

種々のFRPロッドの耐久性について

鹿児島大学工学部 学生員 猪八重 由之

同 上 正会員 武若 耕司

同 上 正会員 Myo Khin

1. まえがき

コンクリート構造物の耐久性向上を主たる目的として、補強材へのFRPロッドの適用が検討されている。確かにFRPは一般に耐久性に優れているといわれ、鋼材のように錆びることもない。したがって、この材料が実用化されれば、コンクリート構造物の耐久性を支配するとまでいわれる鋼材腐食劣化を皆無とすることも夢ではない。しかし同時に、FRPがこれまでにコンクリート用補強材として長期間使用された実績がないことも事実であり、種々の環境に建設されるコンクリート構造物において、FRPの耐久性を十分に評価できるまでの具体的資料は揃っていない。そこで著者らは、FRPロッドの有効性と適用範囲の明確化を目的として、一昨年よりその耐久性に関する研究を開始した。ここでは、これまでの実験概要とその結果の一部を報告する。

表-1 検討に用いたFRPロッドの種類

2. 実験の概要

(1) FRPロッドの

種類: これまでに検討を行ったFRPロッドは、4種類の炭素繊維補強ロッド(以下、CFRPと称す)、2種類のアラミド繊維補強ロッド(AFRP)および、ガラス繊維とビニロン繊維でそれぞれ補強されたロッド(GFRPおよびVFRP)

ロッド 番 号 **		φ (mm)	繊 維 の 種 類	マトリ ックス の種類	繊維量 V _f (%)	ロッド の形状	引張強度(kgf/mm ²)			弾性係数(kgf/mm ²)			実施試験 NO.		
							メーカー	実測		メーカー	実測(x10 ⁴)*				
								AVE.	DIV.		(x10 ⁴)	AVE.		DIV.	
K-C1	(a)	6.0	カーボン (PAN)	エポキシ	61.3	丸棒+片巻	196	188	6.43	1.57	1.48	0.028	①, ③, ④		
	(b)						186	154	2.45	1.44	1.39	0.087		②	
L-C1	5.0						50~60	丸棒+巻	180	158	6.52	1.50	1.55	0.038	②
T-C1	5.0						64.0	より線	201	218	5.50	1.40	1.39	0.023	②
K-CP		8.0		PPS	55.0	丸棒+磁粒	175	163	9.54	1.44	1.28	0.040	①, ③, ④		
S-A1	(a)	6.0	アラミド	ビニル エステル	65.0	丸棒+片巻	193	187	8.82	0.54	0.58	0.041	①, ③, ④		
	(b)						190	186	9.24	0.54	0.62	0.042	②		
M-A1		6.0			65.0	盤型	130	156	1.91	0.66	0.65	0.035	②		
K-G1	(a)	6.0	Eガラス	エポキシ	65.0	丸棒+片巻	138	152	4.33	0.48	0.47	0.010	①, ③, ④		
	(b)						155	126	2.28	0.55	0.49	0.026	②		
KR-V	(a)	6.0	ビニロン		69.6	丸棒+巻	84	74	2.82	0.27	0.32	0.031	①, ③, ④		
	(b)						87	71	5.93	0.20	0.31	0.036	②		

FRPおよびVFRP) *繰り返し載荷時のデータも含む。 ** (a), (b)の違いは入手時期の違いによる。

各1種類ずつの計8種類であり、CFRPの1種類を除き、呼び径φ5~6mm程度のものを実験の対象に選んだ。これらのロッドの主な概要を表-1に示す。表中、同一種のロッドにおいて引張強度等の値が2種類表示されているものがあるが、これは、同一メーカーの同一種のものであるが、その入手時期の相違により性能が若干異なっていたことによる。なお、ロッドの耐久性評価にあたっては、各ロッド入手直後の引張試験結果を基準とした。

表-2 耐久性評価試験の概要

(2) 耐久性評価試験の概要: ロッドの耐久性を①耐アルカリ性試験、②屋外暴露試験および③高温高湿環境養生試験に

表-3 アルカリ浸漬溶液の組成

pH	溶液1ℓあたりの混入量(g)			
	Ca(OH) ₂	KOH	NaOH	NaCl
13.27	2.0	14.0	10.0	30.0

試験NO.	試験名	試験方法等
①*	耐アルカリ性試験	ロッドの緊張: 破断強度の70%, 無浸漬時間: 700時間、温度: 50℃
②		ロッドの緊張: 破断強度の70%, 50%, 無浸漬時間: 1000時間, 2000時間、温度: 50℃
③	屋外暴露試験	暴露場所: 鹿児島大学海洋土木工学科棟屋上 暴露期間: 1年間
④	高温高湿養生試験	養生条件: 温度40℃, 湿度95%以上 養生期間: 1年間

*: ①の実験については昨年(第47回)年次大会で発表済み

よって検討することにした。それぞれの試験の概要を表-2に示す。これらの試験のうち耐アルカリ性試験については、浸漬溶液中に3%のNaClを混入し、塩分の影響についても同時に検討することにした。この場合の浸漬溶液の組成を表-3に示す。耐久性試験を終了したロッドは、図-1に示すように静的破砕材を利用した端部定着具を用いて引張試験を実施し、その耐久性を評価することにした。なお、引張試験では、先ず、入手時の各ロッドの破断荷重の約80%となる荷重まで繰り返し5回の载荷を行った後、破断まで载荷させる方法を使った。

3. 実験結果および考察

表-4には、これまでに得られた耐アルカリ性試験の結果のうち、破断荷重の70%の緊張力でロッドを拘束した場合における結果を示した。このうち、GFRP(K-GI)については、緊張を行って溶液に浸漬するまでの間にクリープによる破壊を起こし、結局この荷重レベルでの浸漬試験は実施できなかった。また、AFRPロッドのうちM-A1種においては、浸漬1000時間を予定していた試験体3本のうち1本が浸漬の途中で破断し、残りの2本についても引張強度の低下が生じていた。さらに、昨年同じ溶液を用いて実施した700時間の浸漬試験では劣化が確認されなかったVFRP(KR-V)においても¹⁾、今回の1000時間浸漬では、3本の試験体とも基準強度のばらつきの範囲を超える強度低下を起こした。2000時間の浸漬試験では、1000時間浸漬では顕著な劣化が認められなかったCFRP(K-CI)においも明らかな劣化傾向が見られるなど、FRPロッドの耐アルカリ性については、今後ともさらに検討が必要と思われる幾つかの問題が確認された。

また、表-5には、屋外暴露および高温高湿養生をそれぞれ1年間行ったロッドの引張試験結果を示した。これらの結果においても、特に高温高湿環境において、GFRPロッドの4本の試験体全てと、VFRPロッド4本のうち2本に明らかな劣化傾向が確認された。これら以外のロッドでは顕著な劣化は確認されなかったが、例えば、耐アルカリ性試験2000時間の結果において劣化が確認されたCFRPロッドK-CIのように、弾性係数に幾分低下の兆しが見られるものもあり、各ロッドとも耐アルカリ性同様、耐候性についてもさらに検討を要するようである。

1) Myo Khin他：FRPロッドの耐久性に関する研究，土木学会第47回学術講演会講演概要集，1992。

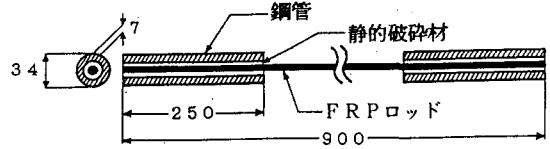


図-1 引張試験時のロッドの概要

表-4 アルカリ溶液浸漬後のロッドの引張特性

ロッド 番 号	耐アルカリ性試験結果(拘束70%) (載:kgf/mm ²)							
	浸漬1000時間				浸漬2000時間			
	引張強度	弾性係数(x10 ⁴)	引張強度	弾性係数(x10 ⁴)	引張強度	弾性係数(x10 ⁴)	引張強度	弾性係数(x10 ⁴)
	σ_{ru} *	比**	E, *	比**	σ_{ru} *	比**	E, *	比**
K-CI(b)	150	0.97	1.37	0.99	130	0.86	1.27	0.91
L-CI	169	1.07	1.57	1.01	—			
T-CI	231	1.06	1.44	1.04	—			
S-AI(b)	実験中				197	1.06	0.62	1.00
M-A1	146	0.94	0.67	1.00	—			
K-GI(b)	浸漬前に破壊				—			
KR-V(b)	66	0.93	0.39	1.26	実験中			

*: 試料3本の平均値 (ただし、M-A1は2本の平均)

**：ロッド入手直後の引張試験結果に対する比率

表-5 屋外暴露および高温高湿養生1年後のロッドの性能

ロッド 番 号		屋外暴露1年				高温高湿養生1年			
		引張強度 (kgf/mm ²)	弾性係数 (10 ⁴ kgf/mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	弾性係数 (10 ⁴ kgf/mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	弾性係数 (10 ⁴ kgf/mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	弾性係数 (10 ⁴ kgf/mm ²)
		σ_{ru}	比*	E, **	比*	σ_{ru}	比*	E, **	比*
K-CI (a)	1	194	1.03	1.37	0.93	189	1.01	1.44	0.97
	2	194	1.03	1.41	0.95	186	0.99	1.45	0.98
	3	185	0.98	1.46	0.99	200	1.06	1.30	0.88
	4	194	1.03	1.43	0.97	198	1.03	1.40	0.95
K-CP	1	179	1.10	1.32	1.03	168	1.03	1.45	1.13
	2	163	1.00	1.32	1.03	155	0.95	1.26	0.98
	3	179	1.10	1.33	1.04	167	1.03	1.34	1.05
	4	155	0.95	1.33	1.04	184	1.12	1.45	1.13
S-AI (a)	1	187	1.00	0.58	0.98	198	1.06	0.59	1.00
	2	192	1.03	0.57	0.97	197	1.05	0.57	0.97
	3	181	0.97	0.62	1.05	197	1.05	0.56	0.95
	4	187	1.00	0.59	1.00	197	1.05	0.59	1.00
K-GI (a)	1	148	0.97	0.49	1.04	117	0.77	0.44	0.94
	2	153	1.01	0.46	0.98	118	0.78	0.42	0.89
	3	150	0.99	0.46	0.98	118	0.78	0.45	0.96
	4	146	0.96	0.46	0.98	117	0.77	0.47	1.00
KR-V (a)	1	78	1.05	0.30	0.94	75	1.01	0.29	0.91
	2	78	1.05	0.29	0.91	58	0.78	0.22	0.69
	3	79	1.07	0.31	0.97	71	0.96	0.28	0.88
	4	77	1.04	0.32	1.00	57	0.77	0.21	0.67

*: ロッド入手直後の引張試験結果に対する比率、

**：繰り返し载荷5回の結果の平均値