

V-478

引張軟化曲線による鋼繊維補強コンクリートの性能評価

岐阜大学 学生会員 尾崎 公則 荒川 健
 武蔵工業大学 正 会 員 栗原 哲彦
 岐阜大学 正 会 員 鎌田 敏郎 六郷 恵哲

1. はじめに

鋼繊維補強コンクリート(SFRC)は、ひび割れ発生後の挙動に特徴があり、耐力だけでなく変形性能(エネルギー吸収能)も重視される。したがって、SFRC の性能評価には、各種強度だけでなく、曲げタフネスや換算曲げ強度¹⁾といった SFRC の変形性能が反映される指標が用いられている。しかしながら、曲げタフネスや換算曲げ強度は、寸法の影響を受けるため、供試体の寸法が同じ場合にしか適用できないという制約がある。

本研究では、SFRC の変形性能を評価するための指標として、破壊力学パラメータである引張軟化曲線の形状や曲線下の面積に着目し、曲げタフネスや換算曲げ強度と比較検討した。なお、引張軟化曲線は、供試体の直接引張試験によって得られる引張応力とひび割れ幅との関係に相当するものであり、供試体の曲げ載荷試験の結果から逆解析によって求められる。

2. 実験および解析概要

市販されている長さ30mmのインデント型鋼繊維(図-1)を対象とし、繊維混入率を容積比で1%および2%、W/Cを49%としたSFRCにより寸法の異なるはり供試体(1条件当たり4体)と通常の強度試験用供試体を作製した。SFRC の示方配合および作製したはり供試体の寸法を表-1、表-2 に示す。作製したはり供試体の 3 等分点曲げ載荷試験を実施し、得られた荷重-変位曲線をもとに、逆解析手法である多直線近似解析²⁾を介して、引張軟化曲線を推定した。

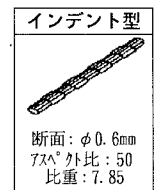


図-1 使用鋼繊維

表-1 SFRC の示方配合

シリーズ	繊維 混入率 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)					混和剤 ⁴⁾ Ad. (kg/m³)
				水 W	セメント ¹⁾ C	細骨材 ²⁾ S	粗骨材 ³⁾ G	繊維 F	
A1	1.0	49	55.2	184	378	931	755	78.5	4.2
A2	2.0	49	55.0	186	378	915	749	157	6.3

- * 1 早強ポルトランドセメント、比重 3.12
- * 2 川砂、比重 2.59、粗粒率 2.89
- * 3 玉砕石、比重 2.61、粗粒率 6.61、最大寸法 15mm
- * 4 高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸系）

表-2 供試体グループ名および寸法諸元

シリーズ	供試体 グループ名	供試体寸法 (mm)
		幅×高さ×供試体長 [スパン]
A1	A1-10	100×100× 400[300]
	A1-20	100×200× 700[600]
	A1-30	100×300×1050[900]
A2	A2-10	100×100× 400[300]
	A2-20	100×200× 700[600]
	A2-30	100×300×1050[900]

3. 実験結果

本研究では、寸法が異なる SFRC はり供試体を対象とし、曲げタフネス T_b 、式(1)で与えられる換算曲げ強度 σ_b 、引張軟化曲線の形状および引張軟化曲線下の面積 $A_{f,s}$ により性能評価を行った。

曲げタフネスは、はり供試体の 3 等分点曲げ載荷試験から得られる荷重-変位曲線において、たわみが載荷スパンの 1/150 となる点までの曲線下の面積である。また、換算曲げ強度は、次式で表される。

キーワード：鋼繊維補強コンクリート、曲げタフネス、換算曲げ強度、引張軟化曲線

連絡先：〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部土木工学科 Tel/Fax：058-293-2469

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T_b}{\delta_{tb}} \cdot \frac{\ell}{bh^2} \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 δ_{tb} はスパン ℓ の 1/150 のたわみ、 b は供試体の幅、 h は供試体の高さである。引張軟化曲線下の面積は、便宜上、ひび割れ幅 1.5mm までとした。なお、引張軟化曲線下の総面積は破壊エネルギーと定義されている。

強度試験結果、荷重-変位曲線および引張軟化曲線を、それぞれ、表-3、図-2、図-3に示す。図-3から分かるように、引張軟化曲線は、供試体寸法によらず、同じ形状となった。表 4 に曲げタフネス、換算曲げ強度、引張軟化曲線下の面積を示す。表-4から分かるように、曲げタフネスは、当然のことな

表-3 強度試験結果

シリーズ	強度 (MPa)			弾性係数 (GPa)	材齢 (日)
	圧縮	引張	曲げ		
A1	52.2	4.60[3.66]	6.34	30.3	27~28
A2	51.9	6.19[4.70]	8.24	30.1	27~28

[]内はひび割れ発生荷重時の強度

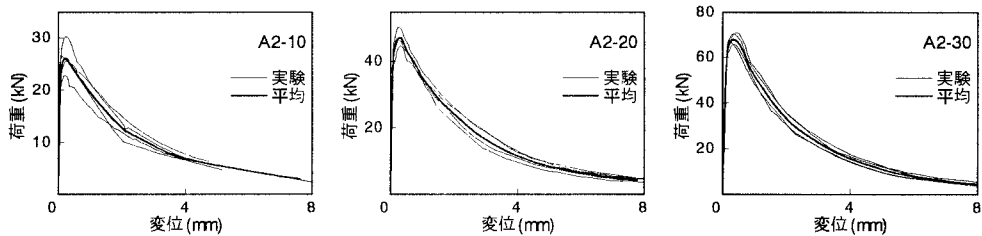


図-2 荷重-変位曲線(混入率 2%)

がら、供試体寸法に大きく依存した。換算曲げ強度は、曲げタフネスよりは供試体寸法の影響は小さいものの、はり高さが大きくなるに伴い減少した。一方、引張軟化曲線下の面積は、引張軟化曲線が寸法の影響をほとんど受けないため、ほぼ一定の値となった。したがって、SFRC の特性を評価する上では、寸法の影響を受けない引張軟化曲線下の面積の方が、従来から用いられている曲げタフネスや換算曲げ強度より優れている。

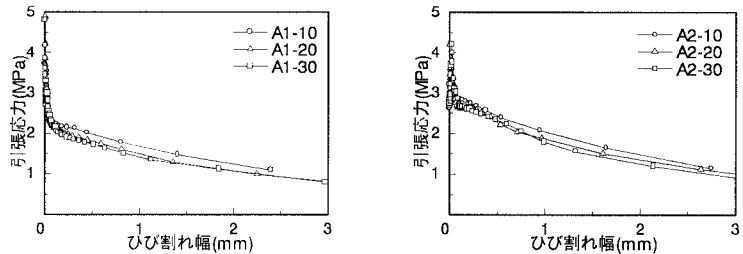


図-3 引張軟化曲線

表-4 曲げタフネス、換算曲げ強度、引張軟化曲線下の面積

はり高さ (mm)	曲げタフネス T_b (kN・mm)		換算曲げ強度 $\bar{\sigma}_b$ (MPa)		引張軟化曲線下の面積 $A_{t,s}$ (N/mm)	
	1%	2%	1%	2%	1%	2%
100	31.6	38.5	4.75	5.78	2.78	3.42
200	82.8	103	3.11	3.88	2.54	3.19
300	143	170	2.38	2.82	2.47	3.16

4. まとめ

繊維混入率を 1%または 2%とした SFRC を対象として、はり高さを 100、200、300mm と変化させたはり供試体の 3 等分点曲げ荷重試験を行い、逆解析を介して、引張軟化曲線を求めた。その結果、いずれの繊維混入率の場合も、はり供試体の寸法によらず、ほぼ同じ形状の引張軟化曲線が得られた。SFRC 破壊時のエネルギー吸収能を比較する上では、従来から用いられている曲げタフネス T_b や換算曲げ強度 $\bar{\sigma}_b$ に比べ、引張軟化曲線下の面積 $A_{t,s}$ は、寸法の影響を受けない点で優れている。

【参考文献】

- 1) JCI-SF4 鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度及び曲げタフネス試験方法、日本コンクリート工学協会、1984.
- 2) 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.