

V-465

異種繊維を混成した繊維補強吹付けコンクリートに関する基礎実験

丸磯建設	正会員	下橋英明
飛鳥建設技術研究所	正会員	田中 齊
飛鳥建設技術研究所	正会員	岩城圭介
五洋建設	正会員	斉藤伸幸
芝浦工業大学	正会員	矢野哲司

1.はじめに

NATM における吹付けコンクリートの主な役割は、岩塊の局所的な脱落の防止や地山のゆるみの抑制などである。大変形が予想される地山では安全性の向上を目的に、ひび割れ抵抗性やじん性が大きく、変形に追従可能な繊維補強吹付けコンクリートが試行されている。繊維補強吹付けコンクリートの強度特性の評価は、強度が十分発揮された時点（例えば材齢 28 日）で行われるのが一般的であるが、吹付けコンクリートの場合、強度が十分発揮されていない時点から地山からの荷重・変形を受ける可能性があり、強度発現過程における支保効果についても評価する必要がある。

一方、ポリエチレン繊維と鋼繊維を混成した複合効果に関する検討¹⁾によれば、各繊維の長所が効果的に発揮されたと報告されている。しかし、吹付けコンクリートへの適用を前提とした検討などは行われていない。また、近年では各種繊維に関する技術開発が進み、素材や形状の改良が進められている。合成繊維では、軽量で耐アルカリ性に優れたビニロン繊維が注目されており、最近ではヤング係数や引張強度を向上したものが開発されている。

本研究では、最近開発されたビニロン繊維と鋼繊維を混成した繊維補強吹付けコンクリートの強度の発現過程における曲げ特性について検討した。

2.実験概要

2.1 使用材料，検討配合

使用材料，検討配合をそれぞれ表-1，表-2 に示す。

高性能減水剤の添加量を調整し、目標スランブを得た。なお、繊維混成比は容積比でビニロン繊維：鋼繊維=10:0、7:3、5:5、3:7、0:10とした。以下、それぞれ「V10-S0、V7-S3、V5-S5、V3-S7、V0-S10」と称する。

2.2 試験方法

試験方法を表-3 に示す。

1) 本実験では基礎実験という位置づけから、吹付けを行わず、室内における打込みコンクリートにより実験を行った。

2) 曲げタフネス試験は、土木学会規準では、たわみ 1/150(スパン長 300mm で 2mm)までの評価である。しかし、本実験では、さらに変形を許した場合の吹付けコンクリートとしての支保効果を確認するために、鋼材倶楽部「鋼繊維補強コンクリート設計施工マニュアル（トンネル編）」²⁾に示される限界状態Ⅲ（かなり大きなひび割れを生じても、剥離や剥落が発生しない状態）を考慮し、たわみ 1/50(6mm)まで測定を行った。なお、曲げじん性係数は、たわみ 2mm までの測定結果から算出した。

3) 強度発現過程における曲げ特性を評価するために、試験を行う圧縮強度レベルは 10、30、50N/mm² を目標とした。これらを得るために、試験材齢は 1、3、14 日とした。

キーワード：鋼繊維，ビニロン繊維，混成，吹付けコンクリート，強度発現，曲げじん性

〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬 5472 飛鳥建設技術研究所 TEL: 0471-98-7559 FAX: 0471-98-7585

セメント	普通ポルトランドセメント 比重 3.15
細骨材	富川産川砂 比重 2.58 粗粒率 2.87
粗骨材	八王子産 6 号砕石 比重 2.68 粗粒率 6.06
高性能減水剤	ネリレング リーミックス誘導体系高分子化合物
ビニロン繊維	繊維長 30mm 繊維径 0.7mm 比重 1.3 E _t =30 kN/mm ² 伸度 5.4% 引張強度 764N/mm ²
鋼繊維	繊維長 30mm 繊維径 0.6mm 両端がブレード 比重 7.85 E _t =210 kN/mm ² 伸度 30% 引張強度 1302N/mm ²

表-2 検討配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	目標 スランブ (cm)	目標 空気量 (%)	水セメント 比 (%)	細骨材 率 (%)	単位量 (kg/m ³)			短繊維 混入率 (vol%)
					セメント	水	粗骨材	
15	18	2.0	45	60.7	450	203	982	660 0.75

表-3 試験方法

試験項目	試験方法
圧縮強度試験	1) JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」による 2) 材齢 1 日まで 20℃室内静置，以降標準水中養生 3) 試験材齢 1、3、14 日 4) 供試体寸法 φ 10×20cm
曲げ強度および 曲げタフネス試験	1) 土木学会規準 JSCE-G552「鋼繊維補強コンクリートの 曲げ強度および曲げタフネス試験」に準拠 2) 養生条件，試験材齢は圧縮強度試験と同様 3) 供試体寸法 10×10×40cm

3.実験結果と考察

3.1 荷重－たわみ曲線

材齢 1, 3, 14 日の荷重－たわみ曲線を図-1 に示す。

ひびわれ発生直後の耐力低下については、材齢 1, 3 日では、ビニロン繊維単体の V10-S0 がその他の鋼繊維を混入した 4 配合と比べ大きく、材齢 14 日では、鋼繊維の比率が高いと耐力低下が小さい傾向が認められた。

最大荷重については、材齢 3 日では、鋼繊維単体の V0-S10 およびビニロン繊維単体の V10-S0 に比べ、鋼－ビニロンを混成した 3 配合が高い傾向であった。また、材齢 14 日では、V3-S7 が最も高い最大荷重を示した。

たわみ 6mm での荷重については、材齢 1 日では、各配合とも 5kN 程度と同程度であったのに対し、材齢の進行にともない配合間の差は大きくなり、材齢 14 日では、鋼繊維の比率が高い V3-S7, V0-S10 が 10kN 程度、V7-S3, V5-S5 は 5kN 程度であった。

3.2 強度発現に伴う曲げじん性の变化

圧縮強度と曲げじん性係数の関係を図-2 に示す。

鋼繊維の比率が多い V3-S7, V0-S10 の曲げじん性係数は、圧縮強度の発現にともない直線的に増加したが、ビニロン繊維の比率が多い V10-S0, V7-S3 と両繊維が同比率の V5-S5 の曲げじん性係数は、圧縮強度レベル 30 ～ 50N/mm² において、ほとんど変化しない結果であった。

強度レベル 50N/mm² では、鋼繊維の比率が多い V3-S7, V0-S10 の曲げじん性係数は、V7-S3, V5-S5 の 1.4 倍程度であり、V3-S7 が最も高い曲げじん性係数を示した。

3.3 考察

以上より、コンクリートのひび割れ発生後の曲げ特性は、維混成比の影響を受け、その影響は強度発現にともない大きくなる傾向が認められた。これは、繊維の物性の違いによる強度発現にともなう繊維とコンクリートの付着性状の変化の違いに起因すると考えられる。

4.まとめ

NATM への適用を前提に、異種繊維を混成した繊維補強吹付けコンクリートの強度発現過程における曲げ特性について検討した。本研究の範囲で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 繊維種類の選定や混成比率の決定に際しては、支保効果を期待する時期（短期、長期）を考慮する必要がある。長期的な支保効果を期待する場合は、鋼繊維の混成が有効と考えられる。
- 2) 異なる繊維を混成した場合、各繊維の長所が最も発揮される最適な混成比があるものと考えられる。
- 3) 限界状態Ⅲに相当するたわみ 6mm に至っても、耐力を保持しているものが認められた。繊維補強吹付けコンクリートを大変形が予想される地山へ適用した場合、剥離や剥落を防止可能と考えられる。

【参考文献】1) 小林一輔「繊維補強コンクリート特性と応用」オーム社

2) 鋼材倶楽部・SFRC 構造設計施工研究会編「鋼繊維補強コンクリート設計施工マニュアル(トンネル編)」技報堂出版

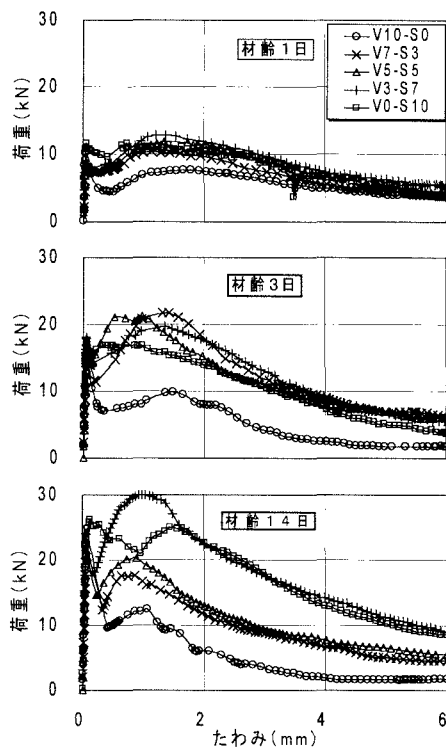


図-1 荷重－たわみ曲線

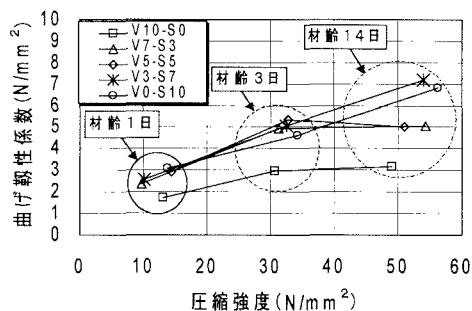


図-2 圧縮強度と曲げじん性係数の関係