

VI-271

シールド工事における高充填コンクリートの適用

帝都高速度交通営団 正会員 藤木育雄

正会員 助川 禎

正会員 中島 信

村松 泰

1. まえがき

近年、各種構造物に対し締固め不要な高充填コンクリートの適用が拡大してきている。シールド工事においても狭い場所あるいは締固めが困難な場所も多く、施工性、品質の向上あるいは作業環境の改善の観点からその適用が期待されている。また、シールド工事の場合、一度に多量のコンクリートを打設することは少なく、生コンプラントに常備しているセメント以外の材料（特殊なセメント、微粉末など）を使用するためにサイロ内のセメントを入れ換えることは困難であり、ミキサ内への人力投入となる。これでは、製造面で省力化を行ったとは言えない。このため、少量の出荷であっても比較的容易に製造できる高充填コンクリートの適用が望まれる。以上の背景を踏まえ、今回、高充填コンクリートをシールド工事における締固め困難な場所への適用を目指し、実際の工事現場で打設したので、その結果について報告する。

2. 使用材料、配合および製造方法の選定

表-1 目標品質

項 目	目 標 品 質
スランプフロー	60±5 cm
空気量	4.5±1.5 %
充 填 性	L型ボックス試験で全通
設計基準強度	240 kgf/cm ² (材令28日)

一般の生コンプラントでは、普通、早強および高炉セメントB種を常備していることが多く、この中から高炉セメントB種を選定し、配合の検討を行った。使用材料は高炉セメントB種（T社製、比重3.04）、碎石（比重2.68）、混合砂（比重2.61、F.M2.64）および高性能AE減水剤（N社製）であり、生コンプラントで通常使用されている材料である。高充填コンクリートの目標品質を

表-2 高充填性コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプフローの範囲 (cm)	水セメント比 ¹⁾ W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	高性能(AE)減水剤
20	60±5	31.2	49.8	172	551	788	817	10.47

セメント中の高炉スラグ混入率は40～45%程度

表-1に示す。シールド工事では地上から地中の坑内、あるいは型枠内でコンクリートを落下させることから、材料分離抵抗性を考慮してスランプフローの目標値を設定した。充填性の指標としてはL型ボックス試験装置[1]を用いた。室内試験により得られた配合を表-2に、試験結果を表-3に示す。スランプフローは60分間目標値を保持しているが、空気量は若干低下する傾向が認められた。一方、圧縮強度は材令7日で既に設計基準強度を満足している。

表-3 室内試験結果

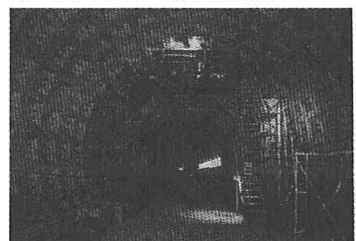
フ レ ッ シ ユ		スランプ [®] フロー (cm)	空気量 (%)	充填性	コンクリート温度 (℃)
	練上り	65.0×65.0	4.7	全通	23.0
	60分後	65.0×64.0	4.0	全通	23.0
硬 化	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令7日	材令14日	材令28日	材令56日
		404	569	681	767

プラントでの練りまぜ時間は、実機ミキサの試験練りによりミキサ負荷値およびコンクリート性状から全材料投入後120秒とした。なお、材料の投入は一括投入であり、使用した生コンプラントの従来方法である。また、練りまぜ量は運搬量を考慮し、1バッチ2.5m³とした。なお、この条件で製造した場合の時間最大製造量は約64m³となる。

3. 現場施工および施工結果

今回の施工は、換気口横坑部の鉄骨鉄筋コンクリートおよびコルゲート型ダクトイルセグメントの二次覆工コンクリート（部材厚150mm）に高充填コンクリート

シールドトンネル二次覆工用鉄筋組立状況



を適用し、3回の打設(約90m³)を行った。現場でのスランプフロー試験結果を図-1に示す。2回目の1~4台目にスランプフローが大きくなったが、この場合にも材料分離傾向は認められず、しばらく待機した後に施工した。他の項目は全て目標品質を満足していた。空気量の変化の一例を図-2に示す。運搬時に1%程度の空気量の低下が認められた。一方、圧縮強度は、材令1日で約100kgf/cm²であり、型わく脱型強度80kgf/cm²を満足している。また、材令7日で370~430kgf/cm²、材令28日で570~630kgf/cm²の範囲であった。

施工時には、高充填コンクリートの施工性を評価する目的で、コンクリートの管内圧力および型枠に作用する側圧の測定を行った。側圧の測定結果の一例を図-3に示す。測定結果にはばらつきがあるが、おおよそ液圧として型枠に作用していることが確認された。一方、管内圧力の測定結果から得られた圧力損失は0.1~0.18kg/cm²/m程度であり、同程度の吐出量(30m³/h)と比較するとスランプ12cmのコンクリートの1.0~1.8倍程度、スランプ21cmのコンクリートの1.3~3.0倍程度の値であった[2]。また、約10mの区間を一箇所から打設し、締め固めは行わなかったが、脱型後のコンクリートは、あばたもなく非常に良好なコンクリートであり、優れた流動性および充填性が確認された。

4. まとめ

今回の結果および今後の課題を以下にまとめる。

- (1) 高炉セメントB種単味で製造した高充填性コンクリートはシールド工事に適用できる。ただし、比較的大きな部材には、単位セメント量を低減させた配合を使用する方針である。
- (2) 今回の配合は、材料分離抵抗性に優れていることから、スランプフローの管理上限値を大きくすることも可能である。
- (3) 空気量は、運搬中に若干低下する傾向がある。
- (4) 型枠にはコンクリートを液圧として考慮した側圧が作用するので大断面の二次覆工に適用する場合には十分な型枠の補強が必要である。
- (5) コンクリートの配管計画を立てる場合には、適切な圧力損失を用いて計画しなければならない。

今回の検討により、シールド工事をはじめとする地下構造物における高充填コンクリートの適用の可能性が確認できた。今後、高充填コンクリートの品質に加え、打設速度、施工範囲および養生期間などの施工面での検討を実施し、工期短縮の可能性も検討していきたい。

[参考文献]

- [1] 帝都高速度交通営団：高充填性コンクリート設計・施工指針(案)、1993
- [2] 日本建築学会：コンクリートポンプ工法施工指針・同解説、1994.1

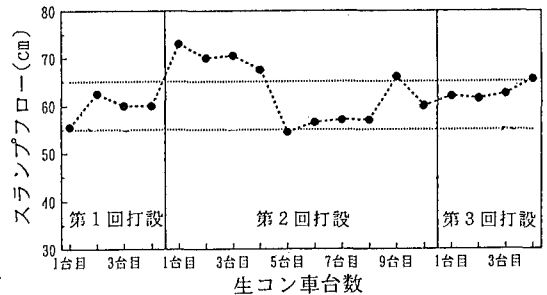


図-1 スランプフローの管理試験結果

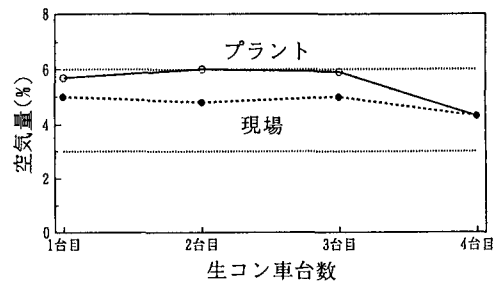


図-2 空気量の管理試験結果

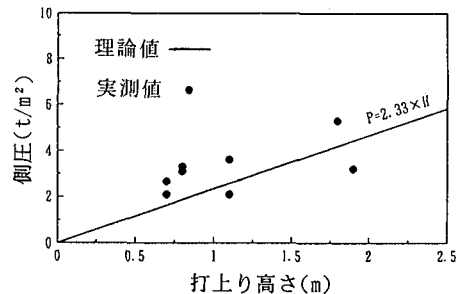


図-3 側圧の測定結果