

V-125

鋼繊維と膨張材がRCはりの疲労特性に及ぼす影響

和歌山工業高等専門学校 正会員 中本純次
同 上 正会員 戸川一夫

1. 本研究の目的

本研究は鋼繊維あるいは膨張材を鉄筋コンクリートはりに使用した場合、はりの気中あるいは水中疲労特性に及ぼす鋼繊維種類および膨張材の影響を実験的に検討しようとするものである。

2. 実験概要

使用セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は川砂(比重2.62, F.M=3.27),粗骨材は最大寸法15mmの硬質砂岩砕石(比重2.62)である。膨張材はカルシウムサルホアルミネート系のものを使用した。鋼繊維は $\phi 0.7 \times 60 \text{mm}$ ($\sigma_{sy}=120 \text{kgf/mm}^2$)の異形伸線加工鋼繊維と $0.5 \times 0.5 \times 30 \text{mm}$ ($\sigma_{sy}=68.6 \text{kgf/mm}^2$)のせん断鋼繊維の2種類を用いた。コンクリートの基準配合は単位結合材料(C+E)= 450kgf/m^3 , 水結合材比(W/C+E)=50%, s/a=88%である。本実験計画を表1に示す。繰返し上限荷重は低応力レベルは許容応力度法によって求めた設計荷重, 高応力レベルは、はりの終局耐力(P_u)の0.8倍の荷重とした。下限荷重は、はりの設計荷重の45%とした。RCはり供試体は無補強の複鉄筋コンクリートはりで鉄筋比 $p=0.0338$, 使用鉄筋はD13(SD30)である。繰返し載荷回数(N)は200万回を上限とし、200万回載荷後も破壊しないはりについては、そのまま静的破壊試験を行った。載荷周期は10Hzである。気中疲労試験供試体は材令28日まで散水養生し、以後試験日まで気中養生した。水中疲労試験供試体は材令28日まで散水養生し、試験日の2週間前から水中養生に復した。

表1 実験計画

コンクリート 種 類	鋼 鋼 維		膨張材量 (Kg/m ³)	気 中 試 験						水 中 試 験		
	種 類	混入量		a / d = 1. 5			a / d = 3. 5			a / d = 3. 5		
				静 的	設 計	0.8Pu	静 的	設 計	0.8Pu	静 的	設 計	0.8Pu
A	——	—	——	●	●	●	●	●	●	●	●	●
B	φ0.7x60	1.5%	50	●	●	●	●	●	●	●	●	●
C	φ0.7x60	1.5%	——	—	—	—	●	●	●	—	—	—
D	0.5x0.5x30	1.5%	——	—	—	—	●	●	●	—	—	—

3. 結果と考察

①破壊性状, a) 気中疲労: 試験結果を表2に示す。普通の鉄筋コンクリートはりは全てせん断破壊した。SFRCはりはせん断破壊よりもむしろ曲げ破壊する傾向が生じ, SFRECはり(鋼繊維と膨張材を混入)は曲げ破壊する傾向が一層強くなった。また高応力レベル載荷では、はりは200万回以前で全て破壊した。破壊までの繰返し回数はNRCはりに比べてSFRCはりの方が上回る。また繊維種類も破壊回数に影響し、せん断鋼繊維を用いた方が伸線加工鋼繊維を用いた場合よりも破壊回数は大きくなる。b) 水中

表2 実験条件と実験結果

コンクリート 種類	試験環境	せん断比 a/d	鉄筋比 p	設計強度 (P_u)(t)	上限 ¹⁾ 荷重 (t)	下限 ²⁾ 荷重 (t)	圧縮強度 (kgf/cm^2)	曲げ強度 (kgf/cm^2)	静的破壊 荷重 (t)	200万回 残存耐力 (t)	疲労破壊 回数	破壊 ³⁾ 形式
A (PLAIN)	気中	3.5	静 的 設計 0.8 P_u	4.5	1.77 3.56	0.8 0.8	600	60	4.44	3.5 (3.45) ⁴⁾	200万 1	D T D T D T
	中	1.5	静 的 設計 0.8 P_u	11.67	4.1 9.4	1.865 1.865	613	78	12.0	11.7	200万 10.1万	A C A C-D T D T-ST
	水中	3.5	静 的 設計 0.8 P_u	4.5	1.74 3.56	0.8 0.8	486	54	4.62	3.53	200万 1万	D T D T D T
B ($\phi 0.7 \times 60$ E=50 kg/m^3)	気中	3.5	静 的 設計 0.8 P_u	5.51	1.74 4.69	0.8 0.8	606	152	5.8	5.52	200万 71.6万	F T F T F T-ST
	中	1.5	静 的 設計 0.8 P_u	13.10	4.08 10.40	1.865 1.865	652	149	14.4	15.24	200万 17.6万	F C F C F T-FC-ST
	水中	3.5	静 的 設計 0.8 P_u	5.51	1.74 4.29	0.8 0.8	537	124	5.79		182万 70.4万	F T D T-F T D T-ST
C ($\phi 0.7 \times 60$)	気中	3.5	静 的 設計 0.8 P_u	5.51	1.77 4.474	0.8 0.8	701	137	5.82	5.0	200万 35.4万	D T-F T D T-FC F T-ST
	水中	3.5	静 的 設計 0.8 P_u	5.09	1.74 4.07	0.8 0.8	547	91	5.31	5.52	200万 5.03万	F T F T D T

1) はり高さ10cmとして計算

2) 供試体の実はり高さを使用して計算

3) 初期破壊途中で破壊

4) D T: 引張鉄筋破壊

S T: 引張鉄筋破壊

F C: 曲げ圧縮破壊

A C: アーチコンプレッション破壊

F T: 曲げ引張破壊

疲労: 気中疲労の場合と同様に

低応力レベル
載荷
において
普通のR
Cはり
はせん断破
壊したの
に対し、
SFRE
Cはり
は曲げ破
壊とせん断
破壊とが
同じに起
こるよう
になり、
破壊まで
の繰返し
回数も高
くなる
②たわみ
特性、S
FRCは
りの方が
普通の鉄
筋コン
クリート
はりより
もたわみ
量は小さ
くなる。鋼
繊維種類

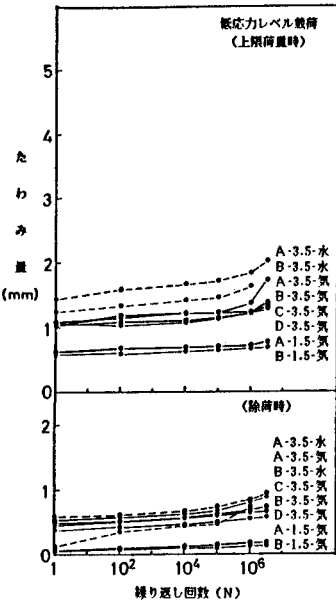


図1 たわみ量と繰返し回数 (N) との関係

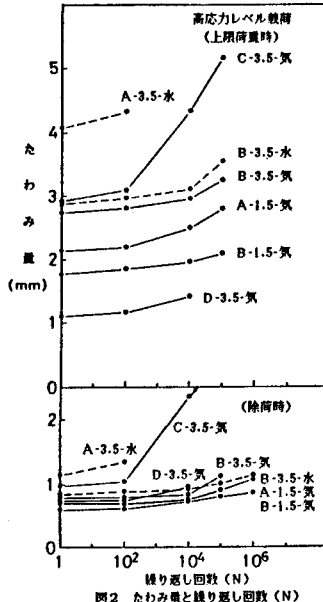


図2 たわみ量と繰返し回数 (N) との関係

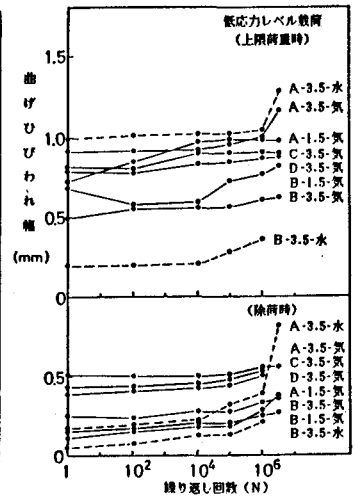


図3 曲げひびわれ幅と繰返し回数 (N) との関係

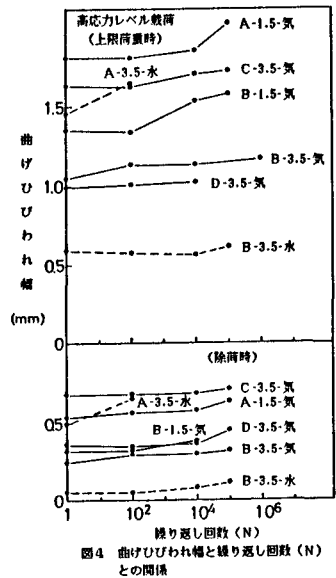


図4 曲げひびわれ幅と繰返し回数 (N) との関係

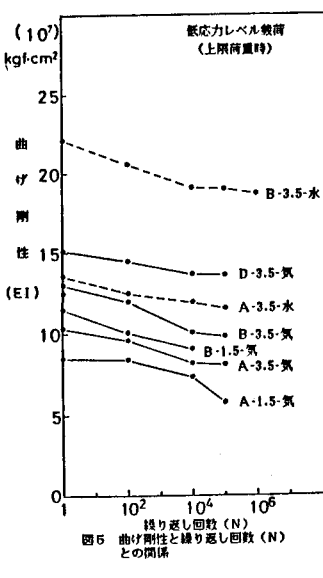


図5 曲げ剛性と繰返し回数 (N) との関係

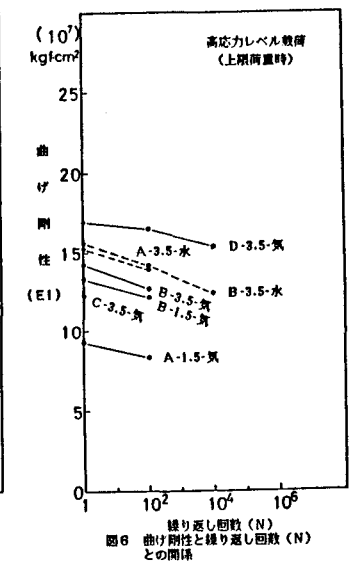


図6 曲げ剛性と繰返し回数 (N) との関係

はたわみ特性に影響し、せん断鋼繊維の方が伸線加工鋼繊維と比べてたわみ量の低減に効果がある。このことは載荷レベル、および気中、水中を問わず言える（図-1、図-2参照）。③ひびわれ特性、SFRCはりのひびわれ幅は普通の鉄筋コンクリートのそれよりも小さいことが分かる（図-3、図-4参照）。そしてせん断鋼繊維の方が伸線加工鋼繊維よりもひびわれ幅の低減に効果がある。また膨張材もひびわれ幅の低減に効果がある。SFRE Cはりのひびわれ幅は水中疲労試験下では気中疲労試験下のときの約1/2程度となり、鋼繊維と膨張材の組合せは水中疲労下でのひびわれ幅の低減に著しい効果を示すことが解かった。④曲げ剛性、気中疲労下における低応力レベル載荷での曲げ剛性の変化を図5に示す。SFRCはりの曲げ剛性は普通の鉄筋コンクリートはりとは比べて大きい。特にせん断鋼繊維を用いた方が伸線加工鋼繊維よりも曲げ剛性は高くなる。高応力レベル載荷でも同様のことがいえる（図-6参照）。