

# V-211 ポリプロピレン連続繊維補強セメントによる薄板状部材の曲げ特性

㈱竹中工務店 正 員○井上孝之  
 大阪市立大学工学部 正 員 眞嶋光保

## 1. 研究目的

ぜい性的な材料を繊維により補強する考えそのものはきわめて古く、旧約聖書「出エジプト記」の中に粘土レンガをわらにより補強する記述がみられる。また、わが国においても壁土にわらを混入する「すさ」などもその例である。これらが複合材料としての明確な目的をもって工業的に生産された最初は、アスベスト（石綿）セメントである。これは、製紙原理を採用したハチェック法の改良により経済的にも優れた製品の大量生産が可能となった。また、アスベストセメントの優れた力学的特性も相まって大きく発展し、屋根材、石綿スレートやパイプなどに幅広く適用されている。しかしながら、近年になって、石綿の健康に及ぼす問題から、石綿繊維の代替となるものが期待されており、ガラス繊維、ビニロン繊維、ポリプロピレン繊維などがその代表的なものとなっている。

繊維補強セメントに用いられる繊維は、一般的には短繊維が対象であるが、繊維の製造過程によっては短繊維以外のも対象となる場合も有り得る。本研究においてもポリプロピレンシートから製造する連続繊維の一種を対象としている。連続繊維の場合、補強用繊維として具備すべき条件の1つである高体積含有率を容易に得ることができるが、繊維の配置形態によって荷重作用の応答にかなり異方性が生ずる。この問題を明らかにするため、著者らはこれまで異方性に関する研究を行い、成果を公表してきているが<sup>1-2)</sup>、これらはほとんどは直接引張挙動に着目したものである。しかし、実際に繊維補強セメントが使用される形態を考えると、直接引張によるより曲げにより抵抗させる場合が多いものと考えられる。したがって、力学的な評価は直接引張の方が応力状態が簡潔で理解し易いものの、曲げ挙動も調べておく必要があるものと考えられる。このため、本研究では繊維補強セメント薄板部材の曲げ挙動を実験的に調べることにし、直接引張挙動と比較することとした。

## 2. 実験計画

連続繊維による補強セメントの力学的性質に及ぼす要因は、これまで直接引張挙動において調べてきたように多くある。本報告では、紙面のスペースが限られていることから、繊維量の曲げ強度とひびわれ分散性に及ぼす影響と、繊維の配置角度が曲げ挙動に及ぼす影響について述べることにする。なお、本実験では連続繊維による補強であることから、繊維は互いに直交する二方向に配置している。

## 3. 実験概要

本実験に使用した繊維は、ポリプロピレンを縦軸方向に延伸し、延伸方向にスリットを入れ横方向に広げて得られる、いわゆるフィブリル化したネットワークである。この繊維の概要を図-1に、セメントマトリックスの配合は表-2に示す。供試体は繊維ネットワーク中に手でマトリックスを圧入するハンドレイアップ法によって500mm平方程度のシートを作成し、長さ150mm×幅50mmの大きさに切り出して曲げ試験供試体とした。厚さは供試体の作成状況により多少のばらつきが生ずるが約6mmである。繊維量は載荷試験後供試体の一部を塩酸によりセメント分を溶解し実際に含まれている量を測定した。供試体作成後は供試体表面からの水分の散逸を防ぐため、ビニールシートを密着させて24時間養生を行ない、その後実験開始前まで20℃の水中で養生した。養生期間は当初の気中養生を含め28日間である。

曲げ載荷試験は、インストロン型試験機により載荷速度を10mm/minとした3等分対称2点載荷により行な

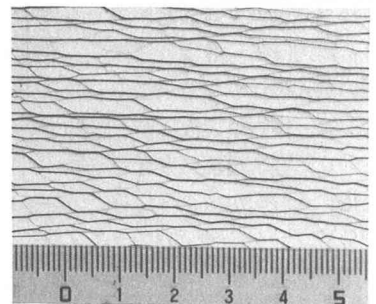


図-1 ポリプロピレン繊維概観

表-1 配合表（重量比）

セメント	砂	水	フライアッシュ	混和剤
1.00	0.19	0.34	0.25	0.018*

\*高性能流動化剤

った。曲げスパンは120mm、  
 載荷点間距離は40mmである。  
 曲げ載荷による変位は、載  
 荷点におけるものをシリン  
 ダー型変位計により測定し、  
 試験機に取り付けられたロ  
 ードセルからの荷重とともに、  
 載荷点における変位が  
 約25mmとなるまで連続的に  
 計測記録した。

4. 実験結果と考察

図-2は繊維量を变化させたときの曲げ応力と載荷点  
 における変位の関係を示している。また図-3は繊維量  
 と曲げ強度の関係を示している。これらの図から、繊  
 維量の増加につれて曲げ強度が増加することがわかる  
 が、繊維量がおよそ3.5%を越えるとある程度変位が進  
 んだ段階で、曲げ応力の落ち込みが観察されるようにな  
 った。このような曲げ応力の落ち込み量は繊維量が多  
 いものほど急激である。これは、供試体の曲げ引張  
 側における繊維量が比較的多くなると、曲げ圧縮部  
 において水平方向のせん断力による層間剥離が生じ、結  
 果として有効断面の減少と応力集中による圧壊が生じ  
 たものと考えられる。また今回実験した範囲では、混  
 入繊維量の多少にかかわらず、

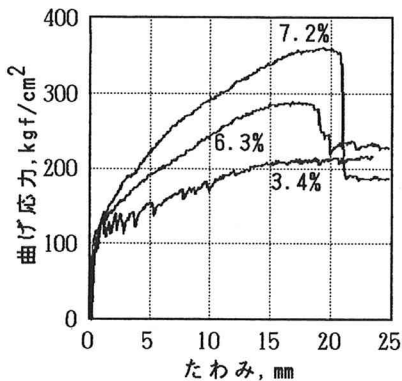


図-2 応力-たわみ関係(繊維量)

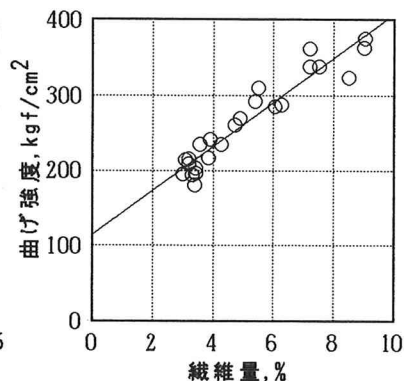


図-3 繊維量と曲げ強度

300  
 載荷点の変位が25mm程度では  
 供試体が完全に破断してしま  
 うことない。また図-4に示す  
 ように、曲げ引張側における  
 ひびわれの分散は、引張試験  
 の場合と同様、繊維量が多い  
 ほどひびわれ間隔が小さく、  
 良い状況を示している。

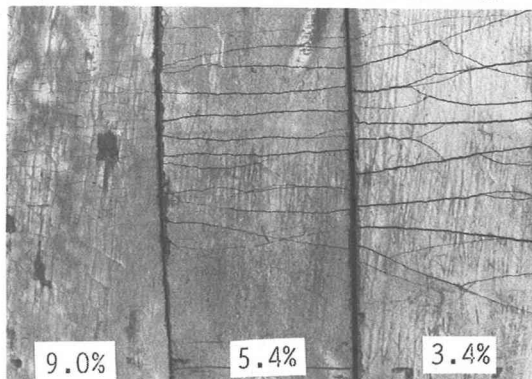


図-4 曲げ供試体のひびわれ状況

図-5に直角等量補強におい  
 て繊維角度を变化させたとき  
 の各々の曲げ応力と載荷点変  
 位の関係を、図-6に繊維角度  
 と曲げ強度の関係を示す。これ  
 らをみるとわかるように、曲  
 げ挙動には繊維角度の影響は  
 ほとんどないようである。こ  
 の結果は、図-7に示す直接引  
 張挙動の場合とは傾向を異に  
 している。すなわち、引張強  
 度が繊維角度の影響を受け、  
 繊維角度0度で最大、45度で  
 最小となったのとは異なる傾  
 向であり、曲げ挙動が複合材  
 の引張性状のみに支配される  
 ものでないことが同われる。

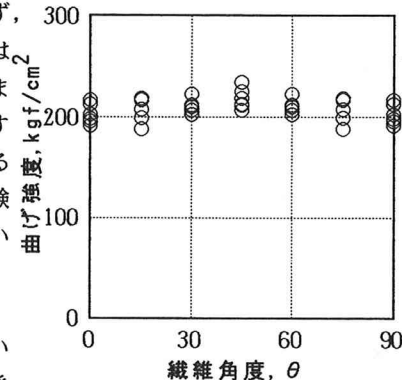


図-5 繊維角度と曲げ強度

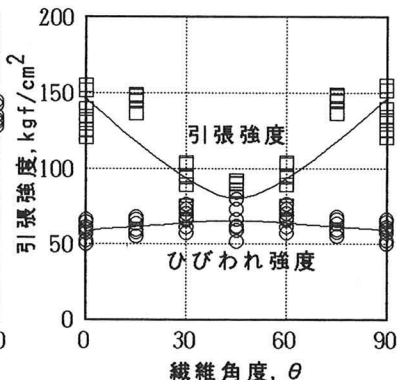


図-6 繊維角度と引張強度

図-6に繊維角度と曲げ強度の関係を示す。これら  
 をみるとわかるように、曲げ挙動には繊維角度の影  
 響はほとんどないようである。この結果は、図-7に  
 示す直接引張挙動の場合とは傾向を異にしている。  
 すなわち、引張強度が繊維角度の影響を受け、繊維  
 角度0度で最大、45度で最小となったのとは異なる  
 傾向であり、曲げ挙動が複合材の引張性状のみに支  
 配されるものでないことが同われる。

参考文献 1) 眞嶋他: ポリプロピレン繊維補強セメントの直接引張挙動における異方性, コンクリート工学年  
 次論文報告集, Vol 10, No 2, 1988 2) 井上他: ポリプロピレン繊維補強セメント薄板状部材における繊維量  
 とその配置が引張挙動に及ぼす影響, 土木学会年講, V-402, 1990