

PSV-15 ポリプロピレン繊維補強セメントの力学的性質とその応用について

大阪市立大学 学生員 井上孝之

大阪市立大学 学生員 菊田憲弘

大阪市立大学 正 員 眞嶋光保

1. まえがき

セメント系材料は経済性や施工性の観点から見ると、非常に優れた建設材料であり、一般に広く使用されている。しかしながら、①引張強度が低い、②破壊に際し脆い、③ひびわれを生じやすい、などといった欠点も持っている。これに対し、従来からの材料を2種以上組み合わせることによってそれぞれの欠点を克服すると共に、元の材料では得られなかったような新しい特性を生み出す複合化といった考え方があり、材料研究の大きな分野の一つである。ここで建設材料の複合化を考えてみると、わが国においても古くから木造住宅の土壁にわらや麻を入れて補強し、ひびわれを防ぐといった工夫がなされてきたように、脆性材料であるセメントコンクリートを繊維材料によって補強しようとするのが試みられており、このような材料を一般に繊維補強セメント（FRC）と称している。

2. 補強用繊維

FRCに利用されている繊維は、鋼繊維、ガラス繊維が主体的であるが、この他、木毛繊維、ビニロン、ポリエチレンをはじめ、新素材であるカーボン、アラミド、ポリプロピレンなども利用されている。またFRCの古典として知られるアスベストは、わが国においても、石綿スレート、石綿管等として使用されてきた。しかし近年、アスベストは発ガン性物質であることが指摘され、世界各国のアスベストの使用に対する規制は年々厳しくなっており、これに伴い代替としての補強用繊維が必要となっている。

3. ポリプロピレン連続繊維補強セメント

FRCは当初、短繊維で補強するものとして考えられてきた。この場合、繊維は補強されるマトリックス中で、3次的にランダムな配置となっている。しかし、シートのような薄板状部材では、必然的に2次元的な補強となり、補強効率や部材の製造プロセスを考慮すると、連続繊維の方が有利な場合もありうる。

ところで、ポリプロピレン繊維は、弾性係数が5万kg/cm²と小さく、ポアソン比が高いが、繊維がマトリックス中に一定量以上含まれ、かつ、繊維との付着が十分確保されれば、ひびわれの分散が可能となり、靱性面での補強が期待できる。また、複合材料の終局強度は混入した繊維の量に支配されるため、強度的な補強が可能である¹⁾。ポリプロピレンは、一軸方向に延伸して分子を配向させることにより、弾性係数と強度を増大することができる。このような形で得られたフィ

ルム状のポリプロピレンシートにスリット（幅約0.1～0.2mm）を入れ、横方向に広げネット状にする（フィブリル化）（図-1）と、連続ポリプロピレン繊維が得られる。これを積層して繊維間にセメントマトリックスを圧入することにより、繊維とマトリックスとの付着が良好なシート状部材を製造することが可能になり、繊維を大量に含有させることも可能となる。よって、セメント系材料の補強繊維としてこのような繊維を使用することは、施工性の面から見ても、これまで主

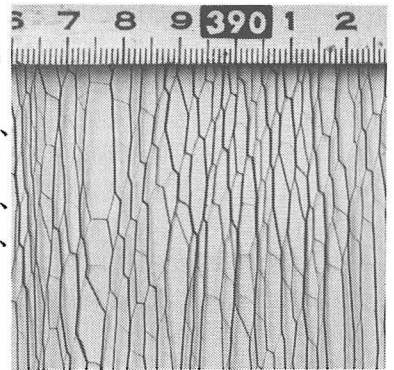


図-1 フィブリル化した
ポリプロピレン繊維

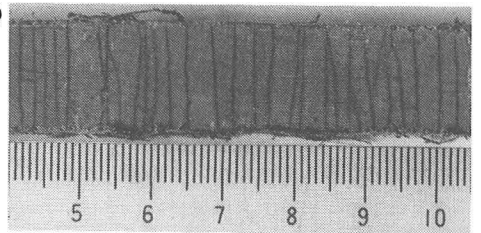


図-2 シート部材のひびわれ状況

流をなしてきたアスベスト繊維に代わるものとして、有効なものであると考えられる。

しかしながら、以上のようにして作られたシート状部材は、これまで使用されてきた短繊維によるものとは違って、ひびわれ分散性が非常に良いが（図-2）、必然的に方向性を持つことになる。すなわち、荷重作用を受けたとき、載荷方向と繊維軸方向が一致した場合には繊維は有効的に働くが、そうでない場合にはかなり異なる挙動を示すことになる。つまり部材のひびわれ発生強度および終局強度は、荷重作用方向に配置される繊維の量が多いほど大きく、繊維の角度が大きくなるにつれて小さくなり（図-3）、繊維の配置形態の影響を受ける。またひびわれ発生強度は、繊維の配置によってはマトリックス強度よりも小さくなる場合がある。すなわち、繊維の混入は構造欠陥の増大と補強効果の二面性を有する、などのことが実験により明らかとなっている。

4. ポリプロピレン繊維補強セメントの応用

ポリプロピレンFRCを曲げ部材の永久型枠へ応用することを試み、力学的試験を行なった。載荷試験供試体の部材断面を図-4に示す。

表-1 曲げひびわれ発生荷重と最大荷重

	標準供試体	永久型枠供試体
曲げひびわれ発生荷重 (tf)	1.13	1.44 (+27%)
最大荷重 (tf)	6.90	7.24 (+5%)

表-1は試験結果であるが、標準供試体と永久型枠供試体を比較すると、最大荷重では大きな差は認められないものの、曲げひびわれ発生荷重は永久型枠供試体での増加が著しく、曲げひびわれの発生が永久型枠によって抑制できることがわかる。一方、永久型枠を用いた供試体の曲げひびわれ発生後のひびわれ幅は、荷重を増加してもポリプロピレン繊維によってひびわれが拘束されているため、ほとんど拡大することはなく、さきに生じたひびわれの周辺に並行してさらに新たなひびわれを生じた。したがって、永久型枠を用いることによって、はりに発生するひびわれの拘束・分散に高い効果が期待できると思われる。しかしながら、曲げ破壊時には、永久型枠自身は破断せずに内部コンクリートが破壊し、同時に永久型枠と内部コンクリートが圧縮側で完全に剝離を起こしているため（図-5）、FRCの有効利用の面から考慮すれば、型枠と内部コンクリートの充分な一体化が今後の課題となろう。

（参考文献）

- 1) Hannant, D. J., Zonsveld, J. J., and Hughes, D. C.: Polypropylene Film in Cement Based Materials, Composites, April, 1978, pp.83-88

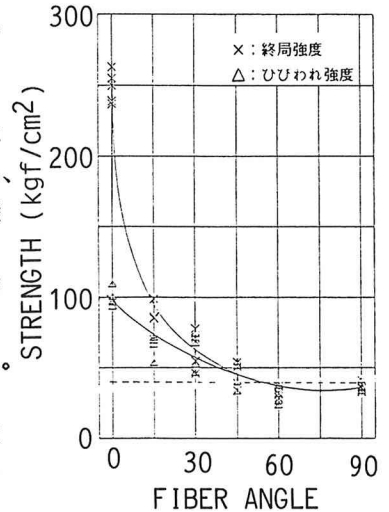


図-3 繊維の配向がひびわれ発生強度と終局強度に与える影響（鎖線はモルタル強度を示す）

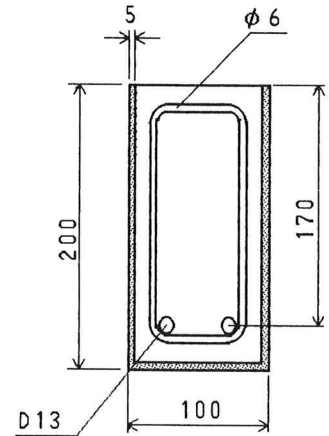


図-4 供試体断面（単位：mm）

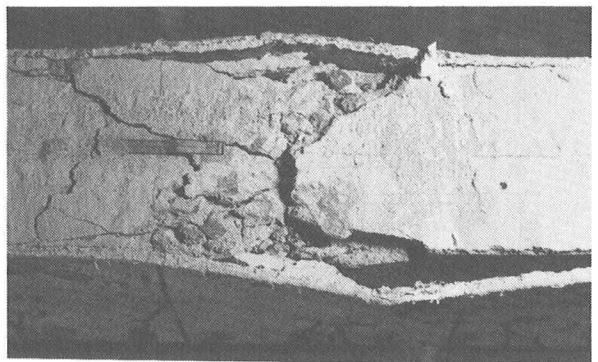


図-5 永久型枠供試体破壊状況