

中流動コンクリートを使用した巻厚内に障害物を含む覆工コンクリートの配合と施工

千葉県君津土木事務所上総出張所 鶴岡正 小林勇貴
五洋建設(株) 正○前田智之 小笠原哲也

1. はじめに

一般に、覆工コンクリートの施工上の問題点に充填不足による背面空洞の発生があげられる。今回施工した覆工コンクリートは、巻厚内に鋼製支保工等(H150)が1m間隔に設置されており、それらが障害となり覆工背面の空洞発生の可能性がとくに大きかった。そのため施工時において、これらの問題点に対してそれぞれ対策を行った。本稿は、天端部の空洞発生防止の対策として実施した中流動コンクリートの使用と施工条件に適した打込み方法への変更について、検討および施工の結果をまとめたものである。

2. 施工条件とその対策

施工した覆工コンクリートは、既設トンネルの内巻きコンクリート(施工延長38.4mのうち中間の20m間)であり、地山の補強を目的とした鋼製支保工(H150)によるセントル工法が応急対策として施されていた。さらにセントル工法の地山補強効果を確実にするため、天端部を約1m空け、鋼製支保工と地山の間を耐圧性の袋に加圧充填した無収縮モルタル(プレロードシェル工法)でブロッキングしていた(写真1参照)。地山をブロッキングした鋼製支保工を巻き込んでコンクリートを打設するため、鋼製支保工とプレロードシェルが障害となり、コンクリートの流動が阻害される。そのため、従来の打込み方法では特に天端部で覆工背面に空洞が発生しやすい状況であった(図1参照)。

鋼製支保工が障害となりコンクリートの流動が阻害されるため、クラウン部の打込みは従来の吹上げ方式に加え、鋼製支保工と鋼製支保工の間に直接コンクリートを打込む方式の併用が有効と考えた(図2参照)。具体的には、鋼製支保工と地山の上に3インチの圧送管を配置し、筒先を移動させながら打込むこととし、使用材料は流動性に優れた材料分離抵抗性がある中流動コンクリートを採用することとした。

3. 配合

生コン製造工場との調整により、中流動コンクリートの製造は増粘剤を含有した一液型の流動化剤を現場に到着したアジデータ車に後添加する方法とした。施工前に試験練りと3インチ管での圧送性および鋼製支保工間の充填性を確認するための実機試験を行った。試験練りは、セメント量と細骨材率(s/a)を変化させた。試験項目と規格値を表1、試験結果を表2に示す。すべての配合で規格値を満足したが、その中でセメント量が多い、もしくは細骨材率が高い配合のU形充填高さが比較的高かった。また、目視性状ではセメント量320kg/m³もしくは細骨材率49%で、やや分離の傾向がみられた。そこで、ここでは「C=340kg/m³, s/a=55%」, 「C=360kg/m³, s/a=52%」, 「C=360kg/m³, s/a=55%」の3配合を選定した。

次に選定した配合に対して、実施工に則した製造と実際に使用する2tスクイズポンプ、3インチ耐圧ホースおよび鋼製支保工を1m間隔に配置した模擬型枠を用いて、中流動コンクリートの圧送性と充填性を確認する実験を実施した。試験結果を表3に示す。

「C=360kg/m³, s/a=52%」は規格値を満足したが、「C=340kg/m³, s/a=55%」は加振変形量、「C=360kg/m³, s/a=55%」はスランブフローが規格値を超過した。少量の材料で行った室内試験練り時より、実機試験のコンクリートの方が、目視において粘性が低く軟らかい性状を示したことが原因と考える。規格値を満足した「C=360kg/m³, s/a=52%」を選定し、圧送性確認の結果、筒先での分離は見られず、極端な圧力上昇も生じなかった。充填性確認の結果、打込み時はフ

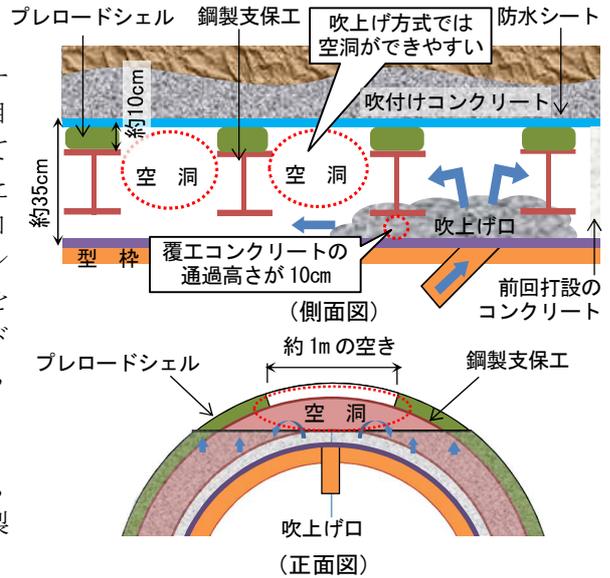


図1 従来の施工方法に対する問題点



写真1 施工前の既設トンネルの状況

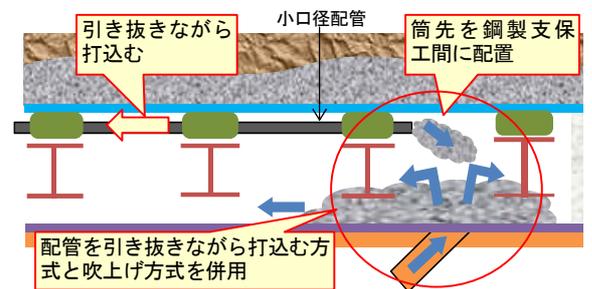


図2 クラウン部の打込み方法

表1 フレッシュ性状試験項目と規格値

試験項目	試験方法	規格値
スランブフロー	JIS A 1150	350~500mm
空気量	JIS A 1128	4.5±1.5%
加振変形量	NEXCO 試験法 733	100±30mm
U形充填高さ (流動障害なし)		280mm 以上

キーワード：覆工コンクリート、中流動コンクリート、小口径配管

連絡先：〒320-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL0287-39-2116

ランジ背面に空洞が見られたが、打込み完了後型枠バイブレータを30秒起振すると、起振時間10秒では空洞が残っていたが、20秒を経過した時点で空洞がなくなることを目視で確認できた。さらにスランプフローの経時変化を確認

表2 室内試験練り配合およびフレッシュ性状試験結果

配合名	W/C (%)	単位量 (kg/m³)					スランプフロー (mm)			空気量 (%)	U形充填高さ (mm)	
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水剤 Ad (C×%)	流動化剤 SP (ml/C=100kg)	加振前	加振後			変形量
C=340kg/m³, s/a=49%	51.5	175	340	855	926	0.85	650	440	565	125	3.9	295
C=320kg/m³, s/a=52%	54.7		320	918	880			1.00	700	415	540	125
C=340kg/m³, s/a=52%	51.5		340	907	872	405	535			130	3.7	295
C=360kg/m³, s/a=52%	48.6		360	900	864	415	525			110	4.7	305
C=340kg/m³, s/a=55%	51.5		340	962	815	1.30	800			420	540	120
C=360kg/m³, s/a=55%	48.6		360	952	810	1.50		425	550	125	4.6	318

したところ、練上り30分後で385mm、60分後で300mmとなり、60分後で管理値を超過した。そこで施工する配合は「C=360kg/m³, s/a=52%」とし、現場で中流動コンクリート製造後30分以内に打込み、打込み完了後に型枠バイブレータを20~30秒起振することとした。

4. 施工

打込みは吹上げ口用の4tピストンポンプ車と小口径配管用の2tスクイズポンプ車の2台を配置し、吹上げ口と小口径配管から交互に連続した打込みができるようにした(写真2参照)。すべての覆工コンクリートを中流動コンクリートで打設した場合、材料費増に加え、型枠の剛性をあげる必要がありそれに伴う費用増も生じるため、石井らによる施工事例から中流動コンクリートはクラウン部のみ使用することとした。また、小口径配管筒先の打込み状況を目視確認できないため、配管の移動時期の管理とクラウン部の充填管理を目的に、鋼製支保工と鋼製支保工の間に充填検知センサを取り付けた。配管移動のタイミングは、鋼製支保工間に取り付けた充填検知センサのうち、打込み箇所がある区間の充填検知センサが反応した時点とし、配管の引抜きはチェーンブロックを使用してトンネル軸方向に引抜いた(写真3参照)。締固めは棒状のバイブレータと型枠バイブレータを併用することとした。施工中、小口径配管内の圧力上昇や閉塞なくコンクリートを打ち込むことができた。また全ての充填検知センサでコンクリートの充填が確認できた。今回の施工方法を採用することで、狭隘な巻立空間を、空洞なくコンクリートを打ち込むことができた。

5. まとめ

巻厚内に障害物を含む覆工コンクリートを、空隙を残すことなく施工するにあたり、材料に中流動コンクリートを使用し、施工方法に従来の吹上げ方式に追加して小口径配管を移動させながら打込む方式を採用した。配合設定と施工の結果をまとめると、以下のようである。

- (1) 増粘剤を含有した流動化剤で製造した中流動コンクリートの使用により、3インチ配管内を材料分離することなく圧送し、コンクリートを打込むことができた。
- (2) 圧送管を引抜きながらコンクリートを打込むことで、狭隘な箇所へ直接コンクリートを打込むことができた。
- (3) 目視確認できない施工環境下において、充填検知センサを使用することで、コンクリートの充填確認だけでなく圧送管移動の引抜きのタイミングを把握することができた。
- (4) (2), (3)の結果、巻厚内に障害物がある覆工コンクリートを空洞なく施工することができた。狭隘な巻厚空間を空洞なく施工することができたが、今後、圧送管筒先の移動方向や手段、管理方法など改善することで覆工コンクリートだけでなくあらゆるコンクリート構造物への適用が可能と考える。

1) 参考文献 1)石井ほか：異なるスランプのコンクリートを用いた覆工コンクリートの打設について、土木学会第63回年次技術講演会, pp.599-600, 2008.9. 2)東日本高速道路株式会社ほか：トンネル施工管理要領,平成24年7月。

表3 実機試験のフレッシュ性状試験結果

配合名	スランプフロー (mm)			空気量 (%)	U形充填高さ (mm)		
	加振前	加振後	変形量				
圧送性確認	C=340kg/m³ s/a=52%	ベース	275	-	-	4.7	-
		添加後	455	615	160	4.9	332
	C=360kg/m³ s/a=52%	ベース	300	-	-	3.8	-
		添加後	475	595	120	4.6	313
充填性確認	C=360kg/m³ s/a=55%	ベース	320	-	-	5.1	-
		添加後	520	未実施	未実施	5.4	332
C=360kg/m³ s/a=52%	ベース	310	-	-	5.7	-	
	添加後	470	540	70	4.8	337	

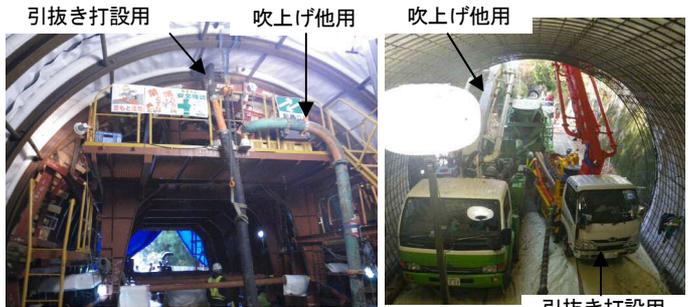


写真3 小口径配管と充填検知センサ設置状況