両端のフック形状を改良した鋼繊維の曲げ強度特性に関する研究

（株）大林組　正会員　○川西　貴士
（株）大林組　正会員　平田　隆祥
宇部興産（株）　正会員　伊藤　智章
宇部興産（株）　正会員　玉滝　浩司

１．はじめに

鋼繊維補強コンクリート（以下，SFRC と呼称）は，普通コンクリートと比べて，曲げや引張などの強度特性を向上することができる。そのため，トンネルの覆工やのり面，土間等幅広い用途で使用されている。

これまでに，鋼繊維の混入率の増加に伴い，曲げ強度や曲げ靭性が向上すること，両端にフックを設けることでコンクリートとの定着効果が増大し，引抜き抵抗が増加し，曲げ強度や曲げ靭性係数が増加することなどが報告されている[1), 2)]。

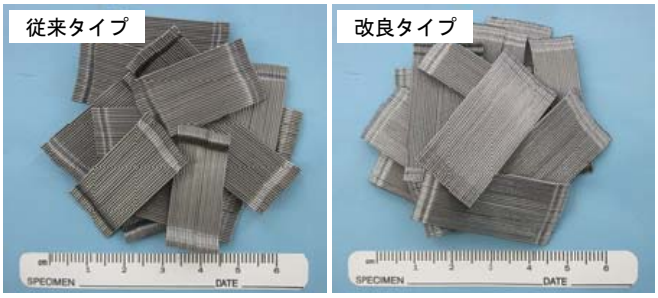
本研究では，従来から使用されている鋼繊維（以下，従来タイプと表記）よりも，さらなる曲げ強度特性の向上を目的とし，改良を加えた鋼繊維（以下，改良タイプと表記）について検討することとした。**写真－1** に示す従来タイプと改良タイプの 2 種類の鋼繊維について，曲げタフネス試験を実施し，曲げ強度および曲げ靭性について検討を行った。本稿では，その結果について報告する。

２．実験概要

実験に使用した鋼繊維の寸法および物性を**表－１**に示す。改良タイプは，従来タイプと比べて，両端のフック形状，繊維の直径および繊維長を改良した。

ベースのコンクリートおよびモルタルの配合を**表－2** に示す。鋼繊維の効果を確認するために，トンネルの覆工やプレキャスト構造物を想定した超高強度モルタルなどを想定して，水結合材比を変えた強度水準の異なる 4 種類の配合と鋼繊維の混入率を変化させて実験を行った。鋼繊維は外割で混入した。また，実験の組合せを**表－3** に示す。

2 種類の鋼繊維を用いて，寸法 100×100×400mm の供試体を作製し，JSCE-G 552 に準拠した曲げタフネス試験を行い，曲げ強度および曲げ靭性係数を比較した。



写真－1　使用した鋼繊維

表－1　鋼繊維の寸法および物性

鋼繊維の種類	密度 (g/cm^3)	直径 (mm)	長さ (mm)	引張強度 (N/mm^2)
従来タイプ	7.85	0.62	30	1440
改良タイプ	7.85	0.55	35	1850

表－2　配合

コンクリートの種類	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3) W	P	S	G	混和剤混入量 (B×%) WR	SP
トンネル覆工用	50.0	50.0	175	350※1	874	883	1.00	－
	30.0	54.3	185	616※2	837	713	－	1.10※4
超高強度モルタル用	25.0	－	180	888※3	1315	－	－	0.73～0.88※5
	15.5	－	230	1830※3	330	－	－	0.73～0.88※5

※1　粉体P1：普通ポルトランドセメント
※2　粉体P2：普通ポルトランドセメント50%＋高炉スラグ微粉末50%
※3　粉体P3：超高強度用特殊結合材
※4　混和剤SP1：高性能AE減水剤
※5　混和剤SP2：高性能減水剤

表－3　実験の組合せ

コンクリートの種類	W/B (%)	鋼繊維の混入率(vol%) 無し	従来タイプ 0.0	0.5	0.6	1.0	2.0	3.0	改良タイプ 0.2	0.4	0.5	0.6	1.0	2.0	3.0
トンネル覆工用	50.0	○		○					○	○		○			
	30.0	○		○					○	○		○			
超高強度モルタル用	25.0		○		○	○	○				○		○	○	○
	15.5		○		○	○	○				○		○	○	○

キーワード　鋼繊維，フック形状，曲げ強度，曲げ靭性
連絡先　〒204-8558　東京都清瀬市下清戸 4-640　（株）大林組 技術研究所 生産技術研究部　ＴＥＬ042-495-1012

3．実験結果および考察

曲げタフネス試験結果の例を図－2 および図－3 に示す。また，鋼繊維の混入率と曲げ強度の関係を図－4 に，曲げ靭性係数の関係を図－5 に整理した。いずれのケースについても，鋼繊維混入率を同一とした場合，従来タイプと比較して，改良タイプの方が，曲げ強度および曲げ靭性係数ともに上回る結果となった。

トンネル覆工用の水結合材比50%および30%のケースについては，従来タイプの鋼繊維を 0.6vol%混入したケースと比べて，改良タイプの鋼繊維を 0.4vol%混入することで，同等以上の曲げ強度および曲げ靭性係数を確保できることが確認できた。

超高強度高靭性セメント系材料用の水結合材比15.5%および 25%については，水結合材比が異なっても曲げ強度および曲げ靭性係数ともにほぼ同じ値であり，顕著な差は認められなかった。改良タイプについては，鋼繊維の混入率の増加に伴い，曲げ強度や曲げ靭性係数の増加傾向が認められた。しかし，従来タイプについては，鋼繊維の混入率が 2%以上の範囲で曲げ強度および曲げ靭性係数が頭打ちとなり，それ以上向上しなかった。また，曲げ強度や曲げ靭性係数を高めるためには，鋼繊維の定着効果を高めることが重要であると考えられる。

4．まとめ

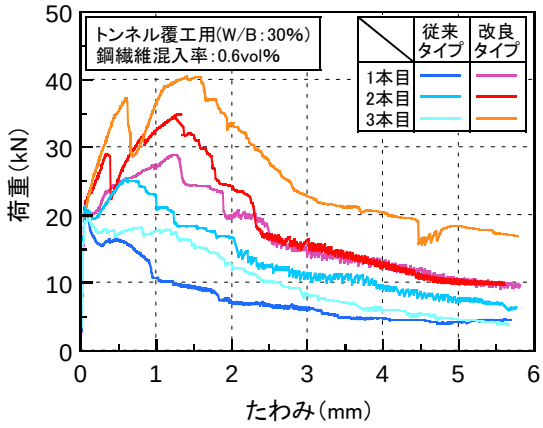
コンクリートの曲げ強度特性の向上を目的とし，従来の鋼繊維と端部形状の異なる 2 種類の鋼繊維を用いて，曲げタフネス試験を行った。

その結果，両端のフック形状を改良した鋼繊維の混入により，従来の鋼繊維と比べて曲げ強度や曲げ靭性を向上でき，同一の曲げ強度特性を得るのに混入率を35%程度低減できた。特に，水結合材比が 25%以下で，かつ鋼繊維混入率が 2.0%以上の範囲においては，フック形状を改良した鋼繊維を混入することで，大幅に曲げ強度特性を向上できることが判った。

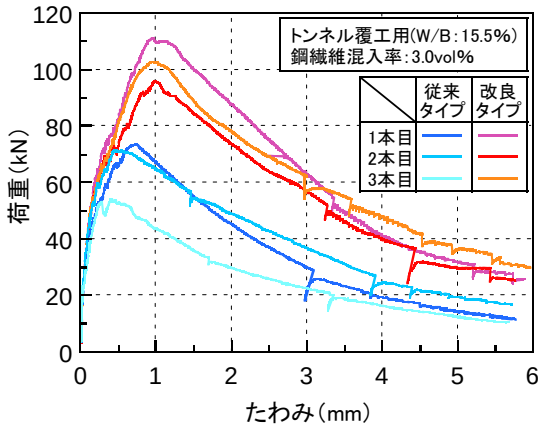
参考文献

1） 土木学会：鋼繊維補強コンクリート設計施工指針（案），コンクリートライブラリ―50，1983

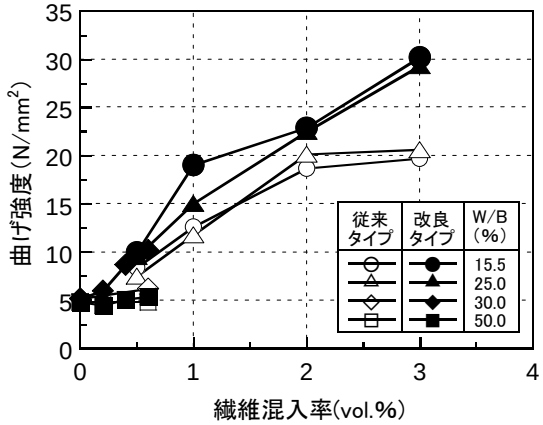
2） 石関嘉一ほか：鋼繊維補強コンクリートの諸物性の改善，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.1，pp.411-416，2007



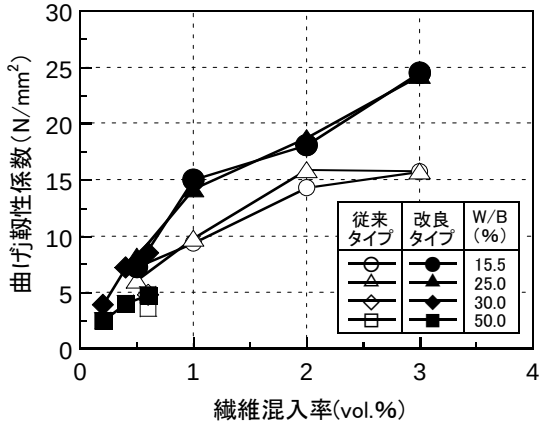
図－2　曲げタフネス試験結果（W/B=30%）



図－3　曲げタフネス試験結果（W/B=15.5%）



図－4　鋼繊維の混入率と曲げ強度の関係



図－5　鋼繊維の混入率と曲げ靭性係数の関係