積算温度管理による脱型時期判定（T-JUDG）システムの導入

佐藤工業（株）　正会員　○宇野洋志城[*1]
佐藤工業（株）　正会員　京免　継彦[*2]
佐藤工業（株）　正会員　上村　佑介[*2]
中国地方整備局広島国道事務所　藤原　康史[*3]

１．はじめに

覆工コンクリートの脱型時期の判定は，コンクリート打込み終了からの経過材齢を基準に管理する場合が多く，コンクリートの圧縮強度の確認は毎回実施されていない．仮に実施した場合でも，現場養生した管理供試体による間接的な圧縮強度の確認であり，覆工コンクリートの圧縮強度を直接的に測定したものではない．

これまで筆者らは，覆工コンクリートの脱型強度を現位置で直接的に測定あるいは推定する方法の提案を目指した検討を実施し[1),2)]，積算温度管理による覆工コンクリートの脱型時期判定（T-JUDG : Tunnel-JUDGement of removal time on site）システムを確立した[3)]．

本報告は，東広島・呉道路岩山トンネル工事において導入中の T-JUDG システムについて現時点までの結果をまとめ，考察するものである．

２．脱型時期判定システムの概要

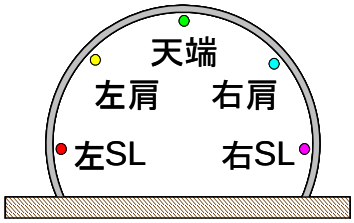
２．１　導入したシステムの特徴

今回導入した T-JUDG システムは，あらかじめ打込みコンクリートの初期温度と空気量および積算温度をパラメータとする圧縮強度推定式を求めておき，組み込んだものである．

本システムの利点は，これまでのように間接的な打設毎の材齢による管理あるいは供試体強度による管理によらず，安心，安全に脱型することが可能となるだけではない．

積算温度は同一断面内で高さを変えて複数個所で測定することから，個所別に強度発現状況と脱型強度に達するまでに必要な積算温度をモニタリングでき，必要に応じて養生温度を変化させることで脱型時期を調整することが可能となる．さらに，本システムは通常の型枠に温度センサーである熱電対と積算温度計算ユニットを後から取り付けるだけで済み，改造は不要である．

養生温度の測定個所は，縦断方向では脱型時に最も若材齢となる妻型枠付近とし，横断方向では位置による養生温度の違いを把握するためにスプリングライン，肩部，天端の高さとした．水和発熱によりセントル内部温度が上昇し，天端部とスプリングライン周辺部とでは養生温度の差は大きいことが予想されるためである．同一断面での温度測定位置を**図－１**に示す．



図－１　温度測定個所

２．２　積算温度と圧縮強度との関係

覆工コンクリートに使用した配合例を**表－１**に示す．試験練りを実施する際，練り上がり目標温度を 3 水準（冬用配合では 10℃，標準配合では 20℃，夏用配合では 30℃）に設定し，混和剤添加率をそれぞれ単位セメント量の 0.6%，0.7%，0.85%と

表－１　配合例（標準配合）

Gmax (mm)	空気量 (%)	スランプ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量（kg/m³）				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
40	4.5	15	52.0	44.9	164	315	801	1004	2.21

セメント：高炉セメント B 種，密度 3.04g/cm³
細骨材　：東広島市黒瀬町小多田産砕砂と津久見市戸高産砕砂の混合砂，表乾密度 2.60g/cm³
粗骨材　：呉市広町鍬畝取迫産砕石，表乾密度 2.65g/cm³
混和剤　：高性能 AE 減水剤，主成分はポリカルボン酸系化合物
（冬用配合 C×0.6%，標準配合 C×0.7%，夏用配合 C×0.85%）

キーワード　積算温度，脱型，トンネル，覆工コンクリート，圧縮強度
連絡先　*1 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10　TEL：046-270-3091　FAX：046-270-3093
*2 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-19　TEL：03-3661-4794　FAX：03-3668-9484
*3 〒734-0022 広島県広島市南区東雲 2-13-28　TEL：082-281-4176　FAX：082-286-7900

した．**表－１**配合の若材齢における積算温度と圧縮強度との関係を**図－２**に示す．

現場では，このデータをもとに，①打込みコンクリートの初期温度，②空気量，③積算温度をパラメータとする圧縮強度推定式を組み込んだ T-JUDG システムを導入した．

３．結果および考察

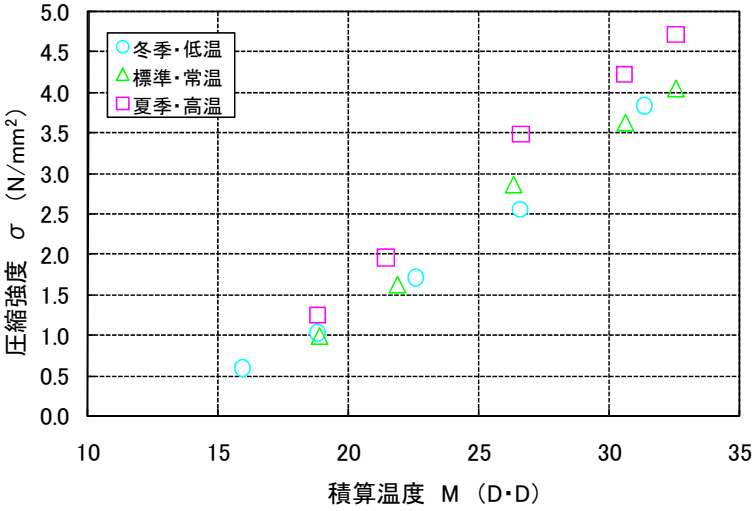
覆工コンクリート区間（1170.8m）に対して 77BL に T-JUDG システムを導入した結果を以下に示す（平成 23 年 3 月現在施工中）．

当現場では覆工コンクリートの脱型目標強度を 3N/mm^2 と設定しており，全 77BL において裾部の覆工コンクリート圧縮強度推定値が 3N/mm^2 を超えるまで打込み終了からの平均経過材齢は 15 時間 50 分程度であった．そのうち，No.8BL（7/23 施工）では打込み終了時点から養生温度が高く（35℃以上），13 時間以内で 3N/mm^2 に達した（**図－３**）．一方，No.50BL（11/19 施工）では気温が低くなりかけた時期にあたり， 3N/mm^2 を超えて脱型するまでに 19 時間を必要とした（**図－４**）．

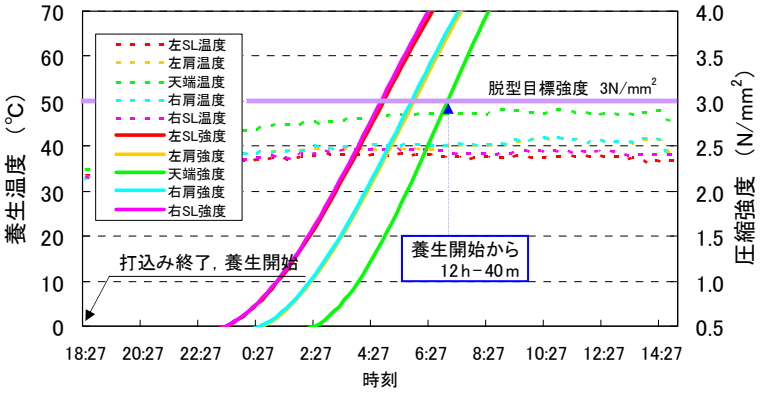
冬季にはシート養生や温風ヒーターなどの導入により養生温度を保持するように管理した結果，一概に養生時間が突出することはなかったが，No.50BL のように養生温度が予想していたほど上がらなかった場合でも脱型目標強度が発現するまで待ち，安全と品質を確保できたのは，本システムを導入した効果の表れと考えられる．

４．おわりに

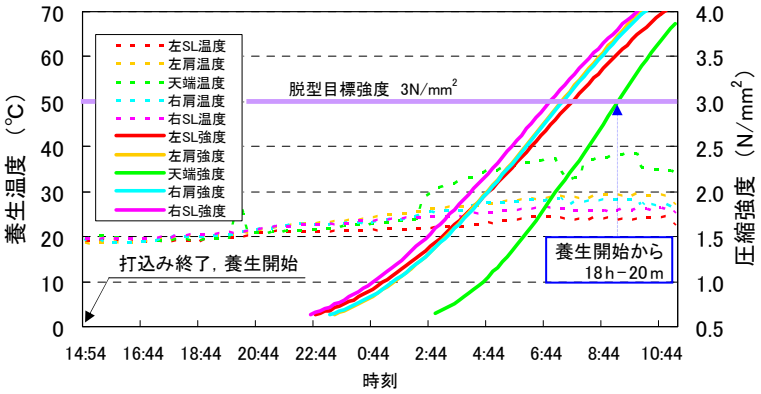
本工事は平成 23 年 10 月 31 日までの工期であり，覆工コンクリート打設終了予定は同年 6 月である．現在，実績データは追加蓄積中であり，本システムの推定精度に関する知見などに関しては別途報告する予定である．



図－２　積算温度と圧縮強度との関係



図－３　養生開始からの強度発現（8BL：7/23 施工）



図－４　養生開始からの強度発現（50BL：11/19 施工）

参考文献

1) 小泉直人，桑原嗣，宇野洋志城，歌川紀之：二次覆工コンクリートの脱型時強度判定方法に関する検討，土木学会年第 64 回次学術講演会，VI-281，pp.561-562，2009.9

2) 京免継彦，宇野洋志城，桑原嗣，乾川尚隆：脱型時期判定を目的とした積算温度管理に関する一考察，土木学会年第 65 回次学術講演会，VI-013，pp.25-26，2010.9

3) 京免継彦，宇野洋志城，草信元春，藤原康史：積算温度管理による脱型時期判定システムの提案，土木学会年第 66 回次学術講演会，VI部門投稿中，2011.9