

覆工・坑門工コンクリートの高品質・高耐久化、合理化施工への取り組み

鹿児島県南薩地域振興局 福重博之 井料大作
 (株)フジタ 正会員 ○都昌平 三河内永康 藤倉裕介

1. はじめに

トンネルにおける覆工・坑門工のコンクリートは最終構造物であり、近年、これらの高品質と高耐久性が求められている。一方、コンクリート打込み時は、狹隘な空間での締固め等、作業員の長時間の苦渋作業となっており、施工の合理化がこれからは必要である。ここでは、丸木崎トンネル（鹿児島県発注）において、坑門工に中流動膨張コンクリートを、覆工に中流動コンクリートを採用するとともに、多機能セントルシステム、養生管理システムを試験的に導入した結果を報告するものである。

2. コンクリート

試験施工は、両坑門工及び終点側坑口付近の覆工4スパンで実施した。このうち、本トンネルは海から風が吹き上げてくる地点に位置していることから、両坑門工に膨張コンクリートを採用するとともに、終点側坑口上部には現国道が位置（土被り1.5D以下）していることから、終点側坑門工及び有筋（補強鉄筋）区間の覆工に中流動コンクリートを適用した（図-1参照）。

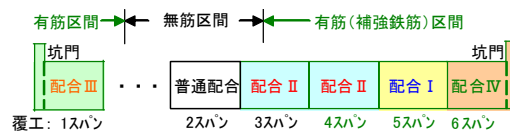


図-1 試験施工のスパンと配合の種類

コンクリートの配合については、NEXCO 試験方法¹⁾を参照し、生コンプラントで増粘剤と高性能AE減水剤を混入して中流動コンクリートを製造するケース（以下、配合Ⅰ）と、生コンプラントで増粘成分を含んだ高性能減水剤（一液タイプ）を添加して中流動コンクリートを製造するケース（以下、配合Ⅱ）を使用した。なお、普通コンクリート（以下、普通配合）の1スパンを比較対象とした。また、坑門工は普通コンクリートを基本に膨張材を添加したケース（以下、配合Ⅲ）と、配合Ⅰを基本に膨張材を添加したケース（以下、配合Ⅳ）を用いた。表-1に各コンクリートの配合表を示す。

表-1 コンクリートの配合表

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								
			水 (W)	セメント (C)	細骨材 (S)	粗骨材 (G)	膨張材	混和剤			
								①	②	③	④
普通 21-15-40BB	57.2	39.7	170	297	710	1089	-	3.52 C×1.2%	-	-	-
配合Ⅰ 21-45-20BB	55.0	51.0	175	318	895	871	-	-	-	3.975 C×1.25%	0.05 C×0.016%
配合Ⅱ 21-45-20BB	55.0	51.0	175	318	895	871	-	-	3.975 C×1.25%	-	-
配合Ⅲ 24-15-20BB	52.8	46.7	172	326	793	957	20	1.967 C×0.6%	-	-	-
配合Ⅳ 24-45-20BB	52.8	51.0	175	331	872	865	20	-	-	3.806 C×1.15%	0.05 C×0.015%
※混和剤①：高性能AE減水剤(チューホール HP-8)							混和剤②：高性能AE減水剤(グレニウム 6500)				
混和剤③：高性能AE減水剤(レオバルド SP8SV)							混和剤④：増粘剤(SFCA 2000)				

※混和剤①：高性能AE減水剤（フェノール HP-8）
 混和剤③：高性能AE減水剤（レオビルド SP8SV）

混和剤②：高性能AE減水剤（クレナム 6500）
 混和剤④：増粘剤（SFCA 2000）

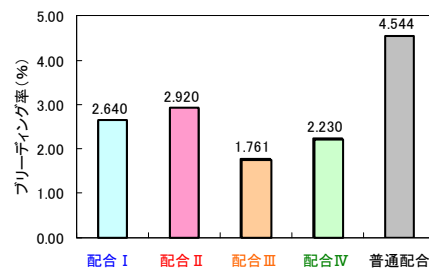


図-2 ブリーディング率

また、図-3に膨張コンクリートの簡易膨張試験の結果を示すが、膨張材を添加した両坑門工コンクリートは、材齢2日以内に 200×10^{-6} 以上の膨張ひずみが導入され、特に、中流動配合の場合は約 350×10^{-6} まで上昇し、ひび割れ抵抗性が大幅に向上することが分かった。

3. 多機能セントルシステム

多機能セントルシステムは、補強鉄筋の主筋（円周方向）に打設管理システムを設置するとともに、FRP製セントルに多点式温度計測システムを装備した。打設管理システムは、脚部から天端部のコンクリ

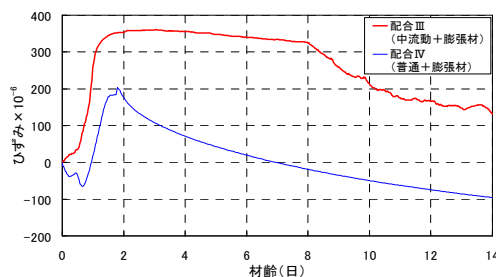


図-3 簡易膨張試験の結果

キーワード トンネル、覆工コンクリート、坑門、中流動、膨張材、養生
 連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 TEL 03-3796-2298

ート打設状況を実線でモニタリングし、打継時間、打設速度等の管理を行うものである。多点式温度計測システムは、1線多点式(1m毎に10点計測、延長10m)の無線温度センサーであり、脚部から天端部までの温度をモニタリングし、脱型時の強度管理や養生管理を行うものである。多機能セントルの概念図を図-4に示す。

打設管理システムを用いたコンクリート打ち上がり高さの位置を図-5に示す。アーチ部では打ち上がり高さが、天端部ではラップ側から妻側への打ち込まれた長さがきれいに描かれ、リアルタイムに打ち上がり位置等を把握できることが分かり、覆工側壁において左右均等の打設速度で施工管理を行った。

また、多点式温度測定システムによる覆工表面の脚部から天端の温度を常時モニタリングした、各位置での温度分布と坑内温度の関係を図-6に示す。ここに、金曜日PMからはジェットヒーターによる給熱養生を実施し、それ以降の土曜日PMから月曜日AMまでは特別な養生をしていない。この結果より、天端部や肩部の温度がS.L.付近の温度よりも高くなっていることが分かる。また、覆工表面温度が坑内温度よりも高くなっており(天端部で約3.5℃)、FRP製セントルの特長である優れた断熱性能(=保温性能)が確認できた。

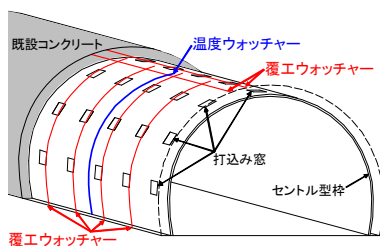


図-4 多機能セントル概念図

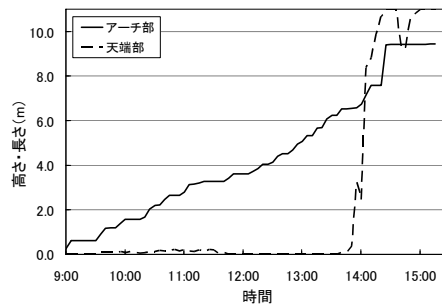


図-5 打ち上がり高さ(覆工ウォッチャー)

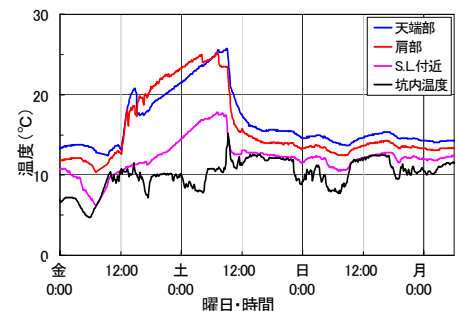


図-6 覆工と坑内温度(温度ウォッチャー)

4. 養生管理システム

養生管理システムは、温・湿度計と散水装置がセットになった自動管理システムであり、脱型後のコンクリートの養生管理を行った。システムの概念図を図-7に示す。覆工コンクリート表面の温度・湿度を1スパン毎に常時測定し、リアルタイムな無線中継によりパソコンでモニタリングする。湿度が低下する(60%以下)等の異状が発生した場合には、回転灯を点灯させて警報を発し(写真-1:制御システム)、ミスト噴霧による湿潤養生を実施することとした。

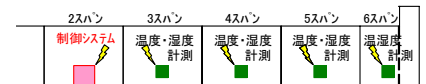


図-7 養生管理システム概念図

実施工では、一定間隔(30分毎)によるミスト噴霧(5分間)を実施した(写真-2)。

覆工表面の温度・湿度を制御システムにより常時計測し、湿度低下(60%以下)がなかったため異状発生時の警報が発することはなかった(図-8)。この結果より、コンクリート表面の湿度を一定状態に保持することができ、高炉セメント(潜在水硬性を有する)を使用したコンクリートの強度発現等に必要の湿潤養生が実施できたと考える。



写真-1 制御システム



写真-2 養生管理システム

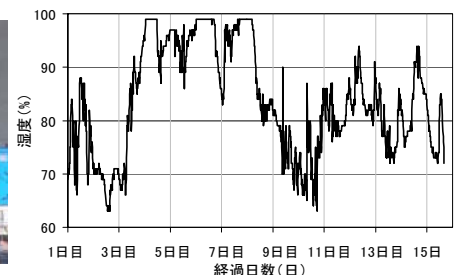


図-8 覆工表面の湿度状況

5. まとめ

今回、トンネルの高品質化・高耐久性化を目指して、坑門工に中流動膨張コンクリート、覆工に中流動コンクリートを採用したことで、普通配合のコンクリートと比べて、品質・耐久性が向上することを確認した。また、合理化施工を目指して多機能セントル及び養生管理の両システムを試験的に導入したことで、打ち込み時と養生時の省力化につながるだけでなく、品質管理のプロセスをデータベース化し、次施工へフィードバックすることが可能となった。

参考文献

- 1) 株式会社高速道路総合技術研究所：NEXCO中流動覆工コンクリート技術のまとめ，平成23年12月