

鋼繊維によるコンクリートの衝撃疲労破壊について

立命館大学理工学部 正員 ○尼崎 省二
立命館大学理工学部 正員 明石外世樹

1 まえがき

鋼繊維補強コンクリートの力学的性質に関する理論的かつ実験的研究は数少くなされており、普通コンクリートに比べて曲げ・引張り・衝撃などの性能が優れているとの報告がなされているが、衝撃疲労強度に関する研究例は少ないようである。本研究は、コンクリートの衝撃疲労強度は圧縮強度が大きくなると低くなるという結果⁽¹⁾について、鋼繊維が高強度コンクリートの衝撃疲労強度の改善に及ぼす影響を及ぼすかを調べるために、鋼繊維の混入量と種類を変化させて、鋼繊維補強コンクリートの静的特性と衝撃疲労強度との関係を調べたものである。

2 実験概要

実験は、試験時抜令8~9週の圧縮強度が約600 kg/cm²の高強度コンクリートについて、 $\sigma_y = 19 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{max} = 32 \text{ kg/mm}^2$ で0.5x0.5x30mmおよび0.3x0.3x30mmの市販の鋼繊維と $\sigma_{max} = 76 \text{ kg/mm}^2$ のステンレス鋼(SUS-304)のφ0.3mmを長さ20mmに切断したものの3種類の鋼繊維で補強して、静的圧縮強度の60, 70, 80および90%の衝撃応力を用いて行った。これらのコンクリートの示方配合および特性を表-1および2に示す。なお、鋼繊維補強コンクリートのワーカビリティは普通コンクリートに比べて悪いために高強度コンクリート用減水剤(MT-100)を用いて、所定のスランプを得るようにした。

表-1 Specific Mix

Series	M.S. (mm)	SL (cm)	W/C (%)	S/a (%)	C	W	S			F
							G	F	F	
(kg/m ³)										
C								731	717	---
F-A	13	7.5±1	34.7	52.2	628	218	725	711	39.3	
F-B, F-C, G							715	701	98.1	
F-D							708	694	137.0	
F-E							698	685	196.0	

F-A, F-B, F-D, F-E : 0.5x0.5x30 mm
F-C : 0.3x0.3x30 mm
C : φ0.3x20 mm

表-2 Property of Concrete

Series	Comp. Strength σ_c (kg/cm ²)	Tensile Strength σ_t (kg/cm ²)	Pulse Velocity V_p (m/sec)
C	575	33.9	4358
F-A	534	32.9	4323
F-B	517	38.2	4242
F-D	595	49.3	4246
F-E	637	59.9	4220
F-C	575	44.9	4224
G	652	50.2	4735

使用材料は、セメントが普通ポルトランドセメント、細粗骨材はそれぞれ桂川産川砂($\rho = 2.51, f.M. = 293$)および高槻産硬質砂岩砕石($\rho = 2.69$)を用い、衝撃試験用供試体はφ75x15mmの内径供試体の上下部に面取りを施し、さらに厚さ0.8mm、幅20mmの鋼製バンドを取付け、その上面はコンクリート地肌のまま仕上げた。養生は抜令4週までの標準養生後、20±3°C, 50±5%RHの空中養生とした。

衝撃試験はW=40kgの重錘を自然落下させる方法を用い、供試体下部にのみ厚さ2cm、弾性係数6000 kg/cm²の合成樹脂をクッション材として配置した。繰返し打撃によるコンクリートの疲労状態は、適当な打撃回数毎の供試体長さ方向の超音波パルス速度の測定により観察した。

3 実験結果および考察

衝撃疲労試験の最大繰返し回数は2000回としたが、すべての応力比とも2000回打撃までに供試体が破壊したので、順序統計量の理論を用いて各応力比における平均繰返し回数Nを計算した。各供試体の生存確率Pと繰返し回数Nとの関係を対数正規確率紙上にプロットした一例を図-1に、また各シリーズの応力比と平均繰返し回数Nとの関係を図-2および表-3に示す。図-1, 2の関係はいずれも最小自乗法により直線近似したものである。

図-1から鋼繊維補強コンクリートの衝撃疲労強度は対数正規分布をすること認められる。

図-2の応力比 \$S\$ 平均繰返し回数 \$\bar{N}\$ 関係の直線

近似から、改めてそれぞれの \$S\$ に対する \$\bar{N}\$ を求め、次式で計算した平均鋼繊維間隔 \$S_{av}\$ との関係を示すと図-3 のようになる。

$$S_{av} = 13.8 d \sqrt{1/P}$$

但し、\$d\$: 鋼繊維の径
\$P\$: 繊維混入率

図-3から、繊維間隔が狭くなると衝撃疲労強度は大きくなるが、

鋼繊維の形状寸法によって異なることがわかる。この関係は図-4の鋼繊維間隔引張強度関係とよく類似している。

ただし、\$F\$ シリーズの鋼繊維間隔は \$F-E\$ シリーズよりも狭いのに、引張強度は小さく、かつ衝撃疲労強度は大きくなっており、鋼繊維補強コンクリートの衝撃疲労強度はコンクリートの引張強度だけでなく、図-5に示すように、コンクリートの静的歪エネルギーに大きく左右されると思われる。そして、

図-3から鋼繊維量が同じ場合には、繊維を細くすると、衝撃疲労強度により有効であることがわかる。図-6は繰返し打撃による超音波パルスの伝播速度変化の一例であるが、超音波パルス速度は応力比が大きくなるほど、また鋼繊維量が少ないほど、低下が徐々に進む傾向にあることが認められる

尾崎「高強度コンクリートの衝撃疲労強度に関する研究」、土木学会第30回年次学術講演集

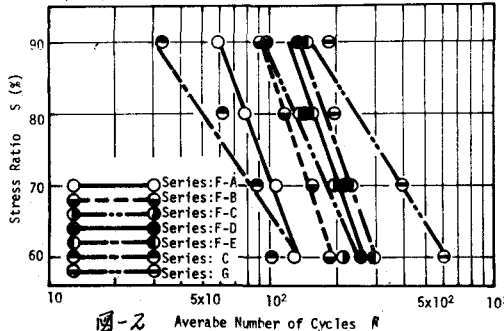


図-2

Static Strength and Average Number of Cycles (\$\bar{N}\$) to Failure

Series	Comp. Strength of Wires (kg/cm ²)	Spacing of Wires (mm)	Stress Level (%)			
			60	70	80	90
C	575	Plain	101	88	62	33
F-A	534	11.0	129	108	78	59
F-B	517	7.0	186	156	118	91
F-D	595	5.9	256	216	144	134
F-E	637	4.9	292	233	155	147
F-C	575	4.2	212	194	137	98
G	652	3.7	608	397	194	189

表-3

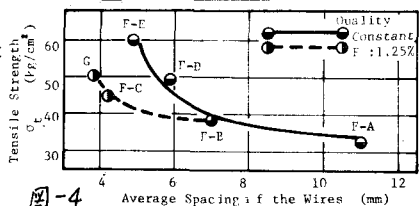


図-4

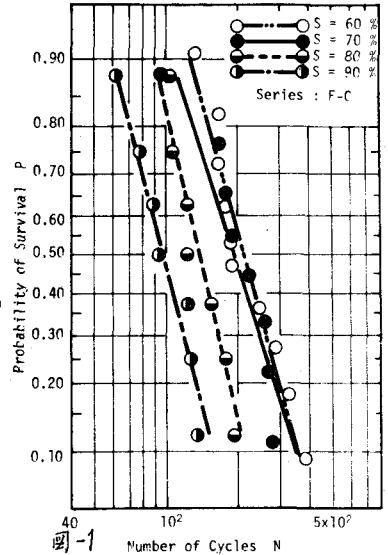


図-1

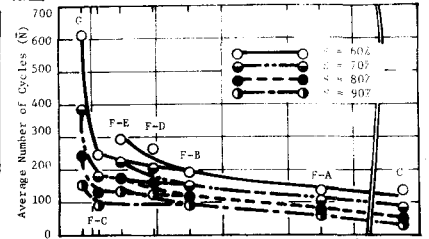


図-3

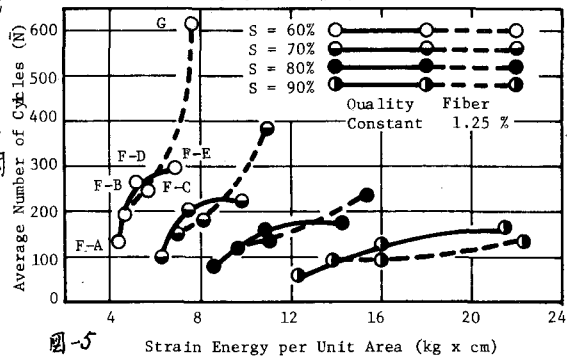


図-5

