

非鋼繊維によるトンネル覆工の構造性能向上検討

大成建設株式会社 ○正会員 柴山 周平 正会員 植野 雄貴
正会員 板垣 賢 正会員 大塚 勇

1. はじめに

山岳トンネルの覆工は無筋が標準で強度および厚さのみが規定されている。しかし、実施工では地山の大変位により覆工厚が不足したり、収束しない変位に対し覆工で抵抗する事例が少なくない。前者の対策は縫い返しが一般的であるが、高強度化や繊維補強により設計厚と同等の性能を確保する方法もある。後者は、繊維を混入して構造性能を向上し、構造的に成立させるという手法をとることがある。これらの場合、繊維補強効果の評価手法が確立しているのは現状では「鋼」繊維（以降 SFRC）のみであるが、その場合、錆が問題となるため、近年では SFRC 覆工の事例が少ない。本稿では、SFRC と同等の構造性能を有する非鋼繊維補強コンクリートの開発について述べる。本検討により非鋼繊維の性能評価を可能にし、覆工に適用することで安全・工程面で有利な構造とする。

2. 検討内容

本検討では、非鋼繊維を用いて切欠きはりをを用いた繊維補強コンクリートの荷重－変位曲線試験（JCI-S-002-2003）を実施し、JIS-S-001-2003 の付属書（参考）に従って引張軟化曲線を推定し、図 1¹⁾に示すような SFRC の設計に用いる設計基準線と比較を行う。

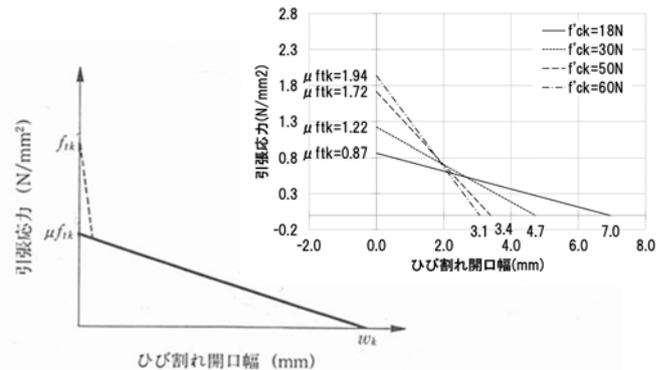


図 1 引張軟化特性の設計基準線¹⁾

3. 試験概要

試験におけるコンクリートの配合は一般的なセントルでの打設を想定し、繊維混入後にスランプが確保できるような配合を選定した。配合の選定の際には単位水量の制限値 175kg/m³ を設けた。非鋼繊維材料は、3 種類選定し実験を行った。繊維 A および B については、繊維表面にある凹凸のエンボス加工が施されている。表 1 に試験を実施したケースをまとめる。各材料の混入率を変えて試験を行った。表中にベースコンクリートの強度を示す。

表 1 試験ケース

No.	繊維名	繊維混入率 (vol.%)	ベースコンクリート強度 (N/mm ²)
1	繊維 A	0.5	52.8
2		1.0	52.8
3		1.5	58.9
4	繊維 B	0.5	52.8
5		1.0	52.8
6		1.5	58.9
7	繊維 C	0.5	52.8
8		1.0	52.8
9		1.5	58.9

3. 試験結果

図 2 に、切欠き曲げ試験の逆解析結果から得られた各ケースの引張軟化曲線を示す。図中には図 1 に示す曲線 ($f'_{ck}=50, 60\text{N/mm}^2$) および試験結果のフィッティングにより得られた提案する曲線も併記した。結果より以下の知見を得た。

- ① 混入率 1.5% の場合、繊維 B-1.5% および繊維 A-1.5% では、設計基準線 ($f'_{ck}=60\text{N/mm}^2$) に対して引張軟化曲線が一時的に下回るものの、概ね設計基準線を上回っていた。
- ② いずれの繊維種類も混入率が増えることで、ひび割れ発生後の引張応力が向上していることが確認された。
- ③ 混入率 1.5% の場合、開口変位初期で繊維 C は他の材料より高い引張応力を示している。しかし、開口変位 1.5mm 程度で急激に引張応力が低下した。

キーワード 非鋼繊維, 覆工コンクリート, 引張軟化曲線

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設 (株) トンネル地下設計室 TEL 03-5381-5296

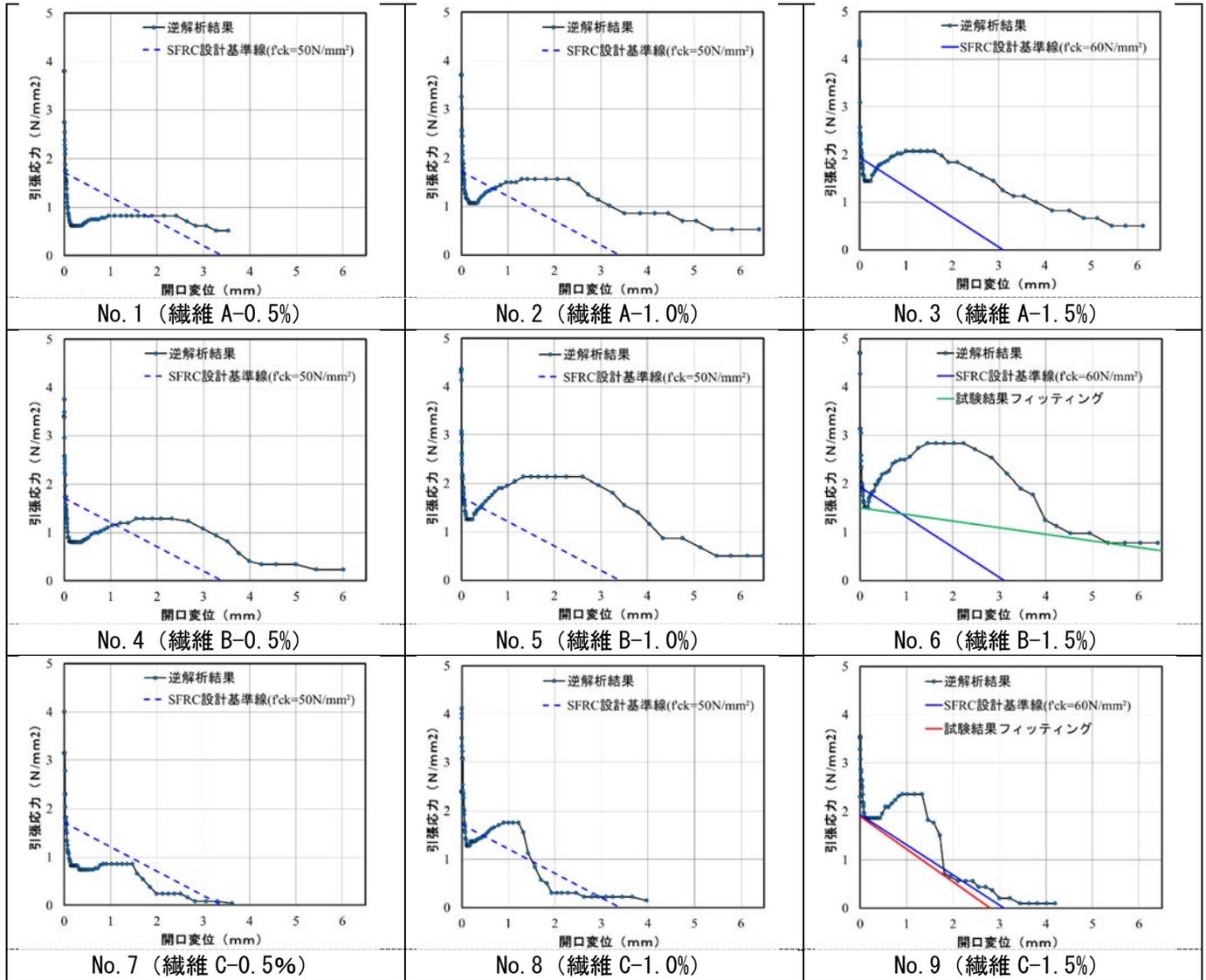


図2 各繊維混入率における引張軟化曲線

材料による差異は、付着機構の違いによるものだと考えられる。繊維 A 及び B は繊維表面にある凹凸のエンボス加工による物理的な付着であるため、繊維の引き抜けが段階的に生じ、高い靱性を示す。一方で、繊維 C は化学的な付着であるため、段階的な引き抜けでないため、初期の強度は高いが靱性が劣る。図 3 に図 2 における設計基準線および試験結果より作成した引張軟化曲線を用いて作成した耐力カーブを示す。非鋼繊維 (B および C) を 1.5% 程度混入すれば、一般的な無筋の覆工 ($t=400mm$) と同等の耐力確保しながら覆工の巻厚を 270mm に減じることができる可能性がある。

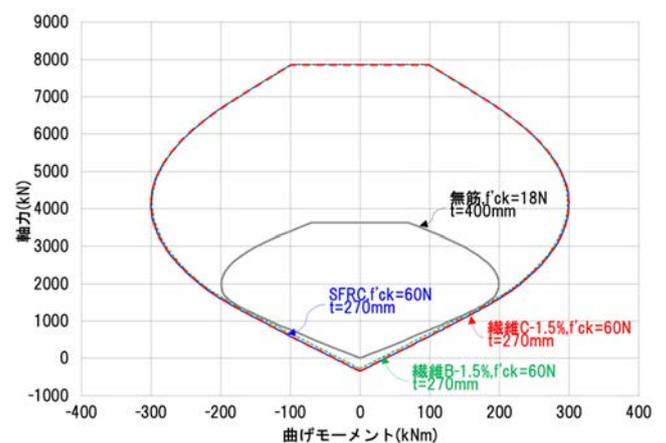


図3 耐力カーブ比較

4. まとめ

前述の通り、非鋼繊維による繊維補強コンクリートであっても、SFRC 相当の補強効果があることが確認された。今後は、最適な配合を検討し、実施工現場への適用性を確認する予定である。

参考文献

- 1) 土木学会；鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針（案），1999. 11