

鋼繊維補強コンクリートの性能評価における非破壊試験の適用性に関する研究

岐阜大学 学生員 ○尾崎公則 荒川 健

岐阜大学 正会員 栗原哲彦 鎌田敏郎 六郷恵哲

1. はじめに

構造物のひび割れ発生後の挙動を正確に把握する上で、破壊力学パラメータ(引張軟化曲線、破壊エネルギー)が有効である[1]。本研究においては、鋼繊維補強コンクリート(SFRC)の性能評価として、破壊力学パラメータに加え、AE法やX線撮影といった非破壊試験による評価を行い、これらの有効性について検討した。

2. 実験概要

市販されている3種類の長さ30mmの鋼繊維(図-1)を対象とし、繊維混入率を容積比で1%、W/Cが30%の高強度コンクリートを母材とした寸法10×20×70(スパン60)cmのSFRCはり供試体を作製し、AEの計測と破壊力学パラメータの推定を行った。X線撮影には、寸法10×10×40(スパン30)cmの供試体を用いた。SFRCの配合を表-1に示す。AE法、X線撮影、破壊力学パラメータ

の推定の方法は以下の通りである。

AE法：3等分点曲げ載荷試験時のAEを計測した。

AE計測の際の供試体の概要、

載荷位置およびAEセンサの配置箇所を図-2に示す。なお、AE計測は、150kHzの共振型のセンサを用い、増幅率をプリアンプ40dB、メインアンプ40dBの合計80dB、しきい値を45dBに設定して行った。

X線撮影：線源からの距離40cm、管電圧300kV、X線照射時間60秒とした。現像の際には、市販のX線フィルム、現像液、停止液、定着液を用いた。X線撮影の概略を、図-3に示す。

破壊力学パラメータ：3等分点曲げ載荷試験により得られた荷重-変位曲線をもとに、多直線近似法を介して、逆解析することにより、引張軟化曲線を求めた。引張軟化曲線下の面積をひび割れ幅1.5mmまで求めて、破壊エネルギーとした。

3. 実験結果および考察

AE法、X線撮影、破壊力学パラメータによる実験と解析の結果を以下に示す。

AE法：AEの計測結果の一例としてシリーズAについて、AEの累積Hit数の経時変化を図-4に示す。次にこの図に示す最大荷重(Pmax)付近のAEの振幅規模別頻度分布を図-5に、最大荷重の60%(P60%)まで荷重が低下したときのAEの振幅規模別頻度分布を図-6に示す。これらの図を比較した結果、次のようなことが分かった。最大荷重付近では、より振幅規模の大きなAEが比較的多く確認された。これは、コンクリートの新たなひび割れの進展に起因するものと考えられる。一方、荷重がピーク時の60%まで低下した時点では、振幅規模の小さなものの割合が多くなっていることが確認できる。これは、コンクリートひび割れ開口後の鋼繊維とコンクリートマトリックスの付着破壊に起因するAEの特性を表すものとして考えられる。したがって、荷重レベルを考慮して抽出したAEに対する振幅規模別頻度分布を用いることによって、種類の異なる鋼繊維を使用したSFRC

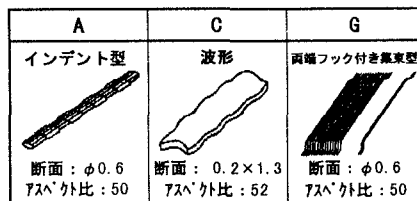


図-1 鋼繊維の種類(断面の単位: mm)

表-1 SFRCの示方配合

W/C (%)	鋼繊維	s/a (%)	単位量 (kg/m³)					Ad. (kg/m³)	Slump (cm)	Air (%)
			W	C	S	G	F			
30	A	58	184.2	612	855	617	78.5	8.57(1.4%)	16.4	7.2
	C							9.18(1.5%)	17.0	9.5
	G							7.96(1.3%)	14.6	7.6

Ad. : 高性能AE減水剤、() : セメント単位量に対する割合

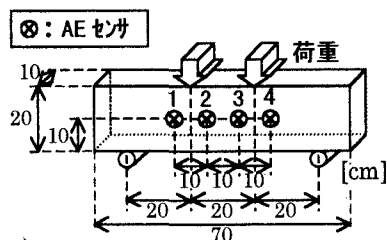


図-2 AEセンサの配置図

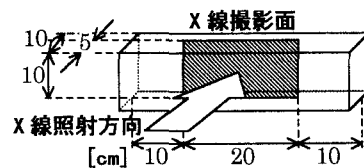


図-3 X線撮影の概略

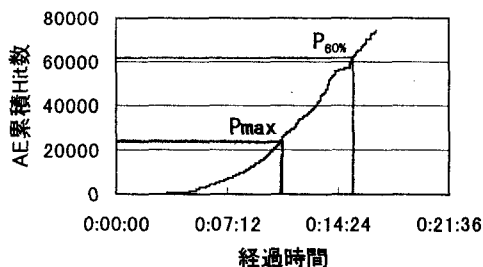


図-4 計測開始からの AE の累積 Hit 数

間で特性の比較を行える可能性が示された。

X 線撮影：SFRC の X 線写真を図-7 に示す。これによれば 3 シリーズともに、ワーカビリティが劣るときに生じやすいファイバーボールの発生が見られず、繊維の分散性、配向性ともに良好であることが確認できた。

破壊力学パラメータ：引張軟化曲線を図-8 に、破壊エネルギーを表-2 に示す。シリーズ A と G は、ひび割れ幅の進展に伴う引張応力の低下の度合いが緩やかであるのに対し、シリーズ C では、応力低下の度合いが急である。また、引張軟化曲線より算出した破壊エネルギーを比較すると、引張軟化曲線の挙動が良好なシリーズ A、G の破壊エネルギーは C の 1.5 倍近くもあることが分かった。このことから、鋼繊維の形状等の違いが、SFRC の引張軟化特性に影響を及ぼしていることが確認された。

4. まとめ

本研究においては、AE 法、X 線撮影といった非破壊試験による SFRC の性能評価について検討した。

AE 法は、SFRC の性能評価に有効である。AE 法の適用の際は、特に鋼繊維の付着破壊等起因する部分の AE を抽出し、その振幅規模別頻度分布を検討することが重要である。これにより、SFRC における鋼繊維の付着特性を評価することができ、結果的に各種鋼繊維ごとの付着性状の比較が可能となる。

X 線撮影は、SFRC 中の繊維の分散、配向状況を把握する上で、簡単で有効な方法である。X 線写真においては、鋼繊維による陰影をより鮮明に写し出すための工夫や、画像処理ソフトなどを利用し数値的な分散性、配向性の評価を行えるような X 線撮影の環境を整えることが今後の課題である。

謝辞：本実験における X 線撮影においては、東京工業大学工学部、岩波光保氏より、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]尾崎公則、荒川健、栗原哲彦、六郷恵哲：各種鋼繊維を混入した鋼繊維補強コンクリートの曲げ破壊性状、平成 8 年度土木学会中部支部研究発表講演概要集、V-53、pp. 783-784、1997. 3

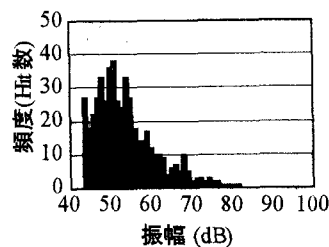


図-5 Pmax 付近の振幅規模別頻度分布

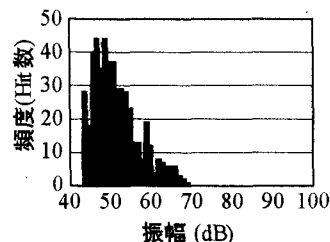


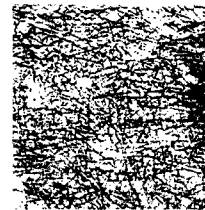
図-6 P60% 付近の振幅規模別頻度分布



シリーズ A



シリーズ C



シリーズ G

図-7 SFRC の X 線写真

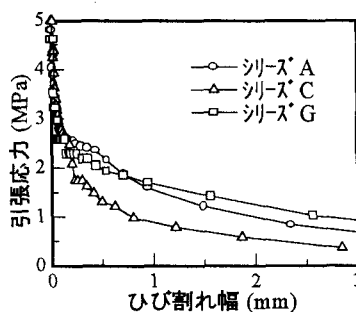


図-8 引張軟化曲線

表-2 破壊エネルギー

シリーズ	破壊エネルギー [N/mm]
A	3.01
C	2.06
G	2.97