

仮想ひび割れをはり中央に配置したモデルの鋼繊維補強コンクリートへの適用性

岐阜大学 学生員 ○荒川 健 石綿真史

岐阜大学 正会員 栗原哲彦 六郷恵哲

1. はじめに

短繊維補強コンクリートは、繊維の補強効果により複数のひび割れが発生し、普通コンクリートよりも高靱性・高強度化が期待できる材料である。一方、引張軟化特性を組み込み、仮想ひび割れを供試体中央に1本配置したモデルは、普通コンクリートのように1本の主ひび割れにより部材全体の挙動が支配される材料に対して有効である。本研究では、複数ひび割れが発生する可能性がある鋼繊維補強コンクリートの引張軟化曲線を、1本の仮想ひび割れモデルを組み込んだモデルを用いて多直線近似解析手法^[1]により推定し、推定された軟化曲線の形状の相違からその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(φ0.3×30mm)を容積比で1%、2%、4%および6%^[2]混入した鋼繊維補強コンクリートはり供試体を作製した。供試体寸法およびコンクリートの示方配合を表-1、表-2に示す。載荷方法は3等分点曲げ載荷とし、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解析手法^[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引張軟化曲線を推定した。

3. 実験および解析結果

実験により得られた荷重-変位曲線の一例を図-1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。はり側面におけるひび割れ図の一例を図-2に示す。また図における破線は載荷中には確認できたが除荷後に閉じたひび割れである(以下、微細ひび割れとする)。繊維混入率の増加とともに最大荷重が大きくなり、S4およびS6シリーズでは、曲げ強度が200kgf/cm²を越えている。

発生した主ひび割れは混入率の増加とともに複雑になり、その本数はS1、S2シリーズでは1本、S4、S6シリーズでは2本ないし3本であった。またS2シリーズにおいては微細ひび割れが2本ないし3本発生していた。さらに、切り欠きのあるS6シリーズでは、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-3に示す。S1およびS2シリーズから推定された引張軟化曲線は、およそ同一形状のものが得られた。また、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。解析値はいずれも実験値のばらつきの範囲内にあり、荷重-変位曲

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]	切り欠き 深さ	最大荷重 (tonf)	曲げ強度 (kgf/cm ²)
S1	S1-10	10×10×40[30]	—	2.13	64.1
	S1-20	10×20×70[60]	—	3.86	58.2
	S1-30	10×30×105[90]	—	5.62	56.7
S2	S2-10	10×10×40[30]	—	2.66	79.8
	S2-20	10×20×70[60]	—	4.81	72.4
	S2-30	10×30×105[90]	—	6.93	69.8
S4	S4-10	10×10×40[30]	—	7.29	219
	S4-20	10×20×70[60]	—	11.8	178
	S4-30	10×30×105[90]	—	15.4	155
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	2.47	294
	SN6-20	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
S1	1.0	49.0	180	378	931	755	78.5	4.2
S2	2.0	49.0	180	378	915	749	157	6.3
S4	4.0	25.0	180	825	1183	—	314	29
S6	6.0	24.0	196	1004	1004	—	468	40.2

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	
S1	533	46.9 [37.3]	64.7	3.09×10 ⁵
S2	530	63.2 [48.0]	84.1	3.07×10 ⁵
S4	995	135 [70.0]	209	3.86×10 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

線を良好に再現することができた。これより、S1および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を推定できることが確認された。しかし、S4およびS6シリーズでは、同一配合のコンクリートであるにもかかわらず、図-3に示すように推定された引張軟化曲線の形状に大きな誤差が生じた。同様に、解析による荷重-変位曲線においても実験値のばらつきの範囲内にはなく大きな差が生じた。この理由として、S1、S2シリーズではおよそ1本の主ひび割れで破壊挙動が支配されているが、S4、S6シリーズでは複数の主ひび割れの発生および、ひび割れ分岐性状が見られたことが考えられる。よって、本解析で用いた仮想ひび割れモデルは、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。しかしながら、S2シリーズのように主ひび割れ他、多少の微細ひび割れが生じる場合には適用可能である。

4. まとめ

鋼繊維補強コンクリートの引張軟化曲線を、仮想ひび割れをはり中央に配置したモデルを組み込んだ多直線近似解析手法^[1]により解析した結果、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には本解析モデルの適用は有効である。なお、主ひび割れ他1、2本の微細ひび割れが生じる場合でも適用可能であることが確認された。しかしながら、複数のひび割れが発生し、それがさらに分岐するような場合には、その適用が困難であることが明らかとなった。なお、通常の鋼繊維補強コンクリートは、繊維混入率が2%以下であるため本モデルは適用可能であると考えられる。

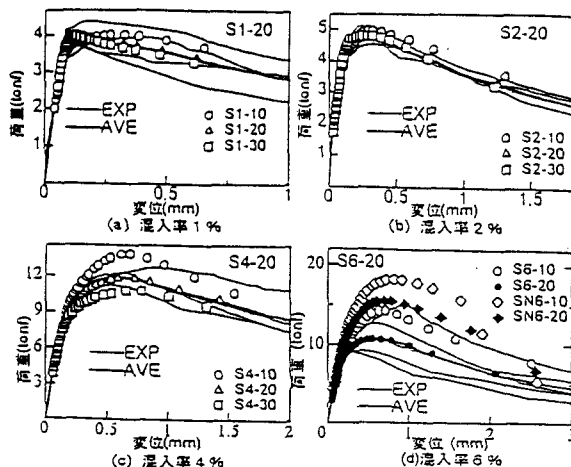


図-1 荷重変位曲線一例

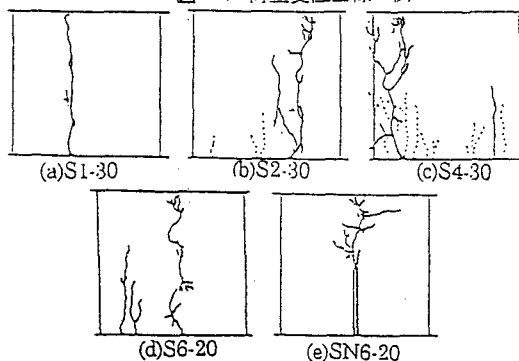


図-2 ひび割れ図の一例

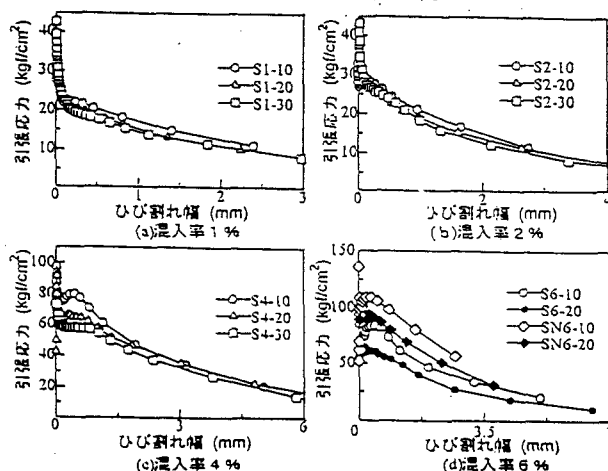


図-3 引張軟化曲線

参考文献

- 1) 栗原哲彦、安藤貴宏、国枝 稔、内田裕市、六郷恵哲：多直線近似解析手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.
- 2) 栗原哲彦、荒川 健、内田裕市、六郷恵哲：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、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集、V-5、pp.1112-1113、1996.9