

V-453

CFGFRPロッドの損傷検知方法に関する2、3の考察

清水建設株式会社 正会員 関島謙蔵
 清水建設株式会社 中辻照幸
 総合警備保障株式会社 武藤範夫
 東京大学工学部 柳田博明

1. まえがき

連続繊維補強材は耐食性に優れ、軽量かつ非磁性という特長を有するために、鉄筋またはPC鋼材代替のコンクリート用補強材として注目されている。

筆者らは、炭素繊維とガラス繊維をハイブリッドした連続繊維補強材（CFGFRP）は、電気抵抗の変化を測定することによって、破壊予知が可能なインテリジェント機能を有する材料であることを報告してきた〔1〕。一方、非破壊検査方法の一つとして、アコースティック・エミッション（AE）は広く知られている。本報告では、各種の炭素繊維を用いたCFGFRPロッドの引張試験を行い、同時に測定した電気抵抗の変化とAEについて比較検討した結果を述べる。

2. 試験の概要

(1) 使用材料および試験体

CFGFRPロッドは、表-1に示すような導電性を付与する3種類の炭素繊維（ $V_f=0.3\sim0.4\%$ ）および絶縁材料としてのEガラス繊維（ $V_f=31.6\%$ ）を使用した。これらの繊維をビニルエステル樹脂に含浸して、ほぼ長方形の断面を有する棒状に成形した。なお、断面積は約 66.4mm^2 である。

試験体の長さは720mmとし、両端に長さ200mmの鋼管を挿入した後、膨張材を充填し、引張試験用の定着具とした。3本の試験体の形状を図-1に示す。

(2) 試験方法

試験体の荷重-ひずみ-電気抵抗変化の関係を求めるために、試験体の中央にひずみゲージを貼り付けた。試験体の両端には、銅板電極を導電性接着剤を用いて接着した。電気抵抗の測定は、試験体に0.1mAの一定電流を通电した状態で、載・除荷を繰り返した時の電圧変化を電気抵抗の変化として、X-Yレコーダを用いて測定した。

AEの検出には150kHz共振型のセンサーを使用し、試験体表面における設置間隔は約280mmとした。また、検出

表-1 使用した炭素繊維

試験体名	炭素繊維の種類	引張強度 (kgf/mm^2)	ヤング率 (tf/mm^2)	伸び (%)	直径 (μm)	繊維束 (根/束)	電気抵抗 ($\mu\Omega/\text{cm}$)
PAN-HTCF	PAN系高強度	400	24.0	1.7	7.0	6,000	244
PAN-HMCF	PAN系高弾性	300	35.0	0.9	8.7	6,000	263
pitch-BPCF	ピッチ系高性能	280	24.5	0.8	10.0	3,000	148

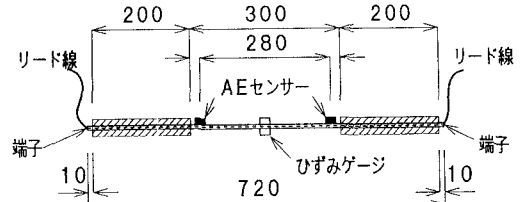


図-1 試験体の形状

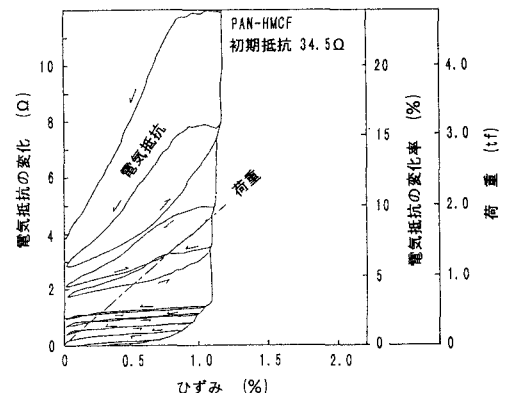
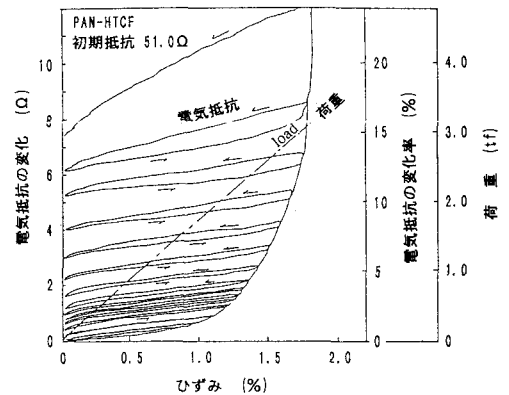


図-2 ひずみ-電気抵抗変化関係

したAEには100～300kHzバンドパスフィルターをかけた。

なお、載荷は試験体の電気抵抗が無限大に達した時に中止した。

3. 試験結果および考察

(1) 電気抵抗について

図-2は、試験体PAN-HTCFおよびPAN-HMCFの載・除荷を繰り返した時のひずみと電気抵抗の変化、変化率および荷重との関係を表している。荷重-ひずみ関係はほぼ直線であり、繰り返しによってほとんど変化しなかった。

電気抵抗は、ひずみの増加と共に直線的に増加するが、過去に生じた最大ひずみを超えた場合に大きく増加した。この現象は、炭素繊維の部分的な破断によって生じるものであり、AEにおけるカイザー効果と同様な現象である。また除荷後は、炭素繊維の損傷の程度に対応した残留抵抗が生じた。さらに、炭素繊維の伸びに対応するひずみまで載荷すると著しい電気抵抗の増加が生じ、この現象は材料自体の破壊予知に利用することができる。

(2) AEについて

試験体PAN-HTCFの場合、図-3に示すように試験体の中央付近に多くのイベント数が発生しており、他の試験体も同様な傾向が見られた。また図-4に示すように、リングダウン・カウント累積数はひずみが増加するにつれて急激に増加している。

次に、試験体PAN-HMCFの場合、図-5によると、除荷後、過去の最大ひずみまで載荷する時はヒット累積数は一定であり、これを超える時に大きく増加する。このように、CFGFRPロッドにおいてもカイザー効果が認められた。さらに、図-6に示すように、電気抵抗が急激に増加する直前・直後にヒット累積数は急激に増加するが、これは炭素繊維の破断によることが理解される。

4. あとがき

CFGFRPロッドの引張試験における損傷を検知する方法として、電気抵抗の変化とAEには相関関係があることがわかった。前者は載荷時および除荷後の全体の損傷程度、後者は位置標定を含めた微視的な損傷程度を評価するのに適していると考えられる。

CFGFRPロッドを成形していただいた旭硝子マテックス(株)の林 耕四郎氏に感謝します。

【参考文献】

- [1] 武藤他：日本複合材料学会誌，Vol.18，No.4，1992年
- [2] 湯山：強化プラスチック，Vol.31，No.9，1985年

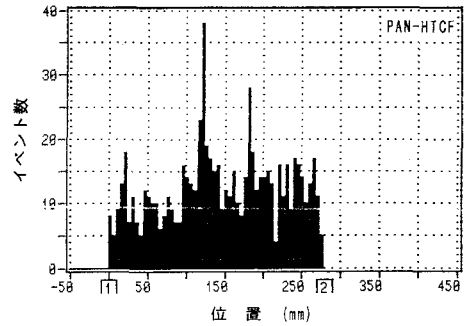


図-3 AEの発生位置-イベント数関係

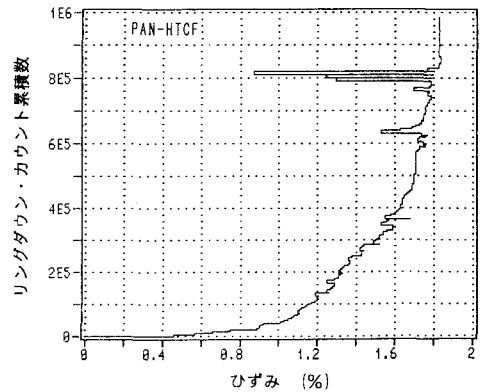


図-4 ひずみ-カウント累積数関係

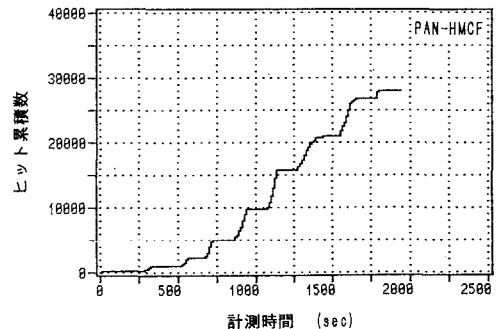


図-5 計測時間-ヒット累積数関係

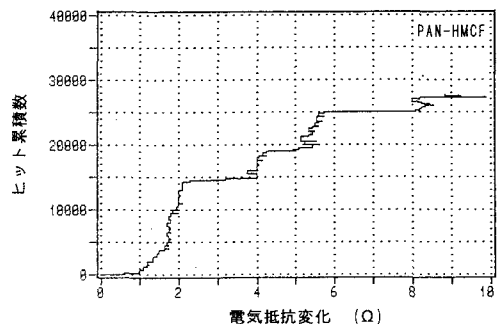


図-6 電気抵抗変化-ヒット累積数関係