

V-463

高流動コンクリートの長距離ポンプ圧送試験

新潟県三面川開発事務所 正会員 峰村 修
 長岡技術科学大学 フェロー 丸山 久一
 鹿島技術研究所 正会員 坂田 昇
 鹿島技術研究所 正会員 柳井 修司
 長岡技術科学大学 柏木 亮二

1. はじめに

新潟県奥三面ダム建設工事に於いてダム仮排水路閉塞工に自己充填性を有する高流動コンクリートを適用することを想定して、全長375mの長距離ポンプ圧送試験を実施した。高流動コンクリートのポンプ圧送については数多くの試験例が報告されている¹⁾が、配管長が300mを超えるような長距離圧送に関する報告は皆無である。本報文では、夏期における市中生コン工場からの長時間運搬（約2時間）、375mの長距離ポンプ圧送という過酷な条件下で実施した高流動コンクリートのポンプ圧送試験の結果について報告する。

2. 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料を表-1に、ポンプ圧送試験に供した高流動コンクリートの配合を表-2に示す。コンクリートは主成分がウェランガムの増粘剤を用いた併用系高流動コンクリートとし、混和材には石灰石微粉末を高性能AE減水剤にはβ-ナフタリンスルホン酸塩系のものを用いた。

3. 試験概要

コンクリートの製造は市中の生コン工場で行い、水平二軸強制練りミキサ（容量2.5m³）を用いて、全材料投入後60秒間練り混ぜた。1バッチの練混ぜ量は1.5m³とし、3バッチ4.5m³を練り混ぜ、アジテータ車1台分として計4台のアジテータ車を出荷した。練り上がったコンクリートは所定の品質を満足していることを確認した後、約2時間かけて現場へ運搬した。現場到着後、表-3に示す仕様を有する油圧ピストン式ポンプを用いて水平輸送管長375m（輸送管125A、集水トンネル坑内に配管）の圧送を行い、表-4に示す項目にしたがって、フレッシュおよび硬化後のコンクリートの性状、ポンプ圧送性を測定した。管内圧力の測定は輸送管上に取り付けした圧力変換器を用いて連続的に行った。圧力変換器の設置位置はポンプ出口から3m（P1）、111m（P2）、222m（P3）、333m（P4）の4箇所とした。

4. 試験結果および考察

図-1にコンクリートの試験結果を示す。出荷時のスランブフロー値は685～695mmの範囲であり、極めて性
 キーワード：高流動コンクリート、ポンプ圧送性

連絡先：〒958-0268 新潟県若船郡朝日村小川29-3 TEL：0254-52-1871 FAX：0254-52-4148

表-1 使用材料

使用材料	記号	摘要
セメント	C	普通ポルトランドセメント 比重3.16、比表面積3,230cm ² /g
細骨材	S	新潟産山砂 表乾比重2.59、吸水率1.70%、粗粒率2.73
粗骨材	G	新潟産川砂利 表乾比重2.62、吸水率1.92%、Gmax25mm、実積率65.7%
混和材	LP	石灰石微粉末 比重2.70、比表面積3,700cm ² /g
混和剤	SP	高性能AE減水剤 主成分：β-ナフタリンスルホン酸塩系
	VIS	特殊増粘剤 主成分：ウェランガム

表-2 高流動コンクリートの配合

スランブフロー (mm)	W/C (%)	w/p (%)	Air (%)	Gvol. (%/m ³)	単位量(kg/m ³)					SP (P×%)	VIS (W×%)
					W	C	LP	S	G		
700	55.0	95.0	4.5	0.330	175	318	225	685	868	2.60	0.20

表-3 ポンプの仕様

ストローク長	1650mm
シリンダ数	2
ホッパ容量	0.50m ³
輸送シリンダ径	φ205mm
	標準仕様 高圧仕様
吐出量	10～100m ³ /h 10～60m ³ /h
ピストン前面圧	4.90N/mm ² 8.05N/mm ²
水平輸送距離*	530m 820m
垂直輸送距離*	125m 220m

*：輸送管125Aの場合

表-4 測定項目

コンクリートの性状	
測定項目	備考
スランブフロー	
V75漏斗	アジテータ車1台目および4台目
空気量	…出荷時および現場到着時に実施
材料分離抵抗性 ²⁾	アジテータ車2台目および3台目
コンクリート温度	…出荷時、現場到着時、ポンプ筒先で実施
圧縮強度(7.28日)	
ポンプ圧送性	
測定項目	備考
ポンプ主油圧	連続的に測定
ピストン前面圧	主油圧をピストン前面圧換算比で除して算出
設定吐出量	時間当たりのピストンのストローク回数を測定し、シリンダー行程容積から算出
実吐出量	アジテータ1車当たりの搬出時間を測定し、積載量を搬出時間で除して算出
管内圧力	輸送管上に設置した圧力変換器から測定

状が安定していた。現場到着までに約120分間を要し、さらに外気温が30℃(コンクリート温度28℃)という過酷な条件ではあったが、経過時間に伴う流動性の低下は認められず、スランプフローが30～70mm大きくなる傾向にあった。また、 V_{75} 漏斗流下時間は3秒程度小さくなる傾向にあった。ポンプ圧送前後では、圧送開始から筒先に至るまで約30分を要したが、スランプフローは0～20mmの増加、 V_{75} 漏斗流下時間は1～2秒の減少を示す程度であり、流動性の変化はほとんど認められなかった。また、キッチンペーパーを用いた材料分離抵抗性試験²⁾では、ペースト付着量がいずれの場合も1.0g以下であり、材料分離は認められなかった。なお、集水トンネル坑内の温度が18℃程度であったため、筒先のコンクリート温度は21℃まで低下していた。また、空気量は圧送前後で1%程度小さくなる傾向にあった。28日圧縮強度は試料を採取した場所(生コン工場、現場受入れ地点、トンネル坑内)により初期養生条件が異なるものの28N/mm²～35N/mm²であり、コンクリートの運搬およびポンプ圧送による影響は小さいものであった。

図-2にピストン前面圧の時刻歴を示す。ピストン前面圧は圧送開始時からほぼ直線的に漸増していき、約30分後に筒先からコンクリートの流出が確認された。定常状態におけるピストン前面圧は5.6N/mm²であり、ポンプ能力の約70%に相当するものであった。表-5および図-3に圧送が定常状態になったときの測定結果を示す。コンクリートの実吐出量は9m³/hであり、圧送負荷を考慮したため、比較的緩やかな圧送速度となった。また、管内圧力損失は図-3に示すように、筒先に近くなるほど小さくなる傾向を示し、輸送管全長における単位長さ当りの圧力損失は 0.16×10^{-1} N/mm²/mであった。ポンプ施工指針(案)によれば、今回の試験における水平圧力損失は、スランプ8cm(輸送管125A)よりも硬練りのコンクリートに相当するものであり、圧力損失が大きくなる傾向にあった。これは、試験に供した高流動コンクリートが極めてブリーディングを生じにくく、管内摩擦抵抗が大きくなるためであると考えられた。しかしながら、閉塞なく極めてスムーズに圧送可能であったこと、圧送負荷がポンプ最大能力の70%程度に抑制されていたこと、製造-長時間運搬(夏期)-長距離圧送という厳しい条件下においてコンクリートの性状がほとんど変化しなかったことを考慮すると今回試験に供した併用系高流動コンクリートは、ダム仮排水路閉塞工に十分適用可能であると判断された。

5. まとめ

併用系高流動コンクリートを全長375mの長距離ポンプ圧送に供した結果、円滑なポンプ施工が可能であり、コンクリートの性状変化も小さかったことから、試験に供した高流動コンクリートは長時間運搬、長距離圧送を行う施工に十分適用可能であることが分かった。

参考文献

- 1) 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第93号、1998.7
- 2) 坂田、丸山、稲葉、皆口：高流動コンクリートの材料分離の簡易評価試験方法について、土木学会高流動コンクリートシンポジウム論文報告集、1997.3

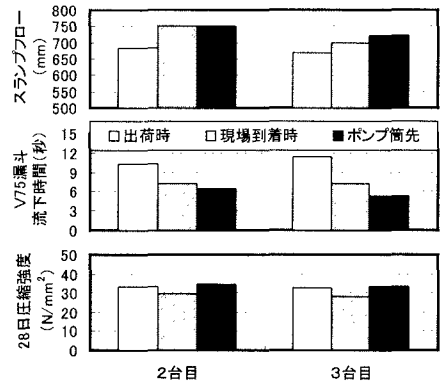


図-1 コンクリートの試験結果

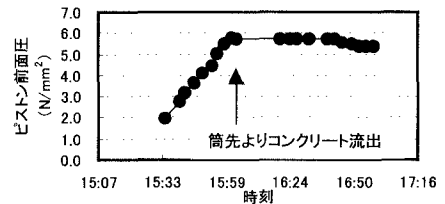


図-2 ピストン前面圧の時刻歴

表-5 ポンプ圧送測定結果

設定吐出量 (m ³ /h)	13.9
実吐出量 (m ³ /h)	9.0
吐出効率 (%)	64.7
ポンプ主油圧 (N/mm ²)	16.3
ピストン前面圧 (N/mm ²)	5.58

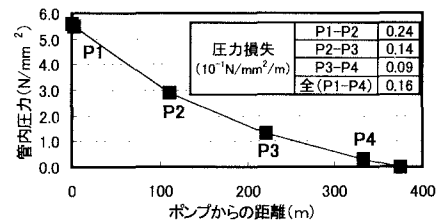


図-3 圧送距離と管内圧力の関係