

東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人

東京大学生産技術研究所 正会員 西村次男

1. まえがき

新素材の開発にともない、コンクリートの分野においても各種の新素材を利用する方法に関して様々な研究が実施されている。新素材の利用方法として種々の方法が考えられるが、既に小林ら¹⁾が提案しているように、繊維強化プラスチック（FRP）ロッドをPC用緊張材として用いる方法は、近年問題となっているコンクリート構造物中の鋼材腐食を抜本的に解決する方法として有望である。しかし、FRPロッドは複合材料であり、ロッドに使用している補強繊維の種類、繊維混入率、繊維の配向、樹脂の種類等によって大幅に異なったものとなる。PC用緊張材として用いる場合には、このようなFRPロッドの諸特性を十分把握した上で利用することが大切で、安易に使用して後で問題が生じたりしないようにすることが肝要である。

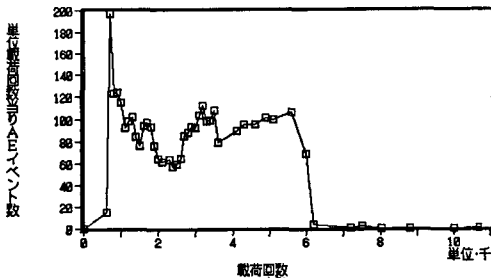
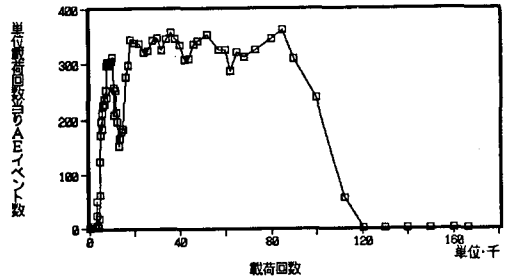
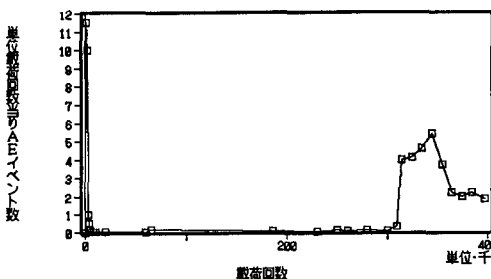
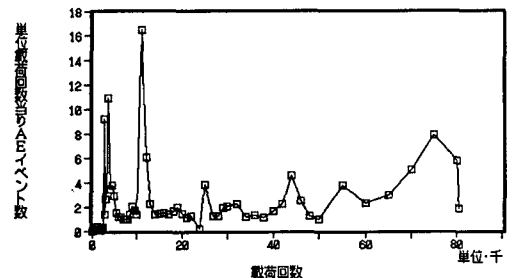
既に著者らはFRPロッドの引張特性について報告したが²⁾、本研究は引張疲労荷重を受ける各種FRPロッドの破壊機構を明らかにすることを目的として実施したものである。なお、既に報告したように、このような目的のためにはAE計測が有効であると考え、本研究では疲労試験時のAE計測を実施した。

2. 実験概要

実験に使用したFRPロッドはいずれもφ6mmの1方向強化FRPロッドで、補強用繊維はアラミド繊維、カーボン繊維、ガラス繊維の3種類である（以下、AFRP、CFRP、GFRPと略す）。それぞれのFRPロッドの特性は表1に示す通りである。

表1 FRPロッドの諸元

	AFRP	CFRP	GFRP
弾性係数 (kg/mm ²)	5800	12600	5600
繊維混入率 (%)	65.0	66.1	66.8
理論耐力 (tonf)	5.70	6.54	5.66

図1 AFRP (173~101kg/mm²)図2 CFRP (143~83kg/mm²)図3 AFRP (165~145kg/mm²)図4 AFRP (173~113kg/mm²)

載荷時のA E計測では、140kHz共振型のA Eセンサー2個をチャック部に取り付け、A E発生源の位置標定を行うと同時に単位載荷サイクル当りのA Eカウント数を測定した。A E計測のしきい値は46dBとし、まず静的に上限値まで載荷して計測されるA E発生量がほぼ0となるまで載荷を継続した後一旦載荷荷重を0まで下げ、その後繰り返し正弦波載荷とした。疲労載荷荷重の上限はいずれも各FRPロッドの静的引張耐力の86%とし、下限は50%から80%の範囲とした。なお、載荷サイクルは試験材の伸び量によって1Hzまたは3Hzに定めた。

3. 実験結果と考察

疲労載荷試験時における載荷回数と1サイクル当りのA Eイベント発生数との関係を図1～図4に示す。なお、ここでは例として、載荷条件の異なるAFRPとCFRPについてのみ示した。

これらの図から明らかなように、いずれの繊維を用いた場合でも載荷初期はややA Eの発生が少ないものの、数百～数千回以上でA Eが頻発している。しかし、ある程度載荷回数が増大するとほとんどA Eの発生が認められなくなるという現象(例えば1万回載荷で数百個のA E)が生じる。その後、若干A Eの発生が増大するとロッドの破壊が生じている。A Eの発生がほとんど認められなくなってからロッドの破壊に至るまでの繰り返し載荷回数は、疲労荷重の振幅が大きいほど少なく、また1サイクル当りのA E発生数の増大もわずかである。

図5は、図2に示したCFRPのA E発生位置標定結果である。この図より、荷重の載荷が0～500回と少ない時にはロッドの左右でA Eの発生が認められるが、載荷回数が増大すると一方のみにA Eの発生が限定されている。載荷回数がさらに増大すると同じ箇所から非常に多くのA Eが発生するが、ある時点でほとんどA Eの発生が認められなくなる。しかし、その後その同じ箇所からA Eの発生が増大し始め、この部分から破壊している。

以上述べたことから、疲労荷重を受けるFRPロッドでは載荷当初必ずしも各繊維に作用する荷重が均一ではなく、繊維とマトリックスの付着破壊が卓越する。この段階以降では、載荷中のAFRPロッドの表層繊維とマトリックスの付着破壊が観察された。この付着破壊の進行が止まると各繊維による荷重分担がほぼ均等に行われ、結果的にA Eの発生が認められなくなるものと考えられる。しかし、その後一度いずれかの繊維の破断が生じると、各繊維で分担している荷重が増大するため他の繊維も強度限界を越え、順次繊維が破断し、結果的にロッド全体の破壊にいたるものと考えられる。

〈参考文献〉1)小林他：土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、第5部門(S.60.9) 2)魚本、西村、加藤：土木学会第43回年次学術講演会講演概要集、第5部門(S.63.10)

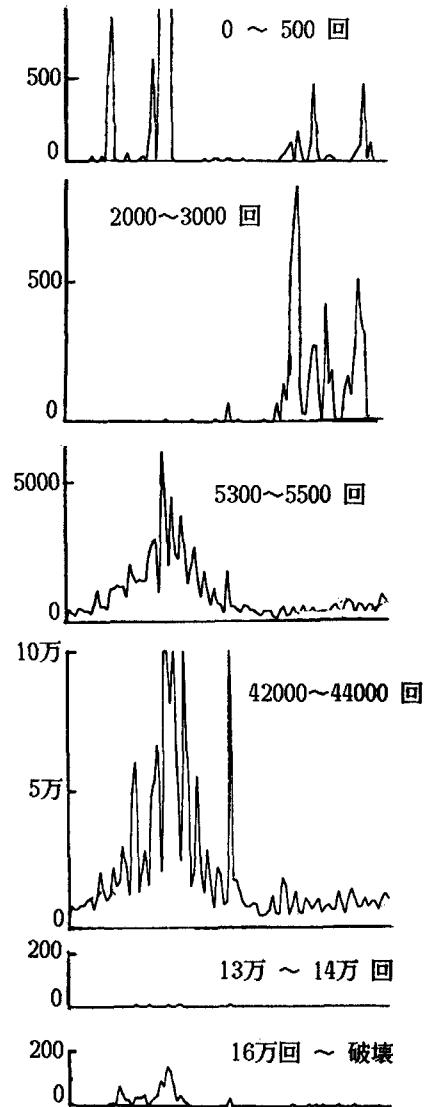


図5 疲労試験時のA E位置評定