

紫外線硬化型樹脂を用いた長柱鋼管補強方法の検討

○中央大学 学生員 赤城博斎 中央大学 正会員 平野廣和
中央大学 正会員 佐藤尚次 日本鉄塔 正会員 小瀬古信博

1. はじめに

本研究は、紫外線硬化型樹脂(以後 FRP とする)を用いて長柱構造物の補強対策を行う研究の一環として、座屈体力に関する検討を行ったものである。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。さらに座屈耐力が増加することが得られれば、補強対策として大きな効果が期待できることになる。そこで本報では、長柱鋼管の圧縮力による座屈実験を行い、その可能性を検討するものである。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関しても併せて確認も行う。

2. 試験概要

(1) 試験供試体

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る部材断面形状である。

ひずみゲージは、鋼管の中央に x 軸方向(周方向)と y 軸方向(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。

FRP の巻きつけ位置は、鋼管の上下端から外径分を空けた位置に巻き付ける。なお、今回は鋼管が大きいので乾燥時間を直射日光に 1 日間あてた。

(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 300 ton、引張 100 ton)を使用した。

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	
Φ 89.1*3.2 (全体座屈)	100	3040	2	1	20.6
Φ 267.4*6.0	40	3700	2	1	143.2

(3) 試験結果

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)付近が最大耐力となっている。図-2 は細長比 40 で局部座屈を想定したものであるが、今回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

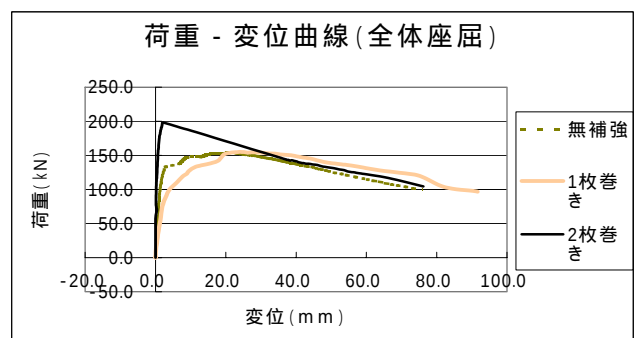


図-1 荷重 - 変位曲線 (全体座屈)

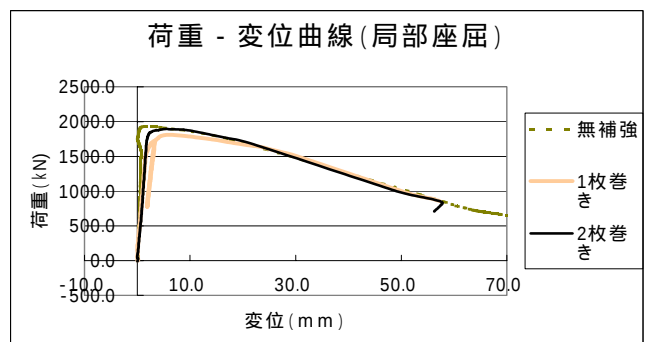


図-2 荷重 - 変位曲線 (局部座屈)

表-2 試験結果

サイズ	補強	最大耐力 (kN)	強度上昇率
Φ 89.1*3.2 (全体座屈)	無	154.0	
	1枚	155.3	1.01
	2枚	198.4	1.29
Φ 267.4*6.0 (局部座屈)	無	1933.0	
	1枚	1809.0	0.94
	2枚	1897.0	0.98

Key Words : 紫外線硬化型樹脂 (FRP), 乾燥収縮, フープ効果, 座屈試験

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



写真-1 座屈破壊

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 枚巻き共にヤング率の変化は見られない。図-4 の局部座屈はわずかながら FRP 2 枚巻き、1 枚巻き、無補強の順に傾きが変化している。しかしながら、前述の通り、局部座屈には明確な補強効果が得られていない。

(4)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 枚巻きのみであった。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% でとなった。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かった。

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、局部座屈の発生状況は、限られた場所で急激に変形が生じ、その大きな変形に FRP が耐えられなくなり破れたと考えられる。さらに全体座屈のモードも加わっているので、折れ曲がる部分の外側に FRP が引っ張られ内側から破れたことによる。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けたり、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ヤング率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

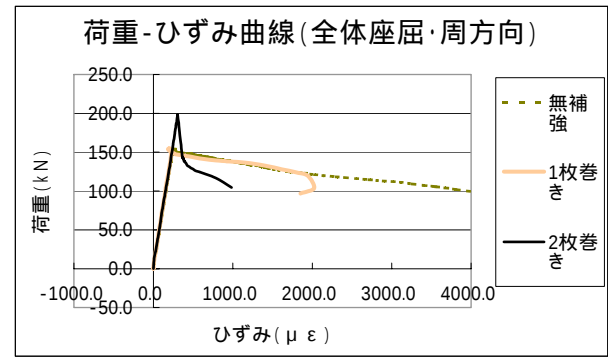


図-3 荷重 - ひずみ曲線 (全体座屈・周方向)

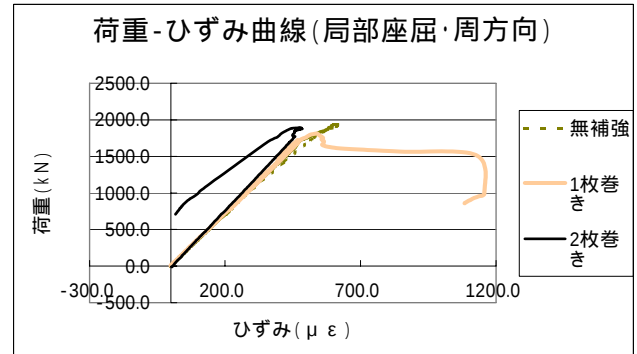


図-4 荷重 - ひずみ曲線 (局部座屈・周方向)

みを計測したが、全体座屈の場合フープ効果は確認できなかった。一方、局部座屈では補強の有無でヤング率のわずかな違いは見られたが、今回の実験では局部座屈に対して補強効果が充分でなかったため、このように微小な変化しか得られなかったと思われる。今後は補強材料の量、質を改善し、改めてひずみを計測すればフープ効果が確認できるのではないかと考える。

3.まとめ

試験供試体の絶対数が少ないという問題はあるが、本報では、全体座屈には FRP の補強効果が得られ、局部座屈には明確な補強効果が得られなかった。さらに全体座屈には FRP によるフープ効果はほとんど見られず、また局部座屈に関してもまだ検討が必要ということもわかった。供試体の数を増やすこと、計測の方法も含めさらなる検討が今後の研究において必要である。

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 FRP+アラミド繊維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。新たな材料を用いての実験を行う予定である。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：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