

V-422 鋼繊維補強コンクリートの力学的特性におよぼす繊維形状の影響とモデル化

横浜国立大学大学院 学生会員 荒井 知久

横浜国立大学工学部 正会員 椿 龍哉

1. はじめに

鋼繊維補強コンクリート(SFRC)は、鋼繊維の付着力と引抜け抵抗によって荷重を伝達するが、鋼繊維の分布状態、配向状態などによって補強効果が異なってくる。また、ひび割れ面においては、各鋼繊維の効果の他に、鋼繊維間の相互作用、母材の凹凸や骨材のかみ合い、および摩擦などが関係し、それらが荷重に抵抗していると考えられる。本研究では、SFRCの引張、せん断特性におよぼす繊維形状の影響を実験的に調べ、それらを繊維の方向角、付着長などの要因を考慮したモデルで表した。

2. 実験概要

使用材料を表1に示す。粗骨材は供試体内部を均一な状態にするために使用せず、母材はモルタルとした。配合は、 $W/C=30\%$ 、 $S/C=100\%$ である。供試体の形状、寸法を図1に示す。中央部にひび割れ面を想定し、深さ10mmのスリットを両側に設けた。また、他の部分を鉄筋(D6, D10)で補強した。使用した鋼繊維は4種類で形状、寸法を図2に示す。アスペクト比は45~60である。繊維混入率は1%、2%とした。ひび割れ面に対し繊維はランダムな配向状態にしている。実験では、高精度型変位計によ

表1 使用材料

材料	種類(主成分等)
水	上水道水(20°C)
セメント	普通ポルトランドセメント (比重3.16)
細骨材	川砂(表乾比重2.47)
混和剤	高性能AE減水剤

り相対する2つの側面で上部ブロックと下部ブロックの相対変位を測定した。引張実験ではひび割れ幅、せん断実験ではせん断変位、ひび割れ幅を測定した。

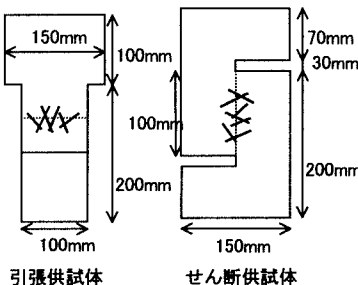


図1 供試体形状

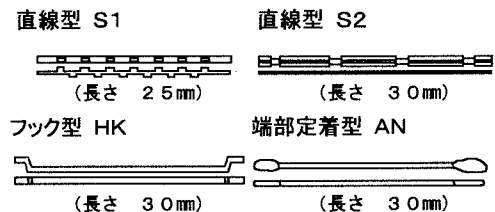


図2 使用鋼繊維

3. 実験結果

荷重-変位関係を図3、4に示す。引張、せん断ともに繊維形状によって、ひび割れ面の形成に違いが見られた。引張では、S1はひび割れを想定した面にひび割れが直線的に形成され、S2はスリット以外からもひび割れ、HK、ANはひび割れが直線的に入らずひび割れ面に凹凸ができた。せん断では、S1、

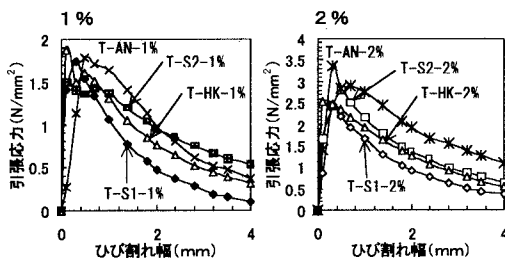


図3 引張実験結果

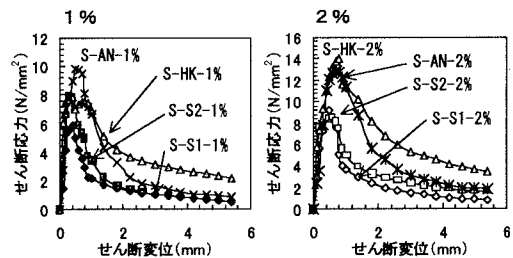


図4 せん断実験結果

キーワード：鋼繊維，引張，せん断，繊維形状，モデル化

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4043 FAX 045-331-1707

ANはひび割れが直線的に入り、S2はひび割れが湾曲し、繊維やモルタル面の凹凸のかみ合い効果の影響が大きくなる結果となった。引張、せん断ともに繊維混入率1%と2%を比較すると、繊維量の増加と強度増加率が線形ではないことがわかる。全体として最大荷重までの変位は小さく、実際のSFRCのひび割れ抑制効果が確認できる。また、荷重方向変位が大きくなるとモルタルの剥離などが起こり、鋼繊維を支える母材の破壊によってSFRCの強度が減少することがわかった。

4. モデル化

モデル化は、微小な変位増分を与え、それに対する荷重をそれぞれの要因ごとに求め、重ね合わせる方法を用いた。変位 u に対する荷重 f を求める式は次のようになる。

$$f_c(u) = \sum f_f(u, \theta_i, l_j) w(\theta_i) w(l_j) N_f + f_m(u) + f_r(u) \quad (1)$$

f_c : SFRCの荷重, f_f : 鋼繊維の荷重, u : 荷重方向変位, w : 繊維分布の割合,

θ_i : 繊維方向角, l_j : 付着長, N_f : 繊維本数, f_m : ひび割れ荷重, f_r : 補正項

f_f は、繊維方向角 θ_i ごとの挙動を多直線型モデルで近似し、各折れ曲がり点を繊維方向角 θ の関数として表した。引張とせん断の $\theta \leq 0^\circ$ での挙動を図5(a)、せん断の $\theta > 0^\circ$ での挙動を図5(b)に示す。また繊維の付着長 l_j の影響を考慮するために、角度ごとに得られた荷重-変位関係と原点の間で荷重、変位ともに比例配分させ考慮するものとした。ただし、せん断では変位のみを比例配分させた(図6参照)。繊維分布の割合 w は均一分布とした。 f_r には最大荷重後の段階では複数ひび割れとモルタルにおける局部的破壊の進行の効果を変位の減少関数として考慮し、せん断においてはひび割れが小さい段階ではひび割れ面のモルタルの凹凸によるせん断伝達の効果も考慮した(図7参照)。このモデル化によって得られる荷重-変位関係を図8、9に示す。付着長の効果、繊維間の相互作用の効果を取り入れることにより、最大耐力時の変位と最大耐力後の靱性を表すことができた。

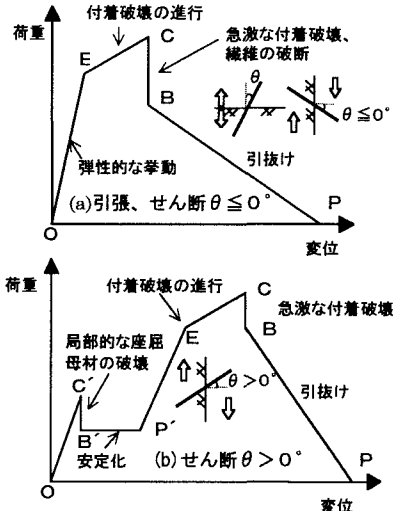


図5 繊維方向角ごとのモデル化

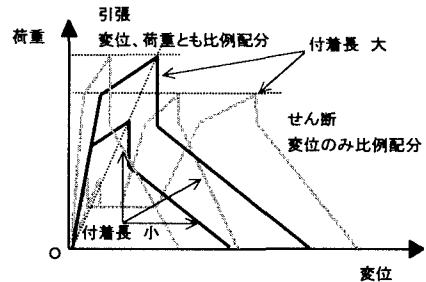


図6 付着長の影響のモデル化

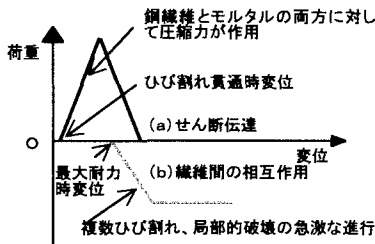


図7 補正項の意味

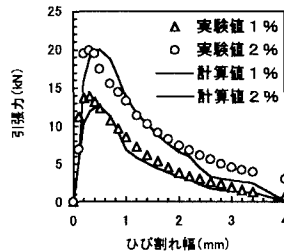


図8 引張特性のモデル化

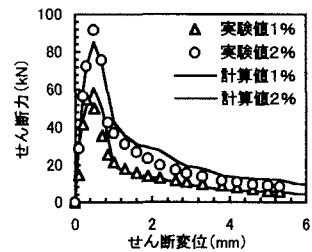


図9 せん断特性のモデル化

5. まとめ

- (1) 引張およびせん断を受けるSFRCの変形特性は、繊維形状の影響を受ける。
- (2) SFRCの挙動は、各繊維の挙動の重ね合わせを基本とし、付着長の影響、相互作用の影響などを考慮することにより表すことができる。
- (3) 角度ごとの荷重-変位曲線は、多直線型モデルで近似できる。

参考文献：椿・Sumitro・庄司：鋼繊維補強コンクリートの引張りおよびせん断特性とモデル化，コンクリート工学論文集，Vol. 8, No. 1, 1997, pp. 233-241.