

高流動コンクリートのポンプ圧送性に関する検討

西脇 敬一*1・唐沢 智之*2・野畑 茂雄*3・関口 健二*4

概 要

駅改良工事のコンクリートの施工では、施工条件から離れた場所にポンプを配置し、長距離圧送して打込みを行わなければならない場合が多い。一方、構造物は、耐震性の向上のために配筋が過密となり、最近では充填性の向上を目的に高流動コンクリートの適用が増加している。そこで、高流動コンクリートを長距離ポンプ圧送した際の性状の確認を目的として、水平換算距離 400m 以上となる条件で圧送実験を行った。

その結果、高流動コンクリートは、通常のスランプ 21cm のコンクリートと比較して、圧送による流動性の低下が大きく、また圧送負荷が増大することが確認された。しかしながら、増粘剤一液型の高性能 AE 減水剤を用いた高流動コンクリートは、これらが抑制され、長距離圧送を伴う施工条件では、圧送性の改善として有効な対策になることを明らかにした。

キーワード：高流動コンクリート、圧送性、増粘剤一液型高性能 AE 減水剤、管内圧力損失

STUDY OF PUMPABILITY OF HIGH FLUIDITY CONCRETE

Keiichi NISHIWAKI *1, Tomoyuki KARASAWA *2, Shigeo NOBATA *3
Kenji SEKIGUCHI *4

Abstract

In concrete construction for train station renovation, there are often cases where it is necessary to place the pump at a distance from the construction location and to pump the concrete a long distance before placement. On the other hand, to improve seismic resistance of the structure, reinforcement bars must be placed close together, and in recent years, in order to improve fill properties, utilization of high fluidity concrete has been increasing. Therefore, for the purpose of checking the properties of high fluidity concrete that is pumped a long distance, a pumping experiment was conducted under conditions which are equivalent to those for more than 400 m in horizontal converting distance.

As a result, it was confirmed that the fluidity of the high fluidity concrete is greatly reduced by pumping and that the pumping load is increased when compared with slump of 21 cm for normal concrete. However, it was discovered that for high fluidity concrete utilizing a high-performance AE water reducing agent of single component type thickener is an effective countermeasure for improving pumpability under construction conditions that accompany long-distance pumping.

Keywords: high fluidity concrete, pumpability, high-performance AE water reducing agent of single component type thickener, pipe pressure loss

*1 Material Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

*2 Manager, Material Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

*3 Architectural Technology Department, Architectural Division

*4 Deputy Project Manager, JV Shinjuku Station Improvement Office, Tokyo Railway Project Branch

高流動コンクリートのポンプ圧送性に関する検討

西脇 敬一*1・唐沢 智之*2・野畑 茂雄*3・関口 健二*4

1. はじめに

駅改良工事のコンクリートの施工では、施工条件から離れた場所にポンプを配置し、長距離圧送して打込みを行わなければならない場合が多い。一方、構造物は、耐震性の向上のために配筋が過密となり、最近では充填性の向上を目的に高流動コンクリートの適用が増加している。しかしながら、一般に高流動コンクリートは、単位粉体量が多くなるため粘度が高くなり、圧送時は、圧送負荷が大きくなる傾向にあること、また圧送に伴い流動性が低下するなどフレッシュ性状が著しく変化すると報告¹⁾もみられる。このような中、最近、増粘剤が混入された高性能 AE 減水剤（以下、「増粘剤一液型高性能 AE 減水剤」と称す）が市販され、単位粉体量を増大させずに容易に高流動コンクリートを製造することが可能となったが、増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を用いた高流動コンクリートのポンプ圧送性に関する報告²⁾は少ない。

そこで、高流動コンクリートを長距離ポンプ圧送した際の性状の確認を目的として、水平換算距離 400m 以上となる条件で圧送実験を行った。本稿は、これらの結果について報告するものである。

2. 実験概要

2. 1 実験条件

実験ケースは、表-1 に示すように増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を用いた高流動コンクリート、通常のポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を用いた粉体系の高流動コンクリートおよび

び比較として AE 減水剤を用いた通常の 30-21-20N のコンクリートの 3 ケースとした。

目標吐出量は、ケース 1 では吐出量と圧送負荷の関係を確認するため 20m³/hr（ケース 1a）と 30m³/hr（ケース 1b）の 2 水準とし、ケース 2 とケース 3 では、ケース 1 との比較のため 30m³/hr とした。

コンクリートの配合を表-2 に示す。ケース 1 とケース 2 では、荷卸し時のスランプフローが 65±5cm となるように高性能 AE 減水剤を調整して添加した。ケース 3 は、通常の強度およびスランプのコンクリートであるが、剥落防止用として PVA 繊維を 0.075vol% 添加した配合である。

配管は、5B 管を用いて表-3 の数量を図-1 に示すように配置した。水平換算距離は、土木学会コンクリートのポンプ施工指針³⁾（以下、「ポンプ指針」と称す）に準じて算出すると、管内圧力測定時に 443m、コンクリートの品質確認時に 410.5m となる。

表-1 実験ケース

実験ケース	コンクリートの種類	目標吐出量 [m ³ /hr]
1a	増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を用いた高流動コンクリート	20
1b		30
2	粉体系の高流動コンクリート	30
3	通常のコンクリート(30-21-20N)	30

表-2 コンクリートの配合

ケース	W/C [%]	s/a [%]	A [%]	単位量 [kg/m ³]			
				W	C	S	G
1	42.5	53.6	4.5	170	400	911	811
2	31.9	52.1	4.5	175	549	830	783
3	53.1	51.9	4.5	175	330	918	878

*1 建設技術総合センター 研究開発センター 材料グループ

*2 建設技術総合センター 研究開発センター 材料グループ グループリーダー

*3 建築本部 建築技術部

*4 東京鉄道支店 JV 新宿駅改良作業所 副所長

ポンプは、表-4に示す諸元の定置式ポンプを使用し、圧送は標準モードで行った。

2.2 試験および計測項目

実験では、圧送に伴うコンクリートの品質の変化および圧送圧の確認を目的に表-5に示す試験および計測を行った。コンクリートの品質確認試験では、圧送前後の試料を採取して、フレッシュ性状と材齢 28 日の圧縮強度を確認した。なお、フレッシュ性状に関する試験は、経時変化による影響を除くため、ポンプへの荷卸しの前に練り舟に卸して静置しておいた試料と、圧送後の試料で同時に行った。

管内圧力は、写真-1に示すフラッシュダイヤフラム型圧力計を図-1に示す8箇所を設置して測定した。

実吐出量（以下、「吐出量」と称す）は、ポンプのシリンダーのストローク所要時間から理論吐出量を求め、これにポンプ指針に示される機械効率 0.9 を乗じて算出した。

3. 実験結果

3.1 コンクリートの品質変化

フレッシュ時の試験結果を表-6に示す。スランプフローは、圧送によって低下し、ケース 1a で 69.0cm から 50.5cm に、ケース 1b で 68.5cm から 44.0cm に、ケース 2 で 60.5cm からスランプで 19.5cm となった。これより、高流動コンクリートは、圧送に伴って流動性が大きく低下することが確認された。また、同一のコンクリートでは、吐出量が多くなるほど流動性の低下が大きいことがわかった。高性能 AE 減水剤の種類の違いによる影響をみるために、目標吐出量が 30m³/hr のケース 1b（増粘剤一液型高性能 AE 減水剤）とケース 2（粉体系）を比較すると、圧送前のスランプフローに差はあるが、ケース 2 では圧送後に流動性がスランプとして測定可能な範囲まで低下したことを考えると、圧送に伴う流動性の低下は、ケース 2 に比べてケース 1b が小さいと考えられる。これより、増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を用い

表-3 配管数量

測定時期	種類	数量
管内圧力測定時	水平管	355m
	バント管	12本
	上向き垂直管	4m
コンクリートの品質確認試験時	水平管	350.5m
	バント管	10本

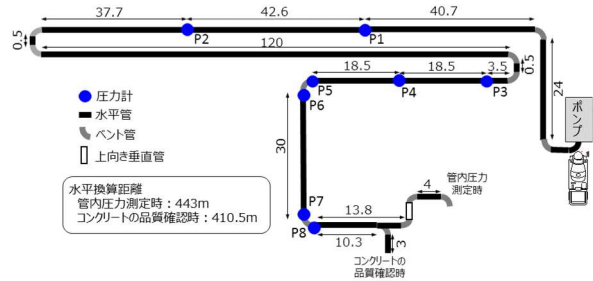


図-1 配管の配置図

表-4 定置式ポンプの諸元

理論最大吐出量	高圧時76m ³ /hr、標準時110m ³ /hr
理論最大吐出圧	高圧時22MPa、標準時15MPa
コンクリートシリンダー径/ストローク長	φ200mm/2,100mm
コンクリートシリンダー容積	66リットル

表-5 試験および計測項目

試験および計測項目	試験および計測方法
スランプまたはスランプフロー	圧送前後の試料を採取して測定
空気量	
圧縮強度	圧送前後の試料で供試体を作製して測定
管内圧力	配管に設置した圧力計より動ひずみとしてパソコンに記録
シリンダーのストローク所要時間	ストップウォッチで計測



写真-1 フラッシュダイヤフラム型圧力計

表-6 フレッシュ時の試験結果

ケース	吐出量 [m ³ /hr]	圧送	スランプフローまたはスランプ [cm]		空気量 [%]
1a	18.1	前	69.7 × 67.8	69.0	3.3
		後	51.2 × 49.5	50.5	4.7
1b	29.1	前	68.6 × 68.5	68.5	5.5
		後	44.5 × 43.0	44.0	5.5
2	28.1	前	61.6 × 59.2	60.5	3.8
		後	19.5(スランプ)		5.0
3	31.3	前	19.0(スランプ)		4.9
		後	18.0(スランプ)		5.9

た高流動コンクリートは、通常の粉体系の高流動コンクリートと比較すると、圧送に伴う流動性の低下が小さいと推察される。

一方、通常のコンクリートであるケース3は、吐出量 31.3m³/hr の場合でもスランプの低下は 1cm と非常に小さい。これより、同等の吐出量で比較すると、高流動コンクリートは、通常のコンクリートに比べて圧送に伴う流動性の低下が大きいことが確認された。

次に空気量をみると、実験ケース 1b 以外のケースは、圧送によって空気量が若干増加する傾向がみられたが、その変化量は小さかった。

材齢 28 日の圧縮強度の試験結果を図-2 に示す。圧縮強度については、圧送の前後による変化量は小さく、一定の変化傾向は認められなかった。

以上の結果より、高流動コンクリートは、圧送に伴う品質の変化として流動性の低下が大きく、長距離圧送を伴う施工条件では、施工前に低下量について十分に検討する必要があることがわかった。

3. 2 管内圧力損失

圧力計によって測定された管内圧力の結果を図-3 および図-4 に示す。図中の配管実長 0m 点での管内圧力は、ポンプの油圧計から算出した値とした。これらの管内圧力から算出される水平管 1m 当りの管内圧力損失（以下、「管内圧力損失」と称す）と吐出量の関係を図-5 に示す。なお、図中には、ポンプ指針³⁾に示されるスランプ 21cm の通常のコンクリートの管内圧力損失を併記した。管内圧力損失は、ケース 1a で 0.011MPa/m、ケース 1b で 0.017MPa/m、ケース 2 で 0.043MPa/m、ケース 3 で 0.012MPa/m となった。同等の吐出量で比較すると、ケース 1b はケース 3 の 1.4 倍程度、ケース 2 はケース 3 の 3.6 倍程度となり、既往の報告³⁾と同様に高流動コンクリートの管内圧力損失は、通常のコンクリートと比較して大きくなることが確認された。高性能 AE 減水剤の種類の違いによる影響をみるために、前述のコン

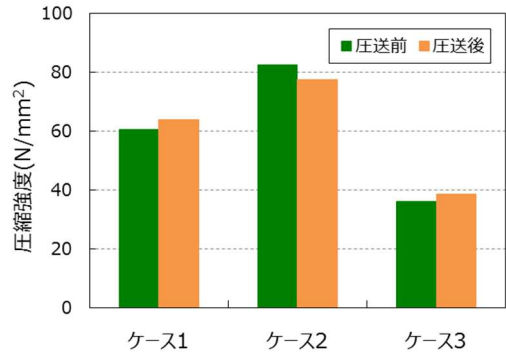


図-2 圧縮強度の試験結果

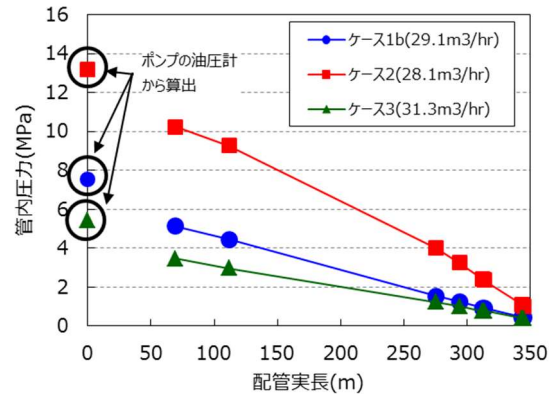


図-3 管内圧力の測定結果 1

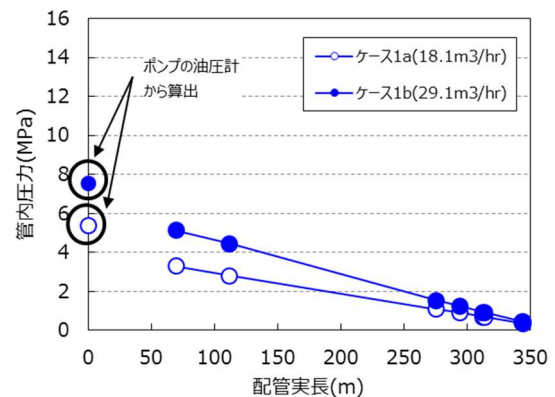


図-4 管内圧力の測定結果 2

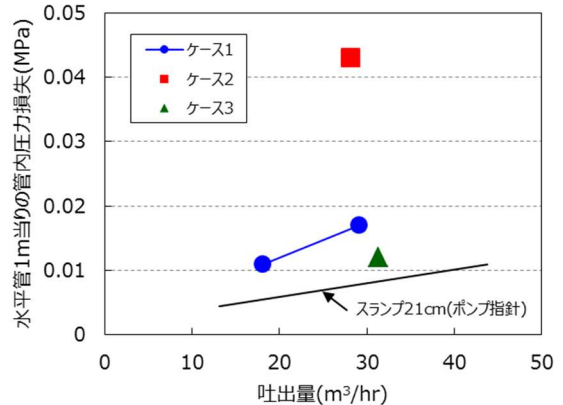


図-5 水平管 1m 当りの管内圧力損失と吐出量の関係

クリートの品質変化と同様にケース 1b とケース 2 を比較すると、ケース 1b の管内圧力損失は、ケース 2 の 0.4 倍程度となった。また、ケース 1b の管内圧力損失は、増粘剤を別途添加する一般的な増粘剤系の高流動コンクリート⁴⁾と比較して若干小さくなった。

以上の結果より、増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を用いた高流動コンクリートは、粉体系の高流動コンクリートと比較して、圧送負荷の抑制が可能であり、長距離圧送を伴う施工条件では、圧送性の改善として有効な対策になると考えられる。

4. まとめ

高流動コンクリートの長距離ポンプ圧送性の確認を目的として、水平換算距離 400m 以上となる条件で圧送実験を行った。その結果、以下の知見を得ることができた。

- (1) 高流動コンクリートは、通常のコンクリート(30-21-20N)と比べると、圧送に伴う品質変化として流動性の低下が大きく、長距離圧送を伴う施工条件では、施工前に低下量について十分に検討する必要がある。
- (2) 増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を用いた高流動コンクリートは、粉体系の高流動コンクリートと比較すると、圧送に伴う流動性の低下が小さいと推察される。
- (3) 高流動コンクリートは、通常のコンクリート(30-21-20N)と比べると、管内圧力損失が高く圧送負荷が大きくなる。
- (4) 増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を用いた高流動コンクリートは、管内圧力損失が粉体系の高流動コンクリートの 0.4 倍程度となり、圧送負荷の低減が可能である。
- (5) 増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を用いた高流動コンクリートは、長距離圧送を伴う施工条件では、圧送性の改善として有効な対策になる。

謝辞

本検討を進めるにあたり、BASF ジャパン(株)の阿合延明氏と蓑宮芳和氏に多大なるご助言およびご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 例えば、谷口秀明・増田和機・牛島栄：高流動コンクリートのポンプ圧送性の改善に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，vol.19, No.1, pp.97-102, 1997
- 2) 例えば、古川雄大・大岡督尚・五十嵐浩行・阿合延明：増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を用いた高流動コンクリートの諸性状，コンクリート工学年次論文集，vol.36, No.1, 2014
- 3) 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
- 4) 土木学会：高流動コンクリートの配合設計・施工指針【2012 年版】，コンクリートライブラリー 136, 2012.6