

V-405 鋼繊維の形状がSFRCの性質に及ぼす影響

徳島大学工学部 正会員 河野 清
 徳島大学大学院 学生員○須田順一郎
 イゲタ鋼板（株） 垣見 昇

1. まえがき

鋼繊維補強コンクリート（SFRC）は、曲げ強度、引張強度、せん断強度、靱性などがプレーンコンクリートより優れているが、このSFRCの特性は繊維混入率、繊維の形状・寸法、細長率（ L/d ）、繊維の付着強度のほかマトリックス中の繊維の分散と配向によって大きく影響されることが知られている。

本研究では、最近開発された断面が偏平で凸型の新形状の鋼繊維（新ファイバーという）を用いてフレッシュコンクリートのスランプ、硬化コンクリートの強度特性、耐衝撃性等への影響、マトリックス中の分散状態等について、従来のせん断ファイバーと呼ばれている鋼繊維（旧ファイバーという）と比較して調査を行った。以下にその概要を報告する。

表-1 使用材料

名 称	諸 元
普通ポルトランドセメント	比重3.15, 比表面積3110 cm^2/g , 28日圧縮強さ42.2MPa
細 骨 材	吉野川産川砂, 表乾比重2.60, 吸水率1.96%, FM2.81
粗 骨 材	市場町産砕石, 表乾比重2.56, 吸水率2.28%, FM6.54
A E 減水剤	比重1.20, 液体, 主成分 リグニンスルホン酸塩
旧 鋼 繊 維	形状  , 寸法0.5×0.5×30(mm), $f_t=719\text{MPa}$
新 鋼 繊 維	形状  , 寸法0.2×1.25×30(mm), $f_t=828\text{MPa}$

2. 実験の概要

(1) 使用材料とコンクリートの配合

実験に使用した鋼繊維をはじめ普通ポルトランドセメント、細骨材、粗骨材、A E 減水剤などの材料を表-1に示す。

表-2に示すようにコンクリートの配合は、まず、新旧ファイバーとも同一とし、旧ファイバーでは目標スランプを12cmとした。一方、新ファイバーでは同一スランプとするため単位水量を増加した配合も用いた。また、舗装用配合はスランプ 4cmとなるように選定した。

(2) 供試体の作製とコンクリートの試験

コンクリートの練り混ぜには、強制練りミキサーを用い、鋼繊維の混入には、両ファイバーとも分散機を使用した。練り混ぜ後、表-3に示す所定の型枠に詰め、材令28日で各種の試験を行った。曲げ強度試験は、三等分点載荷法によって行い、耐海水性試験は、動弾性係数の変化を調べた。また、耐衝撃性は、供試体中央に11.4kgの重錘を高さ5cmから落下して、ひびわれが上面に達し破断するまでの回数を測定した。

(3) 鋼繊維の分散状況

曲げ強度測定用のはり供試体より切出した試験片の透過X線像を画像解析処理し、分散係数および配向係数を求めマトリックス中の新ファイバーと旧ファイバーとの分散状況を比較し検討した。

3. 実験結果と考察

(1) スランプに及ぼす影響

同一配合でのスランプに及ぼす影響は、図-1にみられるように各繊維混入率において旧ファイバーより新ファイバーが、2～3cm低下している。これはコンクリート中に混入したファイバーの表面積（新、旧それぞれ87.5 mm^2 , 60.5 mm^2 ）の影響と形状によるものと考えられる。したがって、同

表-2 使用したコンクリートの配合

配合要因	繊維混入率 V_f 容積%	最大骨材寸法 G_{max} mm	細骨材率 s/a %	単位水量 W kg/m^3	単位セメント量 C kg/m^3
配合の種類					
新旧ファイバー	0.0	15	50	180	350
同一配合	1.0	15	60	210	350
旧ファイバー	1.5	15	63	217	350
スランプ12cm	2.0	15	66	228	350
新ファイバー	1.0	15	60	215	350
スランプ12cm	1.5	15	63	224	350
配合	2.0	15	66	236	350
舗装用配合*	1.5	20	65	160	400

注) A E 減水剤量セメント1kg当り50cc, *スランプ=4cm

表-3 SFRCの試験項目、形状寸法と養生方法

試験項目	供試体の形状・寸法	養生方法
曲げ強度	□ 10×10×40cm はり	20±2℃ 水中
圧縮強度	φ 10×20cm 円柱	20±2℃ 水中
引張強度	φ 10×20cm 円柱	20±2℃ 水中
耐衝撃性	□ 10×10×40cm はり	20±2℃ 水中
耐海水性	□ 10×10×40cm はり	乾湿繰返し*

* pH7.8人工海水浸漬1日、40℃乾燥養生1日を

1サイクルとして45サイクル

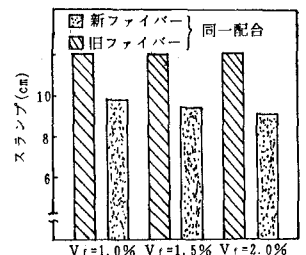


図-1 スランプに及ぼす影響

一のスランブを得るためには、新ファイバーは旧ファイバーに比べて単位水量を $5\sim 8\text{kg/m}^3$ 多くしなければならないことになる。

（2）鋼繊維のマトリックス中の分散について

コンクリート中の鋼繊維の分散状態をX線にとり画像解析処理し、分散係数と配向係数を求めた結果を示した表-3にみられるようにいずれの繊維混入率においても旧ファイバーに比べ新ファイバーのほうが分散係数が大で、配向係数は小さい値となった。すなわち新ファイバーでは、鋼繊維の分散と配向は、改善されていることを示している。

（3）曲げ強度に及ぼす影響

図-2にみられるように、新、旧ファイバーの曲げ強度を比較すると、新ファイバーの値が明らかに大きく、 $V_f=1.0$ および1.5%において同一配合の時10%程度、スランブ一定配合においても約5%高い値を示している。これは新ファイバーの表面積効果と形状による

付着強度の増大および分散性の向上によるものと考えられる。また、舗装用SFRCについても新ファイバーが旧ファイバーよりも約15%高い値が得られている。

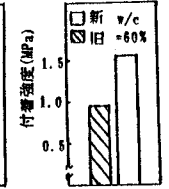
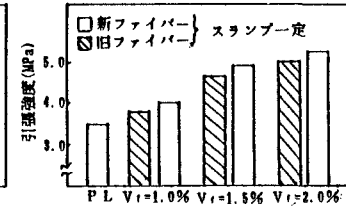
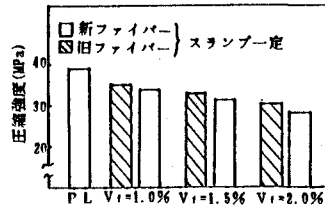


図-3 圧縮強度、引張強度および付着強度への影響

（4）圧縮強度、引張強度および付着強度への影響

図-3にみられるように圧縮強度は、水セメント比の影響により旧ファイバーのほうが高くなる。また、繊維混入率が多くなるにつれて低い値を示している。しかし、引張強度は、繊維混入率が多くなるにつれて高い値を示し、旧ファイバーより新ファイバーのほうが大となる。これも曲げ強度と同様の理由が考えられる。水セメント比60%の1:2モルタルで新・旧ファイバーの付着強度測定し、これを比較するとそれぞれ1.5MPaおよび0.8MPaとなっており、マトリックスとの付着が改善されていることを示している（図-3参照）。

（5）耐衝撃性に及ぼす影響

図-4より重錘落下法による耐衝撃性を、プレーンコンクリートの破断回数を1としSFRCとの比をとりこれを示すと、各繊維混入率において新ファイバーが、旧ファイバーの約2倍となっており、耐衝撃性も改善されている。

（6）耐海水性に及ぼす影響

促進試験による耐海水性を動弾性係数でみると、図-5のようにSFRCでは低下はほとんどなく、また、新ファイバーのほうが旧ファイバーより値が大きくなっている。

4. まとめ

以上の結果より新ファイバーを使用すると、旧ファイバーを用いたものに比べて同一配合の場合、繊維混入率1.0～2.0%ではスランブが2～3cm低くなる。新ファイバーの分散性や付着性の改善によって鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度、引張強度、耐衝撃性などは、旧ファイバーを用いたものより優れた値が得られた。

表-3 分散係数および配向係数

繊維混入率	種類	分散係数	配向係数
1.0	旧	0.752	0.696
	新	0.761	0.520
1.5	旧	0.734	0.649
	新	0.763	0.521
2.0	旧	0.778	0.651
	新	0.800	0.481

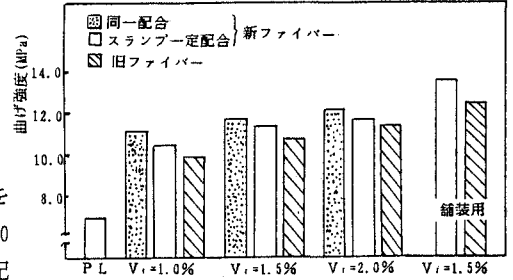


図-2 曲げ強度に及ぼす影響

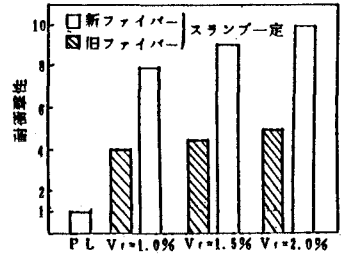


図-4 耐衝撃性に及ぼす影響

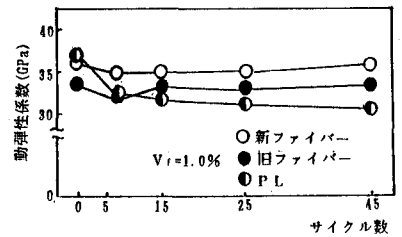


図-5 耐海水性に及ぼす影響