

ポリプロピレン製の荷造りひも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、風荷重、地震荷重の影響で、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、三上ら¹⁾によれ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ことが指摘されている。一方、既往の研究²⁾において、長柱鋼管構造物への紫外線硬化型樹脂（以下 GFRP）補強により、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³⁾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。しかし、大型送電鉄塔などの構造物を補強する場合、この構造上の特徴である多くの突起物が鋼管表面上に存在するので、巻き付けの妨げとなる場合が生じる。さらに、高所の作業であること、各種の鋼管サイズが採用されていること、建設されてから年月が経過しており鋼管表面の劣化などがあり、より簡易に補強できる方法が求められている。このような背景から、GFRP に加え、低価格かつ何処でも入手可能であり、かつ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）を使用することを試みる。このポリプロピレンの最大の特徴は、接着剤を使わずに人間の力程度で絞めることで補強効果が期待できる点である。

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。これは試験機のパフォーマンスを考慮して全体座屈の現象が現れる細長比 70.4 とした鋼管である。供試体は第一段階として、無補強 4 本、補強有を 4 本製作した。補強有の詳細は、PP 補強を 3 本（PP-1、PP-2、PP-3）、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 専用の市販の止め具で止めるという巻き方を採用した。巻き方は一般的にゲート

表-1 供試体諸元

サイズ	材質	径厚比	長さ (mm)	細長比 (基準細長比)	数量	
					補強無	補強有
27.2*2.3	STK400	11.8	885	70.4 (1.06)	4	4

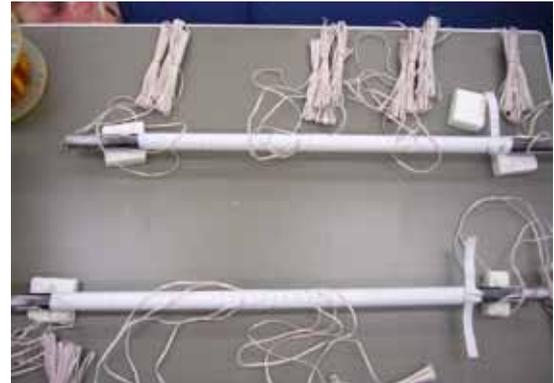


写真-1 PP 供試体



写真-2 PP 供試体留め具

ル巻きと言われる方法である。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 個貼付けた。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) の載荷である。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、3 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。これは既往の研究³⁾である GFRP と同程度である。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。図-2、3 の荷重がピークに達する部分で、無補強のグラフが先に寝始めるのに対し、補強された鋼管は補強材でたわみが拘束されピークが伸びているのがわかる。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と考えられる。

4. まとめ

供試体数が全体で 8 本と絶対数が少ない実験である。ここで、PP 補強で座屈耐荷力上昇平均 11%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今後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掴めた。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。今後は、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ている。具体的には、実寸大の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。そして実用化に向けての検討も行う。

<参考文献>

1) 三上康郎他：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

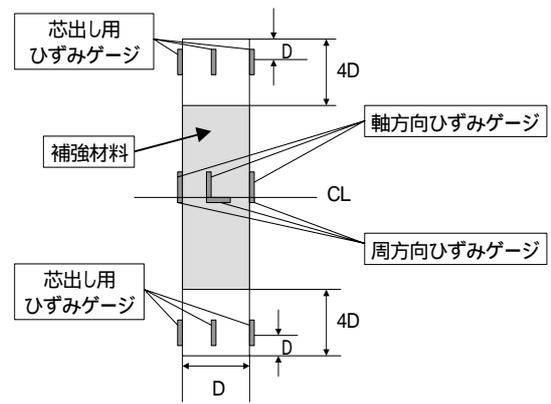


図-1 ひずみゲージ貼付け位置

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	-
	無補強-4	55.45	-
	PP-1	55.25	1.03
	PP-2	59.60	1.11
	PP-3	59.00	1.10
	GFRP	59.20	1.10

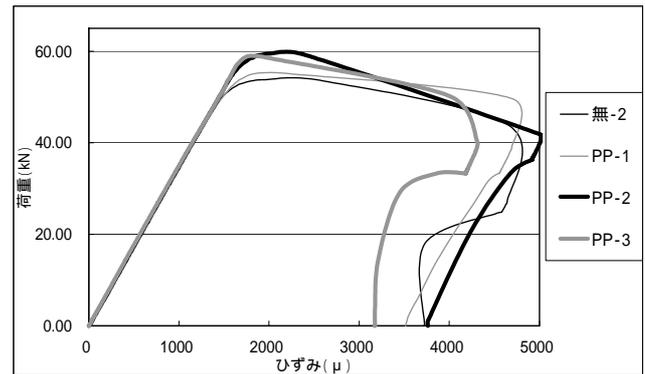


図-2 荷重 - ひずみ（軸方向）

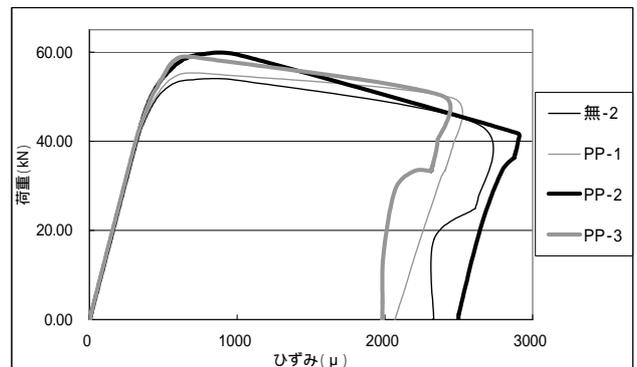


図-3 荷重 - ひずみ（周方向）

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) 赤城博高他：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