

鉄道トンネルへの剥落防止セグメントの適用

東京地下鉄(株) 沼澤 憲二郎 メトロ開発(株) フェロー 藤木 育雄
 東京地下鉄(株) 景山 良 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○清水 幸範
 石川島建材工業(株) 正会員 星 英徳

1. はじめに

近年、鉄道トンネルでは、経年の劣化や施工時の不具合等に起因する覆工表層部でのコンクリートの機能の低下が問題となっている。とくに、コンクリート片の剥落現象は、大きな事故に直結するため、その防止対策が求められている。

本稿は、東京地下鉄 13 号線(副都心線：池袋～新宿三丁目～渋谷間 8.9km) 建設工事の一部に適用した剥落防止セグメントの概要について述べるものである。

2. 剥落防止セグメントの概要

剥落防止セグメントは、耐アルカリガラス繊維(写真-1)をセグメント内面側コンクリートの表層部分に製作工場であらかじめ布設しておく新しいタイプのセグメントである(写真-2)。このセグメントは、トンネル内で繊維シートを貼り付けることなく、セグメントを組み立てるだけで剥落防止の機能を有することに特徴がある。繊維シートには、コンクリート片の保持機能のみを期待しており、ひび割れの分散や抑制等の力学的な機能は期待していない。

剥落防止の機能は、定期的を実施する検査と検査の間にコンクリート片を保持することを期待するものである。コンクリートにひび割れ等の異状が生じた場合、コンクリート片を落下させることなくそれを保持し、検査の際に不具合を発見、補修することでトンネルとしての機能を維持しつづけることができる。

剥落防止セグメントには、充填を確実なものとするため、目標スランプフロー値を 65 ± 5 cm、目標空気量を $2 \pm 1\%$ とした粉体系高流動コンクリートを採用した。セグメントは、従来の RC セグメントの型枠を使用し、繊維シートを内面側に布設、高流動コンクリートを充填、微振動を与える工程で製作される。布設する繊維シートは、ジルコニアを約 20% 程度含有している耐アルカリガラスを主材としている。

写真-3 に剥落防止の効果を示す。これより繊維シートは、コンクリート破損片を保持しており、直接下方に落下することを防止していることがわかる。

写真-1 繊維シート

材質：耐アルカリガラス
 格子サイズ：□-7×5(mm)
 引張強度：1500(N/25mm)以上
 950(N/25mm)以上
 繊維密度：2.7×17(本/25mm)
 厚さ：0.85(mm)

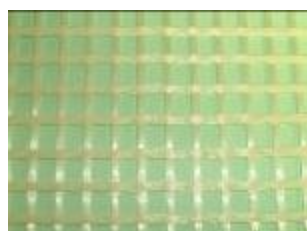


写真-2 剥落防止セグメント(A型)



写真-3 剥落防止の効果

キーワード：繊維シート、コンクリート系セグメント、剥落防止、高流動コンクリート
 連絡先：〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 TEL：03-5221-7240

3. 性能試験結果

性能試験は、コンクリート打設後 28 日経過時に単体曲げ試験を実施した。試験時のコンクリートの強度は 62.5N/mm^2 、弾性係数は 40.7N/mm^2 （設計基準強度： 48N/mm^2 ）であった。試験は、支持スパンを 3357 mm、載荷スパンを 1100mmとした 2 点集中載荷方式で実施した。試験結果を図-1、表-1 に示す。

荷重 210 k N 付近で内面側継手部付近にひび割れが発生した。その後、荷重の増加とともに内面側および側面部に新たなひび割れの進展が見られ、ほぼ均等に分散した曲げひび割れが生じた。変位は、初期ひび割れ発生荷重 210 k N までは全断面有効計算値に従い、それ以降は勾配が変化して RC 断面計算値にほぼ沿って増加しており、538 k N 載荷時に主筋が降伏し試験を終了した。これらのことから、剥落防止セグメントは、所定のセグメント性能を満足するとともに、繊維シートの布設が力学的な性能に悪い影響を与えないことがわかる。なお、通常のコンクリート(スランプ 3cm、シート無し)で打設したセグメントの性能試験と差異はなかったことを付記する。

4. 鉄道トンネルへの適用

性能確認後、剥落防止セグメントを地下鉄 13 号線鉄道トンネルの一部に適用した。写真-4 に設置時の状況を、写真-5 に掘進後の坑内を示す。

セグメントは、外径 6.6m、幅 1.6m、厚さ 0.32 m の RC セグメントである。インバートに該当する部位のピースを除いたセグメント内表面にはそれぞれ繊維シートが布設されるが、表面に繊維シートの格子模様がかすかに確認できる程度である。

また、取り扱いは、通常のコンクリートで打設した RC セグメントと同様の扱いが可能である。

5. まとめ

今回開発した剥落防止セグメントをシールドトンネルに適用することで、安全かつ確実に施工時と供用時に剥落防止機能を付加することが可能と考えている。剥落防止機能を持たせることにより、完成後に実施する健全度の確認が容易になり、検査間隔の拡大、補修費用の低減等の効果を期待している。

参考文献

- 1) 木村ら：コンクリート系セグメントの表面補強材としての繊維シートの適用，トンネル工学報告集，Vol114，PP.384-394，2004.11

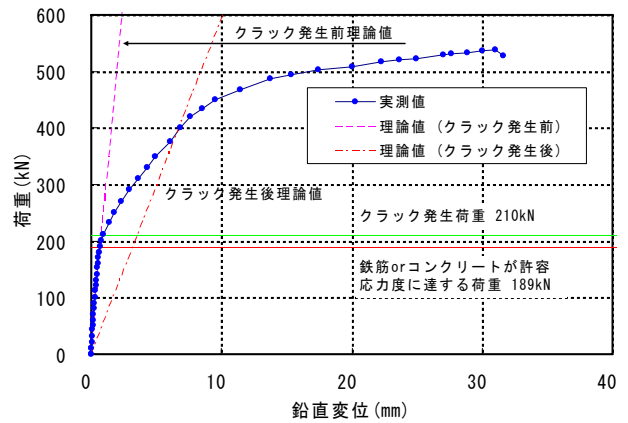


図-1 単体曲げ試験結果（変位-荷重図）

表-1 試験結果の一覧

試験項目	荷重 kN		モーメント kN・m		安全率※	
	計算	実測	計算	実測	計算	実測
ひび割れ発生荷重	147	210	83	118	2.22	2.85
設計荷重	189	—	107	—		
破壊荷重	419	538	236	303		

※安全率＝破壊荷重／設計荷重



写真-4 剥落防止セグメントの組立て状況



写真-5 施工後の坑内での状況

- 2) 沼澤ら：特殊セグメントを用いた地下鉄換気塔，トンネルと地下，Vol138，No4，PP.905-914