

種々のFRPロッドの引張特性について

鹿児島大学工学部 正会員○武若耕司

同 上 正会員 Myo Khin

同 上 江頭 剛

1. まえがき

最近、FRPロッドをRCあるいはPC構造物の補強筋に使用して、構造物の性能、特に耐久性を向上させようとする試みがなされ、注目を集めている。確かに、FRPロッドの補強筋としての活用は、塩害に代表される鋼材腐食劣化からコンクリート構造物を守る極めて優れた手法であると言える。しかし、鋼材にとって防食上の利点となるコンクリート中の高アルカリ性は、FRPロッドの種類によってはかえって劣化を引起す原因ともなりかねない。さらに、コンクリート構造物は種々の環境下に適用されるためその劣化要因も多様であるが、現状においては、FRPロッドがいずれの環境においても耐久的であるという確証が得られているわけではない。

本研究の最終目的は、種々の環境にさらされるFRPロッドの耐久性を検討し、FRPロッドの有効性と適用範囲を明らかにすることである。ここでは、以上の検討の初期値を得るための基礎実験として、現在使用が検討されている16種類のFRPロッドの引張特性を調べた結果について報告する。また、ロッドの耐アルカリ性に関する検討の実験概要についても示す。

2. 引張試験の概要

(1) FRPロッドの種類：検討を行ったFRPロッドは、繊維の種類、マトリックスの種類、表面加工方法および径などが異なる16種類である。それぞれのロッドの概要を表-1に、また、形状を写真-1に示す。

(2) 引張試験：ロッドは、図-1に示すように端部定着具として鋼管を用い、これに静的破碎剤を充填してロッドと鋼管を定着させて引張試験に供した。なお、定着強度を十分に確保するため、破碎剤によって鋼管内に生じている膨脹圧を鋼管に貼付したひずみゲージにより測定し、これが引張試験時に500kg/cm²以上であることを確認した上で試験を行うことにした。引張試験にあつ

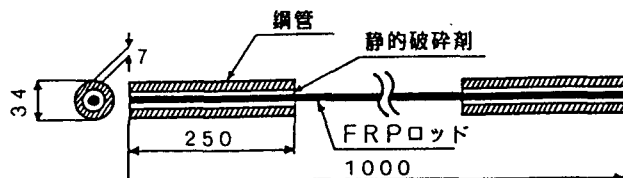


図-1 引張試験用供試体の概要

表-1 検討を行ったFRPロッドの種類

ロッド No.	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
K-C1	6.0	カーボン (PAN)	Iホ*キ	61.3	丸棒+片巻
K-C2	8.0			61.7	
L-C1	5.0			50~60	丸棒+綾巻
L-C2	8.0			50~60	
T-C1	5.0			64.0	より線
T-C2	7.5			64.0	
K-CP	8.0	カーボン (ビ*ツ)	PPS	55.0	丸棒+砥粒
O-CM	8.0		Iホ*キ	65.0	丸棒+メッシュ
O-CS	8.0			65.0	丸棒
S-A1	6.0	アラミド	ビ*コ	65.0	丸棒+片巻
S-A2	8.0			65.0	
M-A1	6.0		イ*アル	65.0	組紐
M-A2	8.0			65.0	
K-G1	6.0	E*ラス	Iホ*キ	65.0	丸棒+片巻
K-G2	8.0			62.5	
KR-V	6.0	ビ*コ		69.6	丸棒+綾巻

ロッドの形状	ロッドNO.
	K-C1
	K-C2
	L-C1
	L-C2
	T-C1
	T-C2
	K-CP
	O-CM
	O-CS
	S-A1
	S-A2
	M-A1
	M-A2
	K-G1
	K-G2
	KR-V

写真-1 FRPロッドの外観

ては、破断強度の他、破断強度の80%までの応力-ひずみ関係をクリップゲージにより測定し、これを直線近似させて弾性係数も求めた。

3. 試験結果と考察

表-2には、各ロッドの破断強度および弾性係数の測定結果を、メーカーから呈示された値とともに示した。まず破断強度については、メーカー呈示強度にほぼ等しいかそれを上回る強度を示すものがある一方で、メーカー呈示強度を25%も下回る測定結果も得られ、全体的にはPC鋼材等の強度試験結果に比べてばらつきは大きくなるようであった。同表には、このばらつきの原因について若干の検討を行うため、ロッド破壊タイプを定着端部での破壊の有無によって大略分類し、各破壊タイプごとの破壊強度についても示した。各ロッドの試験本数が5~7本と少ないために的確な評価はできないが、この結果から、破壊強度がメーカー呈示の値に比べて低いものでは、その

原因の1つとして定着具周辺がなんらかの弱点となっていたことが予想された。次に、弾性係数の測定結果についてメーカー呈示値と実測値を比較すると、炭素繊維以外の繊維を用いたものでは両者に大きな差は見られないものの、炭素繊維補強(CFRP)ロッドについてはいずれのタイプのロッドもメーカー呈示値と実測値の間に明確な差が認められた。また、丸棒形状のロッド(N0.0-C)では、表-3に示すように定着端部でロッドが引抜け、破断強度の測定はできなかったが、今回の結果から、静的破砕剤による丸棒の定着確保のためには、φ8mmのロッドで長さ40cm以上の定着具が必要となるようであった。

4. FRPロッドの耐アルカリ性試験の概要

FRPロッドの高アルカリ性環境における耐久性を検討するため、表-1から5種類のロッドを選択し、これらを無拘束状態あるいは破断強さの70%の応力で

拘束した状態で、それぞれ表-4に示す組成の塩分含有アルカリ溶液(50℃)中に浸漬させた。なお、ロッドを拘束したものでは導入応力の均等化を図るため、拘束後10日間ほど気中に放置したが、この間に、ガラス繊維補強ロッド(GFRP:ロッドN0.K-G6)については、3本の試料が3~8日の間に全て破壊を起した。従って、このロッドについては拘束応力度を破断強さの60%としてアルカリ溶液に浸漬させたが、この場合も、のべ浸漬期間6日前後で全て破断した。このことは、少なくともGFRPロッドでは、静的疲労破壊あるいはクリープ破壊に対する感受性が他のロッドに比べて高いことを示している。

なお、所定の浸漬実験終了後は、ロッドの引張試験を行って、その結果を前述の実験結果と比較し、耐アルカリ性を評価する予定にしている。この結果については講演時に報告する。

表-2 FRPロッドの破断強度および弾性係数の測定結果

* () 内はロッドの試験本数

ロッド No.	引張強度 (Kg/mm ²)				弾性係数 (*10 ⁶ Kg/cm ²)		
	メーカー	実測	破壊Type別強度			メーカー	実測
			AVE.	A	B		DIV.
K-C1	196	188	—	188(5)	—	1.57	1.37
K-C2	192	177	—	177(5)	—	1.31	1.37
L-C1	180	166	—	164(4)	173(1)	1.30	1.60
L-C2	180	137	139(4)	131(1)	—	1.30	1.60
T-C1	227	206	—	206(5)	—	1.43	1.29
T-C2	213	218	—	218(5)	—	1.47	1.31
K-CP	175	163	—	—	163(5)	1.44	1.29
S-A1	193	187	186(4)	—	191(1)	0.54	0.53
S-A2	193	178	176(4)	187(1)	—	0.54	0.50
M-A1	130	147	—	—	147(5)	0.66	0.64
M-A2	130	151	157(1)	—	149(4)	0.66	0.61
K-G1	138	152	153(3)	—	150(2)	0.48	0.49
K-G2	126	135	134(2)	—	136(3)	0.47	0.45
KR-V	84	74	74(7)	—	—	0.27	0.26

Type A: 端部で破断(破壊)

B: 端部を含む数ヶ所で破断(破壊)

C: 明かに端部の影響がないと考えられる箇所での破断(破壊)

表-3 丸棒状ロッドの定着具からの引抜け応力度

ロッド No.	ロッド の形状	メーカー呈示 引張強度 (Kg/mm ²)	引き抜け応力度(Kg/mm ²)			弾性係数(*10 ⁶ Kg/cm ²)	
			定着長25cm 定着長35cm			メーカー	実測値
			①	②	③		DIV
O-CH	丸棒+ メッシュ巻	AVE. 184	107	137	229	1.50	1.46
O-CS	丸棒		122	149	207	1.50	1.38

注 ①: 冬季施工で内圧500Kg/cm²前後 (夏季施工と冬季施工の場合
②: 夏季施工で内圧600Kg/cm²前後 では、破砕剤の種類が異なる。)
③: 夏季施工で内圧650Kg/cm²前後

表-4 耐アルカリ性試験用溶液の組成

pH	溶液1ℓ当たりの重量混入量(g)			
	Ca(OH) ₂	KOH	NaOH	NaCl
13.27	2.0	14.0	10.0	30.0