

鋼繊維を用いた New PLS 工法用スリットコンクリートの特性

ハザマ技術研究所（フェロー）○喜多達夫（正）谷口裕史
ハザマ土木事業総本部トンネル統括部（正）長沢教夫（正）鈴木雅行（正）荒木田憲

1. はじめに

New PLS 工法は、トンネル掘削に先立ち切羽前方に連続したコンクリートシェルを構築し、その後内部を掘削するため地表面の沈下を抑制できるなどの特徴を有した工法である。一方、これまで New PLS 工法を適用したトンネルの掘削断面は単心円であり^{1,2)}、使用したスリットコンクリートも無筋コンクリートであった。今後、本工法の適用範囲を拡大（超大断面や扁平断面など）するためには、スリットコンクリートの変形性能(クセ)を向上させることも必要となる場合がある。本研究では、鋼繊維を混入したスリットコンクリートの基本特性について実験的に検討した。

2. 鋼繊維補強スリットコンクリートの概要

鋼繊維補強スリットコンクリートの製造システムを図-1 に示す。ベースコンクリートは、初期強度を確保するための急硬材および製造から打込みまでの間、急硬材を用いたコンクリートの流動性を確保するための凝結調整剤を混入する。鋼繊維はアジテータックへ投入し、ベースコンクリートに混入する方法とした。一方、妻型枠から解放された時点での自立性を確保するための液体急結剤は、コンクリート圧送途中で New PLS 機に設置された急結剤混入・混合装置部分でベースコンクリートに混入する。すなわち、従来のスリットコンクリート製造システムの中に鋼繊維混入工程を追加したことになり、New PLS 工法の施工特性から要求されるスリットコンクリートの性能(充填性、自立性および初期強度発現性)は従来のスリットコンクリートと同様³⁾である。このことから、鋼繊維補強スリットコンクリートの目標品質を表-1 のように定めた。

3. 実験概要

使用材料を表-2 に、使用配合を表-3 に示す。配合は、①は従来のスリットコンクリート配合、②は Gmax=15mm とした配合、③は②に鋼繊維(長さ 30mm)を 0.5Vol%混入した配合、④および⑤は、鋼繊維混入に対して細骨材率および単位水量を修正し、鋼繊維をそれぞれ 0.5 および 0.75Vol%混入した配合である。ベースコンクリートのスランプ 経時変化および自立試験は従来のスリットコンクリートの試験と同様³⁾である。また、圧縮強度試験および曲げ靱性試験は、材齢 6 時間で脱型し、試験材齢まで封緘養生を行った後に実施した。

4. 実験結果

ベースコンクリートのスランプ 経時変化の測定結果を図-2 に示す。鋼繊維混入によるスランプ 低下は、いずれの配合においても 2～3cm 程度であり、空気量の変動は配合④で+0.7%、配合⑤で+1.0%であった。

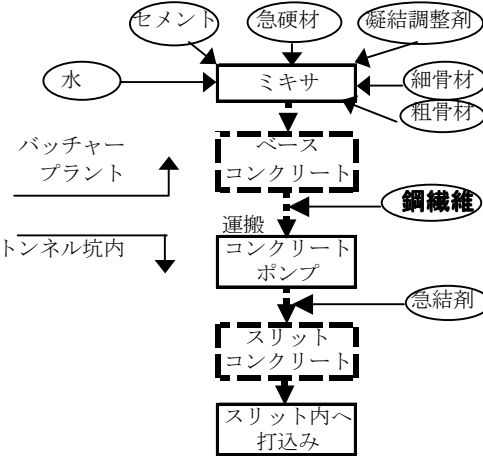


図-1 鋼繊維補強スリットコンクリートの製造システム

表-1 目標品質

項目	目標品質
ベースコンクリートのスランプ	20+2.5cm
鋼繊維混入後のスランプ	17cm以上(スリット内での充填性を確保)、90分保持(施工サイクルを考慮)
急結剤混入後の自立時間	12分以内(横行速度100mm/min、妻型枠長1.2mより)
材齢6時間強度	3.0N/mm ² (掘削時に支保工としての強度を確保)
材齢28日強度	18N/mm ² (支保工として従来の吹付けコンクリートと同等)
材齢28日曲げ靱性	高強度・鋼繊維吹付けコンクリート ⁴⁾ と同等

表-2 使用材料

使用材料	種類	基本特性
セメント	普通ポルトランド	密度:3.15g/cm ³ 、比表面積:3360cm ² /g
急硬材	PLS-P	密度:2.92g/cm ³ 、カルシウムサルホアルミネート系化合物
凝結調整剤	D-300	密度:2.19g/cm ³ 、有機酸とアルカリ炭酸塩の複合
急結剤	PLS-L	密度:1.50g/cm ³ 、特殊無機アルミン酸化合物
細骨材	田川産	密度:2.56g/cm ³ 、吸水率:1.97%、F.M.:2.34
粗骨材	足柄産	密度:2.58g/cm ³ 、吸水率:2.97%、Gmax=15mm
鋼繊維	両端フック型	長さ30mm、公称直径0.75mm、アスペクト比40
水	水道水	東京都町田市

キーワード：都市トンネル、プレライニング工法、急硬性コンクリート、特殊混和材、鋼繊維

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 ハザマ技術研究所 tel:0298-58-8814 fax:0298-58-8819

また、鋼繊維を混入した配合④および⑤も、従来のスリットコンクリート(配合①)と同量の凝結調整剤量(C+P)×1.2%で90分のスランプ保持が可能であった。

自立試験結果を図-3に

示す。鋼繊維を混入した配合④においても、従来のスリットコンクリート(配合①,②)と同様に、急結剤混入後2分程度スランプを保持し、その後、スランプが低下し12分以内に自立することが確認できた。

圧縮強度試験結果を表-4に示す。いずれの配合においても材齢6時間および28日の目標強度を満足していることが確認できた。

曲げ靱性試験結果を図-4～6に示す。鋼繊維を混入することによる曲げ靱性の改善効果は材齢6時間より顕著であり、鋼繊維混入率0.75Vol%では、ひび割れ発生後も荷重が増大していく傾向が認められた。また、材齢28日試験結果では開発目標とした高強度・鋼繊維吹付けコンクリートの要求性能ラインを併記した。この結果では、鋼繊維混入率0.5Vol%でも目標品質を十分に満足できる曲げ靱性特性を有していることが確認できた。

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 鋼繊維を用いた場合にも、従来のスリットコンクリートと同様のスランプ保持性能、自立性能および初期強度発現性を有する鋼繊維補強スリットコンクリートの製造が可能である。
- (2) 鋼繊維補強スリットコンクリートの曲げ靱性性能は、開発目標とした高強度・鋼繊維吹付けコンクリートの要求性能を満足できる性能を有している。

【参考文献】1)本村他：New PLS 工法による大断面トンネル拡幅工事-横浜新道(拡幅)保土ヶ谷トンネル，コンクリート工学，Vol.34，No.9，pp.21～30，1996.9
2) 及川他：低土被り未固結地山における New PLS 工法の施工報告—横浜横須賀道路—吉井トンネル，第24回日本道路会議，一般論文集(B)トンネル部会，No.8050，pp.180-181，2001 3)谷口他：切削即時充填式プレイング工法用コンクリートの配合選定，コンクリート工学年次論文集，第23巻，第2号，pp.1177-1182，2001.6 4)日本道路公団：第二東名・名神高速道路 トンネル施工管理要領，1999.7

表-3 スリットコンクリートの配合

配合 種類	粗骨材の 最大寸法 Gmax (mm)	水結合 材比 W/(C+P) (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m³)							
				水 W	セメント C	急硬材 P	細骨材 S	粗骨材 G	凝結 調整剤	急結剤 L	鋼繊維 SF
①	20	50	45	200	344	56	762	942	4.8	16	—
②	15	50	47				796	905			—
③			54				890	764			5.1
④			211	363	59					40	
⑤											

注)急硬材:P/(C+P)=14%、急結剤:(C+P)×4%、凝結調整剤:(C+P)×1.2%

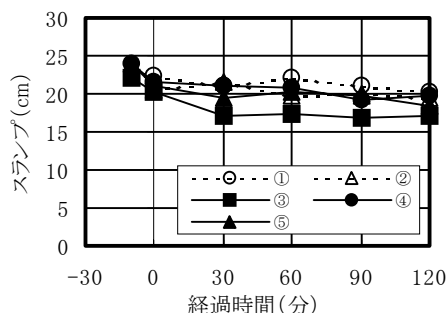


図-2 スランプ経時変化

表-4 圧縮強度試験結果

配合種類	圧縮強度(N/mm ²)			
	6時間	1日	7日	28日
①	6.59	12.9	31.7	40.6
②	6.85	12.9	33	41.2
④	6.95	11.1	31.6	39.1
⑤	7.17	10.7	28.6	36.4

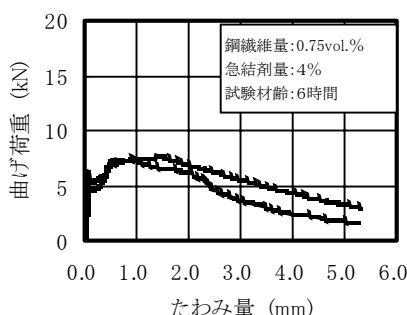


図-4 曲げ荷重—たわみ曲線
(材齢6時間—0.75Vol%)

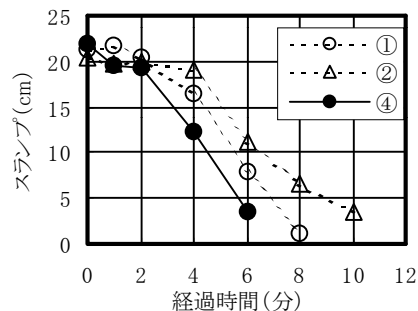


図-3 自立試験結果

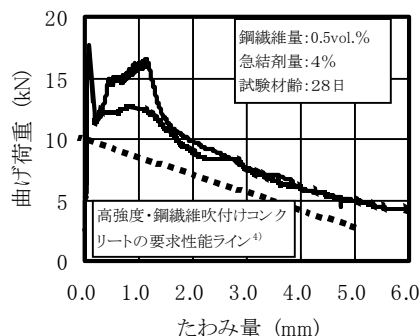


図-5 曲げ荷重—たわみ曲線
(材齢28日—0.5Vol%)

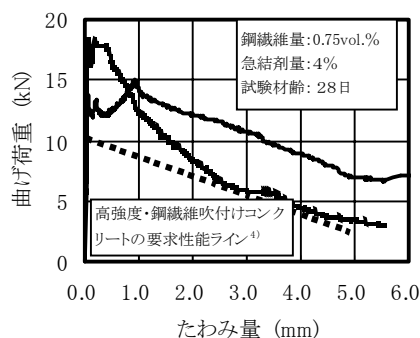


図-6 曲げ荷重—たわみ曲線
(材齢28日—0.75Vol%)