

覆工コンクリートの表面気泡面積率に関する調査

飛島建設 土木技術部 正会員 ○西原 圭美

飛島建設 土木技術部 正会員 熊谷 幸樹

飛島建設 東北支店 佐藤 滯玖

飛島建設 首都圏土木支店 西原 佳胤

1. 概要

「化粧巻き」と言われている山岳トンネルの覆工コンクリートでは、表面気泡や色むらなどが美観や仕上りの評価に影響する。評価指標のうち、表面気泡は打設時の型枠が逆勾配となるスプリングライン(以下、SL と記す)下部で発生しやすく、かつ SL 下部は歩行時に目に付きやすい位置である。表面気泡の発生メカニズムや低減方法について検討されている研究¹⁾はあるが、実際の覆工コンクリートに生じる表面気泡に関する調査や研究は少ない。そこで本稿では覆工コンクリートを施工完了した直後の山岳トンネルにおいて、覆工 SL 下部の表面気泡面積率を測定し、表面気泡面積率に影響を及ぼす要因について考察を加えたので、その概要と結果について述べる。

2. 調査方法

調査対象とした2本のトンネルの概要を表-1、覆工コンクリート配合を表-2に示す。本調査は竣工前の2本の山岳トンネルであるAトンネルとBトンネルを対象とした。Aトンネルは北海道開発局発注の道路トンネル、Bトンネルは千葉県発注の道路トンネルである。Aトンネルでは3種類の油性剥離剤(以下、油性1、油性2、油性3と記す)を5BLごとに使用し、Bトンネルでは水性剥離剤(以下、水性と記す)を15BLで使用した。表面気泡は、撮影した写真から300×300mmの範囲を二値化処理することで求め、径が1mm以上の気泡面積から表面気泡面積率を算定した。表面気泡面積率は型枠勾配の増加に伴って増加する²⁾ため、型枠勾配が10°となる下半盤から高さ0.6mの位置を撮影した。各BLの撮影箇所についてはSL下部のうち、天端吹き出し口に近い位置から①、中間を②、最も遠い位置を③とした(図-1)。

表-1 調査トンネル概要

名称	用途	覆工延長(m)	BL長(m)	仕上り断面積(m ²)	調査実施高さ/型枠勾配
Aトンネル	道路トンネル	1842.6	12.5	46.8	0.6m/11°11′
Bトンネル	道路トンネル	152	10.5	66.4	0.6m/10°14′

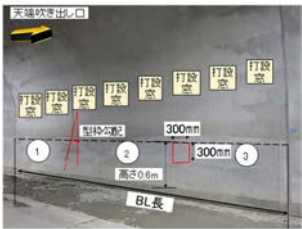


図-1 撮影箇所と型枠勾配

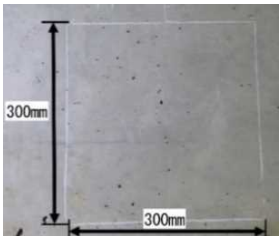


写真-1 撮影範囲

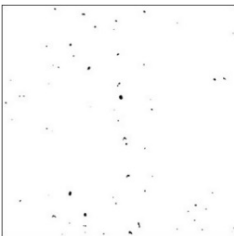


図-2 二値化処理後

3. 調査結果および考察

表面気泡面積率の平均値はAトンネルで0.73%、Bトンネルで0.25%であった。既往の研究²⁾から、鋼製型枠(750×300×300mm)の型枠勾配が15°の場合で、一般的な覆工コンクリート配合(W/C=59.0%, C=280kg/m³)の表面気泡面積率は0.45%程度であると確認されており、既往の研究と両トンネルの平均値に大差はなかった。

表-2 覆工コンクリート配合

トンネル名	配合名	対象 BL	骨材最大寸法	W/C	s/a	単位量 (kg/m ³)						非鋼繊維 (kg/m ³)	補強鉄筋の有無
						W	C	S	G	混和剤	膨張材		
A	30-15-20N(1)	1~8	20	50.9	48.6	163	320	879	959	1.44	—	—	無
	30-15-20N(2)	9~15	20	50.3	51.4	168	334	929	871	3.01	—	—	無
B	27-18-20BB(a)	1~4 12~15	20	51.7	47.7	165	299	850	969	2.07	20	—	有
	27-18-20BB(b)	5~11	20	51.7	47.6	165	319	848	969	3.51	—	0.46	無

キーワード 山岳トンネル、覆工コンクリート、表面気泡、剥離剤

連絡先 〒108-0075 東京都港区港南一丁目8番15号 Wビル 4F TEL 03-6455-8300

図-3 に剥離剤の種類ごとの表面気泡面積率の結果を示す。表面気泡面積率の平均値は、油性 1 で 0.50%，油性 2 で 0.43%，油性 3 で 1.25%，水性で 0.25%であり，油性と比較して水性の表面気泡面積率が低い結果であった。油性 3 種類より水性の表面気泡面積率が低かった理由としては，コンクリート内部に発生した気泡が水性剥離剤と接触した際に型枠表面に開口しない³⁾ため，気泡が覆工表面には見えない状態になったと考えられる。

図-4 に B トンネルにおけるコンクリート配合ごとの表面気泡面積率の結果を示す。表面気泡面積率の平均値は (a) 配合で 0.1%，(b) 配合で 0.42%であった。コンクリート配合によって表面気泡面積率に差が生じた理由として以下の 2 つが考えられる。

- ・補強鉄筋区間の (a) 配合では，既往の研究¹⁾によると，コンクリート内部に発生した気泡の一部は，内部振動機の振動がコンクリートを介して補強鉄筋にも伝わったために鉄筋の方へ移動したことから，表面気泡面積率が低くなった。
- ・非鋼繊維が使用されている (b) 配合では，アジテータ車で添加と練り混ぜ作業を行ったために空気を含みやすくなり⁴⁾，表面気泡面積率の平均値が高くなった。

図-5 に A トンネルにおける調査箇所ごとの表面気泡面積率の結果を示す。BL 両端の①，③の平均値，最小値，最大値は同程度であったが，②ではそれぞれの値が①，③の 2 倍程度となった。A トンネルの②は，コンクリート打込み口の直下に位置し，空気を巻き込みやすい施工条件であったため，表面気泡面積率が高くなったと考えられる。B トンネルにおいては①，②，③の平均値は同程度であり，A トンネルで見られた傾向はなかった。

4. まとめ

今回，2 本の山岳トンネルの覆工コンクリートの表面気泡に関する調査で以下のことが分かった。

- 1) 油性剥離剤と比較すると水性剥離剤の表面気泡が少ない。
- 2) 繊維の投入によって巻き込んだ空気が表面気泡にも影響する可能性がある。
- 3) 打設中の巻き込み空気が表面気泡に影響する可能性がある。

今回の調査では上記の 3 つの要因の影響度合いを定量的に評価することはできないため，今後は実験的研究によって表面気泡の発生メカニズムを明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 一宮ら：高流動コンクリートの表面気泡と材料分離に及ぼす微振動の影響，J.Soc.Mat.Sci., Japan, Vol.48, No.11, pp.1294-1299, 1999.
- 2) 平野ら：トンネル覆工コンクリートの側壁に生じる表面気泡量の評価に関する基礎研究，Cement Science and Concrete Technology, Vol.67, pp.252-258, 2013.
- 3) 一宮ら：粉体系高流動コンクリートの表面気泡に及ぼす型枠の濡れと傾斜角度の影響，土木学会論文集 No.704, V-55, pp.143-150, 2002.
- 4) 鏑木ら：鋼繊維補強コンクリートにおける品質管理および基準試験に関する一考察，土木学会第 58 回年次学術講演会，V-561, pp.1119-1120, 2003.

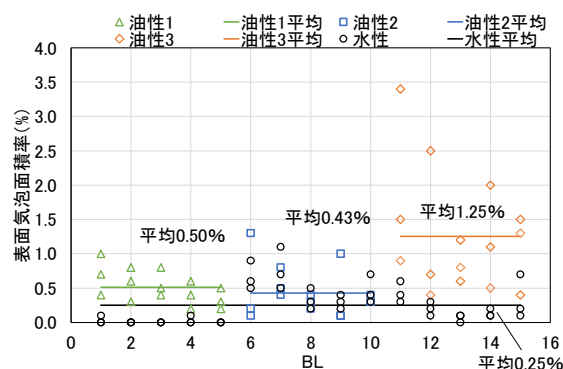


図-3 剥離剤の種類ごとの表面気泡面積率

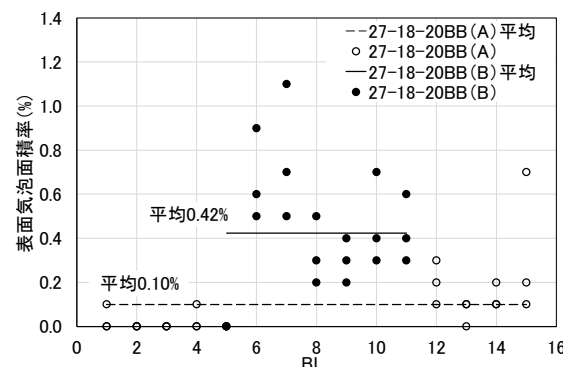


図-4 B トンネルのコンクリート配合ごとの表面気泡面積率

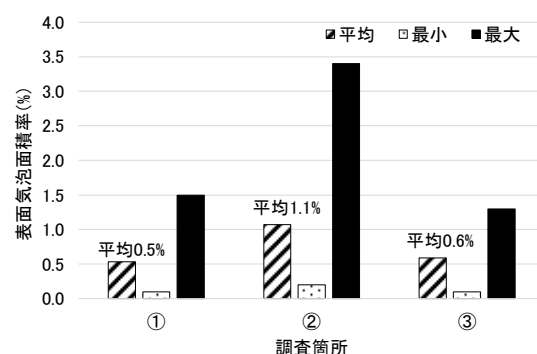


図-5 A トンネルにおける調査箇所ごとの表面気泡面積率