

(V-13)高流動コンクリートによる大深度シールド立坑側壁部の施工

鹿島技術研究所 正会員 坂井 吾郎
 鹿島技術研究所 正会員 万木 正弘
 鹿島東京支店 正会員 早川 康之

1. はじめに

近年のシールドトンネルの大深度化に伴い、シールド機発進・到達立坑の内部構築用コンクリートには主に止水性の観点から高い性能が要求されている。そこで、大深度シールド立坑の内部構築に高流動コンクリートの使用を考え、微粉末に石灰石粉を、また、増粘剤に水溶性ポリサッカライドを用いた併用系の高流動コンクリートを実施工に適用したので、その結果の概要について報告する。

2. 構造物の概要

今回の対象は、図-1に示す海上輸送されたLNGを工場内の地下タンクまで導く総延長約2kmのシールドトンネルの中間に位置する到達・発進用立坑の側壁部（高さ15.6m、壁厚2.7m、コンクリート量2260m³、3リフトに分割して施工）である。この部位は、DL-50.6～DL-66.2と大深度であり、高地下水圧に耐えうる止水性が要求されるが、高密度配筋（最多部230kg/m³、平均135kg/m³）であることに加え、写真-1に示すようにシールドエントランス用の金物やシールド機到達時の水平凍結用貫通管が配されており、従来のコンクリートでは密実な充填のしにくい部位であることから、高流動コンクリートの適用を検討した。

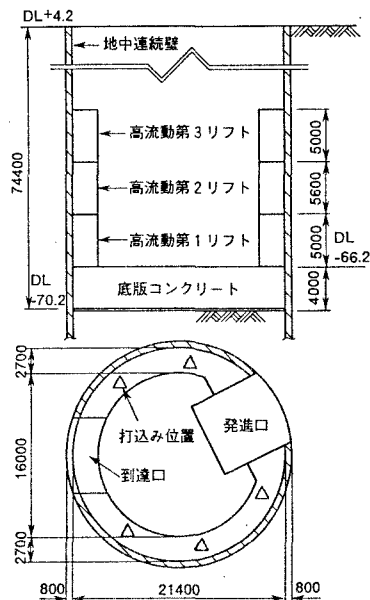


図-1 構造物の概要

3. コンクリート配合

今回のコンクリートの配合に関する条件は以下のとおりであった。

- ①高い流動性と材料分離抵抗性を有すること、②止水性確保の観点から水セメント比は55%以下とし、ブリーディングを生じないこと、③温度ひびわれ抑制の観点から過剰強度としないこと（設計基準強度270kgf/cm²、保証材齢91日）

以上の条件を踏まえて、セメントに三成分系低発熱セメントを使用することとし、目標スランプフロー65±5cmとして机上検討、配合試験等を行い、表-1に示す配合を選定した。



写真-1 配筋状況

4. 実施工の概要

4.1 製造及び品質管理

製造は一般的な生コンプラントで行い、容量3.0m³の強制二軸式ミキサで1バッチ2.5m³を全材料投入後60秒間練り混ぜた。運搬は2バッチ5.0m³をアジテータ車に積載し、約10分で行った。今回のように1日あたりの施工量が多量の場合には、使用材料の品質変動によりフレッシュ及び硬化コンクリ

表-1 コンクリート配合

W/C (%)	目標スランプ (%)	目標空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)					SP剤 (P%)	増粘剤 (g/m ³)
			水	セメント	石灰石粉	細骨材	粗骨材		
55.0	65±5	4.5±1.5	150	273	227	762	894	1.9	350

セメント：フライアッシュ20%混入高炉セメント（比重2.78）

石粉：石灰石粉（JIS A 5008規格品、比重2.70）

細骨材：山砂（比重2.60）粗骨材：特選岩砕石（比重2.71）

混和剤：高性能減水剤（β-ナフタリンスルホン酸系）

特殊増粘剤（水溶性ポリサッカライド）

ートの品質がばらつくものと考えられたので、フレッシュコンクリートの品質安定化を図るために増粘剤を使用する¹⁾とともに、ミキサの負荷電流値を測定することによって単位水量の管理を行った。これは、単位水量と強制二軸ミキサの負荷電流値が高い相関関係にあることを利用して、負荷電流値の変化から骨材の表面水量の変動を検知し補正を行うものである。表-2に施工時の品質管理試験結果を示すように、フレッシュコンクリート、硬化コンクリートとも品質の安定したものを得ることができた。

4.2 打込み状況

コンクリートの打込みは2台のポンプ車(三菱重工DC-A1000BR高压仕様)で行った。圧送管には5B管を用い、配管長は地上部約15m、鉛直下向き約65m、側壁上面部約15mであった。また、鉛直配管には、負圧を防止するためのS字管を2ヶ所と最下部に直径1mのループ管を設けた。図-2に第1リフト施工時のコンクリートポンプの実吐出量と主油圧から算定したピストン前面圧の関係を示す。実吐出量の増加に伴うピストン前面圧の増加が水平換算距離を150mとしたスランブ12cmの普通コンクリートよりも多少大きく、水中不分離性コンクリートよりも小さい結果となっており、高い流動性を有することを考えるとコンクリートポンプに比較的大きな負荷がかかっているものと思われ、図-2 吐出量とピストン前面圧の関係を見た。これは、コンクリートの配合が単位水量の少ない比較的粘性の高いものであったことや複雑な配管の影響などによるものと考えられる。この結果を基に、以後のリフトでは吐出量を50m³/h以下で施工を行った。

コンクリートの打込みは流動距離が10mとなるように、打込み位置を図-1に示す5ヶ所とし、筒先1ヶ所からの打込み量を時間による管理(20分間)とした。結果として、パイプレータ等による締固めを行わずともコンクリートは十分に充填し、顕著な粗骨材の分離も認められなかった。

また、本立坑は、将来点検坑として使用されるため側壁表面の美観が問題となるが、第1リフトの脱枠後、側壁表面に微細な気泡痕と層状の色調の異なる部分が認められたので、第2、第3リフトでは筒先移動時に型枠際のみを高周波パイプレータを50cm毎に30秒程度使用した。その結果、色調の異なる部分がなくなるとともに気泡痕もほとんどなくなり、全体的な仕上りの向上が認められた。

4.3 脱枠後の状況

脱枠後、各部の充填状況を確認したが、金物周りにもコンクリートが密実に充填されており、漏水している箇所もなかった。また、本側壁では施工上打継ぎ処理が困難であるため、室内実験を行って確認した²⁾後、特別な処理なしに各リフトを打継いだ。打継ぎ目にも漏水等の異常は認められなかった。

5. おわりに

今回、高流動コンクリートを適用したことによって、大深度シールド立坑の内部構築という厳しい条件下において信頼性の高い構造物を比較的スムーズに施工することができた。今後、さらに高流動コンクリートの特性把握に努め、その特性を活用できる構造物に対しては積極的に適用を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 坂田, 万木, 岩城; 特殊増粘剤が高流動コンクリートの流動性を安定させる効果, 土木学会第48回年次講演会論文集, 第5部, 1993
- 2) 小松原, 早川, 坂田; 高流動コンクリートの打継強度に関する一実験, 土木学会第49回年次講演会論文集, 第5部, 1994

表-2 施工実績一覧

リフト No.	施工量 (m ³)	施工時間 (h)	品質管理試験結果			
			回数 (回)	スランブロー (cm)	V型ロー (sec)	圧縮強度 (kgf/cm ²)
1	760	12.0	12	65.8	10.0	377
				0.9	18.8	5.1
2	650	9.5	12	66.0	10.5	383
				1.5	12.1	2.2
3	850	10.5	13	65.6	12.5	400
				1.0	10.4	2.6

*上段; 平均値, 下段; 変動係数 (%) *圧縮強度は材齢91日

