

短繊維を混入した高流動高強度コンクリートの長距離圧送による性状変化確認試験

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 ○ ヴニャットリン

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 谷野 良輔

鉄建建設 野畑 茂雄

鉄建建設 関口 健二

1. はじめに

駅改良工事等の現場では、資材搬入路を十分に確保できないため、離れた場所にポンプ車を配置し、現場までコンクリートを長距離圧送しなければならない場合が多い。コンクリートポンプ施工指針¹⁾では、水平換算距離 300m 以上のその他「特殊条件下」とされる圧送において、スランプ低下量を既往の実績や試験圧送によって設定しなければならないと記されている。また、お客さまが通行するエリアに位置する高架橋の梁やスラブに剥落防止用短繊維を混入したコンクリートを打設する場合は、流動性や圧送性が低下することが知られている¹⁾。なお、高流動、高強度コンクリートなどの粘性が大きいコンクリートでは、圧力損失が極端に増大するだけでなく、スランプフローやスランプが低下する場合があるという報告もある¹⁾。よって、各現場により、条件が異なるため、既往の実績のみでは圧送による影響を評価することが困難である。

そこで、短繊維を混入した高流動高強度コンクリート（以下、短繊維高流動高強度と呼ぶ）の長距離圧送における管内圧力損失、コンクリートの性状変化を明らかにすることを目的として、短繊維混入の有無、短繊維の種類をパラメータとして、長距離圧送試験を実施した。本稿ではその結果について報告する。

2. 試験概要

2. 1 試験ケース及び使用材料

試験ケースを表-1、コンクリートの配合を表-2 に示す。スランプフローは、受入れ時に短繊維を混入しない配合で 65 cm、短繊維を混入する配合で短繊維混入前 70 cm に設定した。

2. 2 ポンプ圧送試験

配管構成を表-3、圧送試験概要図を図-1 に示す。配管経路は長距離圧送に対応することを目的とし、125A（5B）の配管を使用して水平換算距離が 400m 以上になるように設定した。ポンプ車は高圧

表-1 試験ケース

ケース	コンクリート	短繊維の特性					目標スランプフロー SLF(cm)	目標吐出量 (m³/h)
		添加量 (vol%)	密度 (g/cm³)	長さ (mm)	直径 (mm)	アスペクト比 (長さ/直径)		
1	高流動 コンクリート f _{ck} = 60N/mm²	短繊維なし					SLF65	30
2		0.05	0.91	12	64.8	185	SLF70 (短繊維 添加前)	
3		0.075	1.3	12	100	120		
4		0.1	0.91	12	300	40		
5		0.066	0.91	12	18	667		
6		0.05	0.91	20	370	54		

表-2 コンクリートの配合

最大骨材 寸法 (cm)	水セメント比 W/C(%)	空気量 (%)	細骨材 率s/a(%)	単用量 (kg/m³)				混和剤
				W	C	S	G	所定の流動性が得られるように調整
20	31.9	4.5	53.7	165	517	882	783	

表-3 配管構成

	配管種類	数量	水平換算係数 ¹⁾
	水平管	350.5m	1
品質確認 試験時	ベント管	10本	6
	上向き垂直管	—	—
	合計		410.5m
圧力 計測時	水平管	355.0m	1
	ベント管	12本	6
	上向き垂直管	4.0m	4
	合計		443.0m

力負荷に対応可能な定置式ポンプを選定した。配管には圧力計を水平管、計 8 ヶ所（図-1、P1～P8）設置し、ポンプからの距離と管内圧力の関係及び、ベント管における管内圧力損失を把握できるようにした。ポンプ吐出量は実施工を考慮して実吐出量 30m³/h を目標値に設定した。

2. 3 コンクリートの品質確認試験

短繊維混入前後及び圧送試験後（圧送無し・有り）のコンクリートを対象に、スランプフロー、空気量を計測した。さらに、短繊維混入前（ベース）、圧送試験後に採取した供試体の材齢 28 日の圧縮強度を測定した。

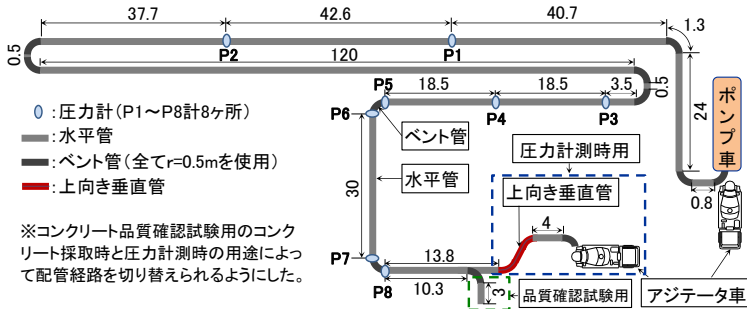


図-1 圧送試験概要図（単位：m）

キーワード 短繊維高流動高強度コンクリート、長距離圧送、スランプフロー、管内圧力損失

連絡先 〒160-0021 東京都新宿区歌舞伎町一丁目 30 番 3 号 新宿総合事務所 4 階 TEL 03-3367-8406

3. ポンプ圧送試験結果

水平管 1m 当りの管内圧力損失と実吐出量との関係を図-2 に示す. 管内圧力損失は, 水平直管部の P3-P5 間の管内圧力差を圧力計間距離で除して求めた. 水平管 1m 当りの管内圧力損失について, ケース 1 (短繊維無し) は 0.034N/mm²/mm となり, 同図に示すスランブ 12 cm の普通コンクリート¹⁾と比べて 3.5 倍となった. また, ケース 2~6 (短繊維有り) は 0.029~0.039 N/mm²/mm となり, 同図に示すスランブ 12 cm の普通コンクリート¹⁾と比べて 2.2~3.0 倍となった. 管内圧力損失が大きい理由として試験に使用する $f'_{ck}=60\text{N/mm}^2$ のコンクリートが普通コンクリートに比べて粘性が大きいためである. さらに, ベント管の水平換算係数について, ケース 1 は 5.15 となり指針¹⁾の値 ($K_b=6$) と比べて同程度である. また, ケース 2~6 は 1.85~2.86 となり, 指針¹⁾の値の半分以下であった.

4. コンクリート品質試験結果

スランブフローの試験結果を表-4 に示す. いずれのケースにおいても, 圧送により, コンクリートのスランブフローが著しく低下することがわかった. また, 圧送有りのコンクリートのスランブフローは, 圧送無しの場合と比較していずれのケースにおいても大きな低下が見られた. 経時変化によるスランブフローの低下は各ケースによって異なるが, 1.9~4.7cm であることから, スランブフローの低下は圧送負荷による影響が大きいと考えられる.

圧送有りの場合のコンクリートのスランブフローはケース 3 が 41.5cm で最も大きい. これは, 本試験では, ケース 3 の短繊維混入によるスランブフローの低下量が小さく, スランブフローが大きい状態で圧送を開始できたため, 他の繊維に比べて圧送後のスランブフローの確保に有効であると考えられる.

空気量の試験結果を表-5 に示す. 空気量は短繊維混入後及び圧送後でわずかに変化したものの, 許容範囲内 ($4.5\pm1.5\%$) に入っている.

圧縮強度試験結果を図-3 に示す. 圧縮強度は全てのケースで $f'_{ck}=60\text{N/mm}^2$ を上回った. また, 短繊維混入前, 圧送試験後 (圧送無し・有り) の圧縮強度はケース 1, 2, 3, 6 においては大きな変化が見られなかったが, ケース 4, 5 においては, 圧縮強度の低下量が大きい. これは短繊維の混入及び圧送により空気量が増大したためであると考えられる.

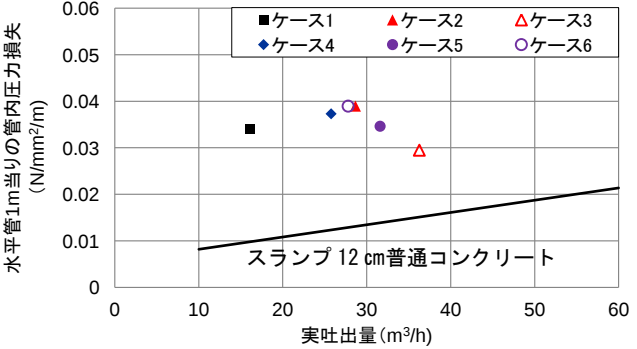


図-2 水平管 1m 当りの管内圧力損失

表-4 スランブフロー (スランブ) の試験結果

試験 ケース	受入れ時			圧送試験後	
	短繊維 添加前	短繊維 添加後	短繊維添加に よる低下量 (cm)	圧送無し (経時)	圧送有り (筒先より)
ケース1	60.2	-	-	57.2	6.5※
ケース2	66.5	58.1	8.4	53.4	5.5※
ケース3	73.5	69.7	3.8	65.9	41.5
ケース4	66.0	57.6	8.4	55.7	14.0※
ケース5	68.0	54.0	14.0	49.8	30.0
ケース6	73.6	65.6	8.0	63.2	15.5※

※スランブフローが30cm以下のケースはスランブを測定した。

表-5 空気量試験結果

試験 ケース	空気量 (%)			
	短繊維 添加前	短繊維 添加後	圧送後 (経時)	圧送後 (筒先)
ケース1	3.8	-	3.5	4.1
ケース2	3.2	3.3	3.3	3.2
ケース3	3.1	3.4	3.3	3.5
ケース4	3.0	4.5	3.6	4.0
ケース5	3.5	3.6	4.6	4.9
ケース6	3.2	3.3	3.2	3.1

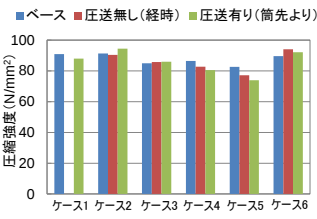


図-3 圧縮強度の変化

5. まとめ

本試験で得られた知見を以下に示す.

- (1) 水平管 1m 当りの管内圧力損失について, ケース 1 (短繊維無し) は 0.034N/mm²/mm となり, 同図に示すスランブ 12 cm の普通コンクリート¹⁾と比べて 3.5 倍となった. また, ケース 2~6 (短繊維有り) は 0.029~0.039 N/mm²/mm となり, 同図に示すスランブ 12 cm の普通コンクリート¹⁾と比べて 2.2~3.0 倍となった.
- (2) 短繊維高流動高強度コンクリートを長距離圧送する場合はスランブフローの低下量が大きい. これは高強度コンクリートの粘性が大きく, 圧送負荷が増大したことも大きな原因であると考えられる. また, 本試験では, 短繊維混入によるスランブフローの低下量が最も小さいケース 3 は, スランブフローが大きい状態で圧送を開始できたため, 他の繊維に比べて圧送後のスランブフローの確保に有効である.
- (3) 短繊維の混入及び圧送による空気量, 圧縮強度の変化は小さい.

参考文献: 1) 土木学会: コンクリートのポンプ施工指針, 2012 版