

インバートコンクリートの長期湿潤養生

大豊建設株式会社 正会員 藤井 宣

1. はじめに

山岳トンネル工事におけるインバート工は切羽作業と並行して行われることが多く、コンクリート打設後の埋戻し作業はコンクリートが施工荷重に耐えられる強度に達した弱材齢段階で行うのが一般的である。このため、埋戻し後はコンクリートの品質を確保・向上させる各種養生を実施することは困難である。また、埋戻し材料が被らない一部を除いて材齢 28 日におけるコンクリートの品質を直接確認できない。

しかし、近年のコンクリート構造物は長期耐久性が求められており、上記の課題を解決するため、インバートコンクリートの材齢 28 日までの湿潤養生を実現現場において実施した。本稿では実施した養生方法および得られた養生効果について報告する。

2. 養生の実施方法

インバート工は 2 ブロック（以下、BL）連続同時打設の半線施工とし、養生はコンクリート表面に養生マット（アクアマット）を敷設して湿潤養生を実施した。養生の効率化を図るため、養生無人化システム（養生ヘルパー）を用いて自動散水を行い、相対湿度 80%以上を 24 時間連続で保持した。このため、養生期間中の実質的な労務は散水器具の点検と給水タンクへの補給作業のみであった。

養生マット敷設後、インバート形状に合わせて工場加工したビーズ法ポリスチレンフォームブロック（以下、EPS-B）と 2 枚重ねの鉄板を敷設して工事車両の走行路を確保した。一週間を月曜日から金曜日の 5 日作業として行う場合の施工手順図を図-1 に示す。走行路を切羽に向かって右側にして左側 1～4BL の打設を月曜日から木曜日に行い、金曜日に EPS-B と鉄板を敷設して左側に走行路を切替えた。翌週も同様のサイクルで右側の施工を行い、以降も週二回の打設を繰返し行った。28 日間の養生が完了したブロックから鉄板・EPS-B・養生マットを撤去し、掘削ズリを用いて埋戻しを行った。

3. EPS-B 敷設時期の検討

インバートコンクリートの埋戻しに必要な強度は、通常、埋戻し時の施工荷重から決定される。しかし、今回は EPS-B を人力で敷設して走行路を確保するため、作業者がコンクリート上を歩行する荷重と切羽ずり出し作業に用いる 24t 積重ダンプの輪荷重を比較して決定することにした。敷設作業者がコンクリート上を歩行する時に発生する支圧応力を式-1 に、走行車両の輪荷重が EPS-B を伝達してインバートコンクリートに作用する支圧応力を式-2 に示す。検討の結果、歩行荷重による支圧応力の方が大きいことを確認した。



図-1 施工手順図



写真-1 養生マット敷設状況



写真-2 EPS-B・鉄板の敷設状況

キーワード 長期湿潤養生，表層透気係数，ビーズ法ポリスチレンフォーム

連絡先 〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町 2-1-2 TEL 022-224-1581 大豊建設(株) 東北支店

$$\sigma_{z1} = \frac{(p1+p2/2) \cdot (1+i)}{A} = 144 \text{ (KN/m}^2\text{)} = 0.144 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$
 【式-1】

$$\sigma_{z2} = \frac{P \cdot (1+i)}{(B+2 \cdot Z_1 \cdot \tan \theta_1 + 2 \cdot Z_2 \cdot \tan \theta_2 + 2 \cdot \alpha) \cdot (L+2 \cdot Z_1 \cdot \tan \theta_1 + 2 \cdot Z_2 \cdot \tan \theta_2 + 2 \cdot \alpha)}$$
 【式-2】

73 (KN/m²) = 0.073 (N/mm²)

p1	: 作業員体重(65kg)	0.65 [KN]	Z1	: 敷鉄板上端面からEPS上端面までの深さ (鉄板厚さ t=22mm×2枚)	0.044 [m]
p2	: EPS-Bの重量(2×1×0.5)	0.3 [KN]	Z2	: EPS上端面からインバート上端面までの深さ (EPSブロック最小厚)	0.1 [m]
A	: 作業員の片足つま先面積	0.0072 [m ²]			
i	: 衝撃係数	0.3			
P	: 輪荷重 (24t積重ダンプ)	94.2 [KN]	θ1	: 鉄板伝達時の分散角度	0 [°]
B	: 車輪輪帯幅	0.6 [m]	θ2	: EPSの荷重分散角度	20 [°]
L	: 車輪輪帯長	0.2 [m]	α	: 敷き鉄板による荷重分散	0.42 [m]

EPS-B 敷設に必要なインバートコンクリートの強度は、作業員から伝わる支圧応力に安全率 2 を見込んで 0.29N/mm² と設定した。強度発現に必要な養生時間は坑内温度の変化で条件が変わり判断基準としては不十分であるため、養生積算温度を基に作業開始判断を行うことにした。使用する配合で弱材齢圧縮強度試験と積算温度測定を行い、その結果から相関式を求めて、強度発現に必要な積算養生温度を 162.1℃と推定した。弱材齢圧縮強度試験と積算養生温度の関係を図-2 に示す。

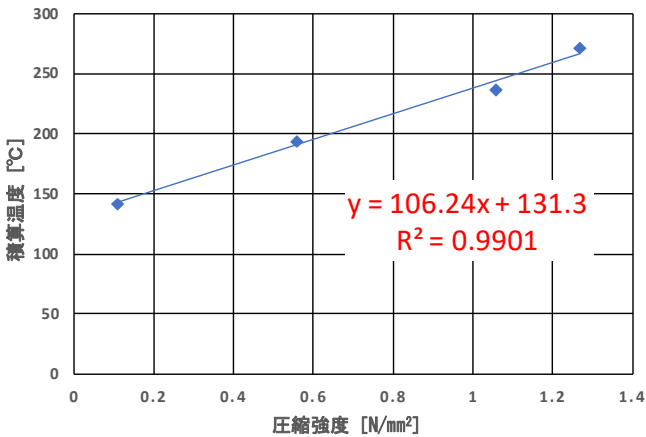


図-2 圧縮強度と積算温度の関係

4. 管理方法

インバートコンクリートの湿潤養生は、養生シートに取付けた湿潤センサーによる相対湿度の連続測定と、測定値と連動する散水ポンプが相対湿度 85%・95%で稼働・停止を繰り返すシステムを活用し、相対湿度 80% 以上で 28 日間の養生を行った。

EPS-B の敷設はコンクリートの養生温度を自動積算温度計で計測し、積算温度が 162.1℃を超えたことを確認して作業を開始した。インバートコンクリートの打設は概ね正午には完了し、翌朝の作業開始まで 16 時間以上の養生時間を確保できる見込みであった。そこで、坑内温度が 10℃を下回る期間の作業開始時における積算温度未達を防ぐため、散水用タンクの水温を 20℃以上に保つことで 10℃以上の養生温度を確保した。

5. 養生効果の確認

28 日間の湿潤養生が完了した段階で、インバートコンクリート表面の表層透気試験を行い養生効果の確認を行った。測定箇所はインバートコンクリート肩部付近で、測定回数は 5BL 毎に 2 箇所の頻度で合計 34 回行った。品質の判定は「コンクリート構造物の品質確保の手引き（案）国土交通省 東北地方整備局」で示されている表層透気係数による緻密性の判断基準（表-1）に準拠した。測定結果は平均値 0.054，最大値 0.098，最小値 0.021 といずれも判定基準の目安という「良」の範囲に収まった。

表-1 透気試験の判定基準

透気係数 kT (× 10 ⁻¹⁶ m ²)	優	良	一般	劣	極劣
	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100

6. まとめ

インバートコンクリートの材齢 28 日までの湿潤養生を実現場で実施した結果、表層透気試験の判定基準が「良」以上になることを確認した。また、施工手順を工夫することで、切羽作業に影響を及ぼすことなく 5 日に 2 打設 (4.2m/日) の日進量を確保できることを確認した。ただし、インバート工を半線施工で行う事が前提であり、移動式栈橋等を利用した全断面施工への活用には課題が残る。また、環境側面としては使用後に発泡スチロール廃材が発生するため、EPS-B の再利用等のルート拡大が望まれる。