

東京理工専 正員 ○趙 力 糸
東大生研 正員 小 林 一 輔
東大生研 正員 西 村 次 男

1. はしごき

鋼繊維補強コンクリートの荷重-変形特性が用いる鋼繊維の形状寸法及び表面特性によって相違が現れることはよく知られている。本文は表面形状の異なる種々の鋼繊維の付着試験によって得られる荷重-引抜け曲線の差異を検討するとともに、それらの鋼繊維を混入したコンクリートの曲げ荷重-変形性状と鋼繊維の付着特性との関係を詳細に検討し、2・3の知見を得たので報告するものである。

2. 実験の概要

鋼繊維の付着試験は図-1に示すように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の最小断面部分（ここで供試体は2分されている）を横切つて引張応力方向に4本の鋼繊維を配置した供試体を用いて行った。用いた鋼繊維は表-1に示す4種のカットワイヤーと4種のせん断ファイバーであつて、前者は付着を高めるために機械加工されている。これらの埋込み長さはいずれも15mm一定とした。

マトリックスとしては、上記の鋼繊維と容積百分率で1%又は2%混入した鋼繊維補強コンクリートに用いたコンクリート（水セメント比：50%，粗骨材最大寸法：15mm）中のモルタル分を用いた。一方、曲げ荷重-変形特性の評価試験はすべて、10×10×40cm梁供試体を用い、荷重2週で3等分点2点載荷（スパン：30cm）により行った。

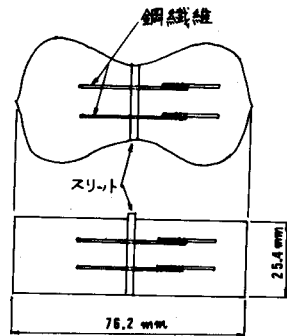


図-1. 鋼繊維の付着試験用供試体

表-1. 使用した鋼繊維の諸元

繊維の種類	断面寸法(長×幅) (mm)	長さ (mm)	形状特性
A	0.5×0.5	30	断面：正方形に近く滑らかな表面
B	0.5×0.55	30	断面：せん断時における長さ方向の磨いねれあり
C	0.35×0.7	30	一方の端部にせん断時の突起あり
D	0.5×0.5	30	山間隔が約4mmの波形
E	0.5	32	2mm間隔にインデント加工のデフォーメーションあり
F	0.4	30	直径に拘らず
G	0.41	40	図のようなフックあり
H	0.6	60	(面端部)

A, B, C, D : せん断ファイバー

E, F, G, H : カットワイヤー

3. 鋼繊維の付着性状

図-2は表-1に示した鋼繊維により付着試験を実施して得られた付着応力度と引抜け量との関係を示したものである。この図より明らかになることは、鋼繊維の付着特性は埋込み全長の鋼繊維の周りの付着が破壊した後は急激に耐力が低下し、その後はスベリ摩擦のみによる低い水準の耐力を示すタイプ（繊維AとB）ならびに付着が破壊し、一たんは耐力が低下するが、その後は異形部の変形とスベリ摩擦抵抗によってさらに大きな耐力を示すタイプ（繊維C～H）に大別できることである。また、鋼繊維の周りの付着が破壊した時点の付着強度はカットワイヤーに比しせん断ファイバーが総じて高いが、その後の引抜け性状は異形部分の状態によって相違し、カットワイヤーがいずれも高い付着強度を示すことがわかる。一方、異形部分の変形とスベリ摩擦抵抗によって違えられる付着強度は、繊維DとEの場合、約2mmの引抜け時に、繊維F、G及びHの場合、約2mmの引抜け時に最大値を示し、その後は急速に低下する傾向を示している。前2者の繊維における傾向はそれぞれ、波

形の場合(繊維D)は山間隔(4mm)の1/2, 繊維Eの場合は2mmの異形部分長さ引抜けた時点で、繊維周囲のマトリックスが削り取られて、その後は異形部のスベリ摩擦抵抗が低下することによるものと考えられる。後の3者の繊維の傾向はそれぞれ約1.2mmの引抜け時において、表-1に示した異形部の45°の曲げ上げ区間の繊維の変形が生じてしまうことによるものと思われる。

なお、繊維Hの付着応力度-引抜け曲線の最大付着強度時までの立上りが急なのは繊維FとGに比し直径が大きいためであろう。

4. 曲げ荷重-たわみ性状と繊維の付着特性との関係

図-3(a)及び図-3(b)はそれぞれ4種のせん断スライバーを2%と4種のカットワイヤーを1%混入した鋼繊維補強コンクリートの代表的な曲げ荷重-たわみ曲線を示したものであるが、同時に曲げ荷重とひびわれ幅との関係を示した。

いま、プレーンコンクリートの各たわみ時の曲げ耐力を差引いた分がこのような曲げ機構における鋼繊維のみによる曲げ耐力と仮定し、図-3の曲げ性状を図-2の付着特性から考察する。すなわち、最大曲げ荷重以降の挙動は用いる繊維によって相当に異なり、前述の仮定に基づく鋼繊維のみの曲げ耐力は、繊維B,A,C,Dの順に大きく、特に繊維CとDを用いた場合、鋼繊維のみの曲げ耐力はひびわれ幅が約2mmに近い時点で最大となり、その後はゆるやかに低下していることがわかる。このことは、梁試体のひびわれをブリッジした引張線近傍の鋼繊維が曲げ耐力に相当に寄与していることを示すものであり、付着試験における鋼繊維の付着応力度が最大となる時点とかなりの相関があることを示唆するものである。また、繊維AとBの付着性状(図-2参照)はほぼ同様であるのに対して、曲げ荷重性状が異なるのは繊維の硬さが影響を及ぼすことによるものと考えられる。

一方、図-3(b)より明らかなのは、図-2における付着強度が高いものほど、それらを用いた鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度が高い値を示すことである。また、繊維EとFを用いた場合の鋼繊維のみによる曲げ耐力はそれぞれ、ひびわれ幅が2mm及び1.2mmに近い値で最大値を示しており、付着試験による最大付着応力度時の引抜け量とほぼ同様の値となっていることがわかる。なお繊維GとHを用いたものはひびわれ幅がさらに大きい時点で、鋼繊維のみによる曲げ耐力が最大値を示すが、これは鋼繊維の長さが異なることによるものと考えられる。

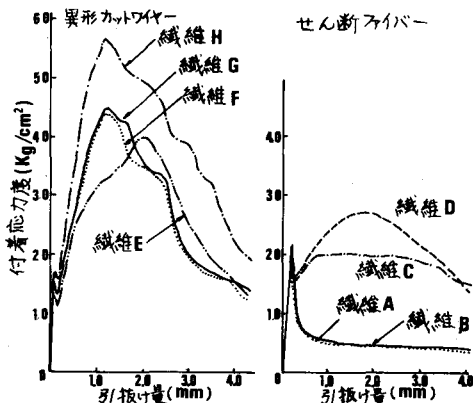


図-2. 付着試験による鋼繊維の付着応力度と引抜け量との関係

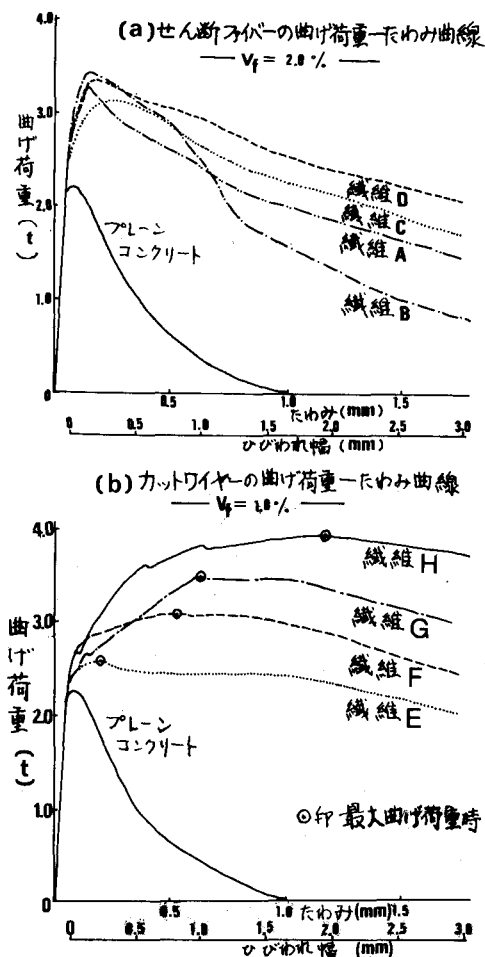


図-3. 鋼繊維補強コンクリートの曲げ荷重-たわみ曲線