散水システムを利用した覆工コンクリートの湿潤養生方法に関する検討(その１)
―システム概要および運転時の概要―

佐藤工業（株）　正会員　○乾川　尚隆[*1]
佐藤工業（株）　平山　保彦[*1]
佐藤工業（株）　森　安弘[*1]
佐藤工業（株）　正会員　歌川　紀之[*2]

１．はじめに

これまで，山岳トンネルの覆工コンクリートでは，トンネル内が常に湿潤状態であるため，一般に打設後 18 時間程度で脱型し気中養生が実施されてきた．しかしながら，気中養生のみではコンクリート表面を湿潤状態に保つことが困難であり，乾燥収縮によるひび割れが発生しやすいなど，覆工コンクリートの耐久性の観点で課題があった[1)]．したがって，近年は覆工コンクリートの品質確保を目的に，脱型後にバルーン養生台車などを用いて温度および湿度を高く保つ養生方法が採用されるようになった．

本報告では，散水システムを利用した覆工コンクリートの湿潤養生に着目し，以下に示す３種類の養生条件でいくつかのスパンを施工し、養生環境の測定とひび割れ抑制効果を検証した結果について述べる．①気中養生：打設後 18～42 時間程度で脱型し，気中養生をする．
②バルーン養生：移動式型枠(以下，セントル)にシートとエアーフェンスを設置した型枠養生台車，シートとエアーフェンスで覆った養生台車(L=10.5m)を 2 台連結して養生し，１週間経過後，気中養生をする．
③湿潤養生：②の養生台車に温水製造装置と散水装置を装備し，散水を実施する．

２．覆工コンクリートの打設概要

覆工コンクリートは坑口部から 200m は RC 覆工コンクリートであり，この区間で，検証を実施した．　スパン長は 10.5m である．セントル移動→セントル設置→裾型枠設置→打設の順で行った．打設サイクルは 3-4 日である．セントル移動に伴い，後方の 2 台の養生台車も移動した．

３．養生条件

表１に 3 パターンの養生方法と実施区間を示す．②バルーン養生および③湿潤養生の養生期間は型枠養生 1，2 日，バルーン養生および湿潤養生 6，5 日，合計 7 日の養生とした．各養生期間に幅があるのは，打設間隔の影響によるものである．湿潤養生期間中は水温 40℃の温水を散水した．温水を用いた理由は，散水に利用する河川水の水温は，5～15℃と低く，水温が低い時期には，直接散水することで，内部拘束応力に

表１　養生条件の違い

養生方法	実施区間	概要
①気中養生	2～3スパン	打設後18～42時間程度で脱型
②バルーン養生	4～6スパン	型枠養生1，2日+バルーン養生6，5日
③湿潤養生	7～10スパン	型枠養生1，2日+湿潤養生6，5日

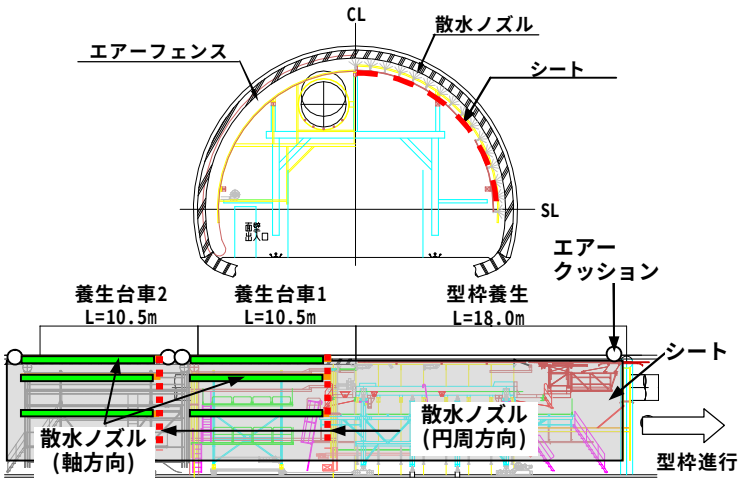

図１　湿潤養生の概要図

キーワード　トンネル，覆工コンクリート，養生，ひび割れ，乾燥収縮
連絡先　*1　〒930-8515 富山県富山市桜木町 1-11　TEL：076-431-0361　FAX：076-442-7076
*2　〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10　TEL：046-270-3091　FAX：046-270-3093

写真１　養生状況

写真２　散水状況

よるひび割れが発生しやすくなる．そこで，このようなひび割れ発生の防止，さらに若材齢時の強度発現の促進のため温水を散水した．

散水は広範囲のコンクリート表面を湿潤にできるよう霧状に散水できるノズルを用いた．一養生台車当り覆工コンクリートに対して円周方向に 1 系統(ノズル 20 個)と軸方向に５系統(ノズル 35 個)を設置した．円周方向の散水ノズルは養生台車移動中に，軸方向の散水ノズルは養生中に用いた．**図１**に湿潤養生の概要図を示す．**写真１**および**写真２**に養生状況と散水状況を示す．また，散水時や養生台車移動時の養生環境を把握し，養生環境を最適にコントロールするために，セントルと養生台車に計器を取付け，温度，湿度をリアルタイムに測定した．**図２**に湿潤養生環境の変化の一例を示す．

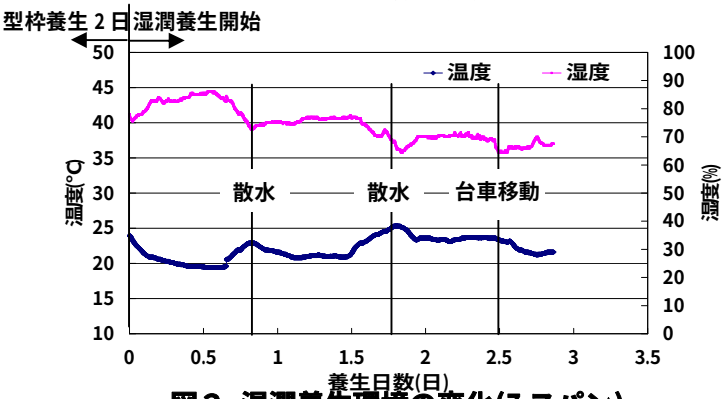

図２　湿潤養生環境の変化(7 スパン)

４．湿潤養生効果とひび割れ調査の結果

打設後１週間の養生環境を測定した結果，①気中養生では平均温度 20℃，平均湿度 71%，②バルーン養生では平均温度 20℃，平均湿度 64%，③湿潤養生では平均温度 22℃，平均湿度 74%となり，湿潤養生が温度，湿度ともに高い値を示した．なお，気中養生の湿度がバルーン養生に比較して高いのは，気中養生区間が坑口部に近く，坑外環境の影響を受けたためと考えられる．

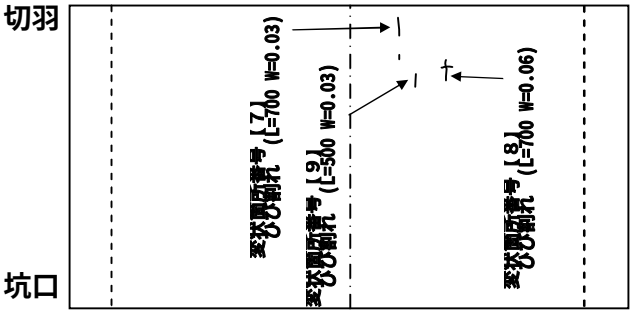

図３　ひび割れ展開図の一例(湿潤養生 9 スパン)

表３　ひび割れ調査の結果

養生方法	平均ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ長さ (m/スパン)
気中養生	0.09	2.3
バルーン養生	0.03	3.2
湿潤養生	0.04	0.6

2～10 スパン(坑口部から 7.0m～100m 間)をひび割れ調査対象区間とした．調査時の材齢は 39～101 日である．**図３**にひび割れ展開図の一例を示す．**表３**にひび割れ調査結果をまとめたものを示す．ひび割れ長さは，気中養生，バルーン養生区間に比較し湿潤養生区間では短くなり，短期的には湿潤養生の効果がみられた．ただし，湿潤養生による長期的な乾燥収縮ひび割れの低減効果を確認するためには，今後，打設するスパンを含めて長期的な調査が必要となる．

参考文献

1)　土木学会：トンネルコンクリート施工指針（案），コンクリートライブラリー102，2000.7