

SENS による場所打ちライニングのひび割れ抑制対策に関する一考察

大成建設(株) 正会員 ○岡嶋 和義, 常田 和哉
鉄道・運輸機構 東京支社 新横浜鉄道建設所 正会員 阪田 暁
(株)地域地盤環境研究所 正会員 水原 勝由

1. はじめに

SENS の場所打ちライニング(以下, 一次覆工)は, 山岳工法における支保工の位置づけであり, ひび割れと漏水を許容する。しかし, 一次覆工に発生するひび割れをできる限り抑制し, 二次覆工打設前の漏水量を低減させることは, 周辺の地下水位低下や地盤沈下の抑制, 防水工の施工性の確保やそれによる品質確保に有効である。

本報告は, 都市部で初めて SENS を適用した西谷^{にしや}トンネルにおいて一次覆工のひび割れの調査・分析を行い, その抑制対策について考察したものであり, 今後の SENS の品質向上に資することを目的とする。

2. ひび割れ調査方法

ひび割れ調査は, トンネル内空変位の収束が確認できた段階で, 図-1 に示す区間 A: 土被りが約 1D 以下(10.5m 以下)の「小土被り直線施工区間」と, 区間 B: 土被りが 2D 以上かつ曲線部(R=600m)である「一般区間」の 2 区間で実施した。ひび割れ調査の方法は, 坑内の写真と観察により展開図として整理し, ひび割れの発生方向, 発生位置, 長さ, 漏水の有無を指標にひび割れパターンの分類を行った。ひび割れパターンの分類を表-1 に示す。

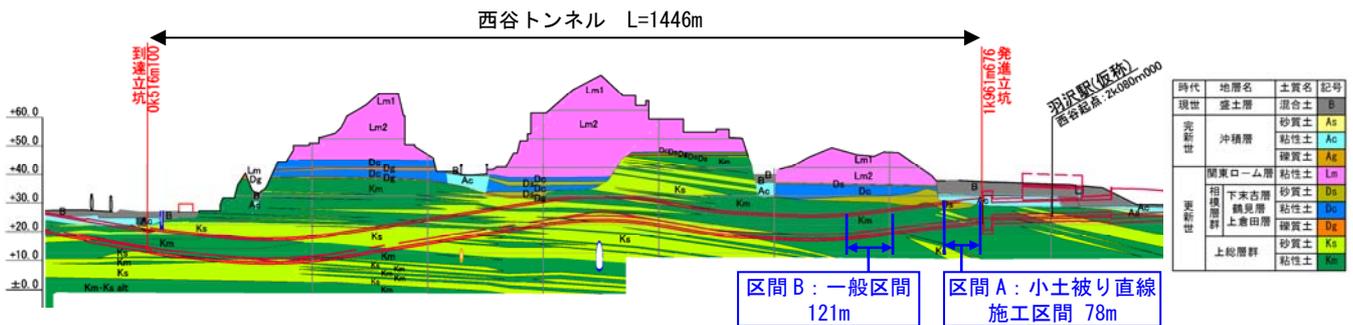


図-1 西谷トンネルひび割れ調査区間

3. ひび割れ調査

調査の結果得られた区間 A, 区間 B のひび割れ展開図をそれぞれ図-3, 図-4 に示す。また, 各ひび割れパターンの発生割合(全ひび割れ延長に対する比率)を図-2 に示す。区間 A については「②-2 軸方向ひび割れ」が最も多く, その発生割合は 54% を占める。次に「③-1 斜め方向ひび割れ」が 24% を占め, 両者とも本掘進後から発生割合が増加しており, 「②-2」についてはひび割れ延長も長くなっていることがわかる。一方, 初期掘進区間では, 本掘進区間と比較して短いひび割れが多く見られる。

区間 B については, 全調査区間を通して「①-1 周方向ひび割れ」が最も多く発生しており(全ひび割れ延長の 67%), 特に切羽側斜め上方向に向かうひび割れが卓越する傾向にある。また, 「②-2」については小土被り直線施工区間と比較してその頻度は小さくなっている。さらに, 平面曲線(R=600m)の内側と外側でひび割れの発生状況に大きな違いは見られない。

表-1 ひび割れパターン

ひび割れパターン	ひび割れ方向	ひび割れ分類
①-1	周方向ひび割れ	漏水無しまたはにじみ程度(想定0.3mm程度以上)
①-2	周方向ひび割れ	漏水多い(想定0.5mm程度以上)
②-1	軸方向ひび割れ	打継目から坑口側(長さ3リング未満)
②-2	軸方向ひび割れ	②-1以外
③-1	斜め方向ひび割れ	切羽に向かって下, にじみ程度または漏水少ない(想定0.3mm程度以上)
③-2	斜め方向ひび割れ	切羽に向かって下, 漏水多い(想定0.5mm程度以上)
④	打継目	施工情報 ※打継目はひび割れに含まない

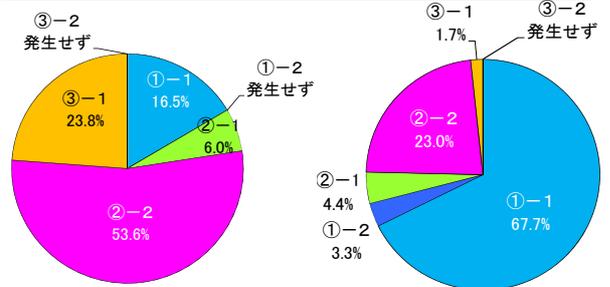


図-2 各ひび割れパターン発生割合 (左: 区間 A, 右: 区間 B)

キーワード SENS, 場所打ちライニング, 都市トンネル, ひび割れ, 漏水

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)土木本部土木設計部 TEL 03-5381-5296 FAX 03-3344-4437

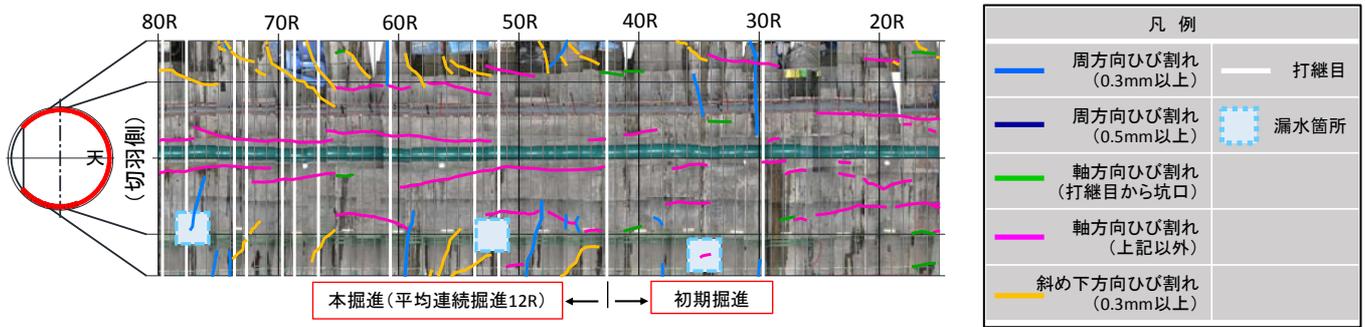


図-3 区間Aにおけるひび割れ展開図(小土被り直線施工区間 16R~80R)

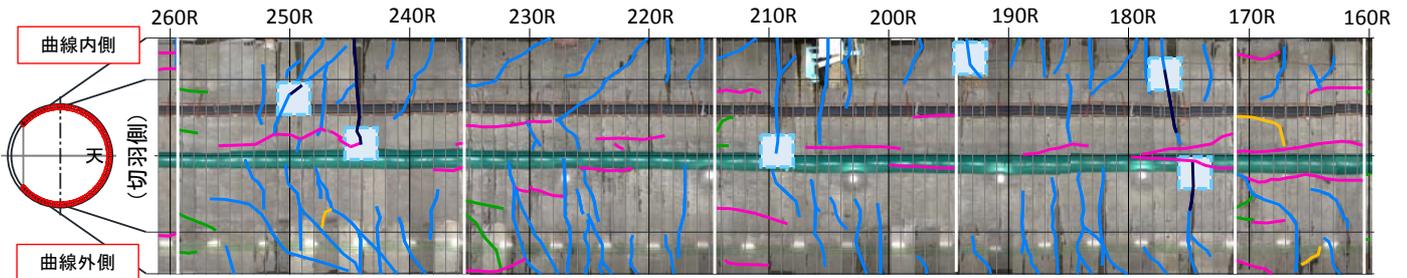


図-4 区間Bにおけるひび割れ展開図(一般区間 160R~260R)

4. ひび割れ・漏水抑制対策の効果について

西谷トンネルでは、ひび割れ・漏水抑制対策として以下の対策を実施した。

- 既往の SENS の実績では、乾燥収縮によるひび割れが多く発生したことを受け、粗骨材に吸水率が小さく、乾燥収縮の抑制に有効な石灰碎石を使用した。
- 施工中に著しい漏水が確認された箇所についてはウレタン注入による止水を適宜実施した。

これらの対策の効果を確認するため、坑内の漏水量に着目して考察する。図-5は西谷トンネル掘進時の全漏水量の経時変化である。漏水量は少量で掘進延長によらず一定であり、単位時間当たりの漏水量は0.06m³/minである。よって、一次覆工のひび割れの進展は小さいものと推察される。

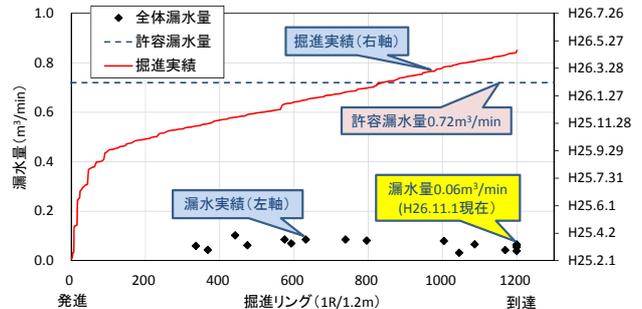


図-5 西谷トンネルの掘進時の漏水量

表-2 SENSにより施工したトンネル漏水量の比較量

	三本木原 トンネル	津軽蓬田 トンネル	西谷 トンネル
掘進延長(m)	3,015	6,070	1,442
漏水量(m ³ /min)	1.5	7.2	0.06
単位延長当り漏水量 (m ³ /min/km)	0.498	1.19	0.042

表-2にSENSにより施工したトンネル漏水量の比較を示す。単位延長当り漏水量で見ると、西谷トンネルは三本木原トンネルの1/12程度、津軽蓬田トンネルの1/28程度と非常に少ない。西谷トンネルの掘削地盤は上総層の泥岩層(透水係数10⁻⁷cm/sec程度)であり、未固結砂層で地下水量も多い既往実績とは一概に比較できないが、西谷トンネルで実施した対策により、乾燥収縮によるひび割れ抑制(特に貫通ひび割れの抑制)および漏水の抑制に一定の効果が得られたものと考えられる。

5. 今後の課題

西谷トンネルで実施した対策の効果は確認できたが、石灰碎石の使用は通常骨材と比べてコスト高となる。今後のSENSの施工においては、石灰碎石を全てのトンネル区間で使用した場合と、比較的漏水が多い区間のみを使用する場合で費用対効果について検討を行う必要があると考える。また、その他のひび割れ抑制対策としては、①コンクリートに膨張材を添加する、②脱型後のコンクリートの保湿・保温養生、③石灰碎石の使用と①、②の複合実施等が考えられる。今後、西谷トンネルでの経験が都市部でのSENSの有用な実績になるものと考えられる。

参考文献 1)伊藤他:“都市部へのSENSの適用検討”,トンネルと地下, Vol. 6, No. 42, pp. 447-452, 2011

2)小川他:“場所打ちライニングに生じたひび割れの方向性に着目した発生要因分析と抑制対策”,土木学会論文集F1, Vol. 70, No. 1, 26-40, 2014