大断面（φ10.3m）シールドによる急曲線下水道トンネル工事

日本下水道事業団 有留 孝之
前田建設工業（株） 正会員 森 芳樹
前田・鴻池・大日本ＪＶ 正会員 ○増田 昌昭※
同 上 加藤 卓男

１．はじめに

近年,１時間に50mmを越える降雨量の急激な豪雨が発生し,都市において深刻な浸水被害が発生している.首都東京の高度な都市機能を浸水被害から守るため，河川管理者，下水道管理者，地方公共団体等が一体となり，水害対策に取り組んでいる.

東京都品川区内を流れる立会川流域においても例外ではなく，集中豪雨による立会川の氾濫被害軽減を図るため「第二立会川幹線」を建設するとともに，勝島地域においてもポンプ所の建設を進めている.

本工事は,東京都下水道局から受託した日本下水道事業団発注の東京都勝島ポンプ所流入管渠工事である.立会川と勝島運河の合流部に発進立坑を設置し，勝島ポンプ所までの約 980m の区間をシールド外径 10.3m の泥水式シールド工法により築造するものである.シールド路線の概要としては,発進直後に曲率半径R=80m曲線があり，その後直線からR=30mの急曲線部，R=300mの単曲線を経て，到達直前でR=30m（3箇所）のＳ字曲線となっている.特にＳ字曲線区間においては,首都高速１号線の道路脚部があり,基礎との離隔は2.0m程度の近接施工となっている．そこで，重要構造物である首都高速道路への影響を最小限に抑えるため，急曲線施工に伴う余掘り増加による周辺地盤の緩み防止とともにシールド掘進反力の確保が求められた.

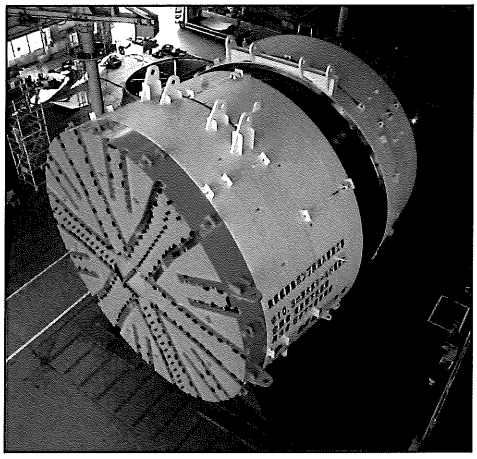
本稿では，急曲線施工に伴う事前の数値解析，急曲線施工に伴うトライアル計測結果や首都高速変状計測結果及び急曲線施工対策の取組みにより，良好な結果を得たのでその概要を報告する.

２．急曲線施工の対策

急曲線対策として，以下に示す「シールド機の対策」,「セグメントの対策」,「余掘り充填材及び袋付きセグメント」等の物理的な対策と，数値解析，トライアル計測，首都高速橋脚変状計測および地中変位計測等による情報化施工による対策を実施した.

（１）シールド機

急曲線施工に伴う余掘り掘削のため，コピーカッター（最大ストローク長250mm)を装備するとともに,余掘り量を低減させるため,最大で11.5度屈曲可能な球面タイプの中折れ機構を装備した.さらに余掘り量と回転抵抗を低減させるため，シールド機長をできるだけ短くし、外径と機長との比が１:１となるようにした．さらに，テールシールについては，大きな変形，損傷を考慮して追従性，耐圧性，耐久性に優れたシリコンシールを採用した.



図－１ シールド機（中折れ角度11.5度）

（２）セグメント

直線区間のセグメントは，外径φ10.1m，幅1.0m，厚さ0.4mのＲＣセグメントを採用した．これに対し，急曲線区間ではテールクリアランスを確保するため，セグメント幅を0.4mに縮幅し，外径を40mm縮径したφ10.06mの鋼製セグメントを採用した．さらにテールクリアランスが偏った場合を想定して，あえてＫセグメントを用いずに全てＡピース構成した等分割のセグメントを採用した．その結果，１リング内の最終組立

キーワード：シールドトンネル，大断面，急曲線，余掘り充填材，袋付きセグメント，近接施工
※連絡先：前田建設工業（株）東京土木支店土木部 東京都千代田区飯田橋1-12-7 TEL03-3222-0826

位置が拘束されることがないため，テールクリアランスがある場所での組立が可能となった．

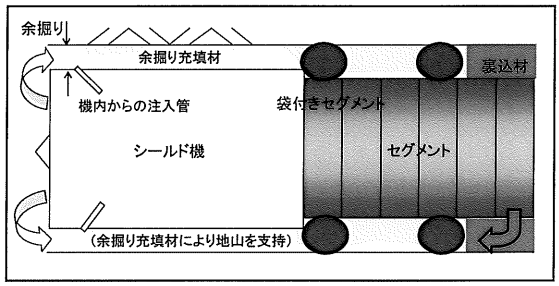
（３）余掘り充填材

スキンプレート外周で急曲線施工に伴う余掘り部（余掘り量 161mm）の地山を全て泥水圧で対抗させることは，泥水の逸水等もあり困難である．そのため，シールド機側面から余堀り充填材を注入することにより早期に地盤変形を抑制させる必要がある．そこで，粘土系の加泥材としても使用されている２液混合型の高粘性な塑性流動性ゲル化材を余掘り充填材として注入することにより，地山を保持することとした．

（４）袋付きセグメント

裏込注入材の切羽及び余掘り部分への回り込みを防止し，セグメントと地山との早期一体化を図るため，袋付きセグメントを採用した．袋の中に注入する裏込材料は，通常の裏込材よりも早期に強度発現が可能な配合とした．通常の裏込材の１日強度が２時間で発現することが可能な配合とした．

また今回採用した袋付きセグメントは，製造時の特別な加工が不要であり，異形，標準タイプといったセグメント種別に関らず装備できるタイプである．



図－２　余掘り充填材，袋付きセグメント施工イメージ図

３．計測結果および数値逆解析

S 字急曲線部では，シールド通過に伴う首都高速橋脚の変状，周辺地盤の変状，間隙水圧の変動及びセグメントの変状を把握するため，「首都高速道路に近接する構造物の施工指導要領書」に従い，計測機器の設置を行った．さらにトライアル計測として，１回目の急曲線部において多段式傾斜計，間隙水圧計，鋼製セグメントにひずみ計を設置した．これらの計測結果をもとに逆解析を行い，有限要素法による事前の数値シミュレーション結果の妥当性を検証した．さらにトライアル計測結果をＳ字急曲線部にフィードバックさせることで，首都高速橋脚基礎への影響および周辺地山への影響を最小限に抑える掘進管理を実施した．

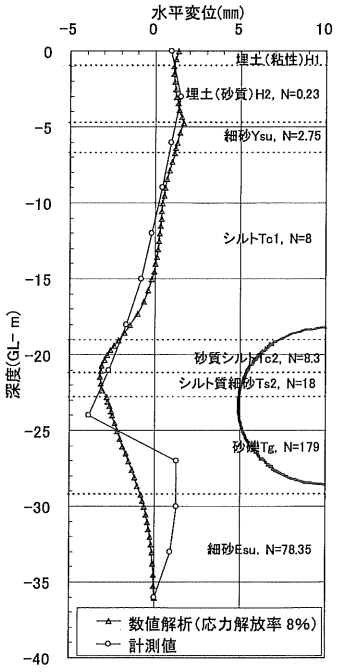
（１）トライアル計測結果

急曲線施工に伴う余掘りやシールド推力によるセグメント移動や変形による周辺地盤の変状により，応力解放率を 35%と想定していたが，余掘り充填材や袋付きセグメントの採用により応力解放率を 8%に低減できた．

（２）S 字急曲線部計測結果

図－３に示した変位分布図は，計測された地中変位分布図に有限要素法により解析を実施した結果を重ね合わせた１例である．実際の応力解放率は、1.8%～8.5%であった．これはトライアル計測区間と同様である．

セグメント計測結果については，シールド推力の偏芯により曲線外側に押し出される傾向を示したが，変位することはなかった．



図－３　実測値と数値解析との比較

４．おわりに

大断面かつ急曲線施工によるシールド施工が，周辺地盤や近接構造物への影響を最小限に抑えるために有限要素解析及びその対策を実施した結果，周辺地盤や近接構造物へ影響を与えることなく施工を行うことができた．さらにシールドの平面蛇行及び鉛直蛇行に関しても大きく変位することなく（±20mm 以内)、許容値以内（±100mm 以内）に収めることができた．今後，都市土木では，長距離，大深度，高速化，急曲線施工等の特殊条件に対する高度技術が求められるため，新たな施工技術の工夫・改善を続けていくことが必要である．