

東京大学 学生員 ○ R. K. ヴィーラタナ
 東大生研 正会員 魚 本 健 人
 東大生研 正会員 西 村 次 男

1. は し が き

鋼繊維補強コンクリートに関しては、既に多くの研究がなされており、土木学会からも設計・施工指針(案)¹⁾が出され、今後多くの構造物に鋼繊維補強コンクリートは利用されるものと考えられる。しかし、構造材料としての利用を行う場合に最も一般的な方法としては、鉄筋を併用した鋼繊維補強鉄筋コンクリート構造とすることであらう。この場合に検討すべき項目は種々考えられるが、鋼繊維補強鉄筋コンクリート構造部材としての疲労特性については、未だ十分明らかにされてないのが現状である。そこで、本研究は既成のRC梁の疲労に関する研究や²⁾、鋼繊維補強コンクリートの疲労に関する研究結果³⁾を考慮して、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁(以下SFRC梁と言う)による曲げ疲労特性に関して実験的に検討した結果を報告するものである。

2. 実 験 概 要

実験に用いた梁は、Fig. 1に示す鉄筋コンクリート梁で、鉄筋比2.21%、有効高さ18.2cmの長方形断面梁である。使用した鉄筋はいずれもSD30であり、主鉄筋(D16)の降伏点応力は3655 kg/cm^2 、引張強度は5900 kg/cm^2 である。なお、梁の載荷は2点載荷とし、 a/d は3.43とした。

コンクリートは鋼繊維補強コンクリート(異形カットワイヤー $\phi 0.5 \times 30\text{mm}$ 使用、 $V_f = 1.5\%$)と普通コンクリートとし、いずれも水セメント比50%、スランプ $10 \pm 1\text{cm}$ となるよう配合を定めた。実験用梁は打設後4週間湿気養生を施し、材令20週からの24週の間に疲労試験を実施した。なお、載荷距におけるコンクリート強度は、鋼繊維補強コンクリートで515 kg/cm^2 、普通コンクリートで500 kg/cm^2 であった。

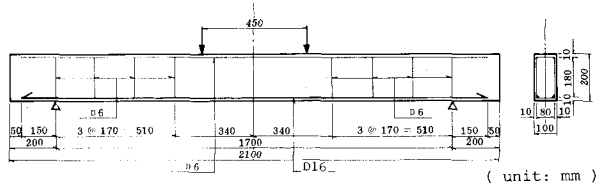


Fig. 1 Details of beams tested under fatigue loading

Table 1 Results of dynamic loading series

Type	Load P (tonf)	P/ P _{max} (%)	Concrete Strain ($\times 10^{-6}$)	Concrete Stress:fc (kgf/cm^2)	f_c/f_c' (%)	Steel Strain ($\times 10^{-6}$)	Steel Stress:fs (kgf/cm^2)	f_s/f_{sy} (%)	Cycles to failure N ($\times 10^4$)	$\log_{10}$ (N)	Failure mode
SFRC ($V_f = 1.5\%$)	5.0	49.5	897	250	48.5	1280	2190	60	223.23	6.348	—
	6.5	64.4	1175	316	61.0	1730	2961	81	186.0	6.269	F.C.
	7.2	71.3	1302	344	66.0	1910	3270	89	37.4	5.57	F.C.
	8.1	80.2	1476	379	73.6	2100	3655	100	18.23	5.26	F.C.
	8.6	85.2	1600	400	77.7	2400	3655	100	10.35	5.015	F.C.
	9.1	90.1	2242	485	94.0	>10000	—	—	0.256	3.4	F.C.
	9.5	94.1	3100	514	99.8	>10000	—	—	0.030	2.47	F.C.
	6.0	70.6	1000	270	54.0	1630	2790	76	26.31	5.42	S.C.
Plain ($V_f = 0.0\%$)	6.8	80.0	1130	300	60.0	1860	3184	87	21.43	5.33	S.C.
	7.8	91.8	1300	330	66.0	2100	3655	100	5.73	4.758	S.C.
	8.0	94.2	1370	347	69.4	2500	3655	100	18.74	4.273	S.C.

f_c' (SFRC) = 515 (kgf/cm^2)
 f_c' (Plain) = 500 (kgf/cm^2)

P_{max} (SFRC) = 10.10 (tonf)
 P_{max} (Plain) = 8.49 (tonf)

$E_{sy} = 2100 \times 10^{-6}$
 $f_{sy} = 3655$ (kgf/cm^2)

F.C. : Flexural Compression
 S.C. : Shear Compression

疲労試験では、設定下限荷重を1tonf (SFRC梁では静的最大耐力の10%に相当し、普通鉄筋コンクリート梁では約12%に相当)とし、設定上限荷重はそれぞれ梁の静

的最大耐力の50%から100%の間の値とした。載荷は荷重制御(正弦波)で行い、静的試験による載荷点変位より変位が5mm大きくなるか、設定荷重の5%まで載荷荷重が減少した場合に中止した。

3. 実験結果と考察

疲労試験結果をTable 1に、静的載荷試験結果をTable 2に示す。いずれの梁も静的載荷試験では曲げ破壊であったが、普通鉄筋コンクリート梁の場合、疲労試験ではいずれもせん断圧縮破壊となったため、SFRC梁と直接比較することはできない。なお、静的試験における鉄筋降伏荷重と最大荷重の計算値は、⁴⁾ ほぼ良い一致を示す。

Fig. 2は疲労試験結果を示したもので、この図から明らかなようにいずれの梁の場合にも設定上限荷重が高い場合と低い場合とでは異なった直線にのっている。即ち、設定上限荷重が鉄筋降伏荷重よりも高い場合には、鉄筋の変形が大きいためわずかな繰返し数で破壊したものと考えられる。

SFRC梁はいずれも曲げ圧縮破壊となったことから、伊藤らの圧縮疲労試験結果³⁾と比較する目的で最大応力比と繰返し数($S-N$ 曲線)との関係をFig. 3に示す。この図から明らかなように、破壊時繰返し数が同じとなる場合の応力比は、単純圧縮疲労試験の場合に比べSFRC梁の場合の方が高い。この傾向は、普通鉄筋コンクリート梁の場合にも認められ、作用荷重による応力勾配の影響であると考えられる。

Fig. 4は、静的載荷試験時の荷重-たわみ曲線と、疲労試験後の荷重-たわみ曲線の違いを示したものである。この図に示した曲線のうち、223万回まで載荷しても破壊しなかったSFRC梁のほかに、他の梁はいずれも剛性低下が認められる。破壊しなかった梁の場合、ひびわれの分散も長く、ひびわれ幅も0.5mm以下であった。なお、他のSFRC梁の場合には疲労試験後であっても、載荷荷重が静的最大耐力の50%程度までの範囲では、初期載荷時曲げ剛性の50%以上の剛性を有している。

参考文献

- 1) 鋼繊維補強コンクリート設計施工指針(案), コンクリート・ライブラリー・第50号, 土木学会, 1983
- 2) 西村, 井上, 加古: RCばりの曲げ疲労特性について, 土木学会年学(第36回), 1981
- 3) 伊藤, 小林, 西村: 鋼繊維補強コンクリートの圧縮疲労性状について, 土木学会年学(第31回), 1976
- 4) 松下, 牧野: プレテンションPCばりの疲労に関する研究, セメント技術年報, 32, 1978

Table 2 Results of static loading series

Type	Yield Load Py (tonf)	Max. Load Pmax(tonf)	Center Deflection (mm)		Jack Stroke (mm)	
			at Py	at Pmax	at Py	at Pmax
SFRC	8.1 (8.0)※	10.10 (9.0)※	6.00	30.0	1.69	5.75
Plain	7.4 (7.4)※	8.49 (8.2)※	5.78	20.5	1.64	4.20

※ Calculated Value

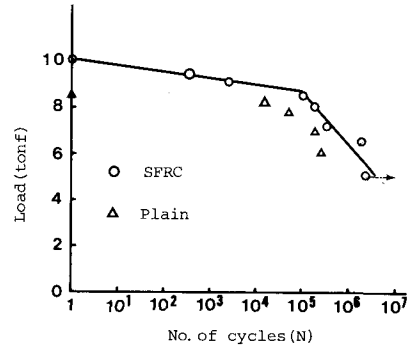


Fig. 2 Load vs No. of cycles (N)

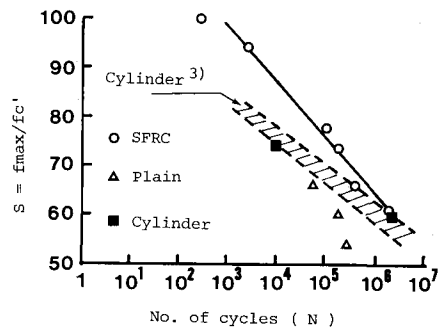


Fig. 3 S-N curves for beams compared to cylindrical specimen fatigue results

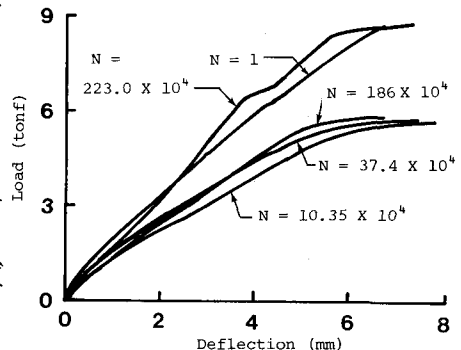


Fig. 4 Comparison of load-deflection curves for failure at different cycles