

# 新素材を用いた長柱鋼管の座屈補強への一提案

中央大学 学生員 赤城博斎 日本鉄塔工業(株) 正会員 小瀬古信博  
 中央大学 正会員 平野廣和 中央大学 正会員 佐藤尚次

## 1. はじめに

近年、構造物に対する設計時点での要求を超える性能が必要とされる場合が増えてきている。その場合、安価で簡便な補強方法による実現が求められる。例えば、鋼管にメッキを施すだけで、全体座屈の強度が向上する指摘をする論文もある<sup>1)</sup>。一方、既往の研究<sup>2)</sup>において長柱構造物への紫外線硬化型樹脂（以下 GFRP）補強は、疲労試験においてき裂進展を抑える効果があることが知られている。この補強により座屈耐荷力が増すことが確かめられれば、長柱鋼管の補強対策として効果が期待できる。よって、著者らは GFRP に着目し、大型送電鉄塔の構成部材である長柱鋼管の座屈に対する補強効果等の検討を行ってきた<sup>3)</sup>。そこで本報では、これまでの研究で効果のあった長柱鋼管座屈実験の延長と位置付け、細長比 70.4、長さ 885(mm)、径 27.2(mm) の小さな鋼管で実験を行い補強効果有無の再現性を確認することにする。ここでの補強材料は、これまでの GFRP に加え、低価格かつ何処でも入手可能であり、軽量で扱いやすい特徴を有するポリプロピレン製のひも（荷造り用のひも、以下 PP）を使用する。さらに GFRP の乾燥収縮、PP の拘束によるフープ効果の有無についても検討する。

## 2. 実験概要

### (1) 実験供試体

本実験には、表-1 に示す鋼管を選択した。これは試験機の性能を考え全体座屈の現象が見られる細長比 70.4 とした鋼管である。供試体は第一段階として、無補強 3 本、補強有を 3 本製作した。補強有の詳細は、PP 補強を 2 本（PP-1 及び PP-2） GFRP 補強 1 本である。

PP の巻き方は鋼管の片方から巻き始め端に着いたら折り返し、元の位置まで戻ってきたら PP 専用の止め具で止めるという巻き方を採用した。その状態を写真-1、2 に示す。

ひずみゲージは、鋼管の長さ方向中央に軸方向と周方向を 1 セットとし 90° ピッチで 4 箇所計 8 箇所貼付けた。さらに鋼管の上下に圧縮力の芯を出す為に使うひずみゲージ

表-1 供試体諸元

サイズ	材質	径厚比	長さ (mm)	細長比 (基準化細長比)	数量	
					補強無	補強有
27.2*2.3	STK400	11.8	885	70.4 (1.06)	3	3

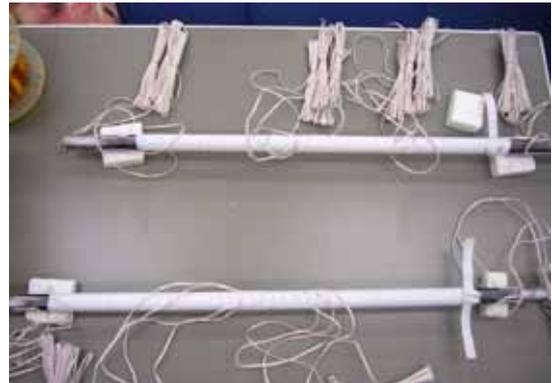


写真-1 PP 供試体



写真-2 PP 供試体拡大

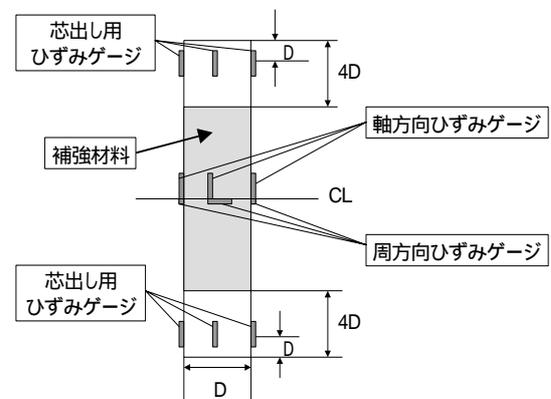


図-1 ひずみゲージ貼付け位置

表-2 実験結果

サイズ	試験体名	Pmax(kN)	強度上昇率
27.2*2.3 全体座屈	無補強-1	53.85	-
	無補強-2	53.70	1.00
	無補強-3	48.45	-
	PP 1	55.25	1.03
	PP 2	59.60	1.11
	GFRP	59.20	1.10

強度上昇率は無補強 2との比較

を上4箇所、下4箇所の計8箇所貼付けた。図-1 にひずみゲージの配置を示す。

### (2) 座屈実験

座屈実験は始めに1(kN)の荷重を与え上下の芯出し用ひずみゲージ8個をチェックし圧縮力が中心になるように調整する。圧縮力が中心になったら荷重をかけ始める。荷重のかけ方は1秒間に1.7(kN)の载荷である。試験機は島津製作所製作の中央大学所有3軸圧縮試験機(最大圧縮能力2000kN)を使用した。

### 3. 実験結果

実験の最大耐荷力ならびに強度上昇率の具体的数値を表-2に示す。PP-2補強とGFRP補強において平均的な座屈耐荷力の無補強-2と比較して10%を超える補強効果が表れている。PP-1補強に関してもPP-2補強、GFRP補強程ではないが座屈耐荷力3%程度の上昇が確認できた。

次に図-2に鋼管の軸方向に関する荷重とひずみの関係曲線、図-3に鋼管周方向の荷重とひずみ関係曲線をそれぞれ示す。ここでx軸はひずみ(μ)を、y軸は荷重(kN)を表す。なお、ここでは平均的な座屈耐荷力を示す無補強-2の供試体と補強有の供試体との比較を行ったものである。これらの図は軸方向、周方向共に剛性の向上を確認するものであり、それぞれ4枚のひずみゲージの値を平均したものである。

表-2よりPP、GFRPで補強することによって強度の上昇が確認できてはいるので、軸方向で鋼管の剛性の向上を期待した。しかし、図-2より顕著な剛性の向上は認められない。また、図-3においても同様に明らかな剛性の向上が見られない。このことより、補強材料がたわむ鋼管に抵抗力を加えることにより座屈耐荷力が上昇しているのではと考えられる。

### 4. まとめ

供試体数が全体で6本と絶対数がたいへん少ない実験で

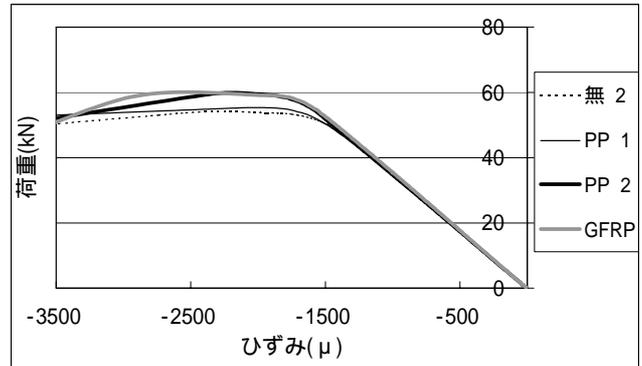


図-2 荷重 - ひずみ (軸方向)

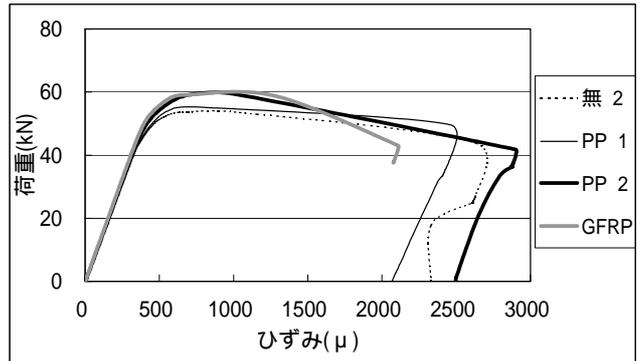


図-3 荷重 - ひずみ (周方向)

ある。ここでPP-1補強で3%、PP-2補強で11%、GFRP補強で10%の耐荷力上昇の補強効果を得たが、これらがばら付きの範囲であるか否かを実験を重ねることによって確認をする必要がある。ところで、フープ効果に関しては明確に確認することができなかったが、鋼管に何らかの補強材料を巻くことで座屈耐荷力が上昇することは掘めた。また、今回の実験では供試体が小さいことからたわみの計測を見送った。本来であるならば、荷重とたわみの関係を見ることも必要であるので、大型供試体での実験を計画したい。具体的には、大型送電鉄塔の構成部材の長柱鋼管を用い、座屈実験を行う予定である。最後に、実験を重ねることで、補強材料PPとGFRPの効果の比較や座屈耐荷力上昇のメカニズムの解明を検討していく予定である。

#### <参考文献>

- 1) 三上康郎、本郷栄次郎、中村秀治、藤井真人：送電用鉄塔に用いる鋼管の軸圧縮・曲げ座屈耐力に及ぼす溶融亜鉛めっきの影響について、構造工学論文集 Vol.50A, 2004.3
- 2) 連重俊他：紫外線硬化樹脂を用いた長柱構造応力低減と実大モデル疲労試験，土木学会論文集 No.735 / -59, pp185-195, 2003.6
- 3) 赤城博斎他：紫外線硬化型樹脂を用いた長柱鋼管補強方法の検討，土木学会第58回年次学術講演会，2004.9