積算温度管理を導入した高流動ＲＣセグメントの製造工程に関する一考察
－(13 号相直) 東横線渋谷～代官山間地下化工事報告（その１）－

東京急行電鉄　関　高　　メトロ開発　福田 隆二　　鹿島建設○正会員 須藤 英明
鹿島・西松・鉄建建設 JV　正会員 猪又 勝美　日本ｺﾝｸﾘｰﾄ工業　津田 達也

１．はじめに

(13 号相直) 東横線渋谷～代官山間地下化工事は, 東急東横線と地下鉄 13 号線との相互直通運転を目指し, 渋谷駅～代官山駅間をシールドトンネルや箱型トンネル，および掘割等で構築する工事である．このうちシールドトンネルは，内面に剥落防止用の繊維シートをあらかじめ布設する矩形断面のため，高流動ＲＣセグメントの適用を計画している．今般，セグメント製品の性能確認を目的として，製造工程や品質管理から実ピースでの載荷試験までに至る一連の検討照査を行った．この概要を（その１）～（その３）で報告する．

当報文（その１）は，冬季における屋外でのセグメントの製造にあたり，１製造サイクル１日の工程を遵守すべく導入した積算温度の考え方に基づく促進養生管理メニューについて述べるものである．管理のポイントを，①コンクリートの練上がり温度，②打込み後の促進（温水噴霧）養生温度とその持続時間，③脱型強度と捉え，温度収縮ひび割れ防止にも留意しつつ，安定した品質確保に努めた．その実績を記す．

２．セグメントの製造プロセス

（１） 基本的な考え方

当該の高流動ＲＣセグメントは１リング 10 ピースのプレキャストコンクリート工場製品である．個々のピースのサイズは種々あるが，概ね，幅 1.1m×長さ 3m×厚さ 40cm，体積約 1～2m³，重量約 2.5～5t である（写真－1）．製造工程合理化のため，前日打込んだコンクリートを翌朝から脱型の後，直ちに型枠の清掃や鉄筋かごの設置に着手し，午後には次のロットを打込むという作業サイクルを遵守することが大きな命題のひとつであった．

写真－1　セグメントの外観

したがって，打込み後のコンクリートは温水噴霧による促進養生を行う必要があり，冬季は積算温度管理が特に重要と位置付けた．

（２） コンクリートの練混ぜ

コンクリートは，土木学会「高流動コンクリート施工指針」に準拠して配合設計を行い，ＪＩＳ認定工場で製造にあたることとした．

選定した工場は群馬県に位置する関係から，冬季におけるコンクリートの練混ぜの際，適宜，ボイラー加温水を用い，目標練上がり温度を 20℃とした．配合条件を表－1 に示す．

写真－2　製造ヤード全景

表－1　コンクリートの使用材料と配合

粗骨材最大寸法 (mm)	目標スランプフロー (mm)	水セメント比 W／C (%)	空気量 (%)	細骨材率 s／a (%)	単位量（kg／m3） 水 W	セメント C	石粉 LS	細骨材 S	粗骨材 G	高性能減水剤 Ad
20	650±50	34.9	2.0±1.0	54.1	177	507	62	902	786	〔4.268〕

使用材料　セメント　：　普通P　　高性能減水剤　：　レオビルド8000S
石粉　：　石灰石粉末　　〔単位粉体量(C+LS)×0.75%を標準添加率と設定〕
細骨材　：　砕砂　　硬化コンクリートの目標性能　設計基準強度　：　54N／mm2（材齢28日）
粗骨材　：　砕石　　配合強度　：　69N／mm2（　同上　）

写真－3　温水噴霧養生の蛇腹設備

（３） 養生設備と積算温度管理

セグメントは，写真－2～3 に示したように，１リング 10 ピース分の型枠を屋外製造ヤードのレール走行式アジテータの下部に直線上に配置し，コンクリートを打込み後，風雨防護や気温変動の影響緩和のための

キーワード：高流動コンクリート，ＲＣセグメント，品質管理，積算温度
連絡先　：〒150－0002 東京都渋谷区渋谷 3-8-10　渋谷ＪＳビル４Ｆ　鹿島・西松・鉄建建設ＪＶ（事）　TEL.03-5467-3170

蛇腹を被せた．そして，この蛇腹内部に温水を噴霧し，一定時間・一定温度で促進養生することとした．

積算温度管理は，この温水噴霧を含め，次の手順で計画した．温度～養生時間パターン例を図－1 に示す．

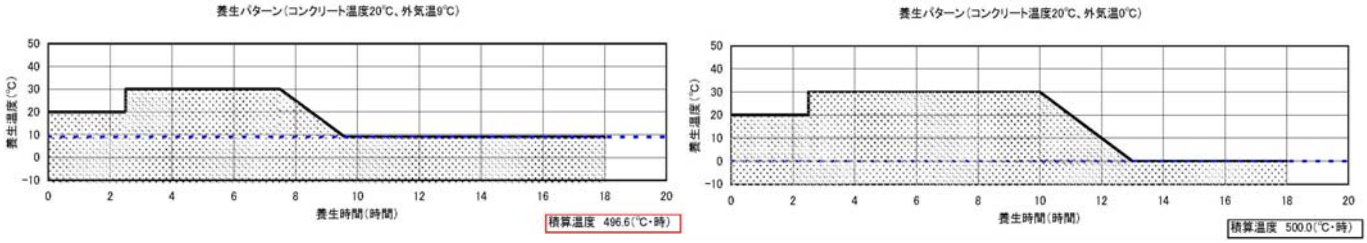
a. RC 示方書に準拠し，脱型強度の基準値を 15N/mm² と決定

b. 実務での変動幅を勘案し，管理値を 20 N/mm²（製品と同一養生条件の供試体強度）と設定

c. 冬季の目標練上がり温度を 20℃，温水噴霧による促進養生温度を 30℃（練上がりプラス 10℃）設定

d. 過去の実績から，積算温度約 500℃・時で，脱型強度の管理値を満足と判断

e. 促進養生 30℃持続時間をメニュー化（併せて，温度降下勾配 10℃/hr で収縮ひび割れ防止を配慮）



(a) 外気温 9℃設定　　(b) 外気温 0℃設定

図－1　積算温度管理パターンの例

3．製造管理実績

（1） コンクリートの練上がり温度

コンクリートの練上がり温度は，練混ぜ水を約 40℃に加温することで，12～2 月の冬季，約 14～25℃の範囲を確保した．これは目標練上がり温度に対し概ね±５℃であったが，外気温変動やミキサ等の暖機状態を勘案すれば良好な管理状態と判断された．ちなみに，この時季の外気温は約 2～15℃であったことから，各製造日，およそ外気温プラス 10℃の練上がり温度が確保できたといえる．

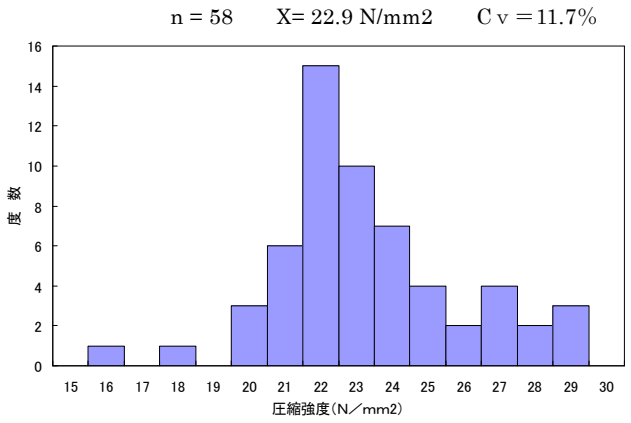
（2） 養生パターン

今回のセグメント製造では，①前述した練上がり温度の確保に加え，②温水噴霧養生温度も一定値 30℃に維持したこと，③温水ボイラーの運転には省資源・省エネを配慮するのも大切と考えたこと等の背景から，温度管理は，次に記す脱型強度をこまめに把握することを前提に，外気温 9℃設定の基本パターンの運用で臨んだ．

（3）脱型強度

12～2 月の，φ10×20cm 供試体による材齢 1 日脱型強度の分布を図－2 に示す．平均脱型強度は約 23N/mm²，変動係数は約 12%が得られ，基準値や管理値を十分満足する安定した促進養生管理が裏付られた．

脱型後のセグメント製品にも，有害な温度収縮ひび割れ等は特に発生していないことを確認した．



図－2　脱型強度のヒストグラム

（4）管理用供試体との強度比較

H20 年２月度に計３回，セグメント製品と同一条件，すなわち，温水噴霧促進養生の後，３日間屋外水中養生，以後屋外気中養生とした供試体の材齢 28 日強度を，通常の標準水中養生による管理用供試体と比較した．この結果は表－2 に示すとおりであり，製品と同一養生供試体の強度は，管理用供試体の約 93～97%を得た．

表－2　養生条件の相違による供試体の強度比較

番号	練混ぜ時の温度環境		圧縮強度試験結果			
	練上がり(℃)	外気温(℃)	材齢28日強度(N/mm²)			
			製品同一養生		標準養生	
1	14.0	2.5	64.4	64.9	69.3	69.6
			64.9		69.6	
			65.3		69.8	
2	14.0	7.5	66.6	65.9	69.0	68.3
			64.7		67.2	
			66.3		68.8	
3	13.5	4.0	65.1	64.4	65.3	66.3
			66.1		66.5	
			61.9		67.2	

（注）供試体は各回，第１バッチで採取のため，練上がり温度は，ミキサ暖機の関係上，定常状態より若干低目傾向の場合あり

4．むすび

当該セグメントの製造では，以上に記した管理と併せ，高流動コン施工指針を踏まえ，細骨材の受材ビン専用化や表面水率のこまめな測定等にも配慮している．引続き，安定した製品作りを目指す方針である．

[参考文献]　高流動コンクリート施工指針，土木学会コンクリートライブラリー　93 号