

青函トンネル吉岡先進導坑におけるモルタル吹付け試験施工について

鉄道・運輸機構 正会員 小原 雄一
 (株)熊谷組 正会員 ○五十嵐 大希
 (株)熊谷組 正会員 稲田 正毅

1. はじめに

青函トンネルは、全長 53km850m の長大海底トンネルであり、トンネル最深部は、海面下 240m に位置するため強大な水圧を受けており、この巨大な水圧と海底からの湧水（海水）を絶えず考慮しなければならない特殊な環境下にある。特に先進導坑は青函トンネルの坑内排水処理と坑内換気の重要な役割をしている（図-1）。

近年、先進導坑では内空変位や支保工の損傷、吹付けコンクリートの剥落等坑道の変状が複数箇所確認されており、トンネル機能を維持するため、ロックボルト補強工等の対策が実施されている。

本稿では、坑道の変状対策の1つとして考えられるモルタル吹付けによる補修の試験施工について、海底下かつ狭隘な施工場所での施工方法および結果を報告する。

2. 試験箇所の状況

試験施工箇所は、吉岡先進導坑 3km170m 付近で、吹付けコンクリートの剥落が激しく、支保工の変状も起きている箇所である（写-1、-2）。また、既設の吹付けコンクリートの性状を確認するため4本のコアを採取（JIS A 1107）し、圧縮試験（JIS A 1108）、中性化深さ試験（JIS A 1152）、塩化物イオンの試験（JIS A 1154）を行った。試験結果表を以下に示す（表-1）。



図-1 青函トンネル概要と試験箇所



写-1 試験施工箇所



写-2 鋼製支保工の錆

表-1 既設吹付けコンクリートの性状

供試体番号	圧縮強度試験 (N/mm ²)	中性化深さ(mm) (5点平均値)	塩化物イオン量 (kg/m ³) (採取深さ毎)			
			0-20mm	20-40mm	40-60mm	60-80mm
No. 1	52.2	6.2	7.29	7.54	0.26	0.14
No. 2	50.7	6.5	1.34	11.85	6.66	0.44
No. 3	55.3	12.3	4.71	6.61	0.28	0.13
No. 4	51.8	13.7	5.00	2.79	0.11	0.08
平均	52.5	9.7	4.59	7.20	1.83	0.20

3. モルタル吹付け試験施工概要

吹付け試験施工は、圧縮強度試験用として 3m×3m=9m² (t=7cm, t=10cm) を 7 箇所、付着強度試験用として 2m×2m=4m² (t=2cm) を 6 箇所で行った（図-2）。吹付け材料はプレミックスモルタル（表-2）とし、連続練りができるミキサー（写-3）を使用した。最大施工能力は 1.2m³/h で、プレミックスモルタル（FCモルタル）と急結剤（液体）を併用し湿式方式

表-2 モルタル標準配合

1 m ³ 当たりの標準使用量		
FCモルタル	水	急結剤
1,660kg	332kg	57kg

キーワード 青函トンネル, 補修, 吹付け, モルタル, プレミックス

連絡先 〒060-0061 北海道札幌市中央区1南条西6丁目 北辰ビル3F (株)熊谷組北海道支店 TEL011-261-7295

で連続的に吹付けるシステム（FCライナー）を採用した。坑道内は狭隘で商用電力が使えないため、2t ダンプトラックによる車上プラントとした（図-3）。吹付け状況を写-4に示す。



図-3 施工機械配置図

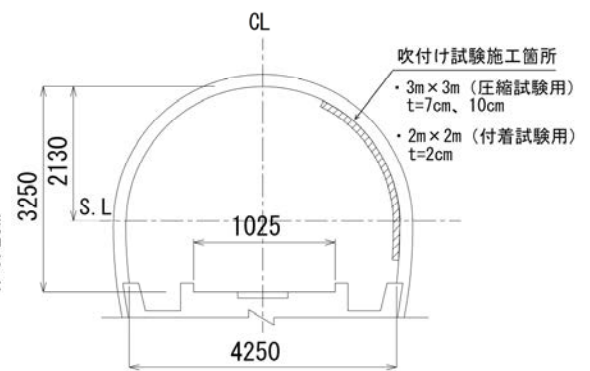


図-2 試験施工箇所位置

4. モルタル吹付け試験結果

下地処理として既設の吹付けコンクリートにひび割れ・浮き等ある場合は、はつり落とした。鋼製支保工の錆はディスクサンダー、ワイヤホイール等の電動工具と手工具の併用で、鋼材面を露出させた。また、ドライアウトが懸念されたがプライマー処理等の処理は行わず、試験結果を基に今後の検討課題とした。

■付着強度試験結果

付着強度試験は材令28日で行った。試験器具は建研式接着力試験機を用いて載荷した。表-3に付着強度（平均値）試験結果を示す。下地が吹付けコンクリートの場合データにバラツキがあるものの、概ね $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上は期待できるが、鋼材部については下地処理の方法、プライマー等の検討が必要である。

■圧縮強度試験結果

圧縮強度試験はコアを採取し材令28日で行った。コアは $\phi 50 \times 100\text{mm}$ を基本として7cm吹付けの箇所は、JIS A 1107「コンクリートからのコア採取方法及び圧縮強度試験方法」で示されているh/dに応じた補正係数を乗じた。表-4に圧縮強度（平均値）試験結果を示す。全体的に母材（既設吹付けコンクリート）と同程度の強度発現であった。また、養生別と比較しても大きな差異は見られなかった。

■粉じん濃度測定（参考）

吹付け箇所より15m, 30m, 50mの位置で粉じん濃度の測定を行った。その結果粉じん濃度は $0.17\text{mg}/\text{m}^3$ であった。またその時の坑内風速は $4\sim 6\text{m}/\text{s}$ であった。青函トンネルは吉岡側、竜飛側双方から $3,800\text{m}^3/\text{min}$ の常用換気が行われている。今回のモルタル吹付けは低粉じん、十分な換気量で希釈されたため目標値である $2\text{mg}/\text{m}^3$ の達成ができた。

5. おわりに

青函トンネル内の厳しい作業環境・施工条件の中モルタルによる吹付けの試験施工により、施工性・品質等の有効性の検証を行った。吹付け箇所には初期ひび割れが発生している箇所もあり継続的な調査が必要である。また、今回の試験施工でプレミックスモルタルの他、ポリマーセメントモルタルによる吹付けも実施しており機会があれば報告したい。本稿が同種工事の参考になれば幸いである。



写-3 連続練りミキサー



写-4 吹付け状況

表-3 付着強度

	付着強さ (N/mm^2)	
	鋼製支保工部	吹付コンクリート部
シート養生	0.64	2.05
養生剤散布	1.29	1.39
養生無対策	0.34	1.96

表-4 圧縮強度

	圧縮強度 (N/mm^2)
シート養生	51.0
養生剤散布	50.6
養生無対策	55.4