

鋼繊維補強レジンコンクリートの強度と靱性

岐阜大学 学生員 大島 光晴 同 Ooi Boon Ching
同 正員 六郷 恵哲 同 正員 小柳 治

1. まえがき

一般にレジンコンクリートの曲げ強度は $200 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ でありセメントコンクリートに比べ大きい。曲げ破壊時の靱性すなわちエネルギー吸収能に大差はなく、ぜい性的に破壊する¹⁾。そこで本研究では、主としてレジンコンクリートの曲げ靱性の改善を目的として、鋼繊維を混入する複合化手法を用いて作成した鋼繊維補強レジンコンクリートについて検討した。

2. 実験概要

各種の鋼繊維を2%あるいは4%混入した鋼繊維補強レジンコンクリート16種類(A₂~I₂, A₄~F₄)を作成した。各シリーズにおいて使用した鋼繊維(以下、SFと略す)の寸法、形状、アスペクト比、ならびに混入率を配合と併せて表-1に示す。結合材には不飽和ポリエステル樹脂を使用し、硬化触媒にはメチルエチルケトンパーオキサイド(MEKPO)を、硬化促進剤にはナフテン酸コバルトを使用した。充てん材として炭酸カルシウムを、細骨材に比重2.60の山砂を、粗骨材には比重2.60、最大寸法10mmの玉砕石を用いた。混入するSFの量が多い場合には単位樹脂量を増やし、各シリーズとも打設時のコンクリートのやわらかさを同程度とした。SFはとくに散布機などを用いず手で投入したが、ファイバーストリップは生じなかった。締固めにはテーブルバイブレータを使用した。

各シリーズとも圧縮試験には $\phi 10 \times 20 \text{ mm}$ の円柱供試体を3個、曲げ試験には $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の角柱供試体を3個用い、供試体の荷重変位曲線をX-Yレコーダに記録した。

3. 結果と考察

各シリーズ3本ずつの曲げ供試体の荷重変位曲線をグラフ上で平均し、SF混入率2%と4%の場合に分けて図-1, 2に示す。JCI規準「繊維補強コンクリートの強度及び曲げタフネス試験方法(案)」に基づき、曲げ靱性の指標として曲げ供試体の変位が2mmとなる時点での荷重変位曲線下の面積を表わされる曲げタフネス T_b 、ならびにその区間の平均曲げ荷重より求められる換算曲げ強度 σ_b を求め、ひびわれ荷重 P_{cr} 、最大曲げ荷重 P_{max} 、曲げ強度 σ_b 、曲げ強度比 σ_b/σ_{b0} とともに表-2に示す。

〔曲げ強度〕図-1, 2からわかるように、曲げ供試体の荷重変位曲線はひびわれ発生時点ではほぼ直線状となった。各シリーズのひびわれ発生荷重は同程度となったが、SF混入率2%の場合、表-2からわかるように、他シリーズに比べ相対的にSFの総本数が多いA₂, D₂が大きなひびわれ荷重を示し、逆にSFの総本数が少ないI₂, F₂が低いひびわれ荷重を示した。SF混入率2%のアスペクト比20のA₂, B₂, C₂シリーズと、SF混入率4%のアスペクト比40のA₄シリーズは、ひびわれ発生後急激に

表-1 試験条件と配合

シリーズ	鋼繊維				単位量 (kg/m ³)				
	寸法 (mm)	アスペクト比	形状	混入率 (%)	Resin	SF	Filler	Sand	Gravel
A ₂	$\phi 0.3 \times 6$	20	flat	2.0	283	155	424	424	1060
B ₂	$\phi 0.5 \times 10$	20	indent	2.0	246	162	443	443	1107
C ₂	$\phi 1.0 \times 20$	20	indent	2.0	246	162	443	443	1107
D ₂	$\phi 0.3 \times 12$	40	flat	2.0	265	159	433	433	1083
E ₂	$\phi 0.5 \times 20$	40	indent	2.0	265	159	433	433	1083
F ₂	$\phi 1.0 \times 40$	40	indent	2.0	265	159	433	433	1083
G ₂	$\phi 0.3 \times 18$	60	flat	2.0	283	155	424	424	1060
H ₂	$\phi 0.5 \times 30$	60	indent	2.0	283	155	424	424	1060
I ₂	$\phi 1.0 \times 60$	60	indent	2.0	283	155	424	424	1060
A ₄	$\phi 0.3 \times 6$	20	flat	4.0	277	305	416	416	1039
B ₄	$\phi 0.5 \times 10$	20	indent	4.0	277	305	416	416	1039
C ₄	$\phi 1.0 \times 20$	20	indent	4.0	277	305	416	416	1039
D ₄	$\phi 0.3 \times 12$	40	flat	4.0	294	299	407	407	1018
E ₄	$\phi 0.5 \times 20$	40	indent	4.0	294	299	407	407	1018
F ₄	$\phi 1.0 \times 40$	40	indent	4.0	294	299	407	407	1018

表-2 試験結果

シリーズ	ひびわれ発生荷重 Pcr (tonf)	最大曲げ荷重 Pmax (tonf)	曲げ強度 σ_b (kgf/cm ²)	曲げタフネス Tb (kgf·m)	換算曲げ強度 σ_b/σ_{b0}	曲げ強度比 σ_b/σ_{b0}	圧縮強度 σ_c (kgf/cm ²)
A ₂	8.40	8.08	242	4.00	60.0	0.248	1060
B ₂	7.85	7.85	236	5.93	89.0	0.377	1130
C ₂	7.85	7.85	236	7.90	119	0.504	1110
D ₂	8.02	8.02	241	11.1	167	0.691	1090
E ₂	7.39	7.85	236	12.0	180	0.763	1100
F ₂	6.58	8.97	269	14.1	212	0.788	1070
G ₂	7.95	7.95	239	13.0	195	0.818	1040
H ₂	7.35	9.77	293	15.4	231	0.788	1120
I ₂	6.60	10.4	311	16.8	252	0.810	1130
A ₄	8.40	8.40	252	5.93	89.0	0.353	971
B ₄	7.83	7.83	235	8.03	120	0.511	938
C ₄	7.27	7.27	218	10.3	155	0.711	908
D ₄	7.19	8.47	254	13.3	200	0.787	887
E ₄	7.63	10.7	322	16.7	251	0.780	960
F ₄	8.40	12.1	362	21.1	317	0.876	1000

荷重が低下しているが、他のシリーズではひびわれ発生後荷重は一時低下するが、その後SFの補強効果が現われ、急激な荷重の低下を防いでいる。特にI₂, E₄, F₄シリーズでは曲げ荷重がひびわれ発生荷重よりも40%も大きくなり、F₄シリーズの曲げ強度は全シリーズの中最高の362 kgf/cm²であった。

〔曲げ靱性〕表-2からわかるように、曲げタフネスT_bの値はSFが太く長くなるほど、あるいはSF混入率が大きくなるほど大きな値を示している。しかし、SF混入率4%のA₄, B₄シリーズは、SF混入率2%のD₂, E₂シリーズよりも小さな曲げタフネスの値を示した。これより、曲げ靱性を改善するにはある程度の太さ長さをもつSFを混入する必要があることがわかる。またφ15×20mmのSFを4%混入したF₄シリーズは、曲げタフネス、曲げ強度ともI₂と同等の値を示した。各シリーズともアスペクト比60のSFを2%混入した場合よりも、同じ直径をもつアスペクト比40のSFを4%混入したものの方が曲げ靱性、あるいは曲げ強度ともに大きな値を示している。

以上より、本実験の範囲で、レジンコンクリートのひびわれ発生後の曲げ耐力の急激な低下を防ぐとともに、ある程度の靱性を確保するためには、直径5mm以上、アスペクト比40以上のSFを2%程混入することが必要であり、さらに曲げ耐力を改善するには、直径1mm、アスペクト比40のSFを3~4%以上混入することが必要であることがわかった。

次に、アスペクト比40の各シリーズの圧縮試験体より得られた荷重変位曲線を図-3に示す。SF混入率4%のD₄, E₄, F₄は、混入率2%のD₂, E₂, F₂よりも荷重の低下の度合いがゆるやかであることがわかったが、混入量が多くなるとともに強度が低下し、曲げ靱性の場合に比べ、圧縮靱性に及ぼすSF混入の効果はわずかであった。

参考文献 1) 小柳1964 コンクリート工学, vol.20, No.6, 1982年6月, pp.83~89.

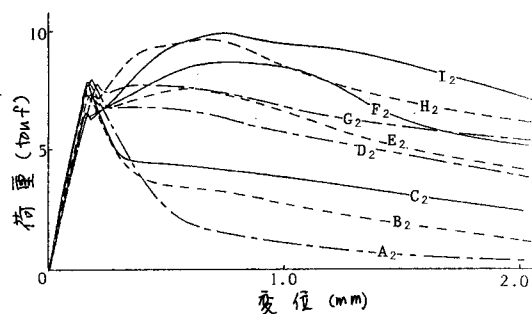


図-1 曲げ荷重変位曲線 (SF混入率2%)

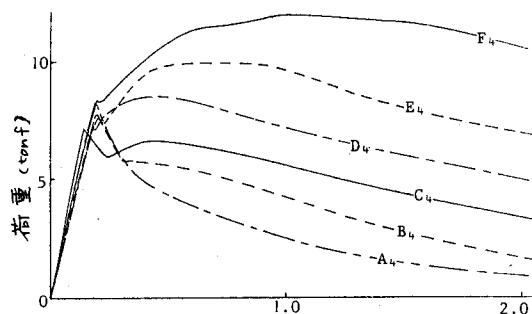


図-2 曲げ荷重変位曲線 (SF混入率4%)

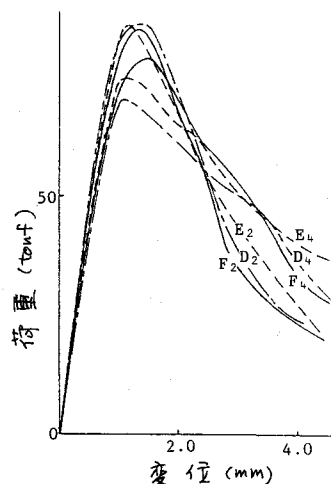


図-3 圧縮荷重変位曲線 (アスペクト比40)