

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
 東京大学大学院 学生員 加藤久男

1. はしがき

厳しい塩分環境下におけるプレストレストコンクリート構造物の鋼材腐食が大きな問題となっている今日、従来使用されているPC鋼材の代わりに、腐食を生じない繊維補強プラスチック材（FRPロッド）を緊張材として利用する方法が注目されている。既に、FRPロッドをプレストレストコンクリート用緊張材として用いる方法について小林ら¹⁾²⁾³⁾の研究結果が発表されており、その問題点、対策等の多くについてはすでに明らかにされている。しかし、同じFRPロッドと呼ばれているものであっても、その品質は使用する補強繊維の種類、繊維混入率、樹脂の種類等によってかなり異なったものとなる。そこで、本研究では、各種繊維で補強されたFRPロッドの特性の違いを明らかにすることを目的として、各種FRPロッドの引張試験時におけるAE計測を実施し、FRPロッドの種類による引張特性の差を明らかにした。

2. 実験概要

実験に用いたFRPロッドの補強用繊維は、アラミド繊維、カーボン繊維、ガラス繊維の3種類で、いずれもφ6mmのロッドに成形されている（以下AFRP、CFRP、GFRPと略す）。繊維混入率等を含めた各種FRPロッドの品質は表1の通りである。なお、比較のためにφ6mmの鉄筋についても引張試験を実施した。

FRPロッドの載荷方法は写真1に示すように、1軸引張試験とした。載荷時のAE計測を行うために、写真1に示すように2個のAEセンサーを上下のチャック部に取り付けた。なお、使用したAEセンサーは140kHz共振型である。載荷試験中は、ひずみ測定ならびにAEイベントカウント、AE位置標定等を行った。載荷試験に先立ち、ノイズの計測を行い、いずれのFRPロッドの場合にもAE計測時のしきい値を65dBとした。なお、鉄筋およびFRPロッドのひずみ測定には塑性ひずみゲージを用いた。

3. 実験結果と考察

3.1 引張載荷時の変形

図1は、FRPロッドと鉄筋の荷重変形曲線を示したものである。この図から、いずれのFRPロッドも鋼材とは異なり、明瞭な降伏点が認められず、ほぼ弾性状態のまま破壊していることがわかる。破壊荷重はAFRPが最も大きく、CFRP、GFRPはやや小さい。また表1に示したように、FRPロッドの変形量は繊維のヤング率による違いが明瞭に現れており、ヤング率はCFRPが最も大きく、GFRP、AFRPは小さい。なお、伸び能力はAFRPが最も大きく、CFRPの数倍になっていることが低いヤング率にもかかわらず高い強度を示した原因である¹⁾。

表1 FRPロッドの諸元

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

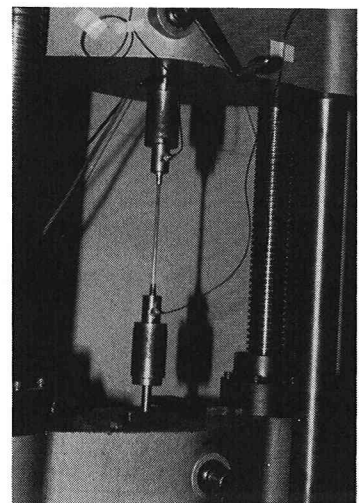


写真1 載荷方法

3. 2 引張載荷時のAE

FRPロッドの引張荷重とトータルイベント数との関係を図2に示す。この図から明かなように、FRPロッドの場合には荷重の増大に伴ってAEの発生が認められる。しかし、AEの発生はGFRP、CFRP、AFRPの順に多く、特にAFRPは他の2種類のロッドに比べAEの発生が少ない。

各ロッドのAE発生傾向をよりわかりやすく示すため、最大ひずみに対するひずみの割合とAEの累積発生割合との関係を図3に示す。なお、横軸を最大荷重に対する割合で表示しても、荷重と変形との関係がほぼ比例しているため同じ傾向を示す。この図より、CFRPおよびGFRPの傾向とAFRPとでは、AEの発生傾向が異なっている。いずれも載荷荷重またはひずみの増大にともなってAEが発生しているが、前者の方が載荷初期段階におけるAEの発生が多く、AFRPの場合には破壊直前に急激にAEが発生している。

AEの発生は、繊維の破断または繊維とマトリックスとの付着破壊が原因であると考えられる。従って上記の結果からGFRPおよびCFRPの場合にはAFRPに比べ載荷初期の段階からこれらの破壊現象が生じていると思われる。

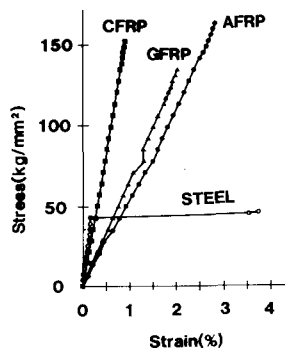
3. 3 載荷時におけるAEの位置標定

載荷時におけるFRPロッドのAE位置標定結果の一例を、図4に示す。図4(a)はAFRPの場合であり、(b)はCFRPの場合を示したもので、荷重レベルにわけて表示してある。いずれも載荷荷重の増大にともない広い範囲でAEの発生が認められる。なお、鉄筋の場合についてはここに図示していないが、AEの発生が狭い範囲に限定され、その部分が降伏によるネッキング現象が生じた。

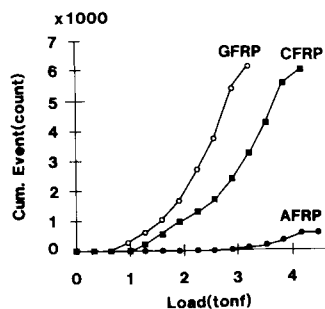
現在までの結果から判断すると、FRPロッドの場合、載荷荷重の増大と共に各断面で繊維の破断等が生じているものと考えられる。図4のAFRPとCFRPとを比較すると、AFRPに比べCFRPの方が載荷初期段階からかなり広範囲でのAEの発生が認められ、破壊が各断面で進展していると考えられる。このことは各ロッドの破壊時の状況とも一致しており、破断時にはCFRPは試験区間の繊維が十数カ所で破断していた。

《参考文献》

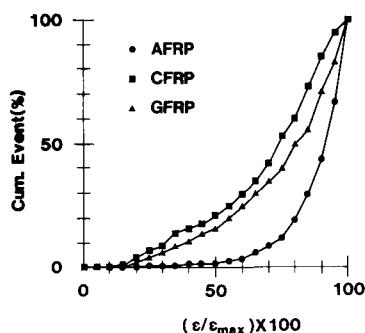
- 1) 小林一輔：昭和59年度科研報告書（試験研究）
- 2) 小林他：土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、第5部門（S.60.9）
- 3) 石田、小林他：第8回コンクリート工学年次講演会論文集（1986）



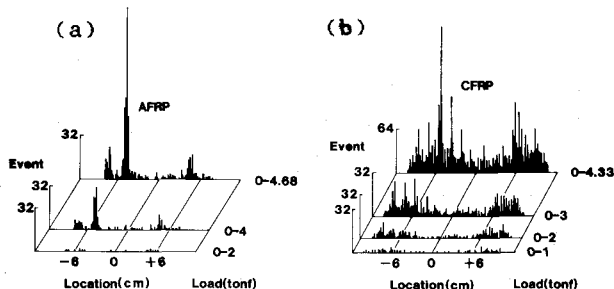
図一 荷重変形曲線



図二 引張荷重と総AE数との関係



図三 歪レベルー累積発生割合



図四 (a)AFRPと(b)CFRPのAE発生状況