

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

佐藤工業（株）	正会員	○小泉 直人 ^{*1}
佐藤工業（株）		桑原 嗣 ^{*1}
佐藤工業（株）	正会員	宇野洋志城 ^{*2}
佐藤工業（株）	正会員	歌川 紀之 ^{*2}

1. はじめに

NATM工法による山岳トンネルの二次覆工コンクリートの脱型強度は圧縮強度で $2.0 \sim 3.0 \text{ N/mm}^2$ 程度に達すれば安全であると判断している場合が多い¹⁾。

一方、多くのトンネル現場では1サイクル2日の工程で脱型～セントル移動～セット～打設作業が繰り返されるので、二次覆工コンクリートが目標の脱型強度に達したかどうかの判断は打設終了からの経過材齢を基準にしており、現場養生した管理供試体による圧縮強度の確認は毎回実施されていないのが現状である。

そこで、筆者らは二次覆工コンクリートの脱型強度を現位置で直接的に測定する方法の提案を目指し検討を行った。本報告は、貫入方式と超音波方式を併用した二次覆工コンクリート脱型時強度判定方法の可能性を検討した結果について述べるものである。

2. 脱型時期判定における課題

経過材齢を基準にして脱型時期を決める場合、事前に行った供試体による試験結果から、所定の圧縮強度に達する材齢は判明している。一方、二次覆工コンクリートはアーチ部分が最後に打設されるため、実材齢は最も若い反面、暖気が集まることで養生温度が上昇する可能性が高い。最後に採取した管理供試体をアーチ付近とインバート付近に存置するのでは前者の方が暖かく、若材齢時の強度発現では有利になり易い。そのため、強度発現に不利なインバート付近や低温度環境下で養生した管理供試体による圧縮強度試験結果を採用すれば、所定の圧縮強度に達する材齢は遅くなり、それを基準に脱型を行うことは安全側の判断となる可能性が高い。つまり、同材齢の二次覆工コンクリートにはそれ以上の強度発現が期待できることになる。

しかしながら、施工品質、施工条件は常に同じとは限らない。その上、打設毎に管理供試体を現場養生して常に脱型前に圧縮強度を測定して脱型の可否を判断することは管理上困難が予想される。一方、経過材齢で強度判定を行うだけでは脱型に必要な強度が得られていることを証明するには不十分である。そこで、脱型時の圧縮強度を現位置で直接的な方法で判定できれば、二次覆工コンクリートの品質保証の信頼度が増すことに加え、より適正な施工管理が可能となると考えられた。

3. 脱型時強度判定方法の提案

これまで筆者らが重ねてきた検討により、若材齢コンクリートの圧縮強度推定方法のうち、貫入方式によるものはどれも相関係数 0.9 以上の高い精度で推定できる^{2),3)}ことが明らかとなった（図-1 参照）。各配合に個別の推定式（回帰式）が必要となるが、相関係数はモルタルの場合に 0.965、Gmax40mm の場合に 0.957、

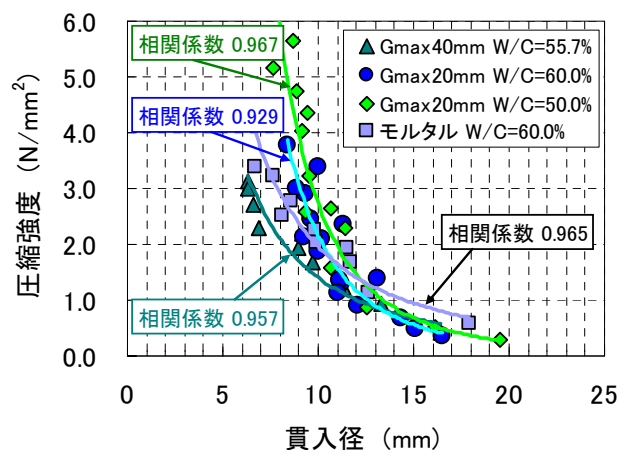


図-1 貫入径と圧縮強度との関係

キーワード 二次覆工, 脱型強度, 若材齢コンクリート, 貫入, 強度推定

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

Gmax20mm の場合にも 0.929 (W/C=60.0%) と 0.967 (W/C=50.0%) が得られており、推定精度は粗骨材の有無や最大寸法の違いに関係ないことがわかる。さらに、貫入位置につま部を選定することで将来的に表面に現れるコンクリート部分を傷めることもない。

しかしながら、図-2に示すとおり、圧縮強度の実測値が 2.0N/mm^2 以下の領域では殆ど推定値 $\pm 0.5\text{N/mm}^2$ 以内におさまっているが、その一方で実測値 2.0N/mm^2 以上の領域になると圧縮強度の推定値と実測値との差が大きくなる傾向が認められる。原因は、強度発現に伴い貫入径が小さくなることで測定誤差が推定精度に及ぼす影響が大きくなるからと考えられた。この影響により、貫入方式では圧縮強度 2.0N/mm^2 以上の領域では強度推定の信頼度が低くなる。脱型強度の判定領域を圧縮強度で $2.0 \sim 3.0\text{N/mm}^2$ 程度とすれば、脱型時強度推定方法に許容される誤差は $\pm 0.5\text{N/mm}^2$ 程度が限界と考えられる。

そこで、現位置で二次覆工コンクリートへの直接的な測定という条件には合致しないが、補助的に超音波方式(透過法)による強度推定方法を併用した。圧縮強度が 2.0N/mm^2 以上の領域では超音波方式における強度推定の方が推定精度は高いことがわかる(図-3参照)。

以上より、強度推定値と実測値との誤差を $\pm 0.5\text{N/mm}^2$ 以内とする脱型時強度判定方法(Gmax40mm の場合)を

表-1に提案する。判定には余裕を持たせ、推定値が脱型強度を 0.5N/mm^2 上回る時点で脱型可能とした。

表-1 脱型時強度判定方法 (Gmax40mm の場合)

脱型強度 (σ_r) 領域	採用する方式	脱型時強度判定方法
$\sigma_r < 2.0\text{N/mm}^2$	貫入方式	$92.217 \times D^{-1.8175} - 0.5\text{ (N/mm}^2\text{)} > \sigma_r$ で脱型可能
$2.0\text{N/mm}^2 \leq \sigma_r$	貫入方式と超音波方式	$92.217 \times D^{-1.8175} - 0.5\text{ (N/mm}^2\text{)}$ $7E^{-09} \times V^{2.4268} - 0.5\text{ (N/mm}^2\text{)}$ の小さい方の値 $> \sigma_r$ で脱型可能

ただし、D：貫入径 (mm)、V：弾性波速度 (m/sec)

4. おわりに

現在、二次覆工コンクリート打設現場においてデータを蓄積中であり、今後の脱型時強度判定方法として確立を目指す予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：トンネルコンクリート施工指針 (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
- 2) 北川真也, 鍋谷雅司, 宇野洋志城, 歌川紀之：若材齢コンクリートの圧縮強度推定方法に関する検討, 土木学会第64回年次学術講演会, (VI部門投稿中), 2009.9
- 3) 京免継彦, 小泉直人, 本馬幸治, 宇野洋志城：貫入方式による圧縮強度推定方法に関する検討, 土木学会第64回年次学術講演会, (VI部門投稿中), 2009.9

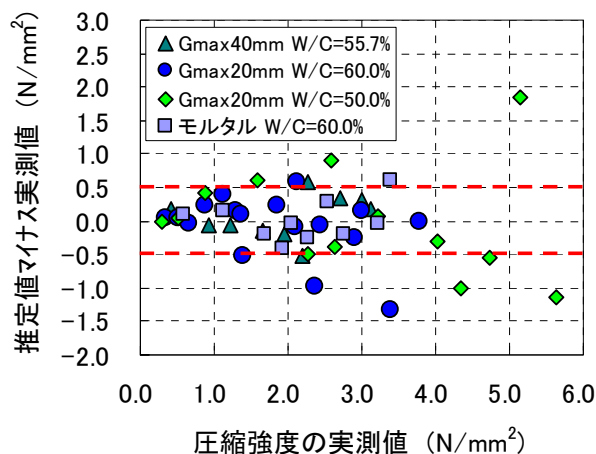


図-2 貫入方式による強度推定の精度

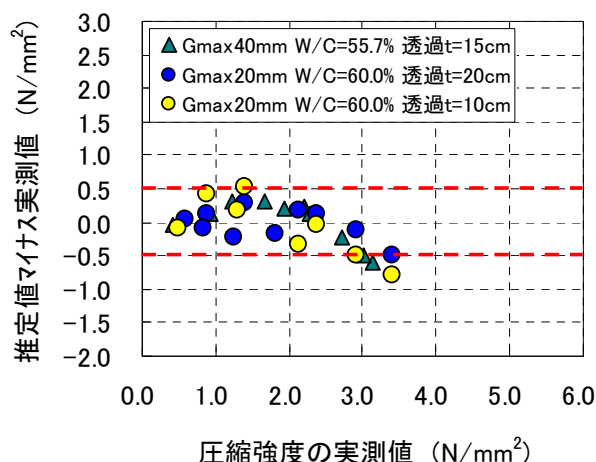


図-3 超音波方式による強度推定の精度