環境温度に起因する中流動コンクリートの性状変化に関する一考察

戸田建設株式会社　正会員　○土師　康一　正会員　新谷　岳
正会員　澤村　淳美　正会員　田中　徹

１．はじめに

近年，建設工事の生産性向上や品質向上を目的とした，トンネル覆工への中流動コンクリートの採用事例が増加している．なかでも，使用を標準化している NEXCO 各社の規定[1)]（以下，NEXCO 基準）では，配合条件と規格値を規定しているものの，導入後間もない現段階では，現場ごとに配合設計を行っているのが現状である．しかし，室内試験練り時に規格を満足した配合であっても，実施工時の環境温度によっては，流動性や若材齢強度などを満足しないケースがあることが施工実績の増加により明らかになった．そこで本稿では，中流動コンクリートの経時保持性と若材齢強度に着目し，環境温度に起因する同一配合の試験結果の差について，室内試験により確認し考察を行った．

２．試験配合および使用材料

表-1 に使用材料，**表-2** に試験配合について示す．試験配合は実施工現場における打設配合をベースとした NEXCO 基準に準拠した配合とし，混和剤として高性能 AE 減水剤（増粘剤一液タイプ）を用いて，所要の性状（スランプフロー：350～500mm，空気量：4.5%±1.5%）に調整した．なお，今回試験配合については，現場での施工を考慮し，不良地山区間での使用が規定されている繊維補強中流動コンクリート仕様とした．

写真-1　中流動コンクリート

表-1　使用材料

種類	記号	産地、物性等
セメント	C	普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm^3）【三社等量混合】
水	W	上水道水
細骨材	S	掛川産砕砂（表乾密度：2.57g/cm^3）
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩砕石（表乾密度：2.64g/cm^3）
混和剤	SP1	高性能AE減水剤・増粘剤一液タイプ
	SP2	高性能AE減水剤・増粘剤一液タイプ（遅延形）
繊維	Fb	ポリプロピレン短繊維（PP-3種-A）

表-2　試験配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3) W	C	S	G	SP1 C×%	SP2 C×%	Fb vol%
5℃	47.3	49.5	175	370	843	884	1.05	－	0.30
20℃	47.3	49.5	175	370	843	884	1.30	－	0.30
30℃	47.3	49.5	175	370	843	884	1.30	－	0.30
30℃(遅延形)	47.3	49.5	175	370	843	884	－	1.30	0.30

３．試験概要

３．１　経時保持性能確認試験

環境温度の変化による中流動コンクリートのスランプフローの経時変化特性の差の把握を目的として，練上がり性状を化学混和剤の使用量で調整した試料を用いて経時保持性能確認試験を実施した．試験条件としては，環境温度を 5℃，20℃，30℃に調整した試験室内で試験を行い，静置試料を用いて，練上がり後 0～90 分のスランプフローの確認を行った．

３．２　若材齢強度試験

型枠取外しまでの環境温度の違いによる，材齢初期の強度発現性の差を把握するために，練混ぜおよび養生時の環境温度を変えて，材齢初期における圧縮強度試験を実施した．試験では，環境温度が 5℃，20℃，30℃の試験室内で供試体を採取し，各環境温度下で気中養生を実施した後，練上がり後 16 時間，20 時間，24 時間で若材齢強度の確認を行った．

キーワード　中流動コンクリート，環境温度，経時変化特性，若材齢強度
連絡先　〒104-8388　東京都中央区京橋 1-7-1　戸田建設（株）本社土木工事技術部　TEL03-3535-1614

4.試験結果および考察

4．1　経時保持性能確認試験

図-1 に環境条件の差による，スランプフローの練上がり直後からの経時変化に関する試験結果を示す．図中，環境温度 30℃の試験結果については，化学混和剤の性能を遅延形に変更した配合の結果についても併記した．図中示すように，環境温度が高くなるとスランプフローの保持時間が段階的に短くなり，環境温度 30℃では，ほとんどスランプフローを保持せず，練上がり後 60 分で NEXCO 基準に示すスランプフローの規格値である 350～500mm を下回る結果となった．このため，暑中コンクリートとしての対応が必要となる 25℃以上の環境条件での施工時には，遅延形の化学混和剤を使用するとともに，出荷工場において性状変化を見込んだスランプフローの設定を行うなどの対応が必要になると考える．

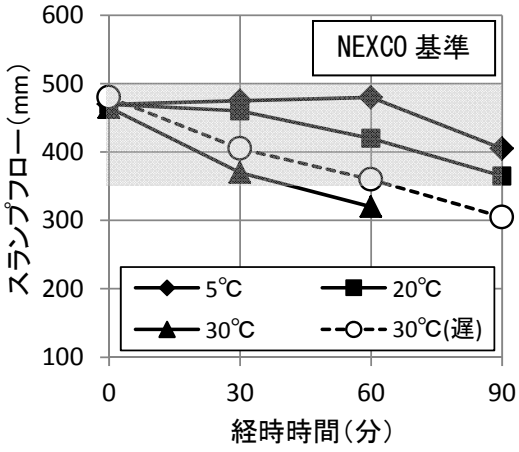

図-1　スランプフローの経時変化

4．2　若材齢強度試験

図-2 に環境条件の差による材齢初期（練上がり後 16 時間，20 時間，24 時間）における圧縮強度試験結果について示す．また，図-3 に試験結果を有効材齢で整理した図を示す．試験の結果，環境温度が 5℃の条件では，アーチトンネルの型枠の取外しの目安となる 2～3(N/mm^2)程度[2] を 24 時間で確保することが難しく，概ね 12～20 時間程度で脱型を行っている覆工コンクリートの打設サイクルを保持することが困難であることがわかった．また，図-3 に有効材齢で整理した若材齢強度試験結果とともに，『コンクリート標準示方書(設計編)』[3] に記載の圧縮強度発現式から推定される試験配合相当普通コンクリートの圧縮強度を併記する．図より，普通コンクリートと比較して流動性の高い中流動コンクリートを使用した場合，施工時の経時保持性と相まって，環境温度が低い条件下では，圧縮強度の発現が遅延する傾向が見られる．このことから，とくに冬期の施工においては，打設後のコンクリート養生を確実に行い，強度発現を促す措置をとるか，配合修正を行うことが工程の確保には必要であると考える．

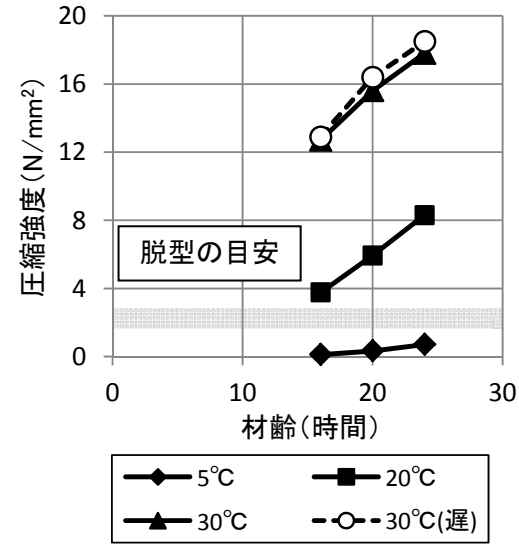

図-2　若材齢強度試験結果(実材齢)

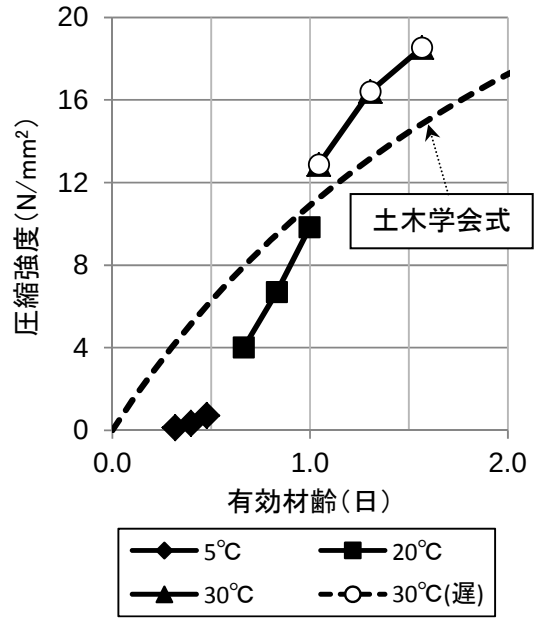

図-3　若材齢強度試験結果(有効材齢)

5．まとめ

本稿では，環境温度が中流動コンクリートの経時変化特性や若材齢強度に与える影響について，室内試験により確認を行った．試験の結果，環境温度が試験結果に与える影響は大きく，施工前の試験練りの時期によっては，実施工時の施工性や工程に大きな影響を及ぼす可能性があると考える．このため，施工前に配合設計を行う際には，実施工の時期も踏まえ，施工性に影響が大きいと判断される場合には，標準配合だけでなく，施工時期に応じて配合を見直して施工することが望ましいと考える．

参考文献

1) 東・中・西日本高速道路株式会社：トンネル施工管理要領(繊維補強覆工コンクリート編)，2015.7
2) (公社)土木学会：トンネルコンクリート施工指針（案)，2000.7
3) (公社)土木学会：コンクリート標準示方書（設計編)，2013.3