

読売東京理工専門学校 正会員 ○ 趙 力 糸
東 大 生 研 正会員 小林一輔

1. まえがき

鋼繊維補強コンクリート(以下, SFRCという)の重要な力学的特性の一つは, ひびわれ発生後変形が相当に進行しても優れた耐力を有する点である。この特性は用いる鋼繊維の混入率はもとより, 鋼繊維の形状, 寸法および材質等によって著しく相異なることが指摘されている。本研究では, 引張強度が異なる3種の素材をせん断して製造した材質と形状特性の異なる鋼繊維を用いて, 直接引張および曲げ試験により鋼繊維の付着特性を求めるとともに これらの鋼繊維を用いたSFRCの強度および変形特性を求め, それらの関係を検討した。

2. 実験の概要

2.1 鋼繊維とモルタルの配合

実験に使用した鋼繊維の種類及び形状寸法は表-1に示すとおりである。即ち, 引張強度が40~50 kg/mm², 70~80 kg/mm²と110~120 kg/mm²で, しかも引張強度が大きいものほど, 硬度が大なる3種の素材から製造したストレート状鋼繊維(No.1~No.3)及び波形状鋼繊維(No.4~No.6)の計6種を基準としている。なお, No.7はカットワイヤーにインデント加工を施したものであり, No.8は片端に山突起を有するせん断繊維である。一方, マトリックスとしては, 水セメント比が50%でセメント砂比が1:1.7の標準砂モルタルを用いた。

2.2 付着試験方法

付着試験用供試体としては, 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と同様な引張付着試験用供試体(図4参照)とセメントの強さ試験の曲げ強度試験用角柱体と同様な曲げ付着試験用供試体(図6参照)の両者を作製した。なお, いずれの供試体も引張応力方向に4本の鋼繊維を配置したスリットにより2分されている(図-1参照)。

載荷試験は容量10tの変位制御型試験機を用い, 載荷速度はいずれの付着試験もクロスヘッドの速度を0.5 mm/minとして実施し, 荷重-すべり曲線を求めた。

2.3 SFRCの強度および変形特性試験方法

SFRCの曲げ荷重-変形特性試験には, 水セメント比が50%のコンクリートマトリックスに表-1の鋼繊維をそれぞれ1.0, 1.5および2.0%混入したSFRCにより作製した10×10×40cm角柱体を用いた。曲げ載荷試験は3等分点2点載荷法(スパン: 30cm)により実施し, 曲げ荷重-たわみ曲線を求めた。なお, 曲げ試験実施後の切片を用い, 直接二面せん断方法により, SFRCのせん断強度も求めた。

繊維の種類	断面または直径(mm)	長さ(mm)	形状特性	引張強度(kg/mm ²)
No.1	0.5×0.5	30	ストレート状 断面: 正方形に近く滑らかな表面	40 ~ 50
No.2	0.5×0.5	30	ストレート状 断面: 正方形に近く滑らかな表面	70 ~ 80
No.3	0.5×0.5	30	ストレート状 断面: 正方形に近く滑らかな表面	110 ~ 120
No.4	0.5×0.5	30	波形状 山間隔が約4mmの波影	40 ~ 50
No.5	0.5×0.5	30	波形状 山間隔が約4mmの波影	70 ~ 80
No.6	0.5×0.5	30	波形状 山間隔が約4mmの波影	110 ~ 120
No.7	0.55	30	2mm間隔にインデント加工のデフォーメーションあり	110 ~ 120
No.8	0.35×0.7	30	一方の端部にせん断角の突起あり	70 ~ 80

表-1. 使用した鋼繊維の形状寸法と材質

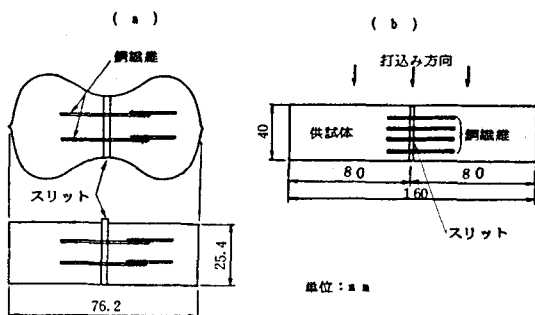


図-1. 引張および曲げ付着試験用供試体

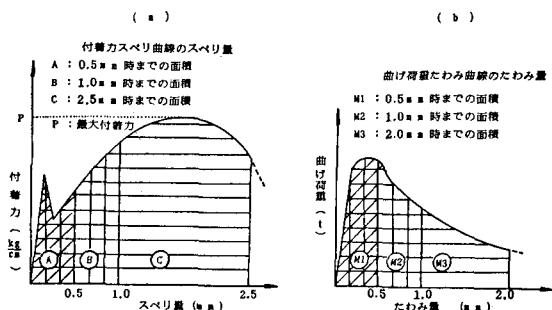


図-2. 鋼繊維の付着特性とSFRCの変形特性の評価

3. 実験結果の評価方法

3.1 付着特性の評価方法： 鋼繊維の付着強さは、ここでは試験後の4本の鋼繊維の実長の総和で引張荷重または曲げ荷重を除いて得られる付着力(kg/cm)で表すこととし、付着カーすべり量曲線に基いて評価する。即ち、鋼繊維の付着特性の評価は、図-2(a)に示すように、最大付着力(P)とそれぞれすべり量が0.5, 1.0と2.5mm時までの付着カーすべり曲線と横軸(すべり量軸)とに囲まれる面積A, B及びCを求めて行うこととした。

3.2 S F R C の強度と変形特性の評価方法： 強度特性はプレーンコンクリートの強度に対するS F R C の曲げ強度とせん断強度との比として表し、変形特性に対する評価は、図-2(b)に示すように、それぞれたわみ量が0.5, 1.0と2.0mm時までの曲げ荷重-たわみ曲線とたわみ量軸とに囲まれる面積(M₁, M₂)で表すこととした。

4. 実験結果

4.1 付着カーすべり性状：図-3から明らかのように、鋼繊維の付着特性の相違は、試験方法に拘らず、1)すべり開始時の付着力は明確な差が認められ、2)ストレート状鋼繊維は、すべり開始後付着力が低下し、その付着力まで回復しないが、異形鋼繊維はすべり量が増すにつれてすべり開始時以上の付着力を示す、3)同一形状の鋼繊維でも、素材の引張強度が高いものほど、すべり開始後の耐力または耐力の回復率が大きい、ことなどである。

4.2 鋼繊維の付着特性とS F R C の強度との関係：図-4は2種の付着試験方法による付着特性値(面積)に対するS F R C の曲げ強度およびせん断強度の相関係数との関係を示したものである。これらの結果より明らかなのは、1)いずれの付着試験方法によっても求めた付着特性値も相関性が認められること、2)付着カーすべり曲線のすべり量0.5mm時までの面積Aが最もS F R C の強度と相関性が高く、順次B, Cと相関性が低くなることなどである。

4.3 鋼繊維の付着特性とS F R C の曲げ変形特性との関係：図-5は2種の付着試験方法による付着特性値(面積)と繊維混入率が1.0%のS F R C の曲げタフネスM₁, M₂ およびM₃との相関関係を示したものである。これらの結果より明らかなのは、前述の強度における結果と同様に、1)いずれの試験方法による付着特性値もS F R C の曲げ変形特性と高い相関性を有すること、2)付着カーすべり曲線の面積Aが最も相関性が高く、順次B, Cとその値が低くなること、3)引張試験に比し、曲げ試験による付着特性値がS F R C の曲げ変形特性との相関性が高いことなどである。

謝 辞：本実験は日本鋼材倶楽部ファイバー性能調査委員会の委嘱により実施したものであり、ここに実験遂行上、御支援頂いたことを感謝致します。

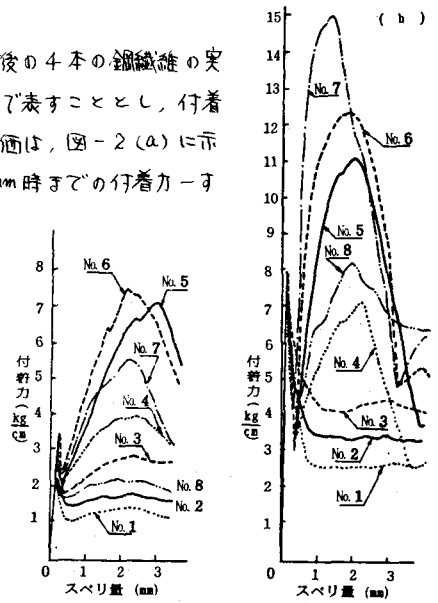


図-3. 引張試験(a)と曲げ試験(b)による鋼繊維の付着カーすべり曲線

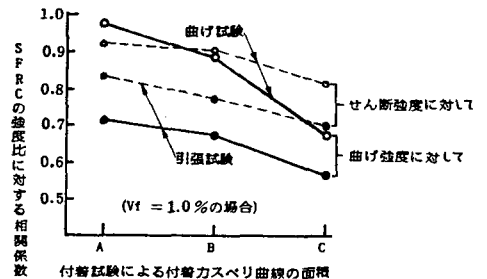


図-4. 鋼繊維の付着特性とS F R C の強度との相関

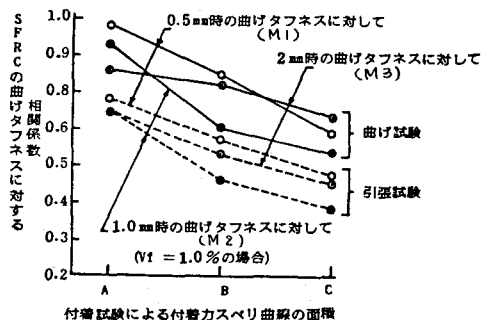


図-5. 鋼繊維の付着特性とS F R C の曲げ変形特性との相関