大断面シールド後行掘進時における鉄道営業線横断実績

鹿島建設(株)　正会員　○紀伊吉隆
阪神高速道路(株)　正会員　松川直史

１．はじめに

阪神高速道路･大和川線シールドトンネル工事は，往復約 4km，セグメント外径 12.23m の道路トンネルである．

後行トンネルは，2015(H.27)年 12 月に掘進を開始し，2017(H.29)年 2 月に仮到達した．後行シールドは，先行掘進時に得た知見を活かし，鉄道営業線二線（南海高野線・ＪＲ阪和線）の横断掘進を行った（**写真－1**）．

この掘進に際して，先行トンネル施工時の切羽管理土圧のフィードバックと，後行掘進時の併設増分を考慮した影響解析結果を反映して，掘進時の対策を実施し，横断掘進影響を低減させた実績について報告する．

２．施工概要

先行と後行トンネルの併設離隔距離は，遠里小野立坑付近は 1m 以上あるが，最深部付近へ向けて離隔は 1m 未満となり，最小離隔は 986mm である（**図－1**）．以降、約 1m 程度の併設離隔を保ち，常磐西立坑付近で 1.3m 程度の離隔となる．南海高野線部では 1,752mm，JR 阪和線部では 1,030mm である（**図－1**）．

３．鉄道影響解析と管理値

3.1 掘進時影響

掘進時における影響は，一般的に a. 先行沈下（隆起）・b. 切羽前沈下（隆起）・c. 通過時沈下（隆起）・d. テールボイド沈下（隆起）・e. 後続沈下がある．

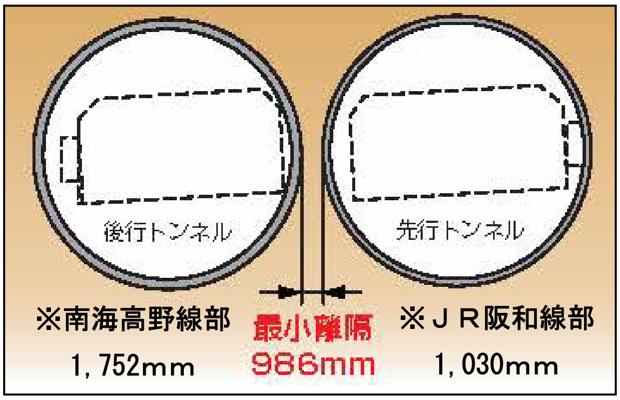
今回，大和川シールド掘進での影響を各シーンで解析した．本工事で特徴的なのは，施工済の先行トンネルに後行シールドが，僅かな離隔で併設掘進することである．この特徴を，掘進時影響に加味する必要がある．

各シーンで想定された地表面影響解析結果は以下のとおりである．鉄道営業線二線はそれぞれ土質に加え，トンネル間離隔や土被りも異なることから，沈下影響は最大 14mm 程度と予測された（**表－1**）．

3.2 鉄道影響管理値

今回横断掘進する営業線は二線あり，その管理値は，地表面影響解析結果よりも厳しい管理値である（**表－2**）．

写真－1　鉄道横断部の状況



図－1　トンネル間の離隔

表－1　鉄道横断条件と影響検討解析値

検討断面		228	294
先行リングNo.		56	745
後行リングNo.		1000	321
近接構造物		南海高野線	JR阪和線
トンネル間離隔	（m）	1.752	1.030
土　被　り	（m）	15.812	29.26
地下水圧	（m）	8.679	19.233
トンネル中央切羽圧（kPa）	設計検討値	286	441
	実績値	321	517
最大鉛直変位（mm）	検討値	-13.73	-8.43
	先行実績値	-1	0
後行トンネル管理土圧（kPa）	中央計画値	320	500
	α値	50	80
鉛直変位（設計検討解析値）		地表面	地表面
先行トンネル切羽前方解放時		-0.21	0.00
先行トンネル掘削解放時		-11.27	-7.11
先行トンネル裏込注入時		-6.60	-2.49
後行トンネル切羽前方解放時		-6.74	-2.49
後行トンネル掘削解放時		-13.73	-8.43
後行トンネル裏込注入時		-9.58	-3.87

キーワード　大断面，道路トンネル，鉄道営業線横断，併設トンネル，併設影響，掘進管理
連絡先　〒　590-0001　大阪府堺市堺区遠里小野町４丁5-3　大和川シールドＪＶ工事事務所　072-225-5130

４．影響低減対策

解析結果と管理値を受けて，先行トンネル施工時に実施した知見のフィードバックに加え，施工条件の相違等を整理することにより，具体的な対策を講じた．以下に，主に南海高野線通過時で実施した対策を示す．

4.1 切羽管理土圧

先行トンネル掘進時の予備圧αは 20kPa であったが，リアルタイム変状計測値を監視しながら徐々に上げていった経緯があったことから，後行トンネル掘進時の予備圧αは 50kPa とした（図－2）．

4.2 余掘り量

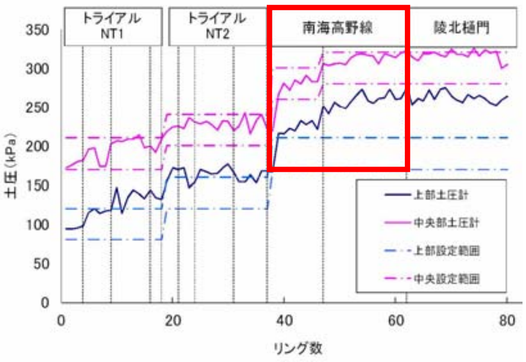
直下掘進時の平面線形は，曲線 650mR（先行は 400mR）施工であったが，先行トンネル掘進と同じくコピーカッタは使用せず，フリクションカットの 25mm で対応することとした．

4.3 可塑性充填材

先行トンネル掘進時と同様，軌道直下のマシン胴体通過時影響を考慮し，可塑性充填材をマシン胴体上部注入孔より注入した（写真－2）．

表－2　鉄道影響管理値

区分	管理限界値	一次規制値	二次規制値
	10ｍ弦		
南海高野線	5.0mm	3.0mm	4.0mm
ＪＲ阪和線	7.0mm	3.5mm	5.0mm



図－2　切羽土圧実績（先行掘進時）

写真－2　可塑性充填材の注入状況

５．施工実績

これらの対策を実施して通過した結果は，表－3 のとおりである．このように先行施工知見を反映し，対策を講じた結果，先行施工時の影響幅 3.2 mm より 1.1 mm 低減して通過を終えた．

これは，先行施工時は初期掘進時の通過であり，2.0 リング／片の掘進進捗，後行施工時は 3.5 リング／片と影響範囲通過期間も短いことから，緩み影響を抑える一因となったことが考えられる．

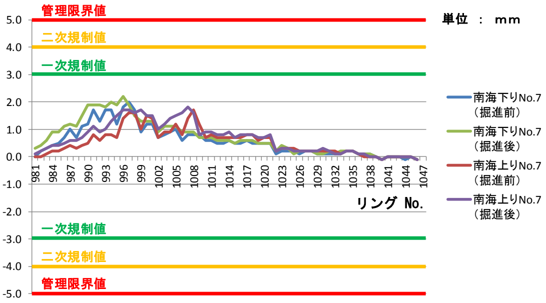
また，後行施工時の計測値が影響範囲通過時より先行隆起し，収束値が 0.0 mm となっているのは，切羽管理土圧設定を先行施工時と比べて 30kPa 上げたことが影響している（図－3）．

以上の結果から，鉄道影響解析値を大幅に下回り，鉄道近接協議による管理値および一次規制値を超えることなく通過できた．なお，最深部で通過した JR 阪和線への影響は僅かであった．

また，併設施工に伴う影響は顕著に見られなかった．これは南海高野線部での併設離隔距離が 1.7m 程度であるにもかかわらず，トンネル間地盤の緩みが僅かであったことと評価できる．

表－3　軌道影響計測値

区分	最大値	最小値	収束値	影響幅
先行施工時	1.7mm	-1.5mm	-1.5mm	3.2mm
後行施工時	2.1mm	0.0mm	0.0mm	2.1mm



図－3　南海高野線通過時の影響計測結果

６．まとめ

この実績は，小土被りである南海高野線通過掘進に際し，先行トンネル掘進時にトライアル計測を 2 断面設置し，ワンステップずつ評価・修正・対策を実施して通過した先行掘進の知見によるところが大きい．このような影響解析に基づき，計画・実績の評価を確実にフィードバックした成果である．

今回、大断面シールドトンネルにおける 1D程度の土被り・曲線施工・併設影響と，特殊な条件下での鉄道営業線横断事例が今後の工事に役立てば幸いである．

参考文献

1）紀伊吉隆，渡辺真介　鉄道営業線直下における大断面シールド掘進施工実績
　土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集，2015.