

シールド二次覆工コンクリートの長距離圧送について

西松建設(株)九州支社 正会員 ○久米 満里
 西松建設(株)九州支社 梅木 清文
 西松建設(株)九州支社 高永 光太郎

1. はじめに

本工事は近年の降雨強度の増加による博多駅周辺の浸水対策および合流式下水道の分流化事業として雨水幹線を築造するものである。本報では、仕上がり内径 $\phi 1800$ 、路線延長 $L=680\text{m}$ のシールドトンネルにて実施した発進立坑からの二次覆工コンクリートの長距離圧送について報告する。

2. 工事概要

工 事 名：住吉（住吉2丁目3外）地区下水道築造工事

発 注 者：福岡市

工事場所：福岡市博多区住吉2丁目外地内（図—1）

工事内容：セグメント種別：鋼製セグメント

仕上がり内径 $\phi 1800\text{mm}$ （コンクリート二次覆工部）

路線延長 $L=683\text{m}$ 、最小曲率半径 $R=15\text{m}$

3. コンクリート二次覆工における課題

(1) 施工条件

①断面の特徴

シールド全路線の一次覆工断面は、全体の3%にあたる発進立坑側の約20m区間の仕上がり内径 $\phi 2000\text{mm}$ （FRPM管）から決定されており、全体を代表する残り97%は仕上がり内径 $\phi 1800\text{mm}$ のコンクリート二次覆工部となる。このため、一般の二次覆工に比べ覆工厚が大きく図—2のような標準断面となる。

②打設スパン

工期短縮を目的として直線区間標準の打設スパンを12.0mで計画し、1スパンのコンクリート打設量が 29.9m^3 となった。

③コンクリート坑内搬送方式および投入箇所の選定

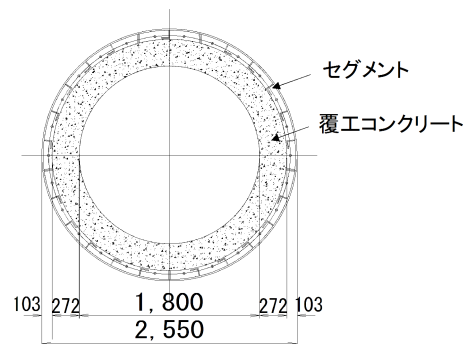
コンクリート搬送方式は、坑内軌道設備で運搬するアジテーターカー方式と配管によるコンクリートポンプ圧送方式がある。本工事では、一次覆工内空断面の制約からポンプ圧送方式を選定した。コンクリートの投入箇所は交通規制条件の制約から発進立坑に限定されたため、初回打設となる到達立坑部までの圧送距離は680mとなった。

(2) 課題

コンクリートの圧送負荷は配管内に充填されたコンクリート重量、曲線部や高低差による圧力損失および管内の摩擦抵抗に関係し、長距離圧送ではコンクリートポンプの吐出圧によりコンクリート内エアーの体積減少や脱水現象が発生する。これらの影響によりコンクリートのワーカビティの低減やさらには配管内閉塞を引き起こし、品質・工程等大きな損失を招く恐れがある。したがってコンクリートの配合についてこれらのリスクを回避するための流動性と分離抵抗性の確保およびコンクリート性状変化への対応が課題となった。



図—1 工事位置図



図—2 標準断面図

キーワード シールド，二次覆工，コンクリート長距離圧送，混和剤

連絡先 〒810-0022 福岡市中央区薬院 1-14-5 西松建設(株)九州支社 TEL 092-771-3124

4. 対策工

(1) コンクリート配合計画

コンクリートの分離抵抗性は骨材の粒度分布等に起因することから、微粒子分の増加対応としてフライアッシュを添加することとし、増粘材入り高性能 AE 減水剤を使用する配合とした。さらにコンクリート投入前の生コン車に圧送助剤（レオパック PA）を混入・攪拌し圧送性を向上することとし、表－1 の配合にて室内試験練を実施しその性状を確認した。図－3 に示すスランプフローの試験結果から出荷から打設までの所要時間 90 分を想定した大気圧下においては十分な流動性を保てることが確認できた。

(2) ポンプ圧送設備計画

セントル内へのコンクリート充填は円形断面の閉塞された空間への圧入状態であり、打設終盤におけるセントル内充填圧の上昇に伴う圧送負荷への補助として中継ポンプを使用する設備計画とした。表－2 にポンプ圧送設備、図－4 に坑内ポンプ配置位置概略図を示す。

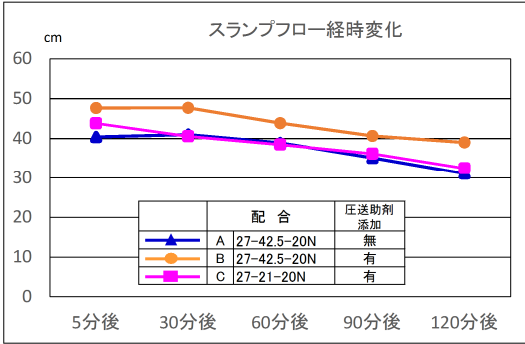
表－2 ポンプ圧送設備

地上設置圧送ポンプ	坑内中継ポンプ
	
型式:BSA-1405E(400V/75KW) 能力:10.6MPa 37m3/h	型式:MCP1003(400V 30kW) 能力:25MPa 30m3/h

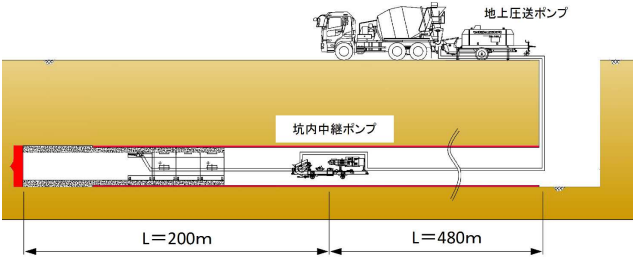
表－1 コンクリート配合一覧表

	配 合	圧送 助剤 添加	① セメン ト量 (kg)	水 (kg)	細骨 材 (kg)	粗骨 材 (kg)	② フライ アッシュ (kg)	混和剤 種別	W/C (%)	S/A (%)	③ 0.3mm以下 粒径骨材 量(kg)	①+②+③ 微粒子 含有量 (kg)
A	27-42.5-20N	無	324	175	894	867	20	マスターグレーム 6500	54	52.1	208	552
B	27-42.5-20N	有	324	175	894	867	20	マスターグレーム 6500	54	52.1	208	552
C	27-21-20N	有	324	175	905	867	20	マスターグレーム SP8SV	54	52.7	210	554

※配合A, Bは中流動コンクリート(スランプフロー42.5cm)



図－3 スランプフロー経時変化



図－4 圧送配置概略図

5. 施工結果

圧送距離が長くなる施工初期段階の配合は 27－42.5－20N（圧送助剤添加）を使用した。ポンプ圧送に伴うコンクリートの性状変化を確認するため地上部生コン車到着時と中継ポンプホッパー部におけるスランプフローの比較を表-3 に示す。圧送に伴うスランプフローの大きな低減は確認されず、性状を維持しコンクリートの品質を確保することができたといえる。初期段階では 1 日の打設量全てに圧送助剤を使用した。日々の圧送負荷の変化およびセントル部打設箇所におけるワーカビリティの状況に応じその都度使用の必要の有無を判断した。コンクリート配合の使用実績を表－4 に示す。

表－3 スランプフロー変化

	スランプフロー
圧送前	38cm×40cm
中継ポンプ	38cm×38.5cm

表－4 コンクリート配合使用実績

区 間	配 合
357m地点～680m	27-42.5-20N
起点～357m地点	27-21-20N

6. おわりに

二次覆工コンクリートの長距離圧送で配管閉塞を発生させた場合、覆工コンクリートの品質悪化を招くうえ、特に小断面シールド工事では配管のとりまわしスペースが確保できず復旧対策に大きなロスが発生する。今回の施工条件の圧送距離680m以上を地上1台のポンプで圧送する施工事例は過去に報告されているが、打設パンを12.0mと長くしたことによる 1 日の施工サイクルの長時間化およびセントル内への圧入抵抗の増大に対応するため、設備能力に余裕のある計画とした。その結果、配管閉塞やその他の圧送トラブルを一度も発生させることなくスムーズな施工サイクルを確保でき、覆工コンクリートの品質を確保することができた。本工事における事例が今後の類似施工の参考になれば幸いである。