

## 市販の合成繊維を用いた繊維補強コンクリートの性状について

グレースケミカルズ(株) 正会員 董 賀祥 正会員 西村 正

## 1. はじめに

コンクリートは脆性材料であり、繊維補強によりそのエネルギー吸収能力は著しく増進し、曲げ強度、衝撃抵抗性及びび割れ抵抗性等、コンクリートのタフネスを顕著に改善できることは良く知られている。

近年、トンネル等のコンクリート構造物の鋼材腐食によるコンクリート塊剥落事故が発生し、その防止策として繊維補強によるコンクリートのタフネス改善が挙げられている。

鋼繊維は補強材として一般に適用されているが、ビニロンやポリプロピレン等の合成繊維を添加して補強するケースもある。合成繊維の特徴を鋼繊維と比較すると、主に、腐食しなく、軽量で取扱いが容易なことである。

本報告は、数種類の市販合成繊維で補強したコンクリートの性状（スランプ、曲げ強度及び曲げタフネス）について実験的に検討したものである。

## 2. 試験概要

## 2-1 使用材料及び試験内容

試験に使用した材料と合成繊維の物性値をそれぞれ表-1と表-2に示す。

材質は概ねビニロンとポリプロピレンの2種類に分けられ、繊維自体の強さを表すヤング率や引張強度はポリプロピレンよりビニロンが高い。又、合成繊維の長さや太さ及び断面形状がそれぞれ異なり、これらの幾何学的なパラメータがコンクリートの性状に及ぼす影響を総合的に評価するため、繊維の長さや断面直径（非円形の場合は、その換算直径）との比（アスペクト比）を採用し、本報告で使用した繊維のアスペクト比は85~25であった。

表-1 使用材料

使用材料	適 要
セメント(C)	普通ポルトランドセメント 密度 3.16
砂(S)	静岡大井川砂 表乾密度: 2.64
砂利(G)	青梅碎石 表乾密度 2.70
合成繊維	表-2を参照
減水剤(SP)	ポリカルボン酸系

試験の内容は各種合成繊維の添加率を同一とし、日本道路公団による鋼繊維補強の覆工及び高強度吹付けコンクリートについて、スランプ、曲げ強度及び曲げタフネス試験（JSCE-G 552-1999）を行った。

表-2 合成繊維の物性値

繊維記号	材 質	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング率 (N/mm <sup>2</sup> )	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	アスペクト比	長さ (mm)
F-1	ポリプロピレン	450	9,000	0.92	85	50
F-2	ポリエチレンと ポリプロピレン	610	4,300	0.92	56	50
F-3	ビニロン	882	29,400	1.3	45	30
F-4	ビニロン	1,080	31,400	1.3	44	24
F-5	ポリプロピレン	392	9,800	0.91	25	30

## 2-2 試験配合

繊維補強コンクリートの配合は、表-3に示す通り、日本道路公団の設計要領第三集による鋼繊維補強の覆工及び高強度吹付けコンクリートを対象に、目標スランプはそれぞれ15±2.5cm、18±2.0cmとし、空気量が

両者とも4.5±1.5%とした。なお、繊維補強コンクリートは目標スランプが得られにくい上、スランプロスも大きくなることが予想されたため、砂率や単位水量をある程度上げると同時に、高性能(AE)減水剤を使用した。繊維添加率は、覆工配合が0.50vol%、吹付け配合が0.75Vol%とし、配合上容積の外割りとした。

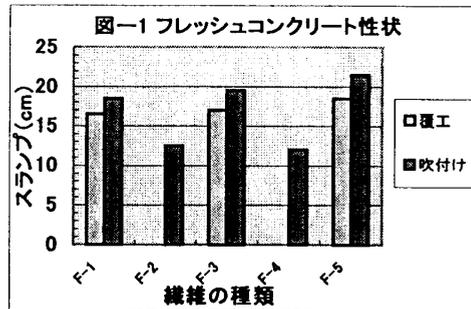
表-3 コンクリート試験配合

工種	W/P (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )				Fiber (Vol%)	SP (C*%)
			W	C	S	G		
覆工	50	50	175	350	883	903	0.50	1
吹付け	45	70	202	450	1127	494	0.75	1.2

## 3. 試験結果と考察

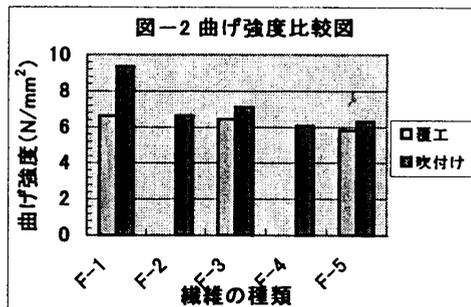
## 3-1 スランプ

図-1に各種合成繊維補強の覆工及び吹付け配合コンクリートのスランプの比較を示す。各種合成繊維の中で、F-2とF-4は練混ぜ中に解繊現象が生じたため、スランプの低下が激しかった。一方、繊維が長くアスペクト比が高いF-1は、スランプが若干小さい。従って、使用する繊維の寸法・形状の違いにより、それぞれ適切な配合修正が必要である。

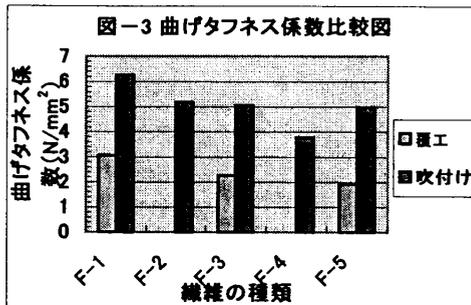


3-2. 曲げ強度及び曲げタフネス

図-2~3に各種合成繊維補強コンクリートの曲げ強度及び曲げタフネス係数を示し、又、図-4~5に各種合成繊維補強コンクリートの曲げ荷重-たわみ曲線を示す。

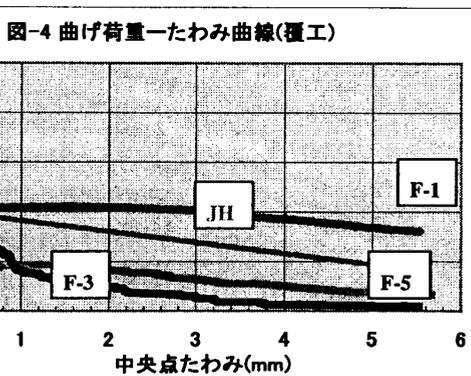


解繊現象が発生したF-2とF-4の繊維を除き、アスペクト比が85と非常に高いF-1を使用したコンクリートの曲げ強度が著しく高く、曲げ強度に及ぼす影響は繊維の寸法・形状が繊維強さより大きい結果であった。



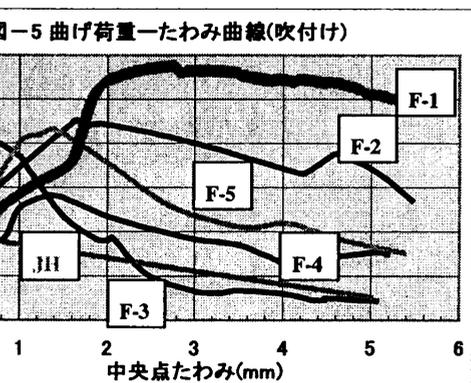
一方、曲げタフネス係数は、覆工コンクリートでは繊維のアスペクト比が高い程、大きくなる傾向を示し、高強度吹付けコンクリートにおいても同様な傾向が認められる。

図-4~5の荷重-たわみ曲線によれば、繊維補強コンクリートのひび割れ発生後の曲げ荷重-たわみ曲線は繊維の種類により異なり、覆工コンクリートの場合は、アスペクト比が高いF-1が日本道路公団の施工基準を上回る。高強度吹付けコンクリートの場合、たわみ2mm迄の曲げ荷重-たわみ曲線は、繊維の強さや寸法形状等の様々な要因の影響により異なる。



一方、たわみ約2.0~5.5mmまでの範囲では、繊維の寸法・形状が、繊維の強さよりもコンクリートのタフネスに対する影響が顕著であることが荷重-たわみ曲線から明らかである。

繊維の解繊現象を有するF-2とF-4の補強効果は更に検討する必要がある。



4. まとめ

本報告を要約すると、以下の通りである。

(1). 合成繊維の種類(寸法形状)の違いにより、得られるスランプが異なるために、使用する繊維に応じた適切な配合修正が必要である。

(2). 曲げ強度及び曲げタフネスも又、繊維自体の強さ(材質)より寸法・形状(アスペクト比)に影響される。

(3). 繊維補強高強度吹付けコンクリートの曲げ荷重-たわみ曲線が示すように、荷重-たわみの挙動は、繊維の種類(寸法・形状)によって著しく異なることが明らかである。これは、繊維の物性や繊維のコンクリートマトリックスとの付着性など複雑に影響すると考えられる。

参考文献

- 1) 平石、坂田、矢吹、細田：“ポリプロピレン短繊維補強コンクリートのフレッシュ及び硬化性状”，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.1，2000，pp.283~288
- 2) 日本道路公団 設計要領第三集（第二東名・名神高速道路 本体工編）” 2001年1月