

シールドとう道天井部の空洞充填補強技術の導入

NTTインフラネット(株) 正会員 本多 文夫
 NTTインフラネット(株) 栗原 和美 椎名 久男
 (株)大東 江向 直美
 トーテック(株) 池島 敏二

1. 背景および目的

NTTの通信用シールドトンネルは一次覆工(鋼製セグメント)と二次覆工(無筋コンクリート)から構成されている。一次覆工は覆工構造の主体としてトンネルに作用する荷重に耐えるよう設計されており、二次覆工は一次覆工の防食・防水、セグメントの補強、蛇行修正等の役目を果たしている。

二次覆工コンクリート打設時にトンネル天井部にコンクリート未充填箇所が発生するケースがあり、その空洞部に被圧した地下水が作用した場合、コンクリート亀裂・落下・異常出水等の危険性がある。それを未然に防止するため、空洞部に流動性モルタルを充填する工事を行っている。

このシールドとう道空洞部の充填補強について、高流動性の空洞充填材を用いた模擬実験により空洞充填補強工法を導入した。

2. 空洞充填工法の開発

シールドとう道天井空洞部への流動性モルタルの充填は鋼製セグメントの主桁・縦リブ材で仕切られた狭隘な箱型部に充填するため、高流動性を確保し既存の二次覆工コンクリートと同等以上の強度を有する高流動性セメント系グラウト材を開発し検証実験を実施した。

3. 実験方法および結果

本実験は、シールドとう道二次覆工空洞部の充填補強状況をモデル化した模擬実験について以下に述べる。

(1) 実験方法

実験配置を図-1に示す。実験装置の配置は現用トンネルを想定し、モルタル注入ポンプから高さ4.13mの位置に空洞部を模擬した試験管体を配置した。



図-1 実験装置配置図

空洞補強充填材(流動性E1外): DSグラウト-N

静置フロー値(2時間後): 150mm以上

圧縮強度(材齢28日): 70~80N/mm²

試験管体: 図2, 図3

試験管体H: 空洞厚200mm(1600×800×H380mm)

試験管体S: 空洞厚50mm(1600×800×H380mm)

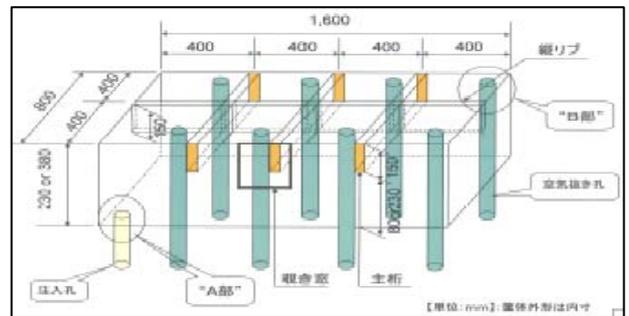


図-2 試験管体概要

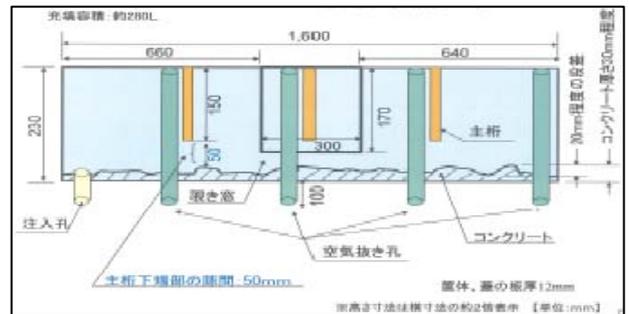


図-3 試験管体S正面図

圧送ポンプ

岡三機工製スラリーポンプOKP-10M型

吐出能力5.6ℓ/min, 吐出圧力Max2.0MPa

ホッパー一体型, ホース 32×10m

実験手順

- ・流動性モルタルの練り混ぜ ・静置フロー値測定
- ・空洞充填・ポンプ圧送試験,E1外の充填・流動挙動観察
- 流動性モルタルの練り混ぜ
- ・20ℓペール缶に4.63ℓの水を入れ,これに25kg(袋)のモルタル材を徐々に加えながら練り混ぜた。
- ・練り混ぜはH型羽付ハンドミキサー(ステンレス製,1000rpm以上)
- ・モルタル材を加え終えてから3分間練り混ぜ,その後15分間練り置き。

キーワード 維持管理, 補修, 補強, シールド, 空洞充填

連絡先〒112-0002 東京都文京区小石川1-18-3 03-5800-9778

静置フロー(JASS15M - 103準拠)

- ・30秒間再練り混ぜ後、静置フローを測定．
- ・内容積100m³ (50mm,H51mm) 70-コンを使用．
- ・フローコーン引き上げ後30秒後に広がり測定．
- ・フロー値180～200mmを確認．



写-1 充填材の練り混ぜ 写-2 静置フロー値測定

(2) 模擬実験結果

試験管体Sの実験結果を以下に述べる．

充填時間 : 31分 吐出圧力 : 0.2～0.3MPa
 吐出量 : 7.3ℓ/min (ホス筒先からの吐出量)
 充填状況

(a)モルタルが各栞の空気抜き管からオーバーフローするまでの時間を表 1 に示す．

	空気抜き管からのオーバーフロー時間(分) (番号及び色の表記:オーバーフローが早い順)			
	1栞目(★)	2栞目	3栞目	4栞目
注入管側	① 21	② 26	③ 28	④ 31
注入管奥	② 26	② 26	③ 27	④ 28

(★)注入管取り付け栞

表-1 空気抜き管からのオーバーフロー時間

(b)管体内充填材流動状況 (試験管体S)

蓋部のぞき窓および側面のぞき窓から測定した充填材の流動分布状況を図 4 に示す．

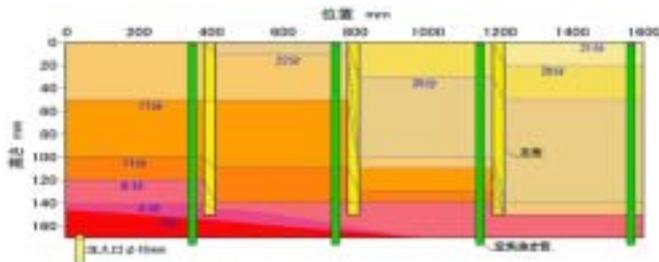


図-4 管体中各栞内のモルタル状況

(c) 充填完了後の管体内充填状況 (試験管体S)

充填完了時に蓋を開けて充填状況写 3,写 4に示す．



写-3 充填状況(全体)

写-4 充填状況(拡大)

(3) モルタル充填状況確認

注入管先からのモルタル流出状況

0.2～0.4MPa吐出圧力で注入管上端出口から初期には高さ20mm～30mm,途中から15mm～20mmの高さにグラウトが吐き出た。吐出量は約7.3ℓ/minで,必要かつ安定な吐出速度が得られた．

充填初期のモルタルの流動性

管体内底面は高さ約20mmの凹凸面としたが,吐出量増加とともにこの凹凸を越え,10分程度で管体底面の全体に広がった．その後の充填状況は,時間と共に注入口から吐き出された珪砂が容易に全域に広がっていく．

主桁・縦リブ箇所のモルタル充填状況

主桁,縦リブに達すると注入管出口からの吐き出しによる押し上げ圧力で各栞中モルタルは押し上げられる。各栞で充填状況に差があるが,容易に充填が進行する。図 4 (管体中各栞内の珪砂状況) に示すように一般に注入口に近いほど早く押し上げられる．

空気抜き管からのモルタル流出状況

充填材が各栞の上端に達すると空気抜き管から最初徐々にその後連続してモルタルが流出する．

充填完了後の充填状況

実験終了後にフタを開けて充填珪砂上層を観察・充填状況を確認した。小さな粒々(1～2mm程度)のエア溜まりが残る程度で(写-4) 充填性は良好である．

充填時の吐出圧力(初期値,中間値,最大値)

充填時の吐出圧力は, 試験管体Hの場合0.3～0.4MPa 充填終了間際一時期だけ0.4MPaであった。試験管体Sの場合は0.2～0.3MPa、初期から中頃まで0.3MPa、その後は0.2～0.3MPa、でありいずれも安定している．

4. まとめ

空洞充填現場の模擬実験結果から,管体内の主桁・縦リブで仕切られた空洞内の安定した充填挙動と十分な流動性を確認した。また,2時間にわたる低吐出での低圧ポンプ圧送試験およびトラブルを想定した圧送停止に対して有効なホース内流動性を確認した。本実験により高性能空洞充填材の高い静置フロー特性により,低圧ポンプ圧送条件下での柔軟で安定的な施工性を確認した。

5. 今後の予定

空洞充填後の充填状況の確認は,空洞充填部へのドリル削孔による測定で実施している。ドリル削孔により漏水要因防止の観点から,非破壊検査による充填状況の確認が求められている。