山岳トンネルに「春秋コンクリート」を適用（室内試験編）

㈱鴻池組 技術部　　正会員 富澤直樹　正会員　内田博之
正会員 若林宏彰　○正会員 長沼諭

1. 概要

覆工コンクリートは，構造および施工上，収縮変形による拘束や早期脱型（強度不足）に起因するひび割れ・剥離が発生しやすい．これらのひび割れは，それぞれ夏期，冬期において顕著であり，コンクリートのひび割れの発生しない適度な温度，すなわち春または秋の温度環境下に維持することが重要となる．

「春秋コンクリート」は，型枠養生期間中における型枠温度を調整し，コンクリートを冷却・加温することで，一年を通して春秋に打設したコンクリートと同じ温度環境で施工することを可能にしたものである．

本稿では，「春秋コンクリート」の実現場への適用にあたり，事前に室内試験においてコンクリートの基礎性状を確認した結果について報告する．

2. 春秋コンクリートの室内試験内容

若材令のコンクリートに対する冷却の影響や効果を把握するために，夏期施工のコンクリートと春秋コンクリートの基礎性状を比較した．

2.1　コンクリート配合

適用現場である美浜東バイパス佐田トンネルにおけるコンクリート配合を採用した．**表－１**に使用材料，**表－２**にコンクリート配合を示す．

表－１　使用材料

種類	記号	物理性質など
セメント	C	高炉セメントB種、密度3.04g/cm^3
細骨材	S1	福井県坂井市三国町産　陸砂 表乾密度2.60g/cm^3、粗粒率1.82
	S2	福井県敦賀市葉原産　砕砂 表乾密度2.60g/cm^3、粗粒率3.42
粗骨材	G	滋賀県今津町椋川産　砕石 表乾密度2.81g/cm^3、実績率58.0%
混和剤	WR	AE減水剤（リグニンスルホン酸化合物）

表－２　コンクリート配合

基準強度 (N/mm^2)	スランプ (cm)	Gmax (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単位重量 (kg/m^3)					
					W	C	S1	S2	G	WR
18	15	20	60	47.3	170	283	383	468	1026	3.57

2.2　養生条件

コンクリートの練上り温度は，夏期施工のコンクリートを想定して 30℃とした．次に打設後 24 時間の養生温度を，夏期施工のコンクリートは 40℃，春秋コンクリートは 10℃とした．その後，鉄板蓋を撤去し，室温 25℃，湿度 70%で気中養生を行った．

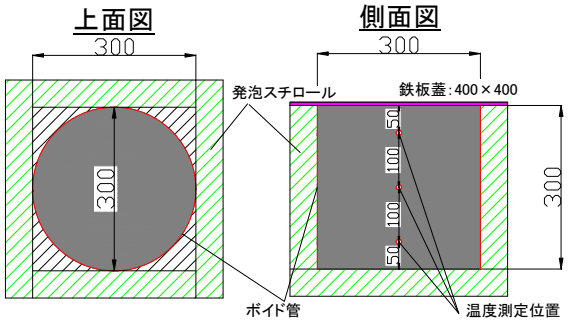
表－３　養生条件

種類	練上り温度	養生条件	
		24hrまで	24hr以降
夏施工のコンクリート	30℃（暑中コンクリート相当）	40℃：夏場のセントル天端内の温度相当	25℃，湿度70%：夏場の坑内環境相当
春秋コンクリート		10℃：エアコンの最大冷却温度相当	

2.3　実験方法

①コンクリート温度測定（**図－１**）

型枠は，実物大の覆工コンクリートを模擬化した直径 30cm，高さ 30cm のボイド型枠を使用した．上部にはセントルのスキンプレートを模擬化した鉄板蓋(t=6mm)を，残りの 5 面には発泡スチロール（t=5cm）を設置した．また，型枠の上下 5cm と中間部に熱電対を設置した．



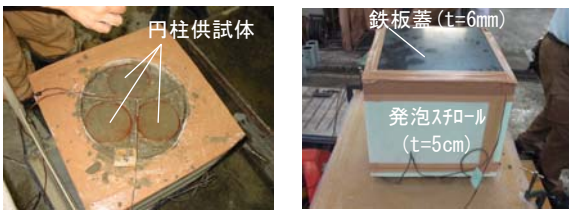
図－１　コンクリート温度測定用型枠

②剥離性試験

春秋コンクリートでは，型枠を 10℃に冷却するため，脱型時の強度不足による剥離状況を確認した．型枠は，コンクリート温度測定用型枠と同じものを使用し，材令 16 時間と 18 時間で鉄板蓋を撤去した．

③若材令強度試験

φ100×200 の円柱供試体を**写真－１**に示すようにコンクリート温度測定用型枠にコンクリートで埋設した．その後，材令 14～24 時間でコンクリートを破砕し，円柱供試体を取り出して，若材令強度を確認した．



写真－１　若材令強度用供試体作成状況

キーワード　山岳トンネル，覆工コンクリート，春秋コンクリート，型枠，養生，加温冷却
連絡先　〒530-8517　大阪市北区梅田 3 丁目 4 番 5 号　毎日インテシオ　(株)鴻池組　技術部　TEL06-6343-3290

④長期強度試験

型枠は，コンクリート温度測定用型枠と同じものを使用し，材令 7,28,56,91 日のコア供試体（φ85×170）を採取して，圧縮強度試験を実施した．

⑤収縮ひずみ測定試験

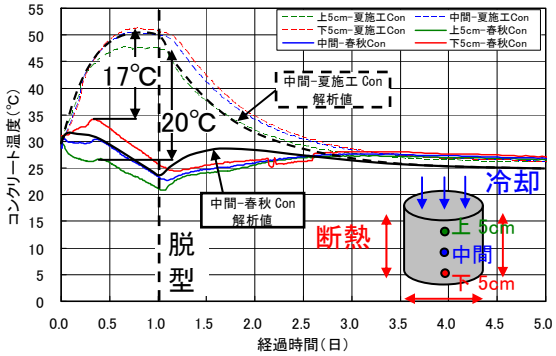
若材令強度試験で作成した供試体を用いて，材令 24 時間でひずみゲージを設置し，その後の収縮ひずみを計測した．

3．春秋コンクリートの室内試験結果

①コンクリート温度測定

コンクリート温度測定結果を**図－２**に示す．

春秋コンクリートは，夏期施工のコンクリートと比較して，ピーク温度を 17～20℃程度低減できることを確認できた．また，解析値と実測値が概ね一致することを確認できた．

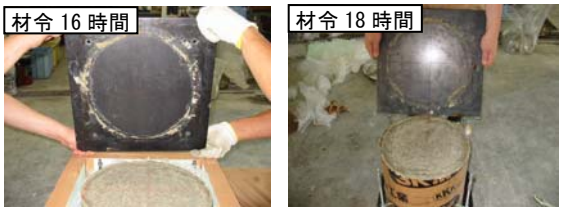


図－２　コンクリート温度測定結果

②剥離性試験

材令 16 時間と 18 時間の剥離状況を**写真－２**に示す．

春秋コンクリートは，10℃に冷却しても，コンクリート表面は 20℃程度と温かく，コンクリート表面が剥離しないことを確認できた．

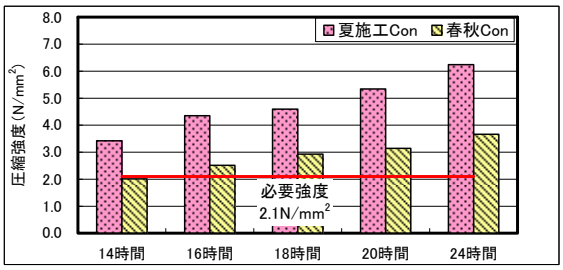


写真－２　剥離性試験結果

③若材令強度試験

若材令強度試験結果を**図－３**に示す．

春秋コンクリートは，材令 16 時間以降で脱型時の必要強度 (2.1N/mm²)を満足していることを確認できた．

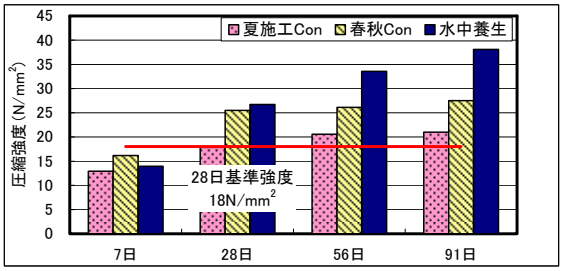


図－３　若材令強度試験結果

④長期強度試験

長期強度試験結果を**図－４**に示す．

春秋コンクリートは，夏期施工のコンクリートと比較して，材令 7～91 日の圧縮強度が 20～30%程度上回ることを確認できた．

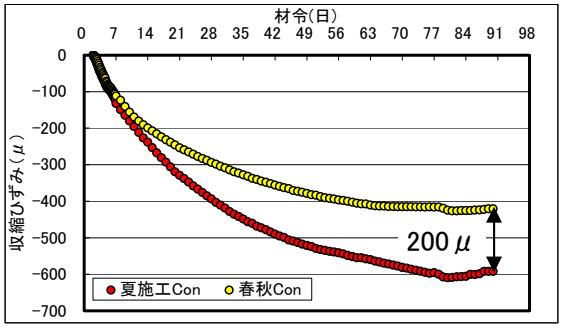


図－４　長期強度試験結果

⑤収縮ひずみ測定

収縮ひずみ測定結果を**図－５**に示す．

春秋コンクリートは，夏期施工のコンクリートと比較して，材令 91 日の収縮ひずみが 200μ程度小さいことを確認できた．



図－５　収縮ひずみ測定結果

4．まとめ

春秋コンクリートの基礎性状についてまとめる．

① 春秋コンクリートは，温度応力解析によりコンクリート温度を正確に予測できる．

② 春秋コンクリートは，10℃に冷却してもコンクリート表面まで水和反応が促進されるため，脱型時の必要強度を満足するとともに，コンクリート表面が剥離しない．

③ 春秋コンクリートは，夏期施工のコンクリートに比べて水和反応が緩やかに進行するため，長期強度が向上する．

④ 春秋コンクリートは，ピーク温度を 17～20℃程度低減できるため，脱型後の乾燥や温度変化による収縮ひずみを抑制できる．

以上より，室内試験において，優位な基礎性状を確認できた．

次論文では，実現場における基礎性状の確認結果について報告する．