

VI-86

超近接シールド掘進における既設構造物の変形とその抑制

大阪市交通局
(株)熊谷組大阪支店
(財)大阪土質試験所

西澤 勝巳 伊奈 昭二
○山脇 正啓
早川 清 書川 康一

1. はじめに

大阪市高速電気軌道第7号線の延進工事のうち、既設地下鉄森ノ宮駅直下ではシールド掘進^{1) 2)}が行われた。この地下鉄構造物上には阪神高速道路高架橋の橋脚2基が載っており、これらに有害な変形を与えないように掘進する必要があったため、各種の防護工事を実施し現場計測による緻密な施工管理を行った。ここでは、シールド掘進に伴う地下鉄構造物の変形および防護工や施工管理による変形の抑制について述べる。

2. 施工概要

図-1, 2に工事区域の平面図および縦断面図を示す。本工事は作用荷重約1800tonもの阪神高速道路高架橋の橋脚2基を支持した既設地下鉄森ノ宮駅の直下を、発進直後のシールドマシンが離隔約1.2mで通過するものである。シールドマシンは外径 $\phi 5430\text{mm}$ で泥しょう併用の気泡式である。掘削土層はN値が50以上の洪積砂層で一般的によく締まった層とされるが、均等係数が3~12と小さく急激な水圧変動などによっては崩壊しやすく切羽土圧管理に注意を要する土層である。そのため地山の緩みや切羽崩壊防止対策として薬液注入による地盤改良³⁾を実施した。更にこのようなケースでは、アンダーピニング等により構造物を支持する方法が最適と考えられるが、用地や支持荷重等の条件からCJG工法により造成した地盤改良杭により構造物を支持する工法を採用した。事前影響解析による構造物の変形は最大1.2mmの沈下という結果であったが、地下鉄構造物の許容変形量が非常に少なく、本格的にシールドマシンを制御することも容易でない発進初期段階でのシールド通過であるため、地盤内に沈下計、土圧計、間隙水圧計、傾斜計および地下鉄構造物内に沈下計を設置して計測施工を行った。

3. 既設構造物の変形挙動

図-3にシールド通過位置上部の構造物変位データを示す。切羽接近から通過中にかけて0.2~0.3mm程度隆起しテール通過後に同程度沈下する傾向を示しており、最終的には0.5mm以内の沈下量となっている。

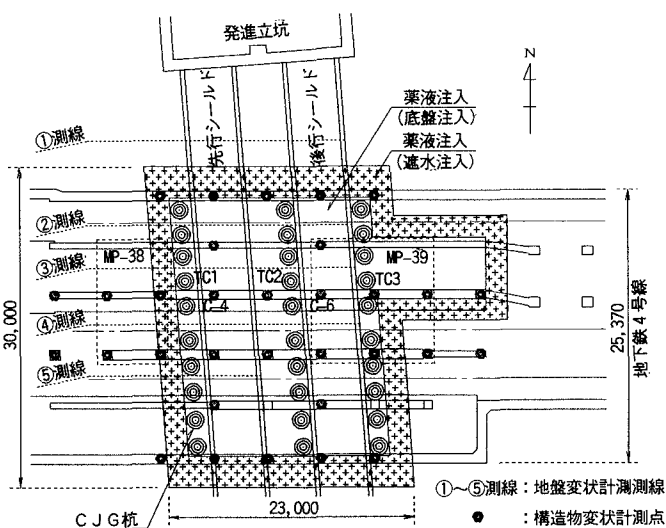


図-1 工事区域平面図

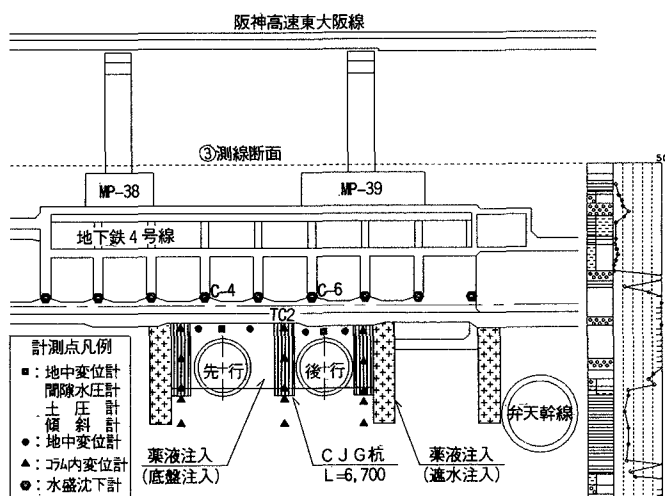


図-2 工事区域断面図

防護工等の効果が発揮されて事前影響解析結果の1/2以下の沈下量と小さく抑えられたと考えられる。

4. 変形抑制効果

切羽土圧は一般に（静止土圧係数×有効土被圧+水圧）で管理することが多いが、本施工で

は構造物までの土被りが非常に少ないことや、防護注入工による構造物の隆起が残留していることから隆起がさらに進行しないように、（主動土圧係数×有効土被圧+水圧）と低めの設定で掘進をはじめ、計測データをもとに阪神高速橋脚直下やその他の範囲で逐次修正を行った。その時の切羽土圧から側方係数を逆算すると $0.383 \sim 0.446$ ($\phi = 30^\circ$) という結果となり、切羽土圧は主動土圧から静止土圧内で適切に制御されており、切羽での応力開放は極めて小さかったと考えられる。裏込注入は地山へ 2.0 kgf/cm^2 程度の圧力で注入されていることから、混入空気（混入率13.5%）の体積圧縮補正を行うと110～115%の注入率となる。この注入率に対応する注入半径はシールド半径+7～10mmであり、

オーバーカット量約10mmを考慮した実際の掘削径に極めて近い数字となっており、テールボイドは確実に充填されたものと考えられる。これ以上の注入率となった場合は、改良地盤であることから裏込注入材が周囲へ逸散しないため地盤の破壊を招き構造物の隆起や後続沈下を引き起こすことが予想されるため、裏込注入は適切であったと考えられる。切羽到達直後とテール通過時に地中鉛直土圧と間隙水圧の値がほぼ等しくなっており、この付近での全応力は間隙水圧によって発揮されていると考えられる。ここでは、泥しょう材および気泡材の回り込みが一つの原因と考えられる過剰間隙水圧が発生しており、揚圧力による構造物の支持効果もあったと考えられる。構造物直下50cmの地盤計測結果は、オーバーカットによる即時沈下と考えられる最大約0.4mmの沈下が発生した程度であり、薬液注入工の効果により地山の自立性がよく沈下量も小さく抑えられたと考えられる。構造物を支持させることを目的としたCJG杭では、両シールドの間の杭で顕著な変化がみられた。先行シールド通過後には杭上半部のみで圧縮ひずみが発生しており、上載荷重は周面摩擦により杭先端まで達していないと考えられる。後行シールド通過後には杭上半部の圧縮ひずみは増大し、杭下半部でも圧縮ひずみが発生したことから、上載荷重は杭先端まで達したことが確認できた。CJG杭内のひずみ分布は、図-4に示すように逆三角形の摩擦杭的な分布となっており、これから杭上端における杭頭応力は約 30 t/m^2 と算出されるため、ほぼ構造物の荷重を支持していると推定される。地盤に比べて剛性が高いことからCJG杭への荷重分担率が高く、構造物の変形抑制効果が大きかったと考えられる。

5. まとめ

重要構造物直下を離隔わずか1.2mでシールドを掘進するという厳しい条件下の施工であったが、採用した防護工や掘進管理方法が適切であったことと現場計測データのリアルタイムな施工へのフィードバックにより、構造物の変形をわずか0.5mm以下の沈下と最小限に抑えることができた。構造物の変形抑制には、適切な切羽土圧や裏込注入の制御効果、薬液注入工による地盤改良効果およびCJG杭による支持杭としての効果が大きかったと考えられる。

【参考文献】 1) 岸尾・葛野・高崎・山脇：地下駅直下1mのシールド掘進 大阪市地下鉄7号線森ノ宮駅^{*}、トンネルと地下、第26巻11号 PP.7～17, 1995. 2) 葛野・高崎・富永・山脇：大阪市営地下鉄7号線延進工事 地下鉄・高速道路一体構造物直下の超近接シールド工事、基礎工、第24巻3号 PP.50～61, 1996. 3) 西澤・伊藤・神村・富永・書川：地下鉄駅直下の薬液注入工による駅構築の変形挙動、土木学会第50回年次学術講演会、第VI部門 PP.564～565, 1995.

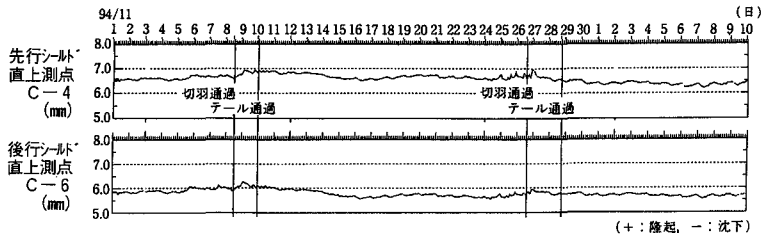


図-3 既設構造物鉛直変位経時変化図

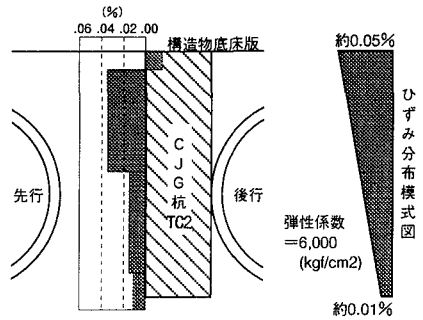


図-4 CJG杭内ひずみ分布図