

## 地すべり交差部における高強度繊維補強覆工コンクリートの適用

清水建設株式会社 正会員 根本 浩史  
 北海道上川支庁 川村 俊一  
 北海道上川支庁 島 豊  
 清水建設株式会社 正会員 浅野 彰夫

### 1. はじめに

北海道占冠村に位置する道道夕張新得線道路 赤岩トンネル(延長 2,114.64m, 平成 19 年 3 月竣工)は一部大規模地すべり地帯と交差しており, 地すべり交差部の二次覆工には高強度繊維補強覆工コンクリートが採用された。覆工コンクリートの要求品質は, 高強度(設計基準強度 50N/mm<sup>2</sup>), 剥落防止(繊維による補強), 高密度配筋(D32 @125)内への充填であり, トンネル覆工コンクリートとして過去に例の無いものである。

本報告は, これらの要求品質を満足する高強度繊維補強覆工コンクリートの配合選定において重要なポイントとなった「繊維種類の選定」および「実大型枠を使用した充填性確認試験による充填性の照査結果」について報告するものである。

### 2. 繊維種類の選定

本工事に於いて剥落防止の要求品質は, 旧日本道路公団の「トンネル施工管理要領(繊維補強覆工コンクリート編)」に基づくものとし, 3等分点曲げ靱性試験の結果, 供試体4本各々の曲げ靱性曲線が設計基準線(曲げ荷重4.1kN)を下回らないこと, および供試体4本の曲げ靱性係数の平均値が1.4N/mm<sup>2</sup>以上となることとした。繊維種類は施工性やコストの観点から非鋼繊維に着目し, ポリプロピレン系(略称 PE&PP)及びビニロン(略称 PVA)繊維について暫定配合(50-23-25N 繊維混入率0.3%)で曲げ靱性試験を実施した。繊維の物性値を表-1に示す。また, 曲げ靱性試験の結果を図-1及び表-2に示す。

試験結果より, 両繊維を使った配合は, 通常強度の場合より曲げ靱性係数が小さい結果となった。

これは強度レベルが高く, ひび割れが発生する瞬間の最大曲げ荷重も大きくなるため, ひび割れ発生時の荷重低下も大きく, ひび割れ時に損傷を受ける繊維が多いためと考えられる<sup>1)</sup>。

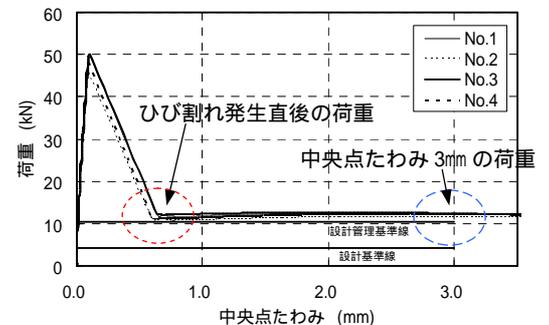
PE&PP と PVA を比較した場合, ひび割れ発生直後の荷重が若干 PVA の方が小さい。これは, PVA は PE&PP よりもヤング係数が大きく, ケミカル結合により付着強度が強いため<sup>2)</sup>, ひび割れ発生時の衝撃をより強く受けている可能性があると考えられる。

表-1 繊維の物性値

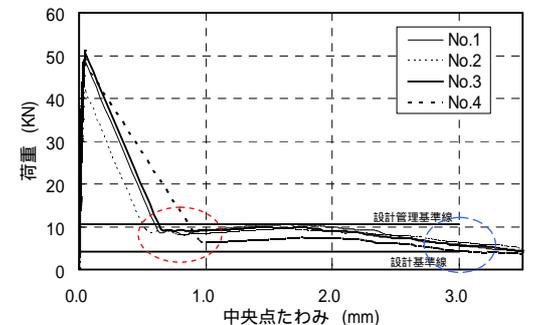
繊維の材質	引張強度 (MPa)	ヤング率 (GPa)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	長さ (mm)	アスペクト比	総表面積 (1/mm)	伸度 (%)
PE & PP	540	9.5	0.92	50	85	11.99	10 20
PVA	880	29.4	1.30	40	60	6.97	5 10

表-2 曲げ靱性結果一覧

配合	繊維種類(添加率)	最大曲げ荷重(kN)	曲げ靱性係数(N/mm <sup>2</sup> )
30-15-25N (他工事での実績)	PE & PP(0.3%)	40.5	2.37
	PVA(0.3%)	38.0	2.42
50-23-25N (暫定配合)	PE & PP(0.3%)	48.5	2.17
	PVA(0.3%)	48.2	1.69



(a) ポリプロピレン繊維 (PE & PP)



(b) ビニロン繊維 (PVA)

図-1 曲げ靱性試験結果

キーワード 高強度繊維補強覆工コンクリート, 非鋼繊維, 曲げ靱性, 充填性

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目2-3 シーバンス S 館 03-5441-0559

また、ひび割れ発生後の荷重の推移は PE&PP が一定荷重を保っているのに対して、PVA は若干荷重が増加した後、中央点たわみが 1.5mm を越えてから徐々に荷重が低下し、中央たわみ 3mm では、設計基準線に近い値となっている。これも PE&PP が、中央点たわみの増加に伴い繊維が伸びたり抜けたりしながら荷重を保持しているのに対して、PVA は付着強度が大きく、伸度も小さいため、繊維が切断する割合が大きい<sup>3)</sup>ことが原因と考えられる。以上の結果より、設計基準強度 50N/mm<sup>2</sup> の本覆工コンクリート配合では PE&PP は PVA よりも曲げ靱性が高く、剥落防止に対して有利であると判断し、ポリプロピレン系(PE&PP)繊維を採用した。

**3. 実大型枠を使用した充填性確認試験による充填性の照査結果**

本覆工コンクリートは設計巻厚 60cm に、縦方向に D32@125、横方向に D19@125 が複鉄筋で配置されている。そのため、フレッシュコンクリートには充填性が要求された。試験練り等で設定した暫定配合(スランプ基準値 23.0cm)が良好な充填性を有しているかを確認するために、内部振動機による十分な締固めが困難なアーチ肩部を想定した実大型枠(図-2、写真-1 参照)による充填性確認試験を実施した。

コンクリートは型枠上部から締固めを行わずに流し込み、一定量打込みが完了した時点で充填高さを測定した。その後、内部振動機により締固めを行い、再度充填高さを測定し、締固めの効果を確認した。

トラックアジテータ 1 台目のコンクリート(スランプ 25.0cm、スランプフロー 515mm)打込み完了後の充填状況を図-3(a)に示す。コンクリートの充填状況は良好であり、内部振動機による締固めを行わなくても十分充填している状況であった。

1 台目よりも若干流動性の低い 2 台目のコンクリート(スランプ 23.0cm、スランプフロー 425mm)の充填状況を図-3(b)に示す。締固め前でもコンクリートの充填性は良好であった。さらに、締固めにより、ほぼ水平に充填することができた。なお、内部振動機の締固めによる繊維の浮きや、骨材の沈み等の材料分離は見られなかった。

充填性確認試験の結果から、試験で使用した暫定配合によるコンクリートのフレッシュ性状は十分な充填性を有しているものと判断した。

試験練りや充填性確認試験により設定した本覆工コンクリートの示方配合を表-3に示す。

**4. まとめ**

地すべり交差部の二次覆工の施工は平成 18 年 9 月に無事終了しており、強度、曲げ靱性、コンクリート面の仕上がりとも良好な結果を得ている。

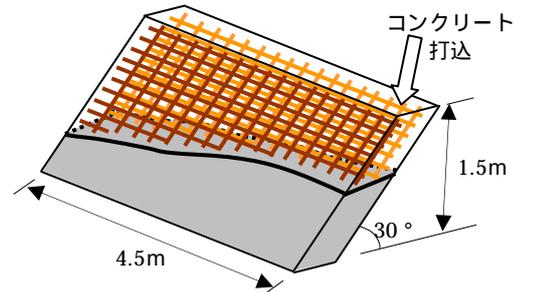
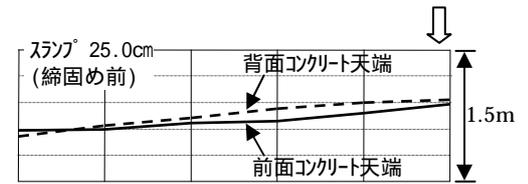


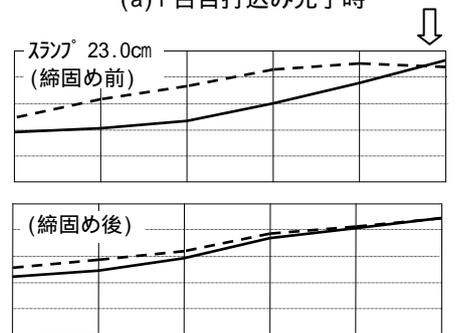
図-2 実大型枠イメージ (アーチ肩部想定)



写真-1 前面アクリル板による充填確認



(a)1 台目打込み完了時



(b)2 台目打込み時

図-3 コンクリート充填状況(正面図)

表-3 示方配合

スランプ 70-(mm) またはスランプ (cm)	空気量(%)	G max (mm)	W / C (%)	s / a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
					C (普通赤 1 肘)	W	S	G	高性能AE減 水剤(C×%)	繊維
ベース 625±75 繊維投入後23.0±2	ベース 3.0±1.5 繊維投入後4.5±1.5	25	35	56.5	500	175	948	745	1.5	3.68 (0.4%)

**参考文献**

- 1) 松尾他 繊維補強セメント系複合材料に関する基礎的研究(その3), 土木学会年次学術講演概要集 第5部, 2005.9
- 2) Carl Redon, Victor C. Li, Cynthia Wu, Hideki Hoshiro, Tadashi Sairo, and Atsuhisa Ogawa: Measuring and modifying Interface Properties of PVA Fibers in ECC Matrix, *Journal of materials in Civil Engineering*, pp.399-406, November/December, 2001
- 3) Hexiang Dong: Synthetic fiber-matrix interface bond properties in cementitious compound, *Concrete Material technology*, pp.135-144, 2nd Asia Concrete Federation Conference-Bali, Indonesia, November 20-12, 2006