

I-316

組紐状CFRPロッドの静的および疲労強度

（株）神戸製鋼所 正員 杉井 謙一
 “ 藤田 章洋
 “ 島本 明

1. まえがき ケーブル使用橋梁の長大化傾向が進む一方で、古い吊橋や斜張橋のケーブルの損傷が報告されはじめています。このような状況下、比強度（強度／密度）が高く、耐食性にすぐれた先進複合材ケーブルが注目されている。著者らは、昨年、組紐状FRPロッドの定着部に着目した検討成果を発表している¹⁾。

本文では、炭素繊維を用いた組紐状のFRPロッド（以下、組紐状CFRPロッドと呼ぶ）について、新たに実施した、静的引張試験と疲労試験の結果について報告するものである。

2. 組紐状CFRPロッドの樹脂含有率と繊維強度発現率

組紐状CFRPロッドは、図-1に示すように、炭素繊維集合体を組紐に編み、樹脂を含浸したものである。今回試験した組紐状CFRPロッドは、フィラメント径 $\phi 6\mu\text{m}$ 、12,000本のロービング状の炭素繊維を8本合糸し、さらに、これを8本編みにしたものである（繊維断面積 21.7mm^2 ）。使用材料の機械的性質を表-1に示す。

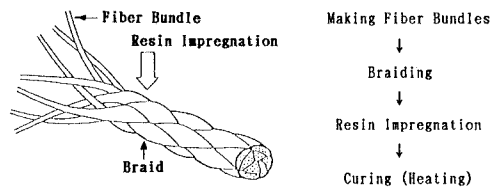


図-1 組紐状CFRPの構造概要と製作工程

表-1 使用材料の機械的性質

	Tensile Modulus (GPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
Carbon Fiber	392	4410	1.1
Epoxy Resin	1.4	78.4	5.5

通常FRPは、樹脂含有率により、繊維の強度発現率が変化する。供試体の製作に先立ち、組紐状CFRPに対する適正な樹脂含有率を求めた。樹脂含有率を種々変化させながら、それに対応するロッド強度を求め、繊維強度発現率として整理したものを、図-2に示す。図より、樹脂含有率の増加とともに繊維強度発現率も増加するが、樹脂含有率が23wt%程度になれば、繊維強度発現率はほぼ収めることができる。

このデータを参考にし、供試材の製作にあたっては、繊維体積含有率70%（樹脂含有率25wt%相当）を目標にした。樹脂を含む公称断面積は 37.8mm^2 、公称径 $\phi 6.94\text{mm}$ となった。

3. 静的引張試験 2つのロットより抽出した組紐状CFRPロッドにつき、静的引張試験を実施した。供試体寸法を図-3に示す。また、引張試験結果を表-2に示す。

樹脂を含む公称断面積でみて、引張強度およびヤング率は、それぞれ約1,900MPaと220GPaであり、橋梁用の亜鉛めっき鋼線と同等もしくはそれ以上である。ただし、これらの数値のばらつきが若干大きいことと、破断までの伸びが少ないことが、今後、構造物に適用していくうえでの検討課題となろう。

4. 疲労試験 図-3と同様の寸法の供試体を用いて、組紐状CFRPロッドの疲労試験を実施した。試験結果を図-4に示す。

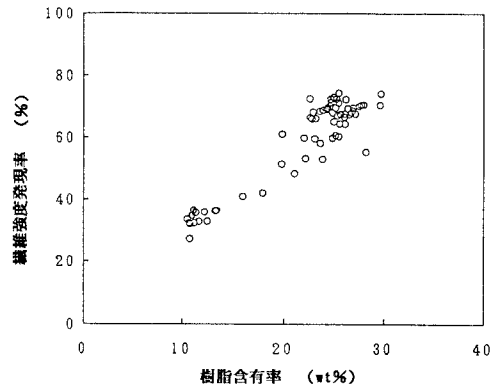


図-2 樹脂含有率と繊維強度発現率の関係

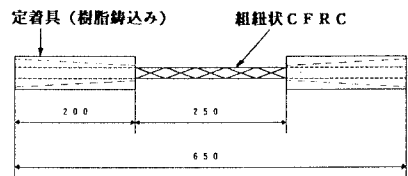


図-3 供試体寸法図

表-2 組紐状CFRPの静的引張試験結果

a) ロットNo. 1

Specimen No. (Lot 1)	Tensile Modulus (GPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
1	232	1920	0.83
2	225	1990	0.88
3	238	1990	0.83
4	232	1930	0.84
5	203	1870	0.92
6	286	2040	0.83
7	203	1980	0.98
8	—	1810	—
9	—	1940	—
10	—	2100	—
11	—	1660	—
12	272	1930	0.71
13	—	1960	—
14	301	1980	0.66
Average	239	1940	0.83
Standard Deviation	29.6	101.8	0.092

b) ロットNo. 2

Specimen No. (Lot 2)	Tensile Modulus (GPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
1	272	1650	0.60
2	—	1800	—
3	252	1740	0.69
4	—	1840	—
5	191	1870	0.98
6	209	1960	0.94
7	203	1870	0.92
8	196	1940	0.99
9	200	1810	0.91
10	215	1930	0.90
Average	217	1840	0.87
Standard Deviation	27.2	91.0	0.133

図には、橋梁用の亜鉛めっき鋼線（ $\phi 5\text{mm}$ 、破断強度 $160\text{kgf/mm}^2 = 1,570\text{MPa}$ ）のデータ²⁾を併記してある。軸方向力のみの疲労強度は、ほぼ同等の破断強度を有する亜鉛めっき鋼線に比して、約3倍の応力範囲に耐えうると、見なせそうである。

5. 結論 1)組紐状CFRPロッドにおいて、樹脂含有率は繊維強度発現率に大きな影響を及ぼす。十分な繊維強度の発現のためには、23wt%以上の樹脂含有率が必要である。

2)繊維体積含有率70%（樹脂含有率23wt%相当）、公称径 $\phi 6.94\text{mm}$ の組紐状CFRPロッドの静的強度は、約1,900MPaである。また疲労強度は、応力範囲で約1,400MPaである。

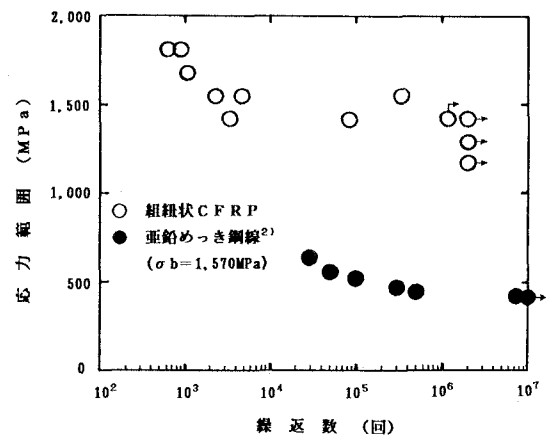


図-4 疲労試験結果

本研究を進めるにあたりご協力いただいた、三井建設・神戸製鋼・神鋼鋼線工業共同研究開発チームの方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Reed、藤原、杉井、島本：FRPケーブルの引張試験と樹脂定着部応力分布解析、土木学会年次学術講演会、I-288、平成2年9月
- 2) 石岡、池田、隠岐、山岡：本四架橋と鋼材、R&D神戸製鋼技報、Vol. 38, No. 1, pp. 23-25, 1988年1月