積算温度管理による脱型時期判定（T-JUDG）システムの提案

佐藤工業（株） 正会員 ○京免 継彦[*1]
佐藤工業（株） 正会員 宇野洋志城[*2]
佐藤工業（株） 草信 元春[*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

山岳トンネルの覆工コンクリートの脱型は，コンクリート打込み後 12~20 時間程度で行われている例が多い．また，脱型時におけるコンクリートの圧縮強度は 2～3N/mm^2 程度を目安にしている場合が多い [1)]．

一般的なトンネル現場では，1 サイクル 2 日の工程で脱型～セントル移動～セット～打込み作業が繰り返されるパターンが採用されている．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．仮に実施しても，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てはいない．そのため，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，これまで検討を行ってきた [2),3)]．

本報告は，東広島・呉道路岩山トンネル工事において提案した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（ティ ジャッジ）：Tunnel-JUDGement of removal time on site）システムについて述べるものである．

２．覆工コンクリートの脱型に関する現状

２．１　脱型時期判定の問題点

これまでに行われた覆工コンクリートの脱型時期判定は，ほとんどが間接的な管理方法（材齢による管理あるいは供試体による管理）によるものである．これらには幾つかの問題点があり，たとえば材齢による管理では覆工コンクリートの養生条件の変動を加味することは難しい．一方，供試体強度による管理では存置場所の影響が大きく，打込み毎に圧縮強度試験の実施が必要不可欠である．

また，トンネル内であっても必ずしも温度は一様でない．上下方向に温度分布が存在するだけでなく，坑口付近では屋外の気温の影響を，換気用の風管周りでは通気の影響を受ける．

つまり，脱型時期判定の目安となる覆工コンクリートの圧縮強度に影響を及ぼす要因は材齢以外にも多く存在し，材齢による管理あるいは供試体による管理だけでは不十分であり，これまでの脱型時期判定には改善の余地が認められる．

品質面だけでなく安全面からも，適切な脱型時期の判定は必要である．

２．２　覆工コンクリート周辺の温度

覆工コンクリートのスプリングライン部分と天端部分を比べると，上下の位置関係から打込み完了時期は前者の方が早く，暖気が上昇することから養生温度は後者の方が高い．

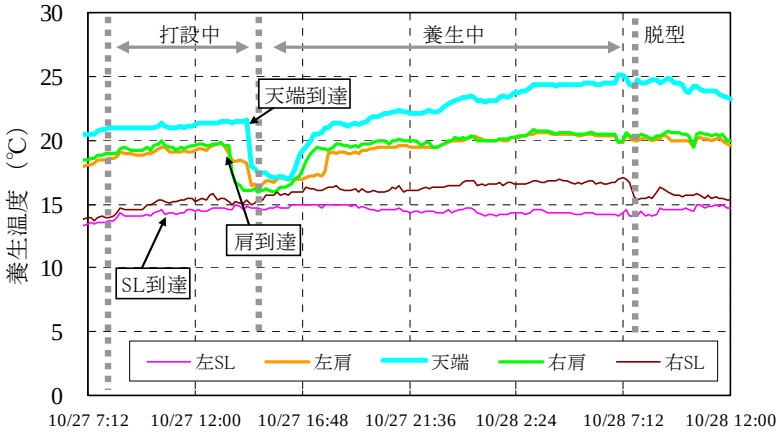
図－１　温度測定個所

その結果，打込み終了後からしばらくの間スプリングライン部分の強度発現が先行するが，徐々に材齢が進むにつれて天端部分の強度が増進し，ある時点で逆転する可能性がある．覆工コンクリートの同一断面でも材齢と部位（高さの差）によって強度発現状況は異なることが予想されたので，実際の覆工コンクリートを対象に養生温度を測定した位置と結果を**図－１**，**図－２**に示す．

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 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-19　TEL：03-3661-4794　FAX：03-3668-9484
*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
*3 〒734-0022 広島県広島市南区東雲 2-13-28　TEL：082-281-4176　FAX：082-286-7900

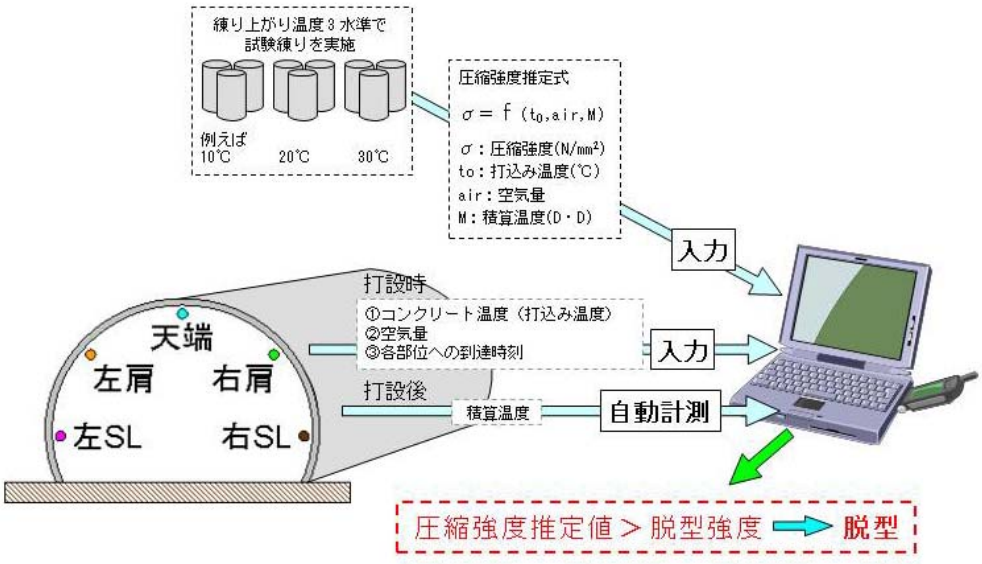
３．積算温度管理によるシステムの概念

コンクリートの強度発現は水和反応によるものであり，養生温度と養生時間の積で表される積算温度と圧縮強度は強い相関関係にあるという基本性質が広く知られている．材料および配合が同じであれば，積算温度と圧縮強度との関係は一定と考えてよい．



図－２　養生温度の経時変化

しかしながら，通年施工を想定した場合，季節によっては夏用配合あるいは冬用配合と称して混和剤の添加量を微調整し，結果的に初期強度発現の材齢に差が生じる場合が考えられる．そのため，試験練りでは練り上がり温度（打込みコンクリートの初期温度）を変えたコンクリートを用意することによって，夏季と冬季の区別なく練り上がり温度別の推定式を求める．さらに，W/C が一定のとき，空気量 1%の増加によって強度は 4～6%減少する[4]ことも考慮する必要がある．積算温度管理による脱型時期判定（T-JUDG）システムの概念を**図－３**に示す．



図－３　脱型時期判定（T-JUDG）システムの概念

４．おわりに

この概念に基づき確立した T-JUDG システムは，現在施工中の東広島・呉道路岩山トンネル工事に提案，現在導入中である．本システムを導入した結果に関しては別途報告する予定である．

参考文献

1) 土木学会：2006 年制定トンネル標準示方書［山岳工法］・同解説，pp.172-173，2006.7
2) 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
3) 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
4) 日本コンクリート工学協会：コンクリート技術の要点’09，pp.59，2009.9