

硬練り水中不分離性コンクリートの圧送性について

日本海上工事（株） フェロー会員 ○大野 俊夫 正会員 岸田 哲哉 星野 太
鹿島建設（株） 正会員 柳井 修司 吉田 祐麻 石原 泰幸

1. はじめに

近年、高度成長期に施工された下水道管や地下暗渠の老朽化が問題となっており、ストックマネジメント手法を踏まえ、適切な維持管理を行うことが重要となっている¹⁾。そのような中、人口の減少が続く自治体などでは、老朽化した下水道管等の廃止や統合により管を埋め戻すことが想定される。管の埋戻しにおいて、コンクリートで築造した隔壁によりエリア分けして充填することを考えた場合、管頂部まで隔壁用のコンクリートを立ち上げる必要がある。この場合、流動性の小さい硬練りの水中不分離性コンクリートを圧送することが考えられる。しかしこれまでは、比較的流動性の大きい水中不分離性コンクリートを対象とした圧送性の検討事例はあるが²⁾、流動性の小さい硬練りの水中不分離性コンクリートの圧送性についてはあまり検討されていない。本報文では流動性の小さい硬練り水中不分離性コンクリートの圧送性を評価するために、配管延長約60mの圧送実験を実施し、圧送性と管内圧力損失の把握を行った。

2. 実験概要

(1) 水中不分離性コンクリートの配合

本実験で使用した水中不分離性コンクリートの仕様を表-1、水中不分離性コンクリートの配合を表-2に示す。目標スランブフローは水中不分離性コンクリートで最も小さい範囲³⁾の35cmとし、狭隘な搬送ルートでの輸送管径（4インチ）を考慮して粗骨材では碎石1305の混合比を多く配合した。

表-1 水中不分離性コンクリートの仕様

試験項目	規格	目標値
スランブフロー	JIS A 1150	35±5cm
空気量	JIS A 1128	4.5%以下
コンクリート温度	JIS A 1156	5～35℃
圧縮強度	JIS A 1108 JSCE-F504	21N/mm ²
水中気中強度比	JSCE-D104	0.8以上

表-2 水中不分離性コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
		W	C	S	G1	G2	AW	SP
60	43.5	210	350	722	200	797	2.21	4.2

W; 上水道水, C; 普通ポルトランドセメント(密度3.16g/cm³), S; 陸砂(表乾密度2.58g/cm³, F.M.2.75), G1; 碎石2005(表乾密度2.74g/cm³, F.M.6.61), G2; 碎石1305(表乾密度2.73g/cm³, F.M.6.41), AW; 水溶性セルロース系水中不分離性剤, SP; ポリカルボン酸系高性能減水剤

(2) 配管形状

配管形状および管内圧力の計測位置を図-1に示す。輸送管はポンプ車根元部からベント管、テーパ管を介して5インチまで絞り、4.0mの5インチ管と1mのテーパ管を介して52.0mの4インチ管を接続した。管内圧力計(P1～P4)は5インチ管の両端、4インチ管のポンプ側の端部と端部から34.0mの位置に設置した。P1～P2(長さ3.5m)では5インチ管の管内圧力損失、P2～P3はテーパ管の管内圧力損失、P3～P4(長さ33.5m)では4インチ管の管内圧力損失を計測した。

(3) 実験手順

圧送実験では、水中不分離性モルタルを先送りした後に水中不分離性コンクリートを圧送し、筒先からコンクリートが吐出したことを確認した後、圧送を一時停止した。その後徐々に吐出量を上げ、決められた設定吐出量(17～25m³/h)で3分間ずつ圧送した。圧送量は4m³/車×2車=8m³とした。

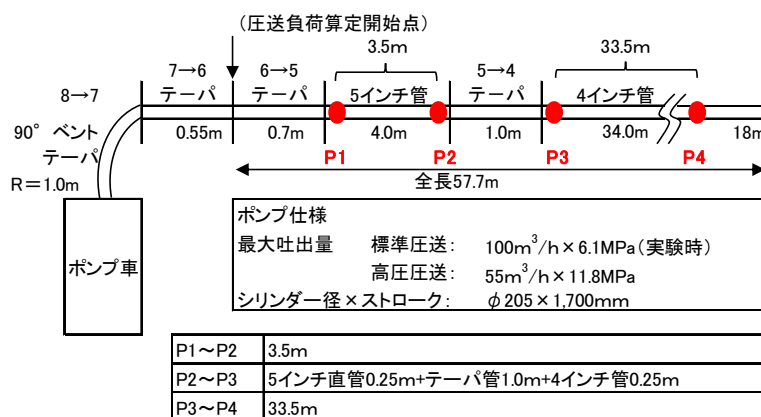


図-1 配管形状および圧送時の管内圧力の計測位置

キーワード：水中不分離性コンクリート、硬練り、圧送性、管内圧力損失、4インチ、5インチ

連絡先：〒112-0004 東京都文京区後楽1丁目7-27 日本海上工事（株）TEL 03-5802-6351

3. 実験結果

(1) コンクリートの性状（品質管理試験結果）

コンクリートの品質管理試験結果を表-3に示す。2車目においては、筒先から吐出した圧送後の試料についても試験を実施した。全ての試験において目標値を満足する結果であり、また、圧送によるフレッシュ性状の変化は非常に小さいものであった。

(2) 圧送実験結果

圧送性に関して、実験全体を通して閉塞することなく順調に圧送することができた。設定吐出量と主油圧から算出したピストン前面圧の関係を図-2に示す。なお、実吐出量は測定していないため、設定吐出量で整理を行った。今回の実験では、設定吐出量 $19\text{m}^3/\text{h}$ までは吐出量の増加に伴いピストン前面圧も増加したが、それ以降は吐出量を上げてピストン前面圧は増加しなかった。これは水中不分離性コンクリートの粘性が大きいこと³⁾や本実験で使用した水中不分離性コンクリートのスランプフローが小さいことから、ポンプの機械効率が低下したためと考えられた。

設定吐出量と水平管 1m 当りの管内圧力損失の関係を図-3に示す。なお、図中には土木学会コンクリートのポンプ施工指針（2012 年版）⁴⁾（以降、ポンプ指針）に記載されている水中不分離性コンクリートの管内圧力損失を併記した。スランプフローが 35 cm 程度と小さいにもかかわらず、5 インチ管の管内圧力損失はポンプ指針に記載されたものより小さく、むしろ 6 インチ管の値に近い数値となった。これは、粗骨材に 13~5mm の骨材を多用したことにより、管内での骨材のロッキングが生じにくくなったためと考えられた。

また、この他にもポンプの性能が以前に比べ、向上していることもその一因と考えられる。4 インチ管の管内

圧力損失は吐出量 $20\text{m}^3/\text{h}$ 程度で $0.063\text{N}/\text{mm}^2/\text{m}$ と非常に大きく、5 インチ管の 2 倍程度であった。テーパ管 (5B→4B) に関しては、ばらつきはあるものの 4 インチ管の 4 倍程度であった。

4. まとめ

硬練り水中不分離性コンクリートの圧送実験を行った結果、4 インチ管で 50m の圧送が可能であり、4 インチ管、5 インチ管およびテーパ管の管内圧力損失を把握することができた。今後、硬練り水中不分離性コンクリートの圧送性や圧送負荷算定の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部：ストックマネジメント手法を踏まえた下水道長寿命化計画策定に関する手引き（案），2013.9
- 2) 久保・柳井・中村・岸田：水中不分離性コンクリートの長距離圧送と品質について，土木学会第 62 回年次学術講演会，2007.9
- 3) 土木学会：水中不分離性コンクリート設計施工指針（案），コンクリートライブラリー67，1991.5
- 4) 土木学会：コンクリートのポンプ施工指針[2012 年版]，コンクリートライブラリー135，2012.6

表-3 コンクリートの品質管理試験結果

試験項目	1車目	2車目	
	圧送前	圧送前	圧送後
スランプフロー (cm)	33.5	36.5	35.0
空気量 (%)	3.1	2.7	3.8
コンクリート温度 (°C)	32.0	32.0	34.0
圧縮強度 σ_{28} (N/mm^2)	水中	26.1	-
	気中	30.8	29.1
水中気中強度比	0.85	-	-

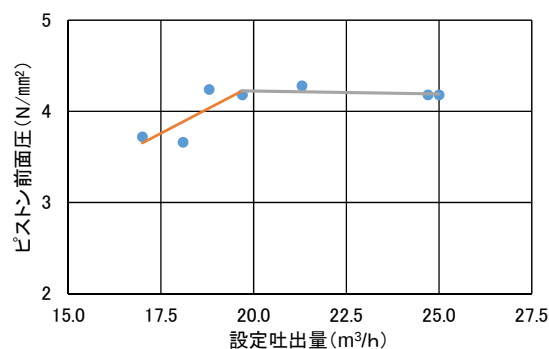


図-2 設定吐出量とピストン前面圧の関係

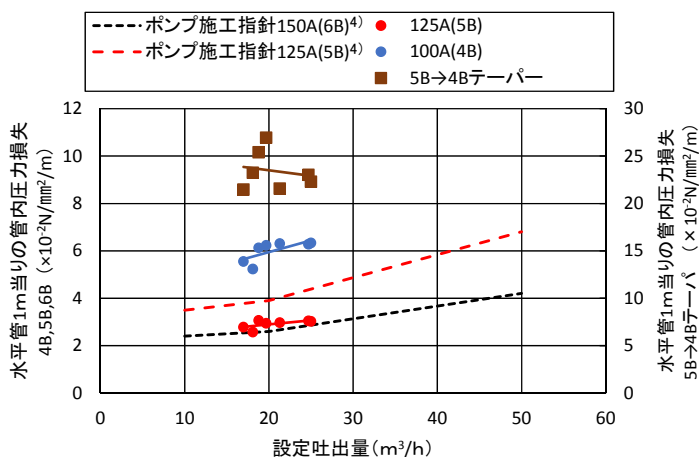


図-3 設定吐出量と水平管 1m 当りの圧力損失の関係