

東京理工専門学校 正員 ○ 趙 カ 采
 東京大学生産技研 正員 小 林 一 輔
 東京大学生産技研 正員 西 村 次 男

1. はしがき

筆者らは鋼繊維補強コンクリートの引張荷重-変形特性が付着試験による素材としての繊維の引張荷重-変形曲線の特性とある程度関連があることを指摘している。また、国外で既に市販されている端部にフック状の加工部を有する鋼繊維が現状実用化されている各種の鋼繊維の中では最も優れた曲げ補強効果を有すること明らかにしている。本文ではカットワイヤー及びせん断ファイバーの端部をそれぞれフック状に加工し、付着特性に及ぼすこれらのフック状端部の影響を検討した結果について報告する。

2. 実験の概要

本実験に用いた鋼繊維は引張強度が 120 kg/mm^2 でビッカース硬度計による硬度、 $H_v = 325$ のカットワイヤーならびに冷延鋼板をせん断して製造した引張強度が 70 kg/mm^2 で $H_v = 207$ の波形異形せん断ファイバーの2種類である。付着特性は前述のファイバーをそれぞれ表-1のA-2~4及びB-4~6のようなフック状に加工したもののならびにA-1、B-1~3のストレート状のものとを用いて評価することにした。

付着試験用供試体はモルタルの直接引張試験に用いられるブリケット供試体と同様な形状寸法のものであって、写真-1に供試体と型枠を示す。しかし、この供試体は最小断面部分においてスリットにより2分されており、鋼繊維はスリットに1.5 cm 間隔で正方形を構成するように設けられた4個の穴を横切って引張応力方向に配置した。付着試験に供するマトリックスとしては、一部A-1の形状特性を有する繊維長さ30及び40 mm のカットワイヤーならびに両端にA-3のフック形状を有する繊維長さ30及び40 mm のフックドファイバーの曲げ補強効果を検討するために製造した鋼繊維補強コンクリートのモルタル分を用いることとした。なお、鋼繊維補強コンクリートのマトリックスコンクリートの配合は水セメント比: 50%, 粗骨材最大寸法: 15 mm, S/a : 68%である。

3. 鋼繊維のフック状端部が曲げ補強効果に及ぼす影響

図-1は繊維長さが30及び40 mm のストレート状及び両端にA-3のフック形状を有するカットワイヤーをそれぞれ1.0%混入した場合の鋼繊維補強コンクリートの曲げ荷重-たわみ曲線を示したものである。この図より、同様な表面特性のカットワイヤーであるが、いずれの長さの繊維を用いた場合も、ストレート状のものに比して端部にフックを付けたことによって、その曲げ荷重-たわみ性状は相当に異なり、前者ではたわみ量が0.2 mm 前

表-1. 鋼繊維の形状特性

種類	記号	埋込長 (mm)	形状特性
カットワイヤー	A-1	14	ストレート状
	A-2	14 (Total)	
	A-3	14 (Total)	
	A-4	14 (Total)	
波形異形せん断ファイバー	B-1	8	ストレート状
	B-2	//	
	B-3	14	
	B-4	11 (Total)	
	B-5	11 (Total)	
	B-6	11 (Total)	

写真-1. 付着試験用供試体と型枠

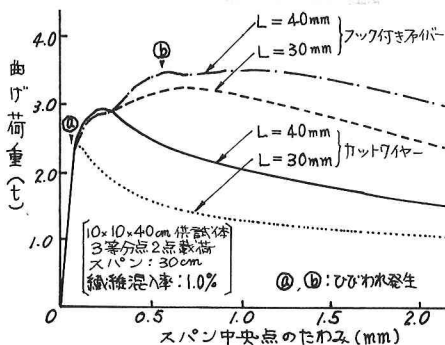
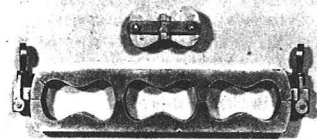


図-1. 曲げ荷重-たわみ曲線

後で、後者では0.7mm前後に達した時に最大耐力を示しそれ以降の耐力の低下も緩やかであるのでタフネスは著しく大きくなる。

一方、図-2は同様に曲げ強度と繊維混入率との関係と及ぼす影響を比較したものであるが、この場合もその補強効果は極めて著しく、例えば同一繊維長さで比較した場合繊維混入率が1.0%でストレート状のものを2.0%以上用いた場合に匹敵することがわかる。以上の結果はフックを付けたことによって、鋼繊維のマトリックスからの引抜け抵抗、即ち付着特性が極めて改善されたことを示すものである。

4. 付着特性に及ぼすフックの形状の影響

図-3は表-1のA-1～4に示したカットワイヤーの付着試験によって得られた引張荷重及び付着応力度に対するすべり量との関係を示したものである。この図より明らかなことは、i) 鋼繊維とマトリックスとの界面にはく離が生じた②点に対応する引張荷重及び付着応力度はフックの形状にほとんど影響されないこと、ii) ②点以降の性状は、ストレート状のものが急激に耐力を失うのに対してフックを付けたものは一たん耐力が低下した後さらに大きな耐力を示すこと、iii) 折り曲げ箇所が増えに従って加算的に引張荷重の最大値が高くなり、引張荷重に対するすべり量の増加率が小さくなること、iv) 引抜け抵抗が最大値を示す時のすべり量はストレートのものに比して相当に大きくなるが、フックの形状の影響はほとんどないこと、などである。本実験に用いたフックの形状範囲における付着特性と鋼繊維補強コンクリートの曲げ性状との関係は以下のように考えられる。即ち、上記i)の傾向は図-1からも明らかなように、フックの形状はひびわれ発生荷重の値にあまり影響を及ぼさないこと、ii)及びiii)の傾向は図-1及び図-2の曲げ挙動の理由を示すものであるとともに、iii)はまた折り曲げ箇所が多いものほどファイバー自体の剛性が高くなったような効果、即ちヤング率の高いファイバーを用いたような効果となり曲げ補強効果を高めると考えられること、iv)の傾向はフックの形状によって複合体としての最大曲げ荷重時のたわみ量を増大させることが困難であること、などを示唆するものと考えられる。

一方、図-4は表-1のB-1～6のせん断ファイバーを用いた場合の結果を示したものである。図より、i) カットワイヤーを用いた場合と同様にストレート状のものに比してフック状のものの付着特性は著しく改善されること、ii) 引張荷重方向に対して40°の折り曲げ角度のものの付着効果は45°のものに比して加算的に大きくなり、2箇所の折り曲げ部をもつ場合は前者に匹敵する付着効果を示すこと、などがわかる。このii)の傾向はNaaman¹⁾らの付着試験結果と異なるものである。即ち、この理由は、彼らの試験方法による鋼繊維の角度の影響はひびわれ発生後の複合体における鋼繊維自体の曲げ剛性とコンクリートウェッジの影響を評価したものと考えられるのに対して本実験ではマトリックス中の鋼繊維の端部の真の影響を評価していることに起因すると考えられる。

参考文献 1) Naaman, A.E and Shah, S.P: Rilem Symposium, Fiber Reinforced Cement and Concrete, 1975

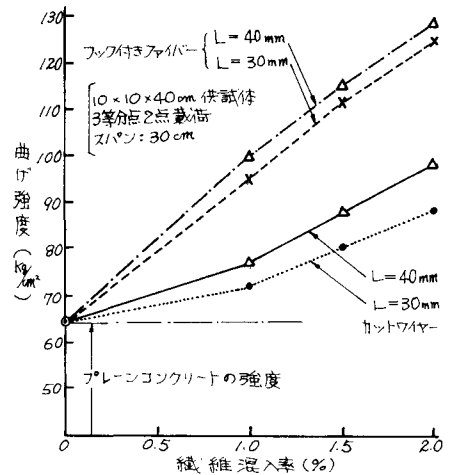


図-2. フック付きファイバーを用いた場合の曲げ補強効果

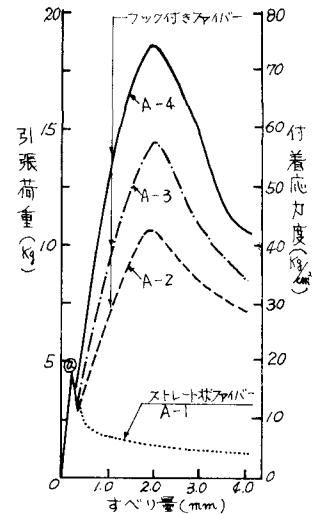


図-3. 付着試験による引張荷重-すべり曲線

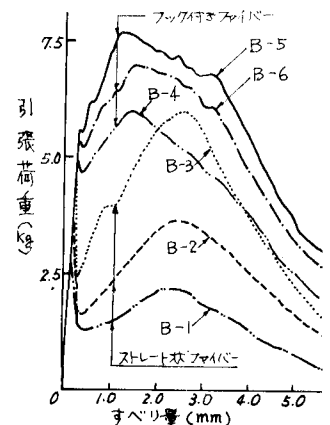


図-4. 引張荷重-すべり曲線