

## 21. エアフレームを使用した覆工コンクリート養生システム

東急建設株式会社

○ 大峰 秀之  
満尾 淳  
寺山 拓也

### 1. はじめに

近年山岳トンネル工事においては、覆工コンクリートの品質確保が大きな命題となっており、多くの振動・締固めシステムや養生システムが各社で開発され実用化されている。

養生システムに関しては、種々の方法が提案されているが、その多くは大規模な鋼材フレームを用いるものであり、組立、移動、解体などにおいて多大な労力を要する。そこで当社はカンボウプラス株式会社と共同で、エア注入式のフレームを用いた養生システムを開発し、山岳トンネル工事に適用した（写真1）。フレームをエア注入式にすることにより軽量化が図れ、組立、移動、解体が容易にかつ安全に行うことが可能となった。本報では、そのシステム概要と適用結果を報告する。



写真-1 装置全景

### 2. システム概要

本養生システムは、主チューブ、副チューブと養生シートで構成される。移動台車に主チューブの脚部を固定した後に、ブロー設備により空気を注入することによってフレームが自立する。その後散水設備を取り付けることにより覆工コンクリート、チューブ、シートで覆われた密閉空間を湿

潤状態とすることが可能となる。

また、本システムの特徴として、主チューブには伸縮機構が装備されており、二車線道路の多彩なトンネル断面にも対応可能となっている。

図-1 にシステム構成図を、表-1 に使用機器を示す。

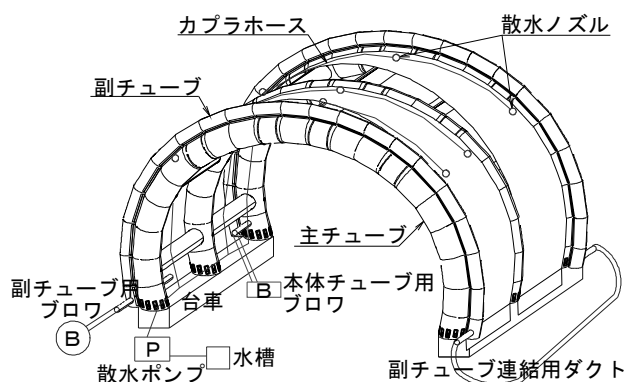


図-1 システム構成図

表-1 使用機器一覧（1スパン当り）

名称	仕様	数量
台車設備	養生システム移動用	2台
エアフレーム	—	1式
ブロー	主チューブ用 1.5kw	1台
ブロー	副チューブ用 0.4kw	1台
ミストポンプ	200V 3.7kw	1台
散水ノズル	最小通路径：0.15 mm	9個
ホース	1/4、3/8	1式
接続プラグ等	1/4、3/8	1式

### 3. 現場導入

鹿児島県内の山岳トンネル現場へ本養生システムの試験導入を実施し、組立～解体の作業性と、覆工コンクリートの養生効果を確認した。

### 3.1 装置組立

本養生システムの部材質量はエアフレーム本体で、1 スパンあたり約 300kg である。その他の部材、資機材は軽量であり、組立時には移動式クレーン等は必要なく、ほぼ人力での作業が可能である。組立順序は図-2 に示す。

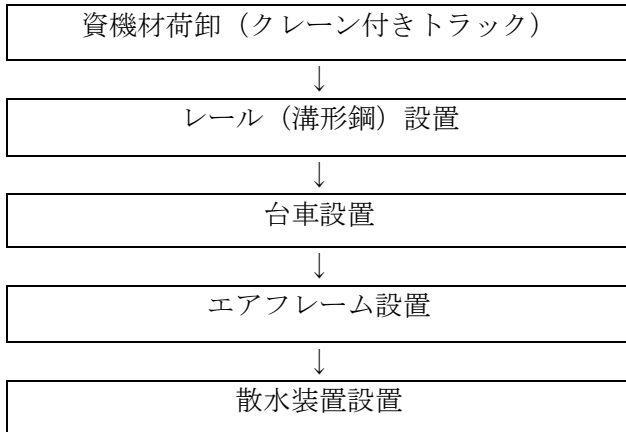


図-2 組立順序図

従来の養生システムは装置の組立に移動式クレーンを常時必要とし、1 スパンの組立に約 1 日、作業員 6~7 名程度必要であるが、本養生システムでは 5 名程度の作業員にて約 3 時間で組立が可能である。また、解体、搬出も容易である。養生終了後エアフレームの空気を抜き、搬出するまで約 2 時間 30 分と非常に短時間に作業を終えることが可能である。

また、エアフレームは空気を注入すると自立するので、組立、解体作業は散水ノズル、ホースの設置以外は高所作業車を使用せず、地上での作業となるので安全性も向上した。写真 2~6 にエアフレーム設置状況を示す。



写真-2 レール・台車設置



写真-3 エアフレーム敷き広げ



写真-4 空気注入状況



写真-5 ノズル・ホース設置状況



写真-6 設置完了

### 3.2 実験結果

#### (1) 保湿効果の確認

覆工コンクリートの養生期間は7日とし、1日2回、各2時間程度の散水を実施した。エアフレーム内に温・湿度計を設置し、本装置の密閉性・保湿性の確認を実施した。養生期間中の温度は大きな変化はなく、湿度は常に80%以上が確保されていることが確認できた。

#### (2) トレント（透気性）試験結果

養生効果の検証を目的としてコンクリートの表面透気係数  $KT$  値の測定を行った。本試験方法は日本コンクリート工学会、品質試験方法と実施工時諸特性との相関性評価研究委員会「施工の確実性を判定するためのコンクリートの試験方法とその適用性に関する研究報告書」<sup>1)</sup> で実施された共通試験で取り上げられている試験方法である。表面透気係数  $KT$  値の測定は、Torrent 法<sup>2)</sup> に基づく二重チャンバー方式の透気性試験機を用いた。測定では内部セル内を真空ポンプにより減圧し、減圧を停止してからの復圧を時間変化として計測し、その測定結果から表面透気係数  $KT$  値を求めるものである。図-3に示すように、二重チャンバー方式である本試験方法は、内部セルと外部セル内の圧力を平衡させて透気性を評価するため、シングルチャンバー法で問題となる極表層のスキンといわれる脆弱層の影響を排除でき、表面から数センチの透気性を評価できるものである。写真7に試験状況を示す。

表面透気性試験を実施する箇所では、試験前に覆工コンクリートの表面含水率を測定した。測定には Kett 社製コンクリート・モルタル水分計 HI-500 を使用した。

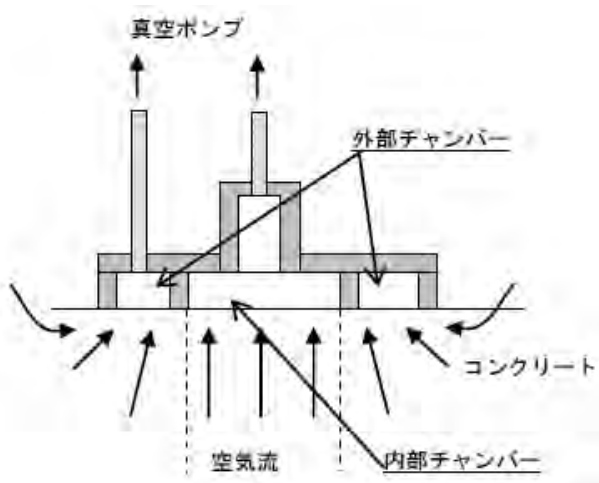


図-3 透気性試験概念図

測定位置は図-4、図-5に示す。106BL～108BLのS.L.付近で5箇所、肩付近で3箇所測定を行った。



写真-7 透気性試験状況

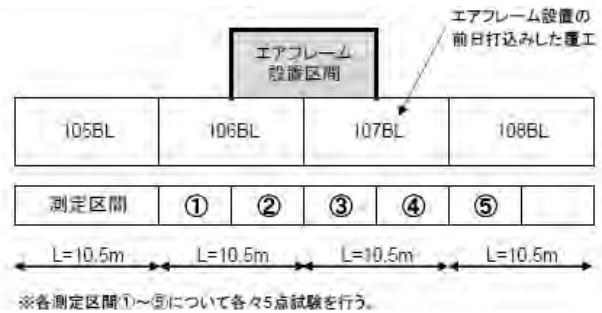


図-4 測定位置平面図

- ①～⑤断面 ⇒ S.L.(スプリングライン)付近、地盤から1.8m程度
- ①、③、⑤断面 ⇒ 肩(トンネル中心から3m)付近、地盤から5.5m程度
- ③断面のミスト発生位置

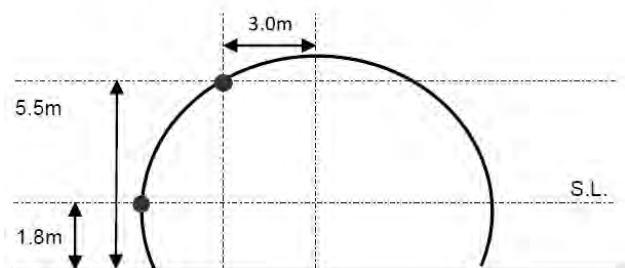


図-5 測定位置断面図

試験結果を表-2に示す。中性化速度係数は、既往の研究<sup>3)</sup>およびコンクリート標準示方書<sup>4)</sup>より算出した。

表面含水率は、養生をしていない区間と比較して、エアフレームを設置した区間の方が高い結果となった。また、S.L.付近と肩付近では、S.L.付近の方が高い結果となった。これは肩付近の方が、風が吹抜けやすく、コンクリート表面から水分が蒸発しやすかった可能性が考えられる。

表面透気係数 KT 値は、エアフレームを設置した区間の③107BL-S.L.付近が最も小さく、養生をしていない区間の⑤108BL-S.L.付近で最大となった。肩付近と比較して、S.L.付近の表面透気係数 KT 値のバラつきが大きいのは、コンクリート表面に表面気泡が多く発生していることが影響していると考えられる。

既往の研究<sup>3)</sup>を参考にして算出した中性化速度係数は、配合や環境条件を考慮したコンクリート標準示方書<sup>4)</sup>から求まる中性化速度係数よりも全体的に小さくなる傾向を示した。なかでも、エアフレームを設置した区間の方が小さくなることが確認された。

## 5. おわりに

エアフレームを用いた養生システムの効果を、コンクリートの表面透気係数KT値を測定することにより確認した。その結果、養生をしていない区間よりも表面透気係数KT値が小さくなることが確認できた。これは本養生システムの効果により覆工コンクリート表面部が緻密になったものと考え

られる。

今後、本養生システムを自社工事に対して本格的な適用拡大を図っていく予定である。

## 参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：品質試験方法と実施工時諸特性との相関性評価研究委員会「施工の確実性を判定するためのコンクリート試験方法とその適用性に関する研究報告書」, 2009.7
- 2) Torrent R.and Frenzer,G.:A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of the covercrete,International Symposium Non-destructive Ttesting in Civil Engineering,p985,Sept.1995
- 3) 小野聖久、上東泰：非破壊試験による充実性評価とコンクリートの耐久性に関する考察、土木学会第60回年次学術講演会、5-259、2005.9
- 4) 土木学会：2012年度制定コンクリート標準示方書【設計編】、p.147、2012.12

表-2 試験結果一覧

測定区間	測定位置	養生条件	表面含水率 (%)	表面透気係数 KT 値 ( $\times 10^{-16}m^2$ )	中性化速度係数 (mm/ $\sqrt{\text{年}}$ )	
					既往の研究 <sup>3)</sup> から算出した値	コンクリート標準示方書 <sup>4)</sup>
①106BL	S.L. 付近	なし	6.0	5.41	2.83	4.04
	肩付近		6.0	7.01		
②106BL	S.L. 付近	エアフレーム	7.5	4.60	2.75	
③107BL	S.L. 付近		6.8	3.73	2.66	
	肩付近		6.3	5.49	2.83	
④107BL	S.L. 付近		5.6	9.40	3.08	
⑤108BL	S.L. 付近	なし	5.7	11.77	3.18	
	肩付近		5.6	8.53	3.03	