

V-557 鋼繊維補強コンクリートのひび割れ性状と仮想ひび割れモデルの適用性

岐阜大学 正会員 ○栗原哲彦 内田裕市 六郷恵哲
岐阜大学 学生員 荒川 健

1. はじめに

コンクリートの破壊現象の解析に用いられる仮想ひび割れモデルは、破壊領域を1本の仮想のひび割れでモデル化することから、1本の主ひび割れにより部材全体の挙動が支配される場合は非常に有効である。しかし、繊維補強コンクリートのように複数のひび割れが発生する可能性がある場合への適用性については十分には明らかにされていない。本研究では、鋼繊維補強コンクリートの引張軟化曲線を、仮想ひび割れモデルを組み込んだ多直線近似法¹⁾により推定し、曲線の相違の程度から仮想ひび割れモデルの適用性について検討した。

2. 実験および解析概要

インデント付きストレート鋼繊維（ ϕ 0.3×30mm）を容積比で2あるいは6%混入した鋼繊維補強コンクリートにより表-1に示すはり供試体を作製した。コンクリートの示方配合を表-2に示す。はり幅は10cmと一定とし、はり高さを10、20cmと変化させた。切欠きのない供試体（S2、S6シリーズ）に加え、予め破壊位置を限定するため、供試体中央に切欠きを有するはり供試体（SN2、SN6シリーズ）も作製した。切欠き深さは、はり高さの1/2とした。載荷方法は3等分点載荷とし、荷重および載荷点変位を計測した。試験時材齢における強度試験結果を表-3に示す。

供試体中央に仮想ひび割れモデルを組み込んだ多直線近似法¹⁾を用いて、実験で得られた荷重-変位曲線の平均曲線からそれぞれ引張軟化曲線を推定した。解析に用いた弾性係数は、表-3に示した実測値とした。

3. 実験および解析結果

実験により得られた荷重-変位曲線を図-1～2に、実験結果を表-1に示す。図中の細線は各実験データを、太線は平均曲線を表す。実験後のはり側面におけるひび割れ図の一例を図-3に示す。S2シリーズに比べS6シリーズでは、最大荷重が著しく大きく、曲げ強度は200kgf/cm²を越えている。

発生したひび割れは、S2シリーズでは1本、S6シリーズでは2ないし3本であった。さらに、切欠きのあるS6シリーズのはり供試体では、スパン方向にもひび割れが進展し、他とは異なるひび割れ性状を示した。

実験の各平均曲線から推定された引張軟化曲

線を図-4に示す。S2シリーズにおいて4種類の供試体（S2-10、

S2-20、SN2-10、SN2-20）から推定した引張軟化曲線は、およそ同一形状のものが得られた。さらに、推定された引張軟化曲線を用いて荷重-変位曲線を解析した結果を図-1に併記する。解析値はどの供試体においても実験値のパラツキの範囲

内にあり、荷重-変位曲線を良好に再現することができた。これより、S2シリーズにおいては、供試体の寸法や形状によらず同一の引張軟化曲線が推定されることが分かった。しかし、S6シリーズにおいては、同一配合のコンクリートであるにもかかわらず、図-4に示すように推定された引張軟化曲線のパラツキは大きくなった。推定された引張軟化曲線

表-1 供試体寸法および実験結果

シリーズ	供試体名	供試体寸法 (cm)		実験結果	
		幅×高さ×供試体長 [スパン]	切欠き 深さ	最大荷重 (tonf)	曲げ強度 (kgf/cm ²)
S2	S2-10	10×10×40 [30]	—	4.21	122
	S2-20	10×20×70 [60]	—	7.71	113
	SN2-10	10×10×40 [30]	5	1.04	122
	SN2-10	10×20×70 [60]	10	2.24	132
S6	S6-10	10×10×40 [30]	—	7.58	225
	S6-20	10×20×70 [60]	—	11.4	167
	SN6-10	10×10×40 [30]	5	24.7	294
	SN6-10	10×20×70 [60]	10	4.05	238

表-2 コンクリートの示方配合

シリーズ	混入率 (%)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	S	G	F	Ad.
S2	2.0	31.0	137	492	874	761	150	14.8
S6	6.0	24.0	196	1004	1004	—	468	40.2

Ad.: 高性能減水剤

表-3 強度試験結果

シリーズ	強度 (kgf/cm ²)			弾性係数 (kgf/cm ²)
	圧縮	引張	曲げ	
S2	757	84.9 [59.4]	126	3.93×10 ⁵
S6	894	143 [66.5]	227	3.84×10 ⁵

□ 内はひび割れ発生荷重時の強度

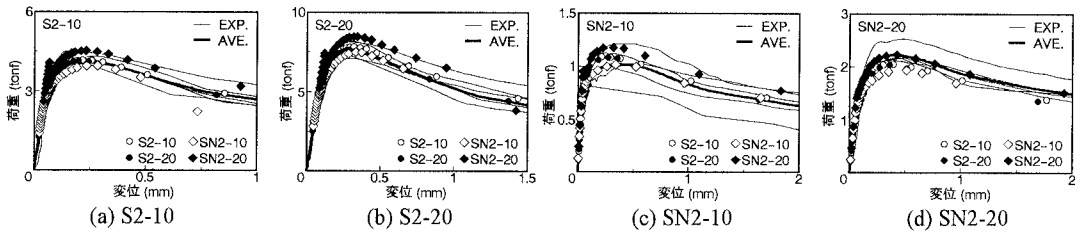


図-1 荷重-変位曲線 (S2 シリーズ)

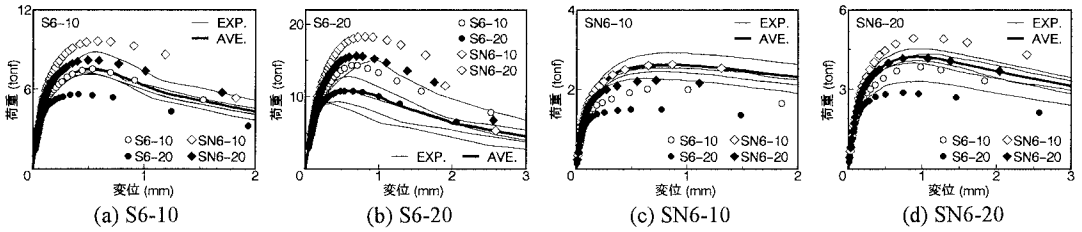


図-2 荷重-変位曲線 (S6 シリーズ)

を用いて荷重-変位曲線を解析した結果を図-2 に併記する。その結果、解析された荷重-変位曲線は実験値のパラツキの範囲内にはなく、解析値同士も大きな差が生じた。この理由として、S2 シリーズでは切欠きの有

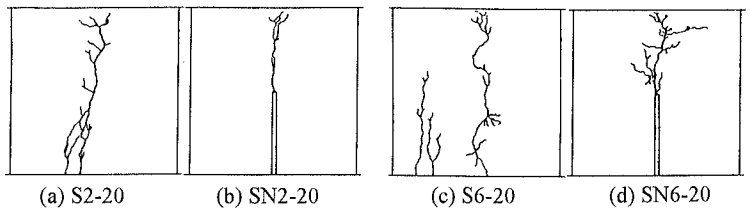


図-3 ひび割れ図の一例（はり高さ：20cm）

無にかかわらずおよそ 1 本の主ひび割れにより破壊が生じているが、S6 シリーズでは複数のひび割れが生じており、特に切欠きのあるはりでは他とは異なるひび割れ分岐現象が見られたことが考えられる。したがって、本解析で用いた仮想ひび割れモデルは、S6 シリーズのように複数ひび割れやひび割れの複雑な分岐を生じる場合には適用できないと考えられる。

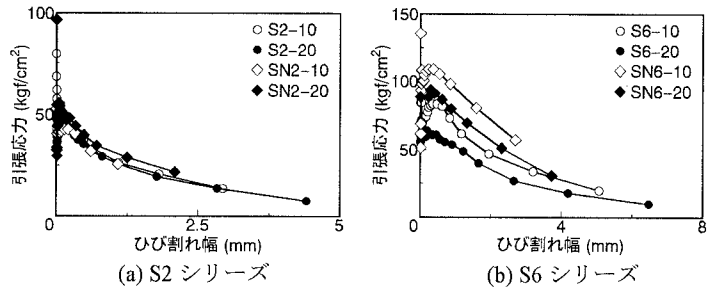


図-4 引張軟化曲線

4. まとめ

鋼繊維を容積比で 2 あるいは 6% 混入した 2 種類の鋼繊維補強コンクリートの引張軟化曲線を、仮想ひび割れモデルを組み込んだ多直線近似解析法により推定した結果、はり全体の破壊挙動がほぼ 1 本の主ひび割れにより支配される場合 (S2 シリーズ) には、仮想ひび割れモデルの適用は有効であるが、複数のひび割れが発生し、それが複雑に分岐するような場合 (S6 シリーズ) では、その適用は困難であることが明らかになった。なお、通常の鋼繊維補強コンクリートは、繊維混入率が 2% 以下であり、仮想ひび割れモデルを適用できると考えられる。

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。