

紫外線硬化型樹脂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。そこで本研究では、紫外線硬化型樹脂（以後 FRP）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いく。一方、既往の研究¹⁾において長柱構造物への FRP 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。ところで、鋼管にメッキを施すだけで、全体座屈の強度が向上すると言われている²⁾。以上の様なことから本報では、長柱鋼管の座屈実験を行い、FRP 補強の可能性を検討する。さらに FRP の特性である乾燥収縮によるフープ効果の有無についても併せて確認する。

2. 実験概要

(1) 実験供試体

本試験には、表-1 に示す 2 種類の鋼管を選択した。細長比 100 の供試体は全体座屈を、同 40 の供試体は局部座屈の発生を念頭に置いて選択したものである。それぞれの供試体を 3 本ずつ製作し、無補強 1 本、FRP1 枚巻き 1 本、2 枚巻き 1 本とした。なお、両者とも大型送電鉄塔に実際に用いられている部材断面形状である。

ひずみゲージは、鋼管の中央に周方向と長軸方向を 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。

(2) 座屈試験

座屈試験は、愛知工業大学所有の大型長柱試験機（能力：圧縮 2940 kN、引張 980kN）を使用した。

(3) 実験結果

図-1, 2 に、荷重と変位曲線の関係を示す。これは、鋼管の中央に取り付けた水平変位計が、作用している荷重によ

表-1 試験体諸元

サイズ	細長比	長さ (mm)	数量		質量/1体 (kg)
			補強有	補強無	
89.1*3.2	100	3040	2	1	20.6
267.4*6.0	40	3700	2	1	143.2

表-2 試験結果

サイズ	補強	最大耐力 (kN)	強度上昇率
89.1*3.2 (全体座屈)	無	154.0	—
	1枚	155.3	
	2枚	198.4	
267.4*6.0 (局部座屈)	無	1933.0	—
	1枚	1809.0	
	2枚	1897.0	

ってどれだけ伸び縮みしているかを示した曲線である。図-1 は細長比 100 で全体座屈を想定したものである。FRP 2 枚巻きの曲線のみが荷重約 200(kN)まで耐え、ピーク時の変位も小さいのがわかる。これに対し無補強と FRP 1 枚巻きは、ほぼ同じで 150(kN)付近が最大耐荷力となっている。この実験では局部座屈と全体座屈が同時に発生する連成座屈が生じた。どの試験ケースにおいても荷重 2000(kN)程度までしか耐えられない結果を得た。これらの試験の最大耐荷力ならびに強度上昇率の具体的な数値に関しては、表-2 に示す。

次に図-3, 4 に荷重と周方向のひずみ関係曲線を示す。図-3 の全体座屈では、無補強、FRP 1 枚巻き、FRP 2 枚巻き共に剛性の変化は見られない。図-4 の局部座屈はわずかではあるが FRP 2 枚巻き、1 枚巻き、無補強の順に傾きが変化している。

3. 試験考察

図-1, 2 より明らかに補強効果が確認出来るのは、全体座屈の FRP 2 枚巻きのみである。無補強が荷重 154.0(kN)、2 枚巻きは荷重 198.4(kN)まで耐え、強度上昇率は約 30%となった。これは Euler 理論座屈強度から考えても 13%の強度上昇となっている。ただし、無補強と FRP 1 枚巻きではほぼ同じ荷重強度を示し、明確な補強効果が見られない。

局部座屈は、無補強に比べ FRP で補強をした方が若干荷重強度の低下を示す結果を得た。これは、従来の研究から

Key Words : 紫外線硬化型樹脂 (FRP), 長柱鋼管, 座屈

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

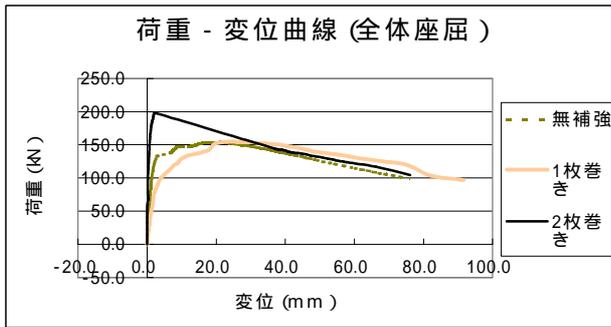


図-1 荷重 - 変位曲線（全体座屈）

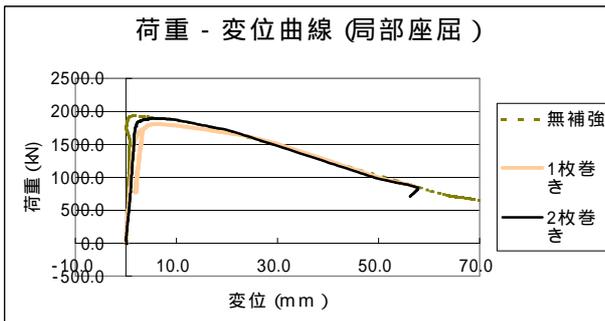


図-2 荷重 - 変位曲線（局部座屈）

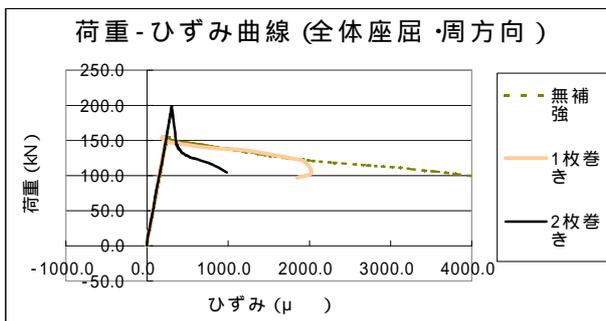


図-3 荷重 - ひずみ曲線（全体座屈・周方向）

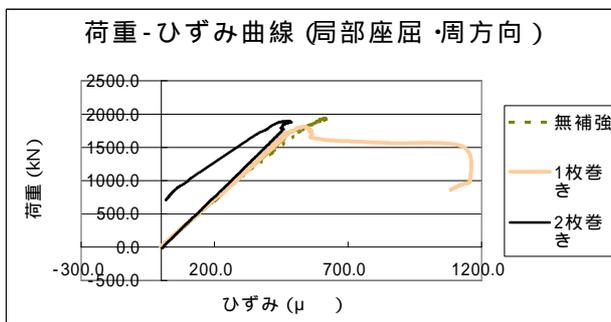


図-4 荷重 - ひずみ曲線（局部座屈・周方向）

も局部座屈の発生する場合は、実験上ばらつきが多いことが指摘されているので、これが起因していると推測される。ところで、今回の連成座屈のメカニズムは、まず微小なたわみが表れてその直後に局部座屈が発生した。限られた場



写真-1 座屈破壊

所で急激に大きな変形が生じる局部座屈に FRP が耐えられなくなり破れたと考えられる。その状況を写真-1 に示す。これらのことから、局部座屈が発生する部分に集中的に補強材料を付れたり、または剛性の高い補強材料を巻き付ければ強度は上がる可能性が考えられる。

図-3、4 よりひずみは全体座屈では補強無と補強有の剛性に大きな違いはなく、補強効果のあった FRP 2 枚巻もほぼ同じであった。フープ効果の確認の為に周方向のひずみを計測した。全体座屈の場合 FRP 硬化に伴う収縮は見られなかったが、外側にたわもうとする鋼管を FRP が拘束している効果が生じている。このことから、フープ効果がないとは判断できなかった。一方、局部座屈では補強の有無で剛性のわずかな違いは見られたが、これは誤差と考えられる。

3. まとめ

FRP による補強効果は局部座屈には見られなかったが、全体座屈には条件によってではあるが座屈耐荷力約 30% 上昇という結果が見られた。しかしこれは剛性が上がったのではなく、たわむ鋼管を FRP が拘束していると考えられる。

一方、長柱鋼管の局部座屈に関しては、FRP のみならずアラミド繊維の補強やポリプロピレンなど新たな補強材料を改良して複合させることも必要である。供試体の絶対数が少ない事もあり全体座屈、局部座屈ともに実験回数を増やす必要がある。なお、本研究は愛知工業大学との共同研究の一環で行われたことを付記する。

<参考文献>

- 1) 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
- 2) 三上、本郷、中村、藤井：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、構造工学シンポジウム、2004.4