

つくばエクスプレス（常磐新線）常磐道トンネルにおける超低土被りシールドの施工

日本鉄道建設公団九州新幹線建設局工事第三課 正会員 石徳 博行
 日本鉄道建設公団関東支社守谷鉄道建設所 ○正会員 松永 卓也
 日本鉄道建設公団九州新幹線建設局工事第三課 正会員 平手 知
 奥村・大豊・地崎特定建設工事共同企業体 正会員 岸本 章士

1. はじめに

常磐道トンネルは、常磐自動車道(谷和原 IC～谷田部 IC 間)と平面的に交差角約 22 度という非常に薄い角度で交差する、セグメント外径 $\phi 7.3\text{m}$ の泥土圧式単線並列 U ターンシールドトンネル(離隔 2.0m)

である。縦断は、全区間にわたり 1D 以下の低土被り条件下(図 1 参照)での施工となっている。そこで工事に伴う影響範囲内に計測器を配置(図 2 参照)し、計測結果を即座に施工にフィードバックすることにより掘進管理を行うこととした。

図 3 のように先行シールドアプローチ区間(初期掘進・トライアル掘進区間)において、常磐自動車道に極力影響を及ぼさない掘進管理値を決定するとともに、実施工においても、地表面及び地中沈下計測結果と、特に①切羽土圧、②排土量、③裏込注入圧・量といった掘進管理値との関連付けを行い、施工管理を行った。本稿はその結果について報告する。

2. 掘進管理

基本制御方式は、掘進速度を一定とし、スクリーコンベアの回転数による排土量の調整により、切羽土圧を保つ排土量制御方式である。

2. 1. 管理切羽土圧

初期掘進の当初、管理切羽土圧は SL 左右の土圧計(平均値)に対して「静止土圧+水圧+変動圧」として設定した。初期掘進 B までの地表面及び地中沈下計測結果(図 4 参照)より、切羽土圧と地盤変状との関係が非常に敏感であり、掘進中は地盤の隆起傾向が見られたことから、計測 A 断面での各種計測値より、初期掘進 C から、管理切羽土圧は「主働土圧+水圧」及び「静止土圧+水圧」の中間値として掘進することとした。しかし、元来土圧の絶対値が小さく土圧管理が困難であり、かつ掘進速度も上がらないことから、「静止土圧+水圧」を最終設定値とした。なお管理幅についても、当初 $\pm 0.01\text{MPa}$ としていたが、実際には管理が困難であるため、初期掘進 C 以降は $\pm 0.015\text{MPa}$ で管理を行った。

2. 2. 停止時チャンバー内自動圧力保持

初期掘進 B までは停止時チャンバー内土圧と沈下量との関係を把握するため、停止時チャンバー内圧力保持を行わなかった。その結果、地表面・地中ともに約 14mm の沈下が生じた(図 4 参照)。このことから、初

キーワード：超低土被り、掘進管理、常磐自動車道、路面沈下

連絡先：〒302-0108 茨城県守谷市松並 1866-1 日本鉄道建設公団 関東支社 守谷鉄道建設所

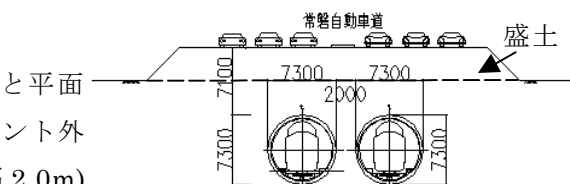


図 1 トンネル断面図(常磐自動車道交差中心)

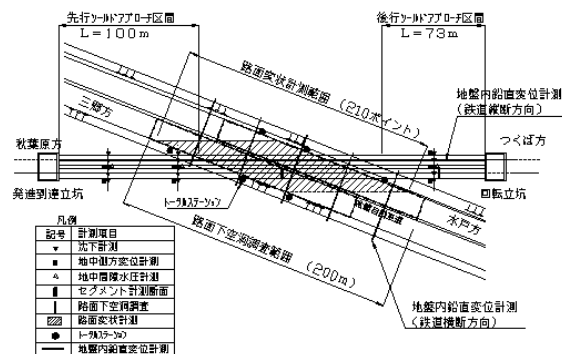


図 2 計測器配置平面図

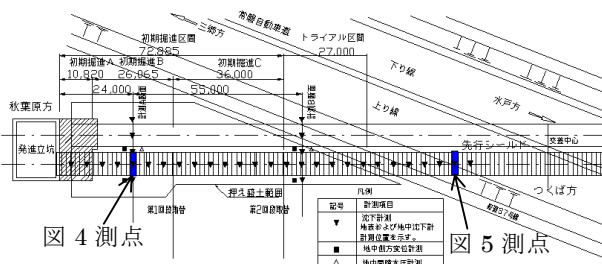


図 3 先行シールドアプローチ区間位置図

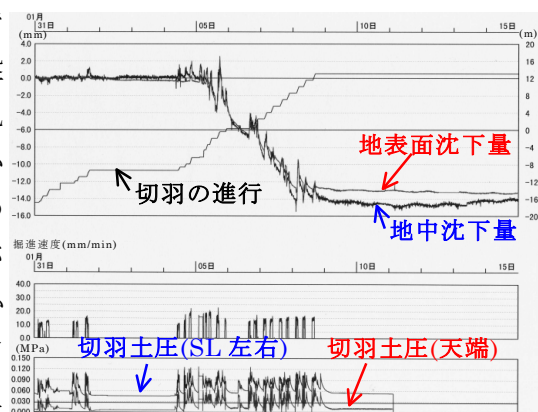


図 4 切羽土圧・沈下量関係(圧力保持無)

期掘進 C より停止時において、チャンバー内圧力保持を行ったところ、地中沈下量が最大で 8mm 程度に軽減された（図 5 参照）。

2. 3. 排土量管理

従来の土圧式シールドにおいては、理論掘削土量(=掘削断面面積×掘進ストローク長)を基準に排土量管理を行っている。しかし、本工区においては、発進・到達防護工区間では、単位体積重量(1.60～1.65tf/m³)に対し、所定の排土率(理論掘削土量に対して 98～102%)であったが、掘進時では、排土率は理論値の 85～90%であった。ただし排土重量に関しては、発進到達防護工区間及び掘進時ともにほぼ同じ値を示した。

原因としては、トンネル断面の地質条件が N 値 10 以下のゆるい洪積砂層（成田砂層）がほとんどであり、掘削に伴う体積収縮が生じているためと考えられる。

なお、掘進管理としては、電磁流量計及びγ線密度計による過去 10R の排土量及び排土重量の平均値を管理値とし、管理範囲を管理値±5%として管理を行った。さらに、1 回/日ズリ函計測を行い、電磁流量計及びγ線密度計の検証を実施したが、測定精度としては概ね±3%を確保することができた。

2. 4. 裏込注入(圧・量)

初期掘進 B の前半までは注入率を 130%、注入圧を有効土被り圧以下として管理を行った。しかし注入率 130%では注入圧が上昇せず注入量が少ないと考えられ、更にシールドマシン通過時に沈下が発生した状況から、初期掘進 B の後半からは注入率を 140～150%に上げ、注入圧も有効土被り圧×1.5 以下かつ割裂強度以下の値で管理を行った。その結果、地表面沈下はほとんど生じなくなった。

3. 路面沈下管理値及び計測値

常磐自動車道における路面沈下量管理値は、日本道路公団との協議により、表 1 に示すような路面沈下勾配及び地中沈下量を考慮した路面沈下量管理値とした。

表 1 路面沈下管理値及び計測値

管理値, 計測値	地表面沈下量	路面沈下勾配※1	地中沈下量※2
1次管理値	10mm	0.1%	15mm
2次管理値	20mm	0.2%	25mm
管理限界値	—	0.5%	30mm
先行シールド掘進後	3.1mm	0.02%	8.0mm
後行シールド掘進後	4.1mm	0.02%	8.5mm

※1 前後の縦断勾配の差である。

※2 地表面沈下と地中沈下との相対差である。

初期掘進 B までは試行錯誤を繰り返したため、地表面及び地中沈下量(シールド直上 2.0m)が最大で 14mm 程度まで発生した。しかし、初期掘進 C では、まず切羽土圧の再設定(静止土圧+水圧)及び停止時チャンバー内自動圧力保持によりシールド掘進時の沈下が軽減され、テール通過時の沈下は、裏込注入圧・量の増加によりほとんど見られなくなった。

その結果、常磐自動車道直下では、表 1 に示した通り先行シールド掘進後には、地中沈下量は最大で約 8 mm、地表面沈下量は最大で約 3mm、最終地中沈下量(後行シールド区間完了後)は約 9 mm、最終地表面沈下量は最大で約 4mm で施工することができた。

4. 地山計測結果に基づく逆解析

本工事では、各計測断面の計測結果に基づく逆解析を実施することにより、2 次元弾性 FEM 解析に用いる解析パラメータの設定を行った。その結果、従来では応力開放率が 35%程度とされるのに対し、10%の結果であった。

5. おわりに

常磐道トンネルは、冒頭で述べたように非常に厳しい施工条件であったが、1 リング毎の掘進及び計測データを日々解析し、問題点の把握に努め、その対策を迅速に講じたことにより、無事発進立坑に最終到達することができた。最後に工事を施工するにあたりご協力頂いた山本稔 東京都立大学名誉教授を委員長とする常磐新線・常磐道 T 設計・施工技術検討特別委員会の委員の方々、工事関係者の皆様方に対して深く感謝の意を表すとともに、本報告が同種工事の一助になれば幸いである。

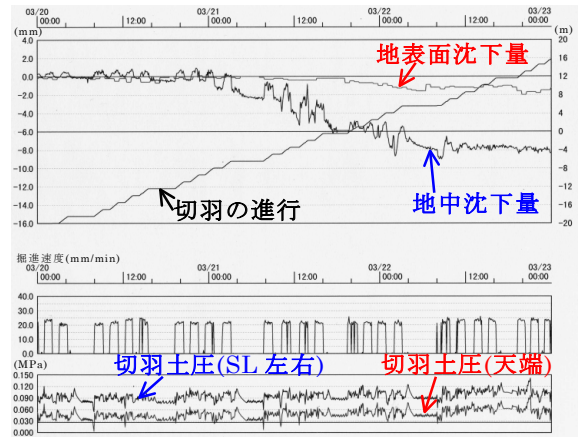


図 5 停止時チャンバー内自動圧力保持有