

鋼繊維の引張強度と鋼繊維補強コンクリートの性能

岐阜大学 学生員 ○尾崎公則

岐阜大学 正会員 国枝 稔 鎌田敏郎 六郷恵哲

岐阜工業高等専門学校 正会員 島崎 馨

1. はじめに

鋼繊維補強コンクリート(SFRC)は、引張および曲げ強度をはじめ、ひび割れ拘束性能、靱性などが普通コンクリートに比べて格段に優れている複合材料である。SFRC の性能は、マトリックス自身の性能はもちろん、繊維混入率や繊維自身の特性、繊維の分散、配向性状等によっても異なってくる。

本研究では、鋼繊維単体の引張強度が、SFRC の破壊性状にどのような影響を及ぼすのかについて調べた。破壊力学パラメータである引張軟化曲線の推定や、AE 法による非破壊試験を行い、SFRC の靱性改善に及ぼす効果を、鋼繊維単体の引張強度の点から評価した。

2. 実験概要

長さ 30mm、アスペクト比 50~52 の市販の鋼繊維 3 種類(図-1)について、繊維単体の引張強度試験(写真-1)を実施した。繊維の引張試験の方法であるが、鋼繊維の両端 1cm を 2 本のプライヤーで固定し、一方のプライヤーを万力で固定、もう一方には、柄の部分に針金を巻き付け、その針金にフック付きのおもり載せ皿を引っ掛けた。なお、おもりは、100g 単位で載せていき、繊維が破断した時の荷重を計測した。引張強度は、繊維の最大引張荷重を断面積で割ることにより算出した。

また、同じ鋼繊維を用いて、繊維混入率 1%、W/C が 30%または 60%の高強度および低強度なマトリックスを有する SFRC はり供試体(幅 10cm 高さ 20cm 長さ 70cm(スパン長さ 60cm))を作製した。載荷方法を 3 等分点曲げ載荷とし、荷重載荷点変位の計測と、各荷重レベル(ここでは、最大荷重時と最大荷重の 60%まで荷重が低下した時点)での AE 計測を行った。AE 計測は、150kHz の共振型 AE センサを用い、増幅率を計 80dB、しきい値を 45dB に設定して行った。なお、得られた荷重変位曲線をもとに、多直線近似解析手法^[1]を介して、引張軟化曲線の推定を行った。SFRC 供試体の配合を表-1、AE センサの配置図を図-2 に示す。

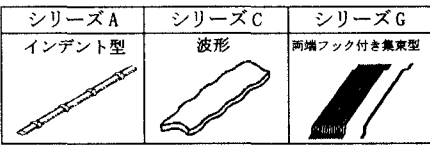


図-1 鋼繊維の形状

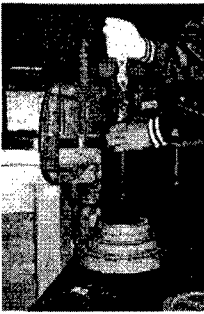


写真-1 試験状況

表-1 コンクリートの示方配合

シリーズ	W/C (%)	単位量(kg/m³)					Ad. (kg/m³)
		W	C	S	G	F	
A30	30	184.2	612	855	617	78.5	8.57
C30							9.18
G30							7.96
A60	60	184.2	307	1049	755	78.5	3.99
C60							4.30
G60							2.46

Ad. : 高性能 AE 減水剤

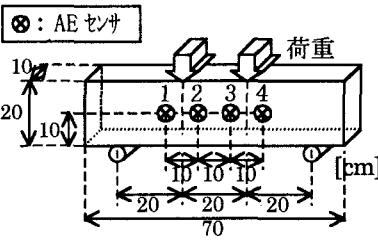


図-2 AE センサの配置図

3. 実験結果

鋼繊維の寸法ならびに引張強度等の計測結果を表-2、表-3 に、AE の計測結果(W/C30% の場合)を図-3 に示す。推定された引張軟化曲線ならびに引張軟化曲線下の面積を図-4、表-4 に示す。

表-2 鋼繊維単体の重さおよび寸法計測結果

シリーズ	計測本数 (本)	平均長さ (mm)	1 本当たりの平均重さ (mg)	平均断面積 (mm²)
A	50	29.9	71.2	0.304
C	50	30.2	54.4	0.229
G	50	29.7	60.4	0.260

表-3 鋼繊維単体の引張強度試験結果

シリーズ	繊維の引張強度		
	平均値(MPa)	標準偏差(MPa)	変動係数
A	831	49.3	0.059
C	480	57.7	0.120
G	820	85.5	0.104

マトリックスが高強度(W/C30%)な場合、引張強度の値が小さいシリーズ C の鋼繊維を用いた SFRC はり供試体では、最大荷重以降において、繊維の破断に起因するものではないかと思われる、比較的、振幅規模の大きな AE (振幅 85dB 以上) が計測された。また、破壊力学パラメーターである引張軟化曲線の形状もシリーズ C のみが、大きく異なり、引張軟化曲線下の面積も、最も小さくなった。

なお、マトリックスが低強度(W/C60%)な SFRC 供試体の場合、図-4 や表-4 の引張軟化曲線の形状や曲線下の面積に見られるように、鋼繊維単体の引張強度の違いによる影響は確認されなかった。

4. まとめ

長さ 30mm、アスペクト比 50~52 の市販の鋼繊維 3 種類について、繊維単体の引張強度試験を行った。また、同繊維を用い、マトリックス強度の異なる SFRC はり供試体を作製し、AE 法による評価の他、引張軟化曲線の形状や、曲線下の面積といった破壊力学パラメータによる評価も行った。

その結果、引張強度の値が最も小さい鋼繊維を用いた高強度マトリックスを有する SFRC においては、最大

荷重以降において、繊維の破断に起因するものではないかと思われる、比較的、振幅規模の大きな AE が計測された。また、破壊力学パラメーターである引張軟化曲線下の面積も小さくなった。これにより、マトリックス強度が高強度な場合の SFRC において、繊維混入による靱性改善の効果は、鋼繊維単体の引張強度に依存する可能性があることが示された。

謝辞：本実験における鋼繊維単体の引張試験においては、岐阜工業高等専門学校環境都市工学科、葉山一嘉氏、寺境則繁氏より、多大なるご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献：[1] 栗原哲彦、安藤貴宏、国枝 稔、内田裕市、六郷恵哲：多直線近似法による引張軟化曲線の推定と短繊維補強コンクリートの曲げ破壊性状、土木学会論文集、No. 532/V-30、pp. 119-129、1996. 2

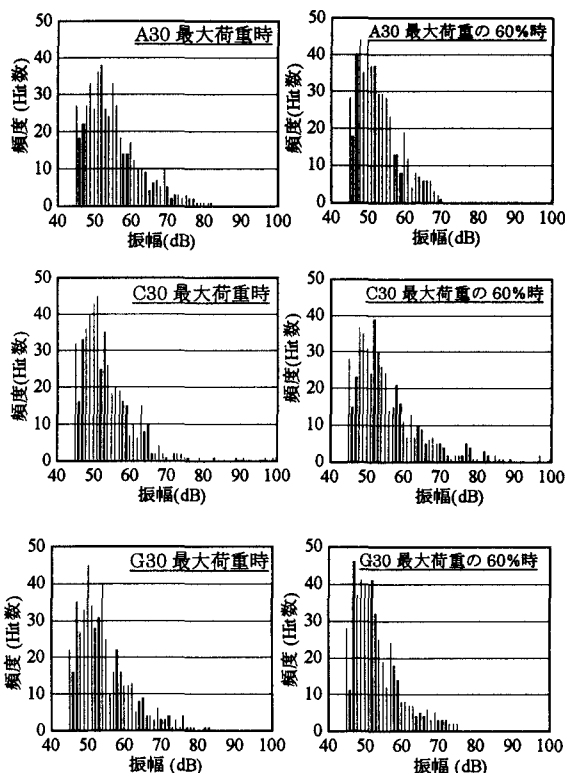


図-3 W/C30%SFRC における
AE の振幅規模別頻度分布

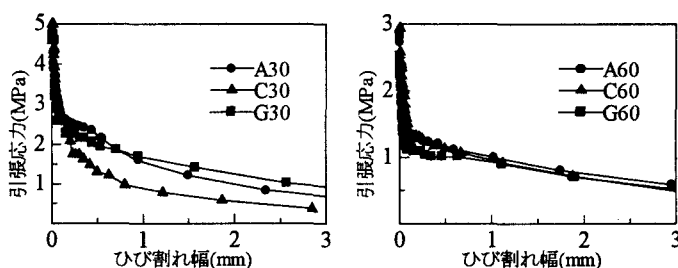


図-4 引張軟化曲線

表-4 引張軟化曲線下の面積
(ひび割れ幅 1.5mm まで)

シリーズ	引張軟化曲線下の面積[N/mm]
A30	3.01
C30	2.06
G30	2.97
A60	1.72
C60	1.69
G60	1.54