シールドトンネルの二次覆工における収縮低減タイプの AE 減水剤の適用効果

東大阪市　上下水道局　上畑　善行
（株）大林組　技術研究所　正会員　○川西　貴士
（株）大林組　技術研究所　正会員　近松　竜一
（株）大林組　大阪本店　正会員　北岡　隆司
（株）大林組　生産技術本部　正会員　大前　慶恵

１．はじめに

都市化による雨水の流出量の増加や集中豪雨の増加の対策として，東大阪市においては公共下水道の管きょの建設が進められている。その中で，第 1 工区管きょ築造工事におけるシールドトンネルにおいては，一次覆工のセグメントの内側に現場打ちのコンクリートよる二次覆工が構築される。工事概要を**図 1** に示す。

二次覆工のコンクリートは，通常の構造物と比べて部材厚さが薄いため乾燥による影響を受けやすいことと，収縮ひずみを一次覆工のセグメントに拘束されることから，ひび割れの発生が懸念された。

近年，コンクリートの収縮を低減する混和剤が開発され，その効果の検証が進められている [1)]。そこで，シールドトンネルの二次覆工の収縮によるひび割れの対策として，高機能・収縮低減型の AE 減水剤（以下，収縮低減タイプと呼称）を用いて，乾燥収縮ひずみの低減を図った。本稿では，その結果について報告する。

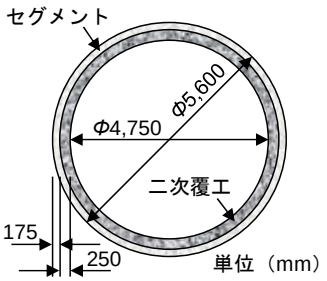
２．使用したコンクリート

コンクリートには，一般に用いられる高機能タイプの AE 減水剤（以下，標準タイプと呼称）を使用した配合 1 と，収縮低減タイプを使用した配合 2 の 2 種類を使用した。トンネル内部は配合 1 を使用し，乾燥の影響を受けやすい坑口から 100m の区間は配合 2 を使用した。

使用材料を**表 1** に示す。また，コンクリートの配合を**表 2** に示す。なお，コンクリートは，レディーミクストコンクリートとし，種類は 24-15-20BB とした。

３．ひび割れ低減効果の事前解析検討結果

事前の温度応力解析により，収縮低減タイプのひび割れ低減効果を確認した。解析は，土木学会のコンクリート標準示方書 [2)]に準拠し，ひび割れ指数を指標と



施工延長	1324.8m
曲線	R=200m×6か所
掘削対象地盤	沖積粘土，洪積砂礫，洪積砂質，洪積粘土層
一次覆工	セグメント外径：φ5,600mm セグメント厚さ：175mm SFRCセグメント：1,067リング 鋼製セグメント：32リング
二次覆工	巻き厚：t=250mm 仕上り内径：φ4,750mm

図 1　工事概要

表 1　使用材料

項目	記号	品名	物性および主成分
セメント	C	高炉セメントB種	密度3.04g/cm^3
細骨材	S1	砕砂（石灰砕砂）	密度2.68g/cm^3，粗粒率2.80
	S2	砕砂	密度2.57g/cm^3，粗粒率2.90
	S3	砕砂	密度2.57g/cm^3，粗粒率2.75
粗骨材	G	砕石（2005）	密度2.63g/cm^3，実積率58.0%
減水剤	WR1	AE減水剤（標準タイプ）	リグニンスルホン酸化合物，ポリカルボン酸エーテルの複合物
	WR2	AE減水剤（収縮低減タイプ）	変性リグニンスルホン酸化合物，ポリカルボン酸コポリマー，ポリエーテル誘導体の複合物

表 2　配合

配合ケース	水セメント比 (%) W/C	細骨材率 (%) s/a	単位量(kg/m^3) 水 W	セメント C	細骨材 S1	S2	S3	粗骨材 G	混和剤 (C×%) WR1	WR2
配合1	55.0	46.4	181	329	331	238	238	939	1.0	-
配合2									-	1.5

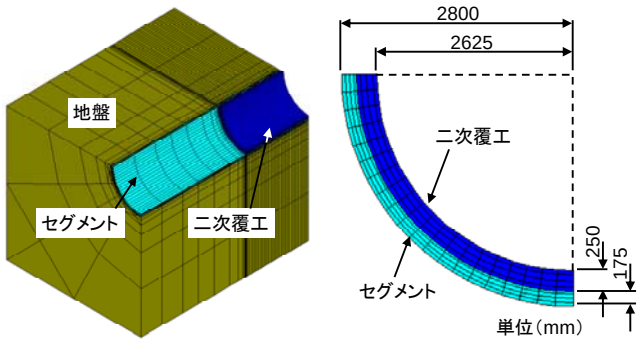


図 2　解析モデル

キーワード　収縮低減，AE 減水剤，シールドトンネル，二次覆工，乾燥収縮，ひび割れ
連絡先　〒204-8558　東京都清瀬市下清戸 4-640　（株）大林組 技術研究所 生産技術研究部　ＴＥＬ042-495-1012

してひび割れを評価した。セグメントの設計基準強度は 42N/mm^2 とし，地盤のヤング係数は 28N/mm^2 とした。収縮低減タイプは，収縮ひずみの最終値を 10%低減することにより評価した。

解析モデルを**図 2** に示す。解析は，3 次元の FEM 解析とし，セグメント，二次覆工および地盤を模擬した 1/8 モデルとした。

解析結果を**図 3** に示す。収縮低減タイプは，標準タイプに比べて最小ひび割れ指数が 1 割程度大きく，ひび割れの発生が抑制されることが確認できた。

4．現場への適用結果

荷卸し時に実施したコンクリートの品質試験結果を**図 4** に示す。収縮低減タイプを使用した場合でも，特に大きなばらつきは認められず，標準タイプと同程度の結果であった。

実施工に用いたコンクリートから供試体を作製し，JIS A 1129 に準拠して長さ変化率を測定した。測定結果を**図 5** に示す。収縮低減タイプは，通常タイプに比べて長さ変化率が 1 割程度低減された。

コンクリートの打込み後のトンネル坑内の外観を**写真 1** に示す。竣工の段階で特にひび割れは認められていない。トンネル坑口付近の湿度が低く，乾燥の影響を受けやすい場合においても，乾燥収縮によるひび割れを抑制できた。

5．まとめ

乾燥の影響を受けやすいシールドトンネルの二次覆工のコンクリートに，収縮低減タイプの AE 減水剤を適用した結果，以下の知見が得られた。

（1）収縮低減タイプの AE 減水剤を使用することで，乾燥収縮ひずみを 1 割程度低減できる。

（2）収縮低減タイプの AE 減水剤を使用することで，乾燥収縮によるひび割れを抑制できる。

謝辞

本論文の作成にあたり，混和剤の供給やデータの採取にご協力いただきました竹本油脂（株）の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

1） 上垣義明他：収縮低減型 AE 減水剤を使用したコンクリートの性状，土木学会第 65 回年次学術講演会，pp.983-984，2010.8

2） 土木学会:2007 年制定コンクリート標準示方書[設計編]，2008.3

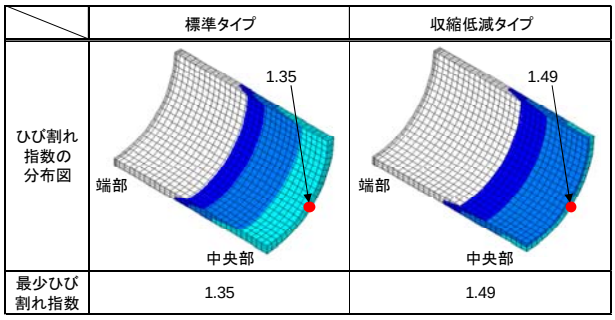


図 3　解析結果

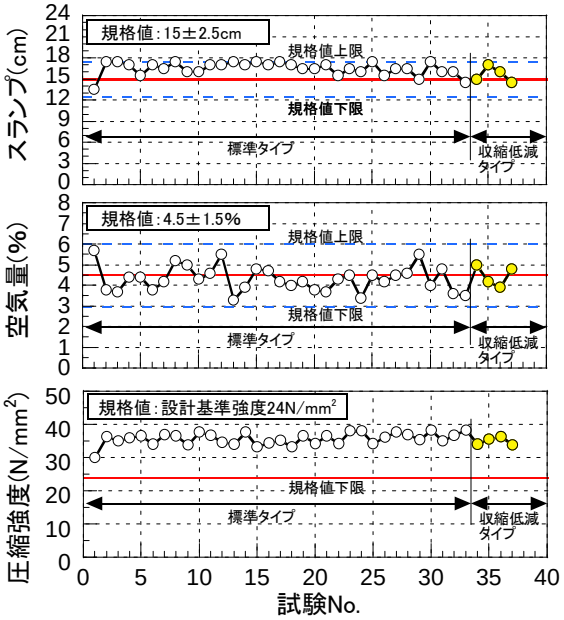


図 4　品質試験の結果

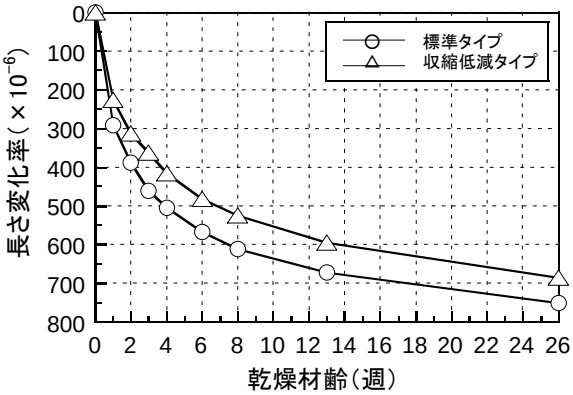


図 5　長さ変化率の測定結果

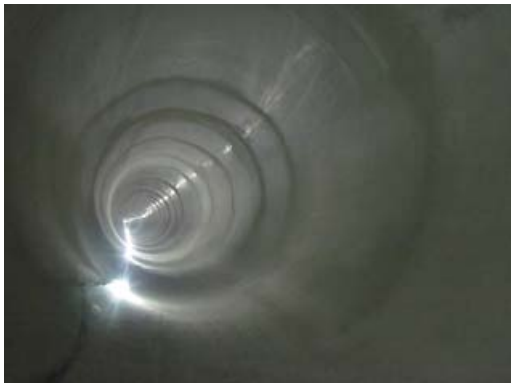


写真 1　トンネル坑内の状況