

鋼繊維補強高流動コンクリートのポンプ圧送性に関する検討

大成建設 東京支店 正会員 ○豊田 努
大成建設 土木技術研究所 正会員 臼井 達哉, 木ノ村 幸士, 坂本 淳

1. はじめに

重複複数シールドによる地下空間構築工法は、多数の小断面シールド(外殻シールド)を重ね合せて一体化し、大断面の外殻覆工体を構築した後に内部土砂を掘削することで、非開削で大空間を構築することができる技術である¹⁾。その中で、外殻シールド内に充填する中詰コンクリートは、せん断補強鉄筋のない構造とするため鋼繊維を 1.0vol%添加した鋼繊維補強コンクリートを用いることを想定している。この鋼繊維補強コンクリートは、シールド内を確実に充填するために自己充填性が求められ、加えて想定される施工条件では水平換算距離 200m 以上の長距離圧送が必要となる。そこで、本研究では鋼繊維を 1.0vol%添加した鋼繊維補強高流動コンクリートの配合を選定し水平換算距離 200m のポンプ圧送試験を行った。

2. 実験概要

コンクリートの品質目標値および確認項目を表-1、使用材料を表-2、コンクリートの配合を表-3、に示す。セメントは、普通ポルトランドセメントを使用し、材料分離抵抗性は石灰石微粉末を使用することで確保した。鋼繊維は、長さ 30mm、アスペクト比 40 のものを 1.0vol%添加した。混和剤は、高性能 AE 減水剤[標準型]および減水剤[遅延型]、空気量調整剤を用いた。また、製造時の骨材の表面水の変動によるフレッシュ性状の安定性を考慮し、増粘剤を使用した。鋼繊維は、投入機ベルトコンベアを用いて鋼繊維を投入した。1 袋 20 kgを 20 秒間隔の投入とし、投入時はアジテータを高速回転させた。全鋼繊維を投入後、120 秒間の高速攪拌を行った。鋼繊維投入、攪拌によるスランブフローの低下、空気量の増加に対して鋼繊維投入後の品質確認試験結果をもとに高性能 AE 減水剤、空気量調整剤、遅延剤を適量トラックアジテータ内に後添加し、スランブフロー、空気量の調整を行った。圧送条件は、水平換算距離 200m、実施工を想定し吐出量をケース 1:25m³/h、ケース 2:35m³/h の 2 ケースとした。コンクリートの水平換算距離は、普通コンクリートの水平換算係数²⁾で変換したものである。輸送管は 125A(5B)を使用した。また、圧送時には水平換算距離約 30m に 1 カ所に圧力計を設置し、圧送時に管内圧力を測定した。圧送試験時のコンクリートの吐出量は、ポンプのストローク数とストローク速度に圧送効率²⁾(0.85 と仮定)を考慮することにより算出した。圧送前の試料については製造完了時の試料をプラスチック容器内に静置し、スランブフロー、空気量の経時変化を適宜測定した。

表-1 コンクリートの品質目標値および確認項目				
測定項目	目標値 (圧送前)	圧送 前	ケース 1	ケース 2
スランブフロー	700±50mm	○	○	○
500mmフロー 通過時間	3～15秒	○	○	○
空気量	4.5±1.5%	○	○	○
U形充填高さ(R2)	300mm以上	○	○	○
鋼繊維混入量	1.0±0.2%	○	○	-
圧縮強度	40N/mm ²	○	○	-

表-2 使用材料		
記号	材料名	品 質
C	普通ポルトランドセメント	密度3.16g/cm ³ 、比表面積3330cm ² /g
LP	石灰石微粉末	密度2.70g/cm ³ 、比表面積5120cm ² /g
S	細骨材	表乾密度2.60g/cm ³ 吸水率 0.81%、FM2.74
G	粗骨材	表乾密度2.65g/cm ³ 吸水率 0.62%、FM6.73
SP	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系
Ad	減水剤(遅延形)	リグニンスルホン酸系
AE助	空気量調整剤	空気連行剤
		消泡剤
SF	鋼繊維	アスペクト比:40 長さ30mm
V	増粘剤	多糖類系増粘剤

表-3 鋼繊維補強高流動コンクリートの配合

呼び 強度	スランブ フロー (mm)	air (%)	W/C (%)	s/a (%)	Vg (m³/m³)	単位量 (kg/m³)									
						W	C	LP	S	G	SP	Ad	AE助	V	SF
											P × %	P × %	P × %		
40	700	4.5	50.0	58.4	0.240	175	350	250	875	636	0.80-0.93 [0.03-0.05]	0.5 [0.1]	適量 [適量]	0.1	80

[]内は、鋼繊維投入後のスランブフロー、空気量調整のための後添加量

キーワード 鋼繊維補強コンクリート、高流動コンクリート、圧送性、管内圧力損失、水平換算距離
連絡先 〒163-6008 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設 東京支店 T E L 03-5381-5495

3. 試験結果

3.1 フレッシュ ユ性状試験結果

スランプフロー、
500mm フロー到達
時間、空気量の
試験結果を図-1、
U 形充填試験結
果を表-4 に示す。

圧送後のスランプ
フローの低下量は、

ケース1では60mm、ケース2では、215mmであり吐出量が多い
ほど、スランプフローの低下量が大きくなり、吐出量の影響を大きく
受けている。ケース1では、圧送後においてもスランプフローが
650mmと高い流動性を有しており、加えて、U形充填高さも338mm

であることから良好な自己充填性を有していることが確認できた。それに対して、
ケース2ではスランプフローが485mmと流動性が低下した。そのため、充填高さは
目標値を満足しているが302mmと大きく低下している。また、空気量は、スラン
プフローの低下量に関わらず、圧送前後での変化は小さいことがわかった。

3.2 鋼繊維混入量と圧縮強度

鋼繊維混入量の試験結果を表-4、圧縮強度の試験結果を図-2 に示す。圧送
前の鋼繊維混入量の方が圧送後の鋼繊維混入量よりも小さな値を示しているが、
1.0±0.2%の範囲内にあり、ポンプ圧送による変動は小さいと考えられる。

また試験ケース1では、圧送前後において圧縮強度は変化していない。
このことから圧送後の自己充填性を満足しているコンクリートにおいては、
圧送によるコンクリートの脱水等の現象は発生していないと推測される。

3.3 管内圧力損失

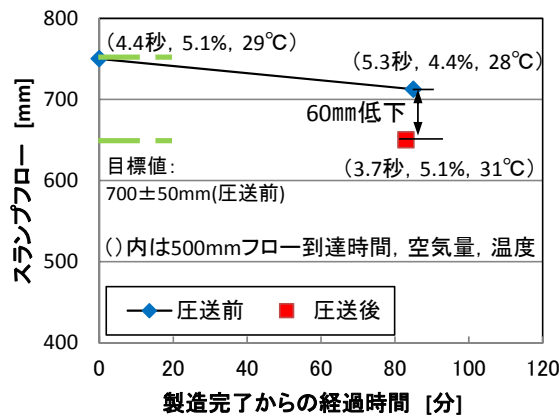
管内圧力の計測結果を図-3 に示す。単位長さ当りの圧力損失は、測
定した輸送管内圧力損失と水平換算距離との勾配から求めたものである。
算出された単位長さ当りの圧力損失は、吐出量が少ないほど小さい値を
示した。また、単位長さ当りの圧力損失は、0.012~0.020MPa/m となっ
ており、125A(5B)輸送管を使用した粉体系および併用系高流動コンク
リートにおける単位長さ当りの管内圧力損失²⁾と同程度であった。

4. まとめ

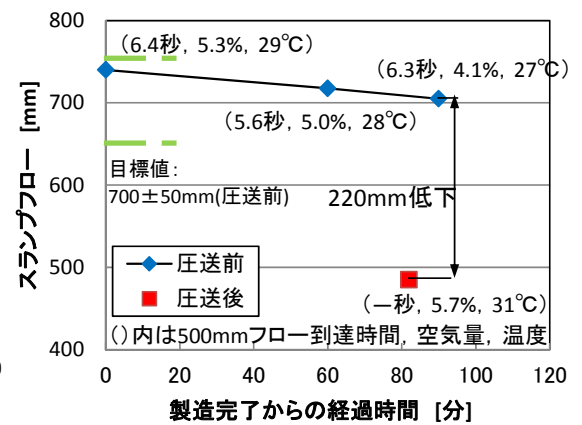
圧送試験を通じて、鋼繊維補強高流動コンクリートの圧送性、圧送前後のコンクリートの品質変化の確認を行った。その結
果、水平換算距離200mー吐出量25m³/hでは、圧送後も高い流動性、自己充填性を確保できていることから圧送が可能で
あると評価できるが、水平換算距離200mー吐出量35m³/hでは、スランプフローの低下量が大きく、125A(5B)の輸送管では、
圧送が困難であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 一般社団法人国土技術研究センター:リボルバー工法(重複複数シールドによる地下空間構築技術)建設技術審査証明
事業報告書, 2015.9
- 2) 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



(1) ケース1: 25m³/h



(2) ケース2: 35m³/h

図-1 スランプフロー、500mm フロー到達時間、空気量の圧送前後の試験結果

表-4 U形充填試験および鋼繊維混入量の試験結果

試験項目	ケース1		ケース2	
	圧送前	圧送後	圧送前	圧送後
充填高さ(mm)	354	338	354	302
鋼繊維混入量(%)	0.95	1.04	-	-

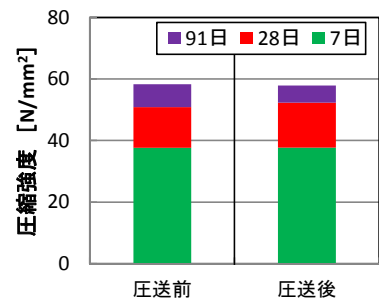


図-2 圧縮強度試験結果(ケース1)

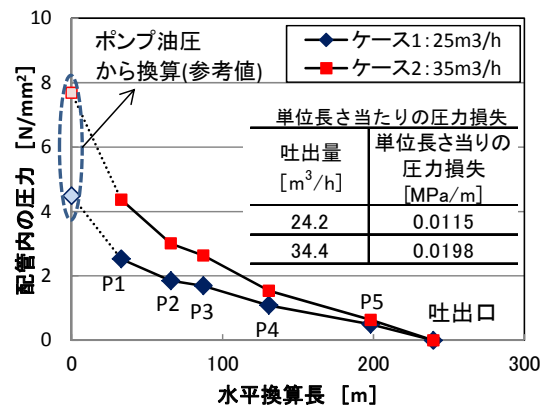


図-3 管内圧力の測定結果