

シールドを用いた場所打ち支保システムによる新幹線トンネルの施工

— 施工概要と一次覆工コンクリートの性状 —

独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 佐伯 則幸, 正会員 磯谷 篤実
熊谷・東洋・大本・井上 JV 三本木原トンネル作業所 正会員○蒔苗 健, 川端 一史

1. はじめに

三本木原トンネルは、東北新幹線（八戸・新青森間）に位置する延長 4,280m の新幹線複線断面トンネルである。掘削対象地盤は洪積砂質土層と粘土層の互層で、平成 13 年 8 月に新青森方から山岳工法を用いて施工を開始したが、地層が複雑なため地下水位の低下や切羽の安定を十分に確保できず、しばしば切羽の崩落が発生した。そのため、安全性、安定性、経済性の観点から総合的に検討した結果、新たな工法として「シールドを用いた場所打ち支保システム（SENS）」を開発・適用し、東京方約 3,000m の区間を施工することとした（図-1）。SENS による施工は平成 16 年 7 月に開始し平成 18 年 11 月に到達した。この間、平均月進量は 109.6m で山岳工法区間の約 2.5 倍の進行を記録した。

2. SENS の施工概要

SENS では、掘削および切羽の安定はシールドで行い、トンネルの支保部材はセグメントを使用せずに、シールド後部に組み立てた内型枠内に、シールドの掘進と同時に連続して打設される場所打ちコンクリート（一次覆工）とした。さらに、一次覆工の安定を計測により確認した後に、防水シートと力学的機能を付加しない二次覆工を施工することにより、高品質のトンネルを完成させるものである。

SENS の施工では、シールド後方の内型枠と一次覆工コンクリートの摩擦力を推進反力として、土圧式シールドにより切羽を保持しながら掘削する。一次覆工用内型枠はコンクリートが所定の強度を発現したことを確認した後、内型枠脱型装置で脱型してテール内の内型枠組立装置で組み立て、繰り返し利用した。（図-2）

3. 覆工の構造

三本木原トンネルは、一次覆工外径は 11,440mm、覆工厚が 330mm（設計上 300mm のみ考慮）、二次覆工は覆工厚が 300mm、仕上がり内径が 10,180mm である。SENS では、覆工の機能に山岳工法の考え方を応用している。すなわち、山岳工法の基本であるトンネル周辺地山の持つ支保機能を有効に活用し、内空を支保する一次支保と位置付け、流砂を伴わない程度の地下水の流入やひび割れは許容する。また、

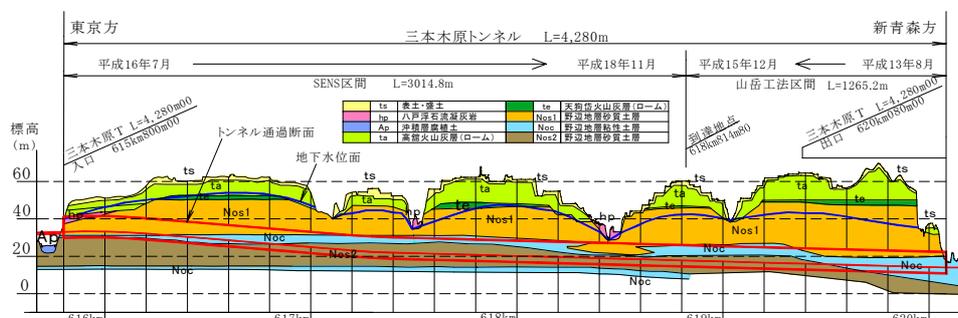


図-1 地質縦断面図

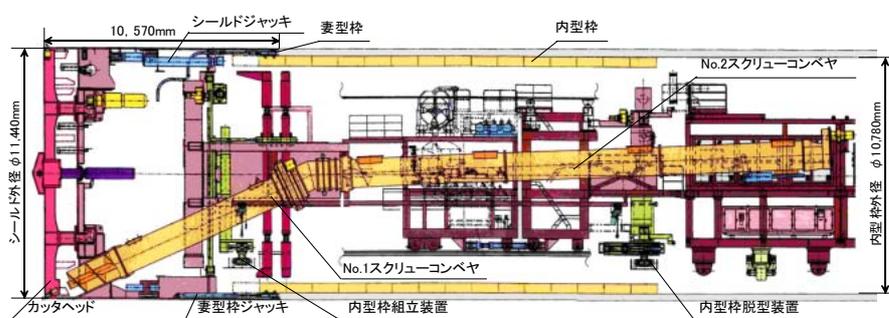


図-2 SENS 施工機械（シールド）縦断面図

キーワード：SENS、場所打ちライニング工法、山岳工法、未固結砂質土地盤

連絡先：〒034-0102 青森県十和田市大沢田字早坂 24-1 TEL0176-20-7474 FAX0176-20-7475

表-1 コンクリートの要求性能

No.	品質項目	要求性能
1	高流動性	締固めなしで型枠内に確実に充填可能であること。練り上がり時のスランプフローで、60cm±5cm
2	フレッシュ保持性	練り上がりから4時間までフレッシュ性状を保つこと。4時間後のスランプフローが練り上がり時の80%以上
3	早強性	所定の推進反力を内型枠とライニングとの付着力から得るために必要な材齢1日強度15N/mm ² を発現すること。
4	ポンプ圧送性	施工で使用するポンプを用い、3インチ配管で30mの距離に5m ³ /hourを打設可能であること。
5	材料分離抵抗性	ポンプ圧送および充填時に材料分離をおこさないこと。
6	水中不分離性	地下水の作用する環境下で打設してもセメント分の散逸が抑えられ必要な強度が確実に発現すること。

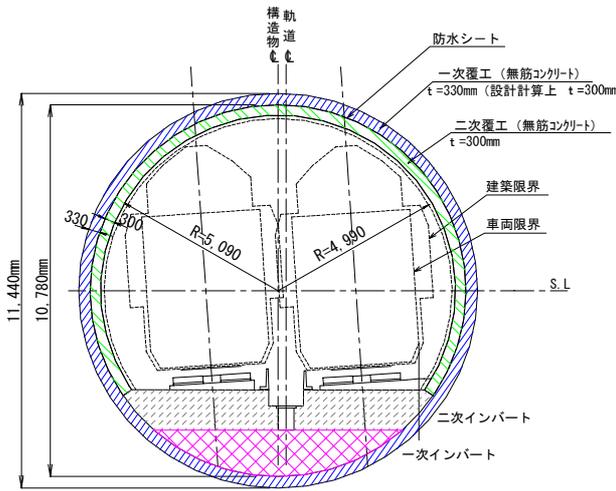


図-3 曲線部断面図

一次覆工と二次覆工の間には防水シートや集水管を設置して、トンネル坑内に導水している。(図-3)

4. 一次覆工コンクリートの性状と品質管理

SENS での一次覆工コンクリートは、地下水のある地盤内に高圧で打設し、確実に充填する必要があった。このため、コンクリートには表-1 に示す多様な性能が要求された。室内試験で決定したコンクリートの標準配合を表-2 に示す。水中不分離性を高めるために使用した増粘剤は A 剤, B 剤の 2 液混合タイプのもので、これらが水中で静電的に配向して擬似ポリマーを形成することにより、コンクリートの粘性を高める新しいタイプの材料である。

表-2 コンクリートの標準配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量(kg/m ³)				高性能増粘剤 (W%)		高性能分散剤 (C%)
		W	C	S	G	A剤	B剤	
35	38	190	543	597	948	4.0	4.0	3.2

図-4 にコンクリート強度試験の各リングでの結果を示す。コンクリートは温度によって性状が大きく変化するため、練り上がり温度や養生温度が 20℃を下回らないように管理し、1 日強度で 15N/mm²以上を確保した。また、図-5 にスランプと水中不分離性試験の結果を示す。三本木原トンネルでは経済性のため、1,300 リング以降で増粘剤の配合を標準配合の 4.0%から試験的に 3.75%に低下させた。このため、水中でのセメント分の溶け出し度合いを示す水中不分離性が 1 程度大きくなったが、基準値である pH=12 以下で収まっており、その他の試験値も管理範囲内で製造を行うことができた。

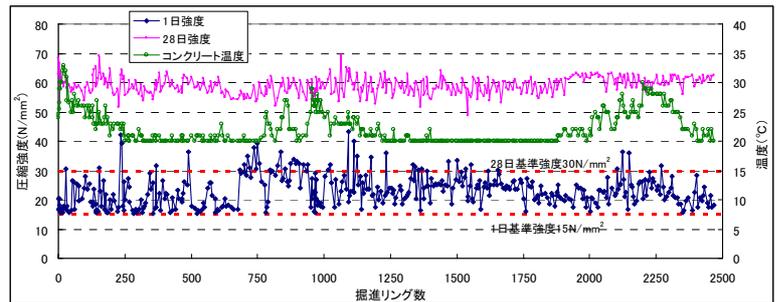


図-4 コンクリート強度試験結果

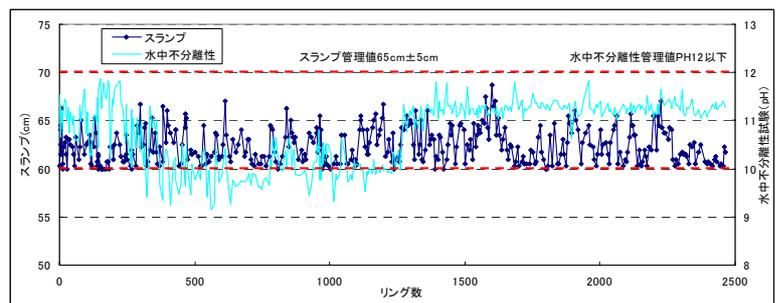


図-5 スランプ (フロー値)・水中不分離性試験

5. おわりに

三本木原トンネルでは、新工法を採用する事により、未固結で複雑な互層の土砂地山の掘削を安定的に進めることができた。今回の施工結果を詳細に分析し、今後本工法が確立されるための基礎としたい。