

V-468

曲げを受ける SFRC はりの変形挙動に関する研究

横浜国立大学大学院 学生会員 遠藤 真勇

横浜国立大学工学部 正 会 員 椿 龍 哉

1. はじめに

コンクリートは脆性的な破壊を起こす特性を持つ材料であるが、鋼等の短繊維を混入して補強することにより、高靱性化を図ることができる。本研究では、鋼繊維の形状の違いが鋼繊維補強コンクリート（SFRC）の曲げ変形挙動におよぼす影響を実験的に調べる。また、鋼繊維の引抜け特性をモデル化して、曲げ変形挙動のシミュレーションを行う。

2. 実験概要

形状や製造方法の異なる3種類の鋼繊維を用いて、SFRC はり供試体を作製した。鋼繊維には、インデント加工付き直線型（ID）、フック型（HK）、端部定着型（DB）の3種類を使用し、繊維混入率は容積率で 0.5 % とした。この鋼繊維の諸特性を表-1 に示す。また、セメントには普通ポルトランドセメント（比重 3.16）を、細骨材には最大骨材寸法 5 mm の川砂（表乾比重 2.54）を使用した。混和剤は高性能 AE 減水剤（アニオン型特殊高分子活性剤）である。モルタルの配合を表-2 に示す。

表-1 使用鋼繊維の諸特性

鋼 繊 維	直径 (mm)	長さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	製造方法
直 線 型	0.60	30.0	1000 以上	鋼線切断法
フック 型	0.60	30.0	1100 以上	鋼線切断法
端部定着型	0.50	30.0	平均 1000	溶解抽出法

表-2 モルタルの配合

W/C (%)	単 位 量 (kg/m ³)			A E 減水剤 (kg/m ³)
	W	C	S	
30	297	990	990	4

使用した供試体は 100 × 100 × 400 mm の直方体型（スパン 300 mm）で、3 等分点 2 点荷重で曲げ試験を行った。モルタルの打設は、供試体中央部の断面内に鋼繊維を部材軸方向に平行かつ等間隔（10 mm）に 8 行 8 列で合計 64 本を格子状に配置するため、供試体を半分に分割し 2 日間に渡って行った。鋼繊維を供試体中央で正確に配置する方法として、1 次打設時に硬質発泡スチロール材に鋼繊維を埋め込み打設する手法を採用した。その際フック型鋼繊維は、フックを上側に向けて配置した。さらに、鋼繊維を供試体内に均等に分布させる目的で、供試体を 5 層に分け 1 層打設する度に容積率 0.5 % 相当の鋼繊維を散布する作業を順次繰り返して行った。また、スパン中央部にひび割れ発生位置と進行方向を固定するため、2 次打設前に前日作製した供試体底部に高さ 10 × 幅 100 mm のポリエステルシートを貼りつけ、左右のモルタルの付着を妨げることによって切欠きを設けた。2 次打設 1 日後に脱型し、2 次打設部分の材令が 28 日まで水中養生（20℃）の後、荷重試験を行った。支点沈下量とスパン中央底部の変位および供試体下部より 15 mm の位置でのひび割れ幅は、高精度変位計で測定した。

3. 実験結果

材料試験の結果、材令 28 日における圧縮強度は 64.8 N/mm²、引張強度は 2.85 N/mm²であった。

本実験で得られた荷重-たわみ曲線を図-1 に示す。図-1 より、どの供試体でもひび割れ発生と同時に荷重の減少がみられる。これは繊維の混入量が 0.5 % と少ないことが原因と考えられる。また、最大荷重到達後の耐力の低下がみられ軟化傾向を示してい

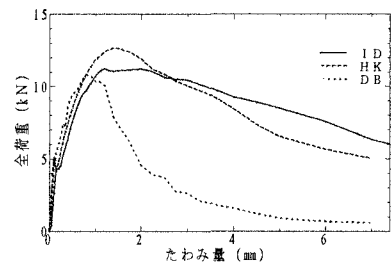


図-1 荷重-たわみ曲線

キーワード：鋼繊維補強コンクリート，曲げ，荷重-たわみ曲線，引抜け特性，モデル化

〒 240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

る。特に、フック型鋼繊維を混入した供試体は最大荷重までの補強効果が3種の鋼繊維の中で最大となった。しかし最大荷重以降の靱性は、直線型鋼繊維を混入したものが最も改善されている。端部定着型鋼繊維は表-3に示すようにひび割れ面に配置した鋼繊維のほとんどが破断するため、最大荷重後の荷重は急激に低下し脆性的な破壊を起こした。また、ひび割れ幅-たわみ曲線は図-2に示すようにその勾配は

表-3 鋼繊維の破壊状況

鋼繊維	引 抜 (%)	引抜破断(%)	破 断 (%)
直線型	72	23	5
フック型	100	0	0
端部定着型	0	59	41

若干異なっているものの、変形の初期段階ではどの鋼繊維も同様の線形的挙動を示している。

4. SFRC はりの曲げ挙動のモデル化

図-2の勾配に基づいて、ひび割れにより2分割された各々のはり部分を剛体ブロックとしてはりの曲げ変形をモデル化した（図-3参照）。また鋼繊維の引抜け特性は、図-4のようにバイリニア関係によりモデル化した。シミュレーションの結果、はりの曲げ挙動を図-5のように表すことができた。各々の鋼繊維に対する各パラメータの値は表-4に示される。

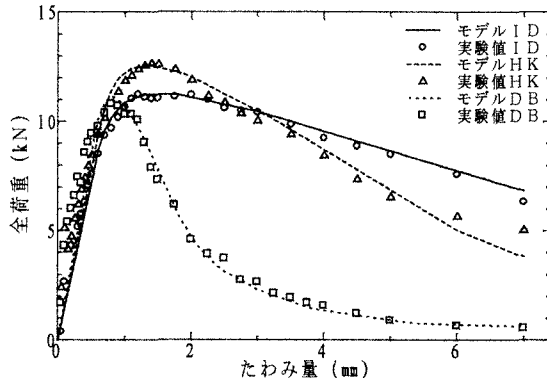


図-5 実験値と計算値の比較

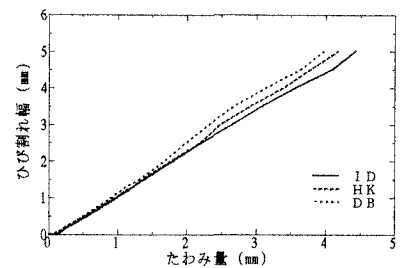


図-2 ひび割れ幅-たわみ曲線

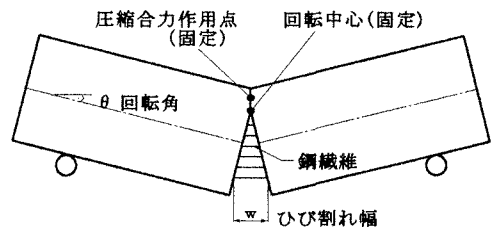


図-3 曲げ変形挙動のモデル化

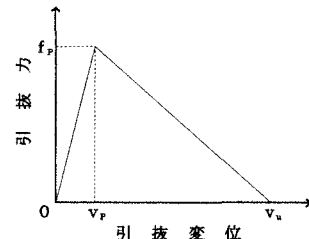


図-4 鋼繊維の引抜け特性のモデル化

表-4 各鋼繊維の引抜け特性

鋼 繊 維	f_p (N)	v_p (mm)	v_u (mm)
直 線 型	1.72	0.30	4.90
フ ッ ク 型	1.99	0.32	3.00
端 部 定 着 型	1.97	0.29	0.89

5. 結論

鋼繊維混入の曲げ強度に対する効果は、フック型の鋼繊維の場合が最大であった。最大荷重後においては、インデント加工を施した直線型鋼繊維の靱性改善に対する影響が顕著で、荷重の低下はかなり緩和された。端部定着型の鋼繊維を使用したものは繊維の多くが最大荷重後破断してしまうため、その後の変形に対する効果は小さく脆性的であった。また鋼繊維の引抜け特性をバイリニア関係と仮定したモデルにより、曲げ変形特性の実験結果が表現できることを確認した。

〈参考文献〉

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ー第50号，pp.58～61，1983。