

被圧地下水条件下の礫層掘進における地表面沈下対策

戸田建設株式会社 正会員 ○石橋 庸平
戸田建設株式会社 非会員 清水 雄也
戸田建設株式会社 正会員 本合 弘樹

1. はじめに

本工事は兵庫県西宮市が計画している合流貯留管西部事業のその 4 工事であり、工事延長 1,353m、セグメント外径 3,600mm のシールドトンネルを構築する工事である。シールドトンネルの構築に当たり、既設埋設管や埋設管直上の地表面への影響が考えられた。そこで、近接影響解析による沈下量の予測およびその対策工の検討を行った。本稿では、近接影響検討結果および対策工について報告する。

2. 工事概要

施 工 場 所：兵庫県西宮市上田西町外(発進立坑(新設))～西宮市古川町(到達立坑(既設))
シールド工延長：1,353m(1,415 リング)、線形：縦断勾配 1.2‰、最小曲率半径 40m
立 坑：アーバンリング(発進立坑)、既設人孔(到達立坑)
一 次 覆 工：泥土圧シールド、内面樹脂パネル付き二次覆工省略型 RC セグメント
セグメント外径 3,600mm、仕上がり内径 3,250mm
対 象 土 層：砂質粘性土層(Asc, 平均 N 値 7)、洪積礫質土層(Dg, 平均 N 値 45)
透 水 係 数：砂質粘性土層(Asc) 4.2×10^{-6} m/s、洪積礫質土層(Dg) 5.2×10^{-5} m/s

3. 近接影響検討

新設シールドと既設埋設管が近接する 2 箇所について影響解析を行った。解析手法は、二次元 FEM 弾性解析(解析ソフト：GeoFEAS2D Ver.4)を用いた。解析の結果(応力開放率：30%)、セグメントより 5.5m 程度上部に位置する下水道管(HP φ 1800)は 21.97mm、直上地表面位置は 14.44mm の沈下となり、両者とも 2 次警戒値(10mm)を超えることが推定された。そのため、掘進に際しては、沈下に対する対策を実施する必要があることがわかった。



写真-1 シールドマシン全景

4. 沈下対策工

泥土圧シールドの全景写真を写真-1、シールドマシンへの付加機能、近接施工対策を表-1 に示す。表-1 に示したマシン付加機能や対策のうち、有効であった対策の留意点を述べる。

表-1 シールドマシン付加機能
および近接施工対策

4. 1 シールド設備、対策

(1) 同時裏込め注入システム

テールボイドの発生と同時に裏込め材を注入する(注入圧上限：0.38MPa～0.44MPa、注入量：空隙量×130%)ことで、空洞を長時間放置することなく、テールボイド沈下を抑制することができる。また、排土状況が悪く土砂の取込過多の恐れがある箇所においては、該当箇所に裏込め注入できるタイミングが即時注入方式よりも早いため、取込過多による沈下を最小限とすることができた。

付 加 機 能	
(1)	スクリュコンベヤ排土口緊急遮断装置
(2)	同時裏込め注入装置
(3)	裏込圧保持システム
(4)	土圧保持システム
(5)	レーザスキャナによる排土量計測
近 接 施 工 対 策	
(1)	クレーショック工法
(2)	ミニバックカー工法

キーワード 泥土圧式シールド、被圧地下水、礫層、近接影響解析、近接施工対策

連絡先 戸田建設株式会社 東京都中央区八丁堀 2-8-5 TEL0120-805-106 FAX03-3551-8912

(2) クレーショック工法

掘削土の塑性流動化が困難であった要因の一つとして、マシン周囲に水みちができていたことが考えられた。そこで、本来の用途ではないが、写真-2 に示すようにマシン外周の2時、10時方向に毎リング切り替えてクレーショックを注入(注入量：約600L/リング)することで水みちを塞ぐことを考えた。その結果、クレーショック注入前と比較すると塑性流動化の効果が確認できた。マシン外周から注入したクレーショックが水みちを塞いだけでなくチャンバ内へと回り込み、少しでもバインダー分を補充したことが塑性流動化の一助となったと考える。

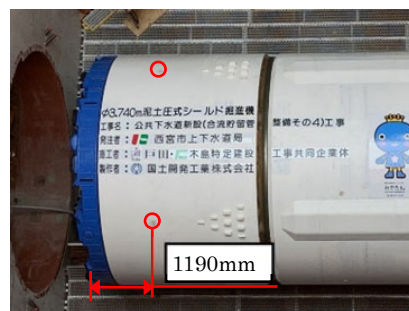


写真-2 クレーショック注入口位置

4. 2 掘進管理における留意事項

当現場では、ズリ函から実測計算する土量管理とベルトコンベア上に設置したレーザスキャナによる土量管理を併用し、土量管理を行った。しかし、被圧地下水位がGL+1.0mとなるほど地下水位が高く、また切羽圧上限値を約300kPa(静止土圧+被圧水圧+予備圧(50kPa))で管理しており、脱水のために切羽圧を300kPa以上に上げると地表面が隆起する恐れがあったため、掘進開始当初から掘削土の塑性流動化が困難であった。そこで、装備の増設や材料(加泥材)の配合調整や高品質材料への変更により、土量管理を正確に行うための対策を講じる必要があった。以下に調整したタイミング、調整内容を述べる。

(1) 掘進序盤

試験配合では、高分子(増粘・凝集系)加泥材(品名：TAC-スルー)と鉱物系ベントナイト(品名：TAC-α)であった。しかし、被圧地下水位が高く当初配合では塑性流動化が難しかったため、TAC-αの割合を増やした。さらに、スクリー内でプラグゾーンを形成することを目的として、スクリー入口付近にプラグ材(高分子凝集剤(品名：TG-ロック))の注入設備を増設した(図-1)。

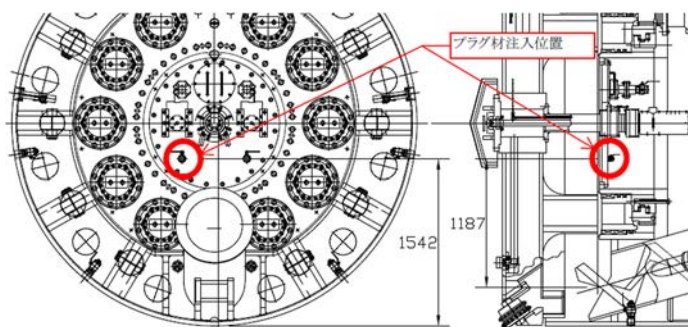


図-1 プラグ材注入口位置

(2) 掘進中盤

掘進中盤(掘進距離640m付近)では、地山の対象地層がAsc層主体からDg層主体に変化したため、バインダー分が30%(Asc層)から6%(Dg層)まで減少した。そのため、掘削土と加泥材のバランスが崩れ、掘削土の塑性流動化が難しくなった。そこで、バインダー分を補充するために、加泥材(TAC-α+TAC-スルー)のうちTAC-α(溶液粘度：1,300CP)をTAC-βII(溶液粘度：3,000CP)に変更することで対応した。

(3) (2)の調整後

(2)の調整後は安定した掘進が続いたが、掘進距離790m付近から塑性流動化が安定しなくなった。原因の特定はできなかったが、4.1(2)で記述したようにマシン外周に水みちができていたと仮定し、外周にクレーショックを注入した。結果、不安定ながらも掘削土の塑性流動化に成功し、掘進することができた。

5. 地表面沈下測量結果

シールド施工完了後の地表面沈下量の最大値は3mmであり、1次管理値(5mm)を超えることなく収まった。近接影響検討を実施した解析断面付近の地表面沈下量は2mmであり、沈下量を解析値(応力開放率：30%、14.44mm)の15%程度に収めることができた。

6. おわりに

試験配合の結果が良好であっても、地質条件が想定よりも悪く配合の見直しや設備の増設が必要となることがある。本稿で記述した対応・対策が今後のシールド工事の参考となれば幸いである。