

## 連続繊維補強材のアルカリ耐久性に関する研究

京都大学工学部 正員 藤井 学 正員 宮川豊章 正員 井上 晋  
 京都大学大学院 学生員○吉田真樹 近畿コンクリート㈱ 正員 岩本 勲

## 1. はじめに

近年コンクリート構造物において鉄筋およびP C鋼材の塩化物等による腐食が問題となっている。その一対策として鉄筋、鋼材の代わりに耐食性に優れた繊維強化プラスチック (FRP) を利用しようとする試みがある。FRPの力学的な特性はかなりの検討がなされている反面、耐久性に関してはデータの蓄積がまだまだ少ないのが現状である。

本研究においては、FRPをコンクリート中で使用することを想定して、FRPのアルカリ耐久性を検討することとした。なお検討に際して水分拡散 (FRPマトリクスの水分吸収、膨張が起因する繊維マトリクス界面の剥離)<sup>1)</sup> による影響も念頭においた。

## 2. 実験概要

実験要因として、①FRPとして、アラミド (AFRP)、炭素 (CFRP)、ガラス (GFRP) の3種類、②環境溶液として、コンクリート中のアルカリ性溶液をモデル化した丸山溶液 ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ :2g/l,  $\text{Na}(\text{OH})$ :10g/l,  $\text{KOH}$ :14g/l)、さらに比較用として水道水、気中の3種類、③環境温度として、20℃、促進用に60℃の2種類、④緊張荷重として、気中強度の50%, 65%, 0% (AFRP, CFRP)、60%, 0% (GFRP) を採用することとした (表1参照)。

1300mmのロッド中央部分30mmを浸漬、約1カ月間の浸漬を行い、浸漬中の緊張荷重の低下、A E (フースティックエミッション) と浸漬後の外観観察、引張特性の測定を行った。

## 3. 実験結果と考察

浸漬期間中、ロッド定着部の引き抜け、環境温度20℃設定のものが65.4℃まであがる等のトラブルが起きた。実験結果を表1、図1、図2に示す。

## (1) 緊張荷重の低下 (図1)

定着部の引き抜けにより初期に緊張荷重

表1 供試体一覧

| FRP (マトリクス)                                                               | 環境溶液 | 温度  | 荷重       | 破断強度<br>(保持率%) | 引張率 (変形率)<br>kgf/mm <sup>2</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------|------|-----|----------|----------------|----------------------------------|
| アラミド<br>(ビニルエステル系樹脂)<br>破断強度(メーカー)<br>190kgf/mm <sup>2</sup><br>φ 6mm     | 丸山溶液 | 60℃ | 破断荷重の50% | 198(103)       | 8032                             |
|                                                                           |      |     | 2.55tf   | 187(104)       | 6492                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 182(96)        | 5991                             |
|                                                                           |      | 20℃ | 破断荷重の50% | 198(105)       | 8064                             |
|                                                                           |      |     | 2tf      | 195(103)       | 5479                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 193(102)       | 5543                             |
|                                                                           | 丸山溶液 | 50% | 破断荷重の50% | 198(104)       | 8080                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 199(104)       | 5684                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の0%  | 193(102)       | 5930                             |
|                                                                           |      | 35% | 破断荷重の50% | 184(87)        | 5644                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 194(102)       | 5668                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の0%  | 190(100)       | 5551                             |
| 炭素 (PAN系)<br>(エポキシ樹脂)<br>破断強度(メーカー)<br>162kgf/mm <sup>2</sup><br>φ 6mm    | 丸山溶液 | 60℃ | 破断荷重の50% | 188(116)       | 38004                            |
|                                                                           |      |     | 4tf      | 237(146)       | 50687                            |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 232(143)       | 168695                           |
|                                                                           |      | 20℃ | 破断荷重の50% | 160(99)        | 86615                            |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 246(152)       | 82480                            |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の0%  | 241(149)       | 33462                            |
|                                                                           | 丸山溶液 | 50% | 破断荷重の50% | 230(142)       | 401473                           |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 254(167)       | 139755                           |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の0%  | 226(140)       | 71405                            |
|                                                                           |      | 35% | 破断荷重の50% | 266(164)       | 26977                            |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 249(154)       | 36598                            |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の0%  | 223(138)       | 44907                            |
| ガラス (Eガラス)<br>(エポキシ樹脂)<br>破断強度(メーカー)<br>100kgf/mm <sup>2</sup><br>φ 6.3mm | 丸山溶液 | 60℃ | 破断荷重の50% | 0(0)           | 4854                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 147(147)       | 5108                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の0%  | 142(142)       | 4706                             |
|                                                                           |      | 20℃ | 破断荷重の50% | 139(139)       | 4307                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 141(141)       | 4518                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の0%  | 141(141)       | 4586                             |
|                                                                           | 水道水  | 50% | 破断荷重の50% | 140(140)       | 4802                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 144(144)       | 4314                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の0%  | 142(142)       | 4831                             |
|                                                                           |      | 20℃ | 破断荷重の50% | 142(142)       | 4831                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の65% | 142(142)       | 4831                             |
|                                                                           |      |     | 破断荷重の0%  | 142(142)       | 4831                             |

に大きな差が生じた。定着部引き抜けが落ちついた後は、緊張荷重も落ちついた低下傾向を示す。低下中は各要因による顕著な相違は認められない。環境温度上昇の前後での緊張荷重の差は、②アルカリ20℃65%緊張で600kgf、50%緊張で535kgf③水道水20℃65%緊張で129kgf、50%で292kgfである。ただし前後の抜け量測定から③50%緊張は、引き抜けによるところが大きいと思われる。

## (2) A E (図2)

初期の定着部の抜けによるA Eが落ちついた24時間後のイベントレートは、6B (緊張65%)の方が5B (緊張50%)に比べて高く、浸漬中の水分拡散によるものと推定されるA Eイベントレートも6Bの方が高い。

## (3) 引張特性 (表1)

浸漬中60%緊張のものが2本とも破断したGFRPを除いて、緊張したもののヤング率がしていないもののそれに比べて高くなった。またCFRPについては、前者が後者に比べて破断荷重が低めになる傾向がみられた。繊維の脆性の高い劣化が顕著にでたものと思われる。なおその他の要因による傾向はほとんどみとめられない。

## 4. 結論

①今回用いた3種類のFRP (AFRP, CFRP, GFRP) のなかでは、GFRPの耐アルカリ性が最も低くAFRPが最も高い。なおヤング率については溶液浸漬後増大の傾向がみられた。

②引張強度保持率からすると緊張荷重50%と65%とでは顕著な差は認められなかった。

③A E測定の結果によればAFRPの劣化速度は緊張荷重が強度の50%と65%とでは後者の方が大きく、環境温度が60℃と20℃とでは、前者の方が大きいと推定され、アルカリ耐久性への荷重レベル及び温度の影響が確認された。

謝辞 本研究において御協力下さった住友建設㈱、㈱熊谷組、関西電力㈱に御礼申し上げます。

参考文献 1) A.C. Grarg Composite Materials And Structures ENVIRONMENTAL STRESS CRACKING BEHAVIOR OF DELAMINATION IN LAMINATED COMPOSITES Jan.1988

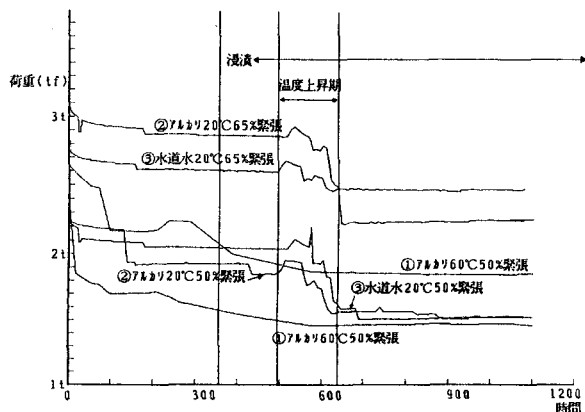


図1 緊張荷重の経時変化

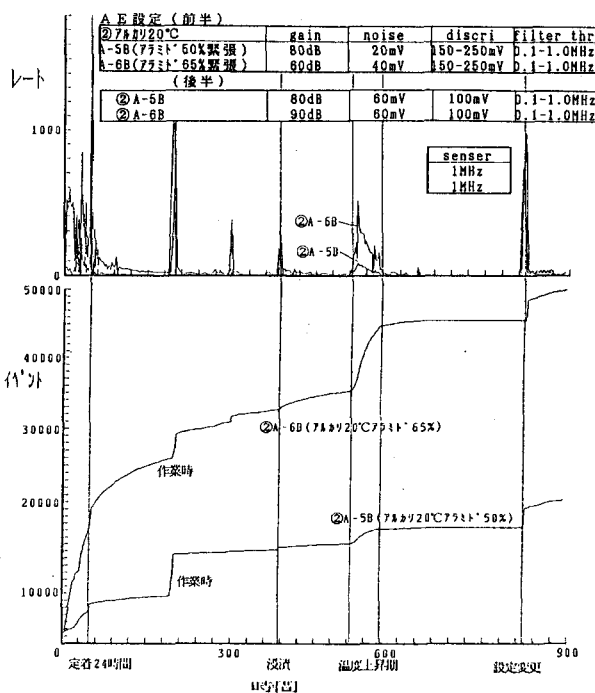


図2 A E イベント総数、レート