本工事は東京電力が推進している超高圧送電線路計画の一環として、豊島区北大塚から東池袋地先をシールド工法で施工するものである。工事概要は延長832.6^m、内径2.7^m、外径3.6^mで急曲線部はセグメントを使用する。報告する急曲線部の施工の特徴としては、

- (1) 地形の制約から延長87^mの区間はR=60^mのS字曲線となっている。
- (2) 直上の重要構造物として、地下鉄、国道とふくそうする埋設物および消防署等のビルがある。
- (3) 土被は19.5^mで、切羽上部の砂礫層はバインダー分の非常に少ない地層で、又高い水頭と有し湧水による土砂の流出が予想される地層である。
- (4) 地上からの補助工法は諸制約のためできず、湧水や砂礫の流出についての対策は全て切羽で行わなければならない。同様に圧入についても1%以下で施工しなければならない。

以上のように種々の制約のもとで困難な施工条件と工法の改善と工夫により施工した結果について報告する。

2. 地盤条件

施工区域の豊島区東池袋付近は、豊島台の東部に属し標高31.0^mの平坦な部になっているが付近には旧河川による侵蝕谷の残る地形があり、全体的には洪積世層の分布する所となっている。地層状況は上部より表土(層厚1.7^m)、関東ローム層(5.0^m)、粘土層(4.6^m)、細砂層(1.4^m)、砂礫層(7.1^m)、シルト層(2.4^m)、砂質シルト層(0.5^m)、以下細砂と砂礫の互層となっている。上部の関東ロームおよび粘土層は、N値的には3~12と軟~硬の分布となっているが、粘性の大きい適圧密性土と判断され層厚も約10^mあり有利な条件である。

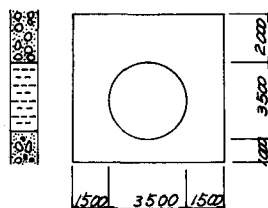
細砂、砂礫層は東京層の砂層および東京礫層にあたりN値は40~50を示し良く締っている。全体としては10~30の礫径であるが部分的には50~70の礫が70%存在し均等係数は2.9と小さくなっている。粒度特性は粘土分0%、シルト分2%、砂分47%、礫分51%で礫は丸い形としている。透水係数は $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ sec}$ を示している。

次に中、下断面にある砂質シルトおよびシルト層は、炭化した竹やパイピングが配される砂分の70%とかが散在するものの全体としてはN値18~25を示す切羽の自立性が期待できる層と思われる。下部砂質層は、礫径も大きくN値は50以上を示すが、若干シルト分を含んだ透水性の良い層となっている。自然地下水位は、G.L.-7.6%を示し切羽上部の間隙水圧は1.8%、下部砂質層は0.4%である。以上の条件の他に立地条件により圧入を1%以下に抑えなければならないため補助工法を選定した慎重な施工が必要と思われる。

3. 曲線部のシールド掘進と薬液注入の必要性

地盤条件は前章で述べた通りであるが、築造部から曲線部手前迄は切羽上部にシルト層が介在し安定した状態に掘進が行われた。しかし曲線部に至るに従ってシルトの層厚が薄くなり上部砂礫層が切羽にあらわれ湧水と流砂現象と伴う危険な土質状態となる。砂の自立性を保持させる条件は、 $D_{50} > 20\%$ 、 $U_6 > 5$ と満足させることとされている。バインダー分の含有率が10%以下の場合には均等係数のいかんにかかわらず崩壊性が大きいとされておりこの様な砂質土には人工的に粘着力と与えるバインダー分の不足を補ってやうなければならぬ為に地盤改良が不可決となる。又、シールド機の方向転換と容易にする必要上N値は高いが崩壊性の大きい砂礫層及びシルト層に余幅による空洞と作らなければ

図-1. 改良範囲と注入率



注入率			
土質	間隙率	透水率	注入率
粘性土	60%	40%	24%
砂 礫	40	80	32

ならない。従って余振面の強化と振削の容易性と地盤改良と圧気によって与えてやらなければならない。

4. 当初計画と施工結果の概要

4-1 注入計画と注入方法

当区間においては確実な注入効果が期待できる瞬結二重管工法を採用し、シールド坑内から本工法専用の油圧式坑内専用注入管設置機を用い、図-1に示す改良断面と注入率で計画、施工した。

4-2 振削状況

曲線部に入り切羽の砂礫層が下ってくるにつれシールド背面から引いてくるとと思われる水が切羽から湧出し始めた。そこで切羽からの湧水防止を目的として坑内圧気が蓄えられ、更に裏込注入材と通硬性のセメントモルタルからゲルタイムを有する薬液(LW)に切り替え、シールド機後方のテールボイドを充填したところ湧水はほぼ止まり、薬液による裏込注入の効果が現れた。しかし、砂礫層がシールド天端から下がるにつれて湧水量が多くなりLWグラウトが切羽から湧出し湧水を止めることが難しくなった。さうに湧水を防ぐべく注入を続けたところ比較的強度の高いLWグラウトがシールド機本体を包んで固めてしまい、シールド機の曲進進を妨げる恐れが生じ、振削作業を中止せざるを得なかった。以上のような状況と砂礫層がさらに厚くなることが予測され、余振面を維持することが困難と判断されたので、注入計画の再検討を行った。

5. 曲進進における問題点の発生要因と対応策

- (1) 含水量の多い砂礫層がシールド上部にあらわれ層境の湧水が多くなった。——改良範囲と注入率の変更
- (2) 余振部分と長時間開放しておくため改良地盤の弱点部から時間経過に伴い湧水が多くなる。——注入率の変更
- (3) 裏込注入のLW材が余振部分を通じて切羽へ流出し進水効果が減少する。——裏込注入方法の改善

6. 施工結果の概要

6-1 注入計画

改良範囲と注入率は、検討の結果、図-2のように計画した。

6-2 裏込注入方法

当現場における施工結果が示すように通硬性の裏込注入材では不充分であり瞬結性のグラウトと併用する必要がある。シールド機の裏側に強度のあるグラウトが流れ込んだ場合曲進進に支障をきたすので、2~3秒のゲルタイムが安定して得られゲル強度の小さい水ガラス系溶液型グラウトを選定した。注入方法としてはスキングプレート後部に注入孔を設け、図-3に示すように振進工程に合わせて数リングごとにツバ止メ注入を行い、ひき続き裏込注入を行った。

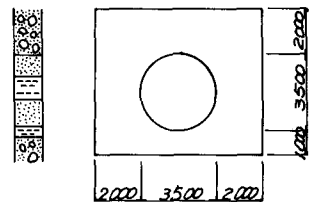
6-3 施工結果

- (1) 切羽の状態は湧水もほとんどなくなり安定した。作業環境が改善され、予定の振削とはたすことができた。
- (2) シールド機裏側の余振部分は、ほど落ちがなくなり所定の曲進進が施工できた。
- (3) 裏込注入の充分な実施により背面からの湧水量は激減した。
- (4) ツバ止メ注入により切羽への湧水のまわり込みを抑え余振部分は安定した。
- (5) この結果地下鉄等の重要構造物に影響を及ぼすことなく施工できた。

7. おわりに

このような地盤条件のもとにS字の急曲線と切羽からの補助工法だけで施工した例は全く結論づけることはできないが従前の算定方法以上に安全率を採った注入率と改良範囲にあわせて、施工精度を保ち山留ヤリーフ等にも慎重な対策とたてて施工することが重要である。

図-2 再検討後の改良範囲と注入率



注入率			
土質	間隙率	含水量	注入率
粘性土	60%	40%	24%
砂・砂礫	40	90	36

図-3 裏込注入方法

