

横浜環状北線シールドトンネルの掘進管理

首都高速道路(株) 正会員 ○溝口 孝夫
 首都高速道路(株) 遠藤 啓一郎
 (株)大林組 正会員 松原 健太

1. はじめに

横浜環状北線は、第三京浜道路港北インターチェンジから首都高速湾岸線生麦ジャンクションを結ぶ延長約8.2kmの路線である。このうち約5.9kmはトンネル区間であり、5.5kmがシールドトンネルによって構築される。シールドトンネルは外径12.49mの泥土圧式シールドによって、横浜市新羽地区に建設された発進立坑から、平成22年10月に掘進を開始し、平成25年10月29日に港北行きシールド、平成26年3月7日に生麦行きシールドの掘進を完了した。シールドトンネルは、ほぼ全線にわたって民地下を掘進するため、掘進に伴う地盤変状の抑制は重要な課題である。本稿では、特に条件が厳しい低土被りおよび高水位地盤箇所における掘進管理について報告する。

2. 掘進における課題

掘進土層は、泥岩 (Km)、砂質泥岩 (Kms)、砂・砂岩 (Ks) の互層で、Km層及びKms層は一軸圧縮強度が $1,000\text{kN/m}^2$ 以上、Ks層はN値が50以上と硬質な地盤である。Ks層については水量が豊富で被圧されている。シールドトンネルの土被りは、概ね2D以上 (25m～56m、D: シールド外径) で、ほぼ全線に亘って民地の下を掘進するが、図-1のように一部土被りが2D以下と浅くなる箇所がある (以下、特殊部)。特殊部については、土被りが約15mと浅く、GL-11m付近まではN値0～1程度の軟弱な沖積粘性土層 (Ac) が存在する。掘進土層の特性としては、Ks層は被圧水頭がGL+1m程度と地表面よりも高く、Ac層と水理的につながっている可能性がある。また、Km層及びKms層は亀裂が多く存在しており、Ks層の被圧水頭が亀裂を伝ってAc層に作用している可能性もある。そのため、特殊部については、低土被りであることやAc層が厚く堆積していることから、掘進に伴う地盤沈下および間隙水圧上昇の抑制について特に注意して施工することとした。

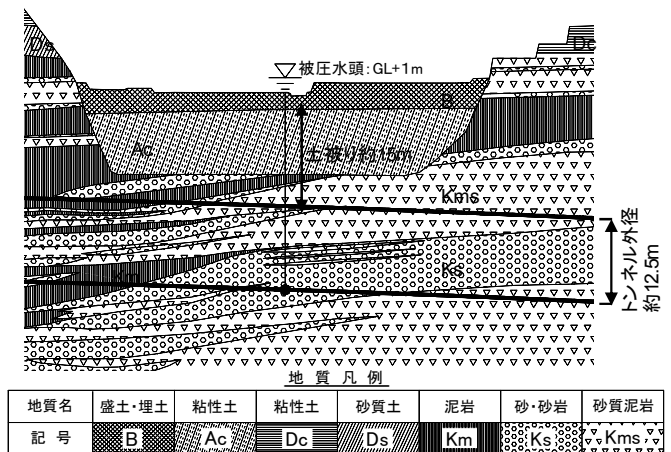


図-1 特殊部地質縦断面図

3. 掘進における対策

地盤変状を抑制するためには、切羽を安定させ、適切な切羽圧管理と排土量管理を行うことが重要である。特殊部の掘進にあたっては、地盤沈下の抑制に対しては切羽圧を下げすぎない、間隙水圧上昇の抑制に対しては切羽圧を上げすぎない、といったように相反する対応が必要になるため、切羽圧管理が特に重要であり、切羽圧の設定にあたっては、より厳密な検討と検証が必要であった。

(1) 適切な切羽圧の設定

掘進土層のKm層、Kms層は硬質で自立する土層である。Ks層については、被圧されてはいないものの地下水を引込まなければ自立する土層であるが、Ac層と水理的につながっている可能性があるため掘進による間隙水圧の著しい上昇を避けなければならない。よって、地盤変状を抑制するためには、Ks層の地下水を極力動かさないように掘ることが重要であり、切羽圧は地下水圧相当に設定することが適切であると考えた。

なお、本シールド工事における切羽圧の管理は、チャンバー内のバルクヘッドに設置した7つの土圧計で行った (図キーワード シールドトンネル、掘進管理、低土被り、高水位地盤)

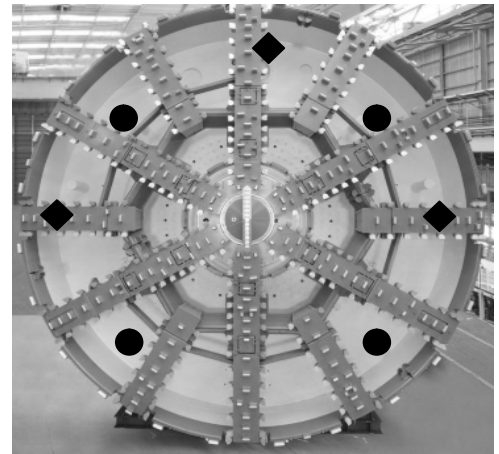
連絡先 〒222-0033 神奈川県横浜市長北区新横 3-20-8 首都高速道路(株) 神奈川建設局 横浜工事事務所 TEL 045-470-3580

-2) . とくに、シールド上部の土圧は、シールド中央部の管理土圧ラインよりも小さくなる傾向があったため、シールド上部の切羽圧が管理土圧を下回らないように管理した。

(2) 切羽圧の妥当性の検証

切羽圧の設定における地下水位については、掘進土層の自立性が高いことを考慮し、切羽圧が週末を挟んで、掘進停止期間中に減少して平衡状態になった値を地下水位相当とみなし、その値を掘進中の管理土圧に採用した。

先行している港北行きシールドの特殊部の掘進に先立ち、同様の掘進土層の区間に層別沈下計、間隙水压計、水位計を配置し、掘進の影響による地中変位と地下水位の動きを確認し、設定した切羽圧の妥当性を検証した。



● 固定型土圧計
◆ 交換型土圧計

図-2 土圧計配置状況

(3) 各種計測結果を掘進管理に反映

特殊部の掘進にあたっては、検証した切羽圧を基本として掘進を行うが、特殊部においても層別沈下計、水位計、間隙水压計を設置し、設定した切羽圧の妥当性を確認しながら施工を進めた(図-3) . また、地表面についても20mメッシュを基本としてレベル計測を行い、掘進管理に反映した。

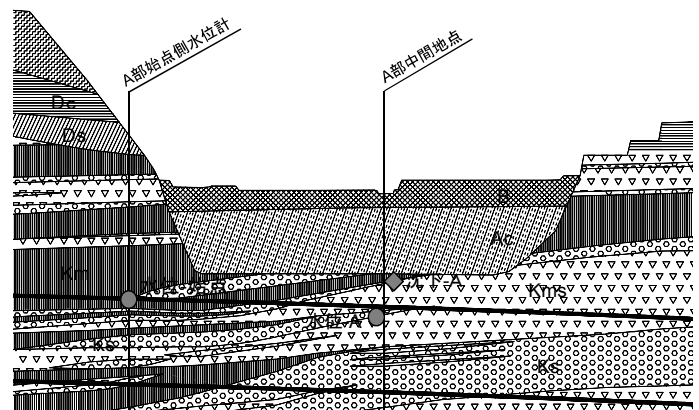


図-3 土圧計配置状況

4. 施工結果

(1) 切羽圧の妥当性の検証結果

検証用断面における地下水位と地中変位の計測結果においては、掘進に伴う地下水位の上昇が概ね 1~2m 程度(切羽圧で換算すると 10~20kPa 相当)に抑制でき、地中変位も 0.4mm 程度の軽微な沈下であったため、切羽圧の妥当性は検証できたと判断した。しかし、地中変位が若干ではあるが沈下傾向であったため、地表面沈下の抑制の観点から、切羽圧を地下水位相当よりもやや高めにした方が良く考えた。よって、特殊部の掘進にあたっては、切羽圧は地下水位相当に予備圧(10~20kPa)を付加することにした。予備圧の値は、特殊部で実施する各種計測の結果を考慮して設定することにした。

(2) 特殊部の掘進結果

検証結果を踏まえ、特殊部の掘進では、特殊部の始点側に設置した水位計近傍での切羽圧を「地下水位相当+予備圧(10kPa)」とした。地下水位の上昇は約 2.5m、地表面についても沈下傾向はなかったため、切羽圧の設定は妥当であると判断して掘進を継続した。また、特殊部の中間地点に設置した間隙水压計と層別沈下計近傍においても切羽圧を水位計通過時と同様に掘進した。間隙水压の上昇は約 0.5m、層別沈下計については、ほぼ変位がなかったため、妥当であると判断できる。その後も同様の切羽圧で掘進し、特殊部を問題なく通過した。なお、先行して掘進した港北行きシールドに引き続き、生麦行きシールドも同様の掘進管理で特殊部を問題なく通過し、現在も沈下等はない。

5. おわりに

本工事においては、低土被りで掘進土層の被圧水頭が地表面より高く、掘進土層と地表面付近に堆積している沖積層が水理的につながっている可能性が高い、といった特殊な施工条件において、大断面シールドの掘進を行った。掘進にあたっては、地盤変状を抑制するために、切羽圧を掘進土層の特性等を考慮して設定し、切羽圧の妥当性を掘進時の地中変位や地下水位の動きを計測することによって検証しつつ、慎重かつ安全に十分配慮して施工を進めた。その結果、特殊部の掘進においても地盤変状を最小限に抑制することができた。