

ポリプロピレン製ひもを用いた長柱鋼管の座屈補強への一提案

○鹿島建設(株) 正会員 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

土木構造物は長い供用期間を持ち、設計時点以降のデータ蓄積、自然環境の変化などから設計時点を超える耐荷力性能が必要とされる場合が増えてきている。大型送電鉄塔の風荷重に対する補強等は、近年の台風の大型化などから必要不可欠とされている。そこで補強を施す場合、安価で簡便、補強に対する信頼性のある補強方法の実現が求められる。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、補強材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、低価格かつ何処でも入手可能であり、かつ軽量で扱い易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、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。本研究ではこれまで行ってきたミニモデルでの予備実験²⁾の延長とし既存大型送電鉄塔の構成部材を使用した実験結果を報告する。

2. 実験概要

(1) 実験供試体

既存大型送電鉄塔構成部材実験には、表-1 に示す鋼管を選択した。これは実際の大型送電鉄塔に使われている構成部材で全体座屈の現象が現れる細長比 70 の鋼管である。供試体は無補強 2 本、補強有を 6 本製作した。無補強 2 体を 1-1, 1-2 とし、補強有の詳細については、単純な巻き方で一般的にゲートル巻きと言われる補強方法の 2-1, 2-2。そのゲートル巻き補強の下に軸方向にも PP 補強材を敷き詰めた補強方法の 3-1, 3-2。ゲートル巻き補強を PP 専用の接着剤で固めた補強方法の 4-1, 4-2 である。各種供試体を写真-1 に、ゲートル巻き補強供試体を写真-2 に示す。

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	
					補強有	補強無
Φ139.8*3.5	STK400	40	2924	70(1.07)	6	2



写真-1 各種供試体



写真-2 ゲートル巻き補強供試体

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。変位計は軸方向中央の周方向へ設置した。

(2) 座屈実験

載荷方法は約 0.6(kN/s) である。試験機は愛知工業大学所有の大型長柱試験機（最大圧縮能力 2940(kN)、引張能力 980(kN)）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。無補強平均耐荷力 488.5(kN) に対しゲートル巻き+軸方向巻き補強の平均耐荷力は 532.0(kN) となり強度上

昇率で約 9%との結果を得た．単純巻きのゲートル巻きに関しても約 7%の強度上昇を得ている．さらにゲートル巻き+軸方向巻きの 3-2 に関しては強度上昇率で約 17%との補強効果を得た．しかし接着剤を使用した供試体は平均強度上昇率が約 0.3%となり期待した程の効果を得られていない．

次に図-2 に荷重 - 変位関係曲線を示す．この曲線は各供試体番号の 2 をそれぞれの代表として作成している．x 軸に変位 (mm) を y 軸に荷重 (kN) を表す．補強を施したものは初期段階から変位は少なく反対に無補強は初期段階から変位が発生している．座屈耐荷力の大小に関係なく補強を施した鋼管のたわみが無補強に比べていへん小さいことがわかる．このことから補強材料が鋼管の周方向へのたわみを抑えるフープ効果があることがわかる．

図-3 に荷重と平均ひずみの関係を示す．この図は鋼管の中央断面に貼付した 2 軸ゲージの軸方向について作成したものである．なお、横軸のひずみ値は 4 枚のひずみゲージの平均値である．図-3 から確認できるのは無補強供試体とゲートル巻き+接着剤の供試体が弾性限界値到達後一時フラットになりその後急激な耐荷力低下が起こるのに対し、ゲートル巻き+軸方向の供試体とゲートル巻き供試体は弾性限界値到達後緩やかな挙動で耐荷力が低下し、破壊後のリダンタンシーを確保している部分である．

図-4 は座屈する鋼管の圧縮側、引張側のひずみに着目し作成した図である．圧縮側、引張側ともに初期段階から補強効果の高い順序で弾性域に変化が表れた．これはポリプロピレンが鋼管を拘束しているためと考えられる．

以上のことより、補強材料がたわむ鋼管に抵抗力を加え座屈耐荷力が上昇していると考えられる．「座屈設計ガイドライン」³⁾によれば弾性挙動の限界は柱の初期たわみに依存する．この実験では周方向の補強によって初期たわみの感度を軽減しているといえる．

4. まとめ

本研究ではポリプロピレンというひもで長柱鋼管を補強することにより以下のような結果を得た．

- ・ 無補強と比べ座屈耐荷力が最大で 17%上昇した．
- ・ 変位やひずみを確認することから補強材料によるフープ効果が鋼管のたわみを拘束していることがわかり、それが起因して座屈耐荷力が上昇することが掘めた．

<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

表-2 実験結果

サイズ	供試体名	Pmax (kN)	平均 (kN)	平均強度上昇率
Φ 139.8 * 3.5	無補強 (1-1)	487	488.5	-
	無補強 (1-2)	490		
	ゲートル巻き (2-1)	503	521.5	1.068
	ゲートル巻き (2-2)	540		
	ゲートル巻き+軸方向巻き (3-1)	492	532.0	1.089
	ゲートル巻き+軸方向巻き (3-2)	572		
	ゲートル巻き+接着剤 (4-1)	477	490.0	1.003
	ゲートル巻き+接着剤 (4-2)	503		

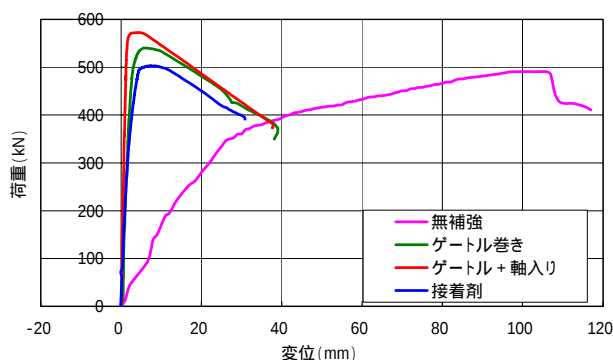


図-2 荷重 - 変位関係

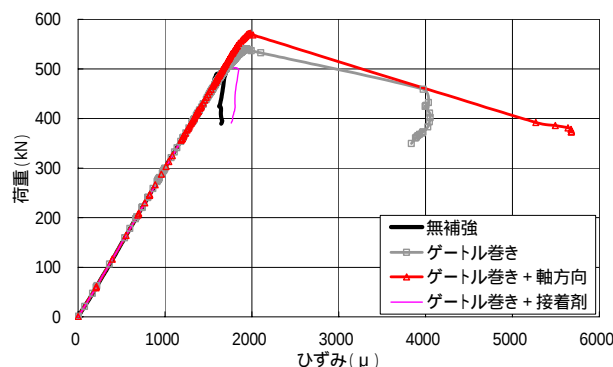


図-3 荷重-平均ひずみ関係 (軸方向)

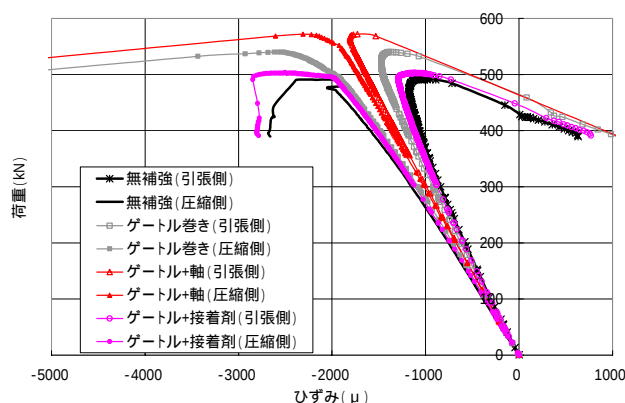


図-4 荷重 - ひずみ関係 (圧縮側、引張側比較)

- 2) 赤城博高他：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，土木学会
- 3) 土木学会：座屈設計ガイドライン