

V-471

ハイブリッド繊維補強コンクリートの破壊挙動

北海道大学工学研究科 学生員 金 南旭

北海道大学工学研究科 学生員 堀口 至

北海道大学工学研究科 正会員 堀口 敬

北海道大学工学研究科 正会員 佐伯 昇

1. はじめに

セメント系コンクリートにおけるひび割れの制御はコンクリート工学分野に課せられた宿命的な課題である。本研究は、高耐久性でひび割れ抵抗性に優れた高性能コンクリートとしてハイブリッド繊維補強コンクリートを取りあげ、そのひび割れ抵抗性について検討を行ったものである。使用したハイブリッド繊維補強コンクリートはマトリックス中に鋼繊維とポリプロピレン繊維の2種類の繊維を混入したもので、繊維長さ10mm以上のマクロ繊維と長さ3-6mmのミクロ繊維を入れ、ハイブリッド化することにより微細ひび割れの抑制効果を期待している。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

実験に用いた繊維は、鋼繊維とポリプロピレン繊維であり、鋼繊維は、長さ3、6、12、30mmで、混入率を0.5、1.0、1.5%とした。ポリプロピレン繊維は6mmの長さで、その混入率は0.4、0.8、1.2%とした。鋼繊維(3、6mm)とポリプロピレン繊維(6mm)をミクロ繊維と呼び、マクロ鋼繊維(長さ30mm)とともに混合して用いた。繊維補強コンクリートの作業性を確保するため、高性能減水剤を用いて、スランプが 12 ± 2 cmになるように調整した。本研究では表-1に示すような4シリーズの配合で実験を行った。H1シリーズは鋼繊維30mmと鋼繊維3mm、H2シリーズは鋼繊維30mmと鋼繊維6mm、H3は鋼繊維30mmと鋼繊維12mm、H4は鋼繊維30mmとポリプロピレン繊維6mmの混合である。

2. 2 実験方法

本研究は100×100×400mmの角柱供試体を用いた静的4点曲げ試験(スパン:300mm)を実施し、供試体には衝撃を与えないように一様に荷重を加えた。最大荷重までの載荷速度はJIS A 1106に準じ、スパンの1/1500、すなわち、0.2mm/minとした。変位はLVDTを用いて供試体中央部のたわみを測定した。

3. 実験結果及び考察

3. 1 ひび割れ発生荷重

本研究では、ひび割れ発生荷重を荷重-たわみ曲線が非線形になるまでの最大点と定義した。荷重-たわみ曲線のデータを用いて、 $\log P - \log \delta$ の曲線と直線との交点を求め、一致する点とした。図1と表1は各シリーズの実験結果をまとめたものである。すべてシリーズの結果から、繊維の混入率が増加するほど、特にミクロ繊維が増えるほど、ひび割れ抵抗性が向上した。すなわち、マクロとミクロ繊維のシリーズであるH1、H2、H4のほうが比較的長い繊維を用いたH3シリーズより高い値を示した。この原因は、供試体が荷重を受け、最初に発生する微細ひび割れを主にしてミクロ繊維が抵抗するものと考えられる。このため、ミクロ繊維の添加によりひび割れの伝播が抑制され、ひび割れ抵抗性が向上すると考えられる。さらにH1シリーズよりH2シリーズのほうが高い値を示すことから、微細ひび割れの発生、伝播に対する抑制効果に関して最適長さが存在することが考察される。また、H2シリーズがH4シリーズより高い値を示し、ひび

キーワード: ハイブリッド繊維補強コンクリート、ひび割れ荷重、変形挙動

連絡先(住所:北海道札幌市北区北13条西8丁目 電話・Fax:011-706-6180)

割れの制御にはポリプロピレン繊維より鋼繊維のほうが効果的であることが考えられる。

3. 2 変形挙動

初期ひびわれに関する変形挙動も、ひび割れ発生荷重の結果と同様であり、マイクロ繊維の混入率が増えるほど、ひび割れ発生荷重時の変形量は増加する傾向を示した。これは繊維の混入によって、マトリックスより延性的になるのものと考えられる。S.P.Shah ら⁽¹⁾が提案した以上のひび割れ発生時の変位算定式を用いて実験値を比較した結果をまとめると表-1、図-2 となる。

$$\delta_t = \frac{23Pl^3}{1296EI} \times \left[1 + \frac{216d^2(1+\mu)}{115l^2} \right] \text{----- (1)}$$

ここで、 δ_t : 変位、P : ひび割れ強度、l : スパン、d : 供試体の深さ、 μ : ポアソン比

4. まとめ

以上の実験結果より次のことを判った。

- 1) ミクロ繊維の混入によって、コンクリートマトリックスのひび割れ抵抗性が向上し、特に鋼繊維が効果的であった。
- 2) 微細ひび割れの抑制には、マイクロ繊維の長さが 6mm 程度が最適値となった。
- 3) ポリプロピレン繊維と鋼繊維を組み合わせたハイブリッド繊維補強コンクリートは、鋼繊維のみのものと異なる強度を示した。

【参考文献】

[1] S.P.Shah ほか : Comparative Toughness Testing of Fiber Reinforced concrete, ACI SP155-3, pp.39-75

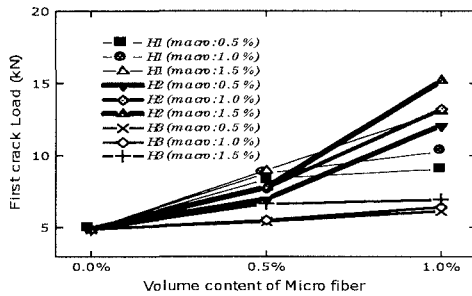


図-1 初期ひび割れ強度(H1,H2,H3 シリーズ)

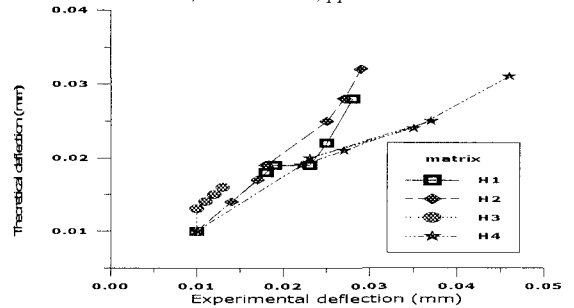


図-2 ひび割れ発生時の変形量(実験値 vs.理論値)

表-2 初期ひび割れの変形挙動 (実験値と理論値の比較)

混入率(%)		H1 シリーズ			H2 シリーズ			H3 シリーズ		
マクロ	ミクロ	Pc (kN)	$\delta_{ex}(mm)$	$\delta_t(mm)$	Pc (kN)	$\delta_{ex}(mm)$	$\delta_t(mm)$	Pc (kN)	$\delta_{ex}(mm)$	$\delta_t(mm)$
0.0	0.0	4.869	0.010	0.010	4.869	0.010	0.010	4.869	0.010	0.010
0.5	0.5	8.348	0.018	0.018	6.935	0.014	0.014	5.395	0.010	0.013
1.0	0.5	8.740	0.019	0.019	7.965	0.017	0.017	5.513	0.010	0.013
1.5	0.5	10.27	0.019	0.019	7.789	0.018	0.019	6.631	0.012	0.015
0.5	1.0	9.044	0.023	0.019	12.06	0.025	0.025	6.131	0.011	0.014
1.0	1.0	10.27	0.025	0.022	13.22	0.027	0.028	6.415	0.012	0.015
1.5	1.0	13.07	0.028	0.028	15.18	0.029	0.032	6.945	0.013	0.016
混入率(%)		H4 シリーズ								
マクロ	ミクロ	Pc (kN)	$\delta_{ex}(mm)$	$\delta_t(mm)$						
0.0	0.0	4.869	0.010	0.010						
0.5	0.4	5.768	0.022	0.019						
0.5	0.8	6.631	0.027	0.021						
0.5	1.2	7.612	0.037	0.025						
1.5	0.4	6.042	0.023	0.020						
1.5	0.8	7.347	0.035	0.034						
1.5	1.2	9.653	0.046	0.041						