

紫外線硬化型樹脂による補強対策を用いた疲労実験

○中央大学 学生員 松井謙典 中央大学 学生員 三木孝則
中央大学 正会員 平野廣和 十川ゴム 正会員 井田剛史

1. はじめに

橋梁付属物の代表である標識柱等は、従来の設計基準によると静的な荷重のみを取り入れて設計がなされて来た。一方、阪神淡路大震災から橋梁の耐震化に伴いゴム支承の導入、鋼橋の製作コスト低減のために広く採用されている幅広二主桁橋等、橋本体が従来と比べて揺れ易くなっている。そのため、橋梁付属構造物がその揺れを受けて振動し、基部にクラック等が生じる現象が発生している。そこで、本報ではまず F 型標識柱基部（基部鋼管φ267.4）を構造解析により応力集中部を特定する。次に応力集中部に紫外線硬化型樹脂（以後、FRP とする）による長柱補強工法を用いた実物大疲労実験を行い、その効果を検討することを目的とする。その結果、FRP が亀裂発生後の進展速度を抑える効果があることが判ったのでこれを報告する。

2. 解析モデル

解析モデルとしては、表-1 に示す解析条件の基、著者らが実物大モデルでの疲労実験で用いている F 型標識柱（基部鋼管φ267.4）の長柱基部より 1.5m の高さまでを採用した。これを 3D シェル要素を用いて要素分割し、さらに基部には幅 100mm 高さ 200mm のリブを 8 箇所取り付け付けた状態もモデル化した。

静的解析としては、3DFEM 汎用構造解析ソフトを用い、長柱基部を固定した状態で頂部に水平方向に降伏応力の 30% を想定した 60 kN の力を作用させた。また、本条件は、実物大疲労試験を行った時と同一の条件に設定している。

3. 解析結果

解析により得られた無補強時の応力発生分布図を図-1 に示す。これにより最も発生応力の高いのは基部周辺のリブ上端であり、最大主応力は 218Mpa となった。ところで、実物大実験では約 220Mpa の主応力が得られているので、解析の精度は確認できたと考える。なお、参考のために疲労実験で亀裂が進展した状態を写真-1 に示す。

4. 実験概要

疲労実験は、標識柱の振動測定から得られたデータ¹⁾を元に実物大の F 型標識柱（基部鋼管φ267.4）の長柱基部より 1.5m の高さまでを用いて亀裂・破壊等の発生までの繰り返し回数を求める。250kN 動的アクチュエータを用いて 2.0HZ の一定振動を与え、荷重は次の表-2 に示す 2 種類を想定した。それぞれ無補強、基部を FRP により補強したものの計 4 種類の条件を対象に、実験のばらつきを考慮して各々 3 本ずつの供試体を用いて実験を行った。ま

表-1 F 型標識柱の構造解析条件と材料特性

項目	単位	
標識柱諸元	ポールの高さ	mm 1500
	鋼管の外径	mm 267.4
	板厚	mm 9.3
	基部のリブ高さ	mm 200
	基部のリブ幅	mm 100
	基部のリブ板厚	mm 1.0
Steel材料特性	単位質量	kg/mm ³ 8.02*10 ⁻¹⁰
	弾性率	GPa 210
	ポアソン比	0.3
FRP材料特性	引張強度	MPa 85
	引張弾性率	GPa 4.7
	引張伸び率	% 3

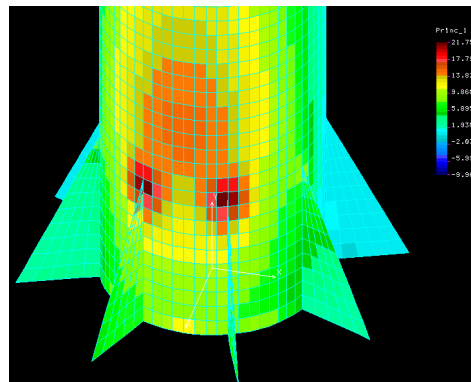


図-1 無補強時応力分布図

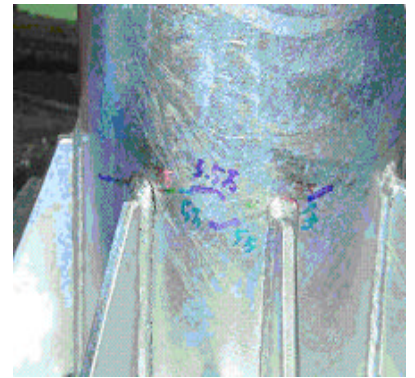


写真-1 き裂発生状況

表-2 加振条件と供試体数

加振	期待ひずみ	振幅	供試体 無補強)	供試体 補強)
±33kN	600 μ		3本	3本
±42kN	800 μ		3本	3本

Key Words：FRP 補強，疲労寿命，剛性

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

た、本実験では変位制御により繰り返し荷重を一定に保ち疲労実験を行った。

5. 実験結果

本疲労実験では応力集中部であるリブが8枚付いており1箇所のひずみの量や疲労亀裂の進展速度を無補強時と比べることによりFRPの効果を検討することは難しい。そこで、無補強、FRP補強時の荷重-変位のリサージュ図を描き、その傾きである剛性の低下速度の違いによりFRPの補強効果を検討する。図-2はひずみ600 μ を想定した時の変位-荷重の関係をグラフにしたものである。無補強と補強を繰り返し回数154,000回付近で比較すると剛性は前者が90%に低下しているのに対し、後者は99%の低下となっている。同様に図-3の800 μ を想定した場合、48,000回付近で無補強は89%へ低下し、補強は低下せずという結果が得られた。

次に剛性の低下に関して繰り返し回数

との関係を示した図を図-4、図-5に示す。図-4の600 μ の場合、無補強、補強ともに亀裂の入る回数にほとんど差がないものの補強時は亀裂が発生した後も剛性が急激に下がることなく、無補強時の約1.5倍以上の疲労寿命の延命効果が得られた。一方、図-5の800 μ の場合、無補強時と比較して補強時は、疲労亀裂の入る回数は約2倍以上、亀裂が発生した後剛性が低下し始める回数も約2倍以上となる結果を得た。これらの結果から推定できることは、亀裂が発生した後、FRPが亀裂の進展速度を抑えたことに起因していると考えられる。

6. まとめ

本研究により、長柱の応力集中部であるリブの周辺にFRPを巻くことにより、600 μ では1.5倍、800 μ では2倍程度の疲労寿命の延命効果が期待できることが判った。今後の検討課題は、このメカニズムについて詳細に調べるとともに、より延命効果の高い補強材料を見いだして検討していくことである。なお、本研究は愛知工業大学との共同研究の一環であり、実験には愛知工業大学耐震実験センターを利用した。

〔参考文献〕1) 佐藤武司他：標識柱等の橋梁付属物の振動特性，第29回関東支部技術研究発表会，2002.3

2) 連重俊他：鋼橋の低周波域騒音低減工法の開発と試験施工，橋梁と基礎No.2001-4，pp.2-9,2001.

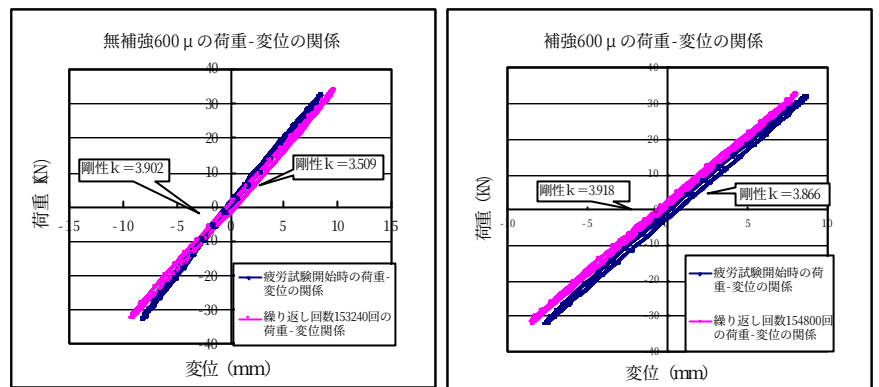


図-2 期待ひずみ600 μ における荷重-変位のリサージュ図

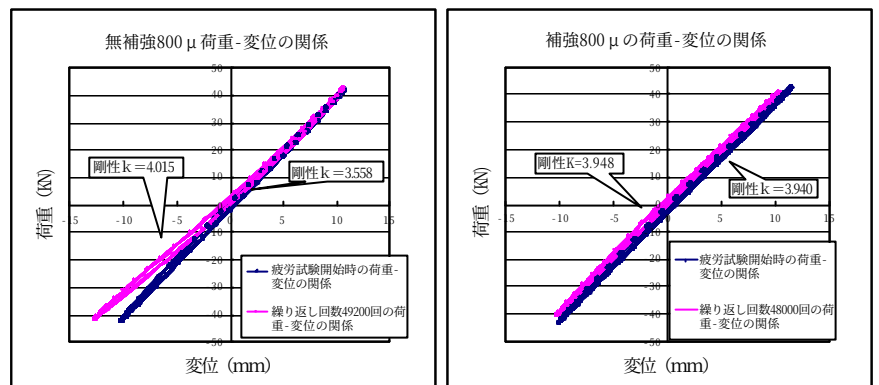


図-3 期待ひずみ800 μ における荷重-変位のリサージュ図

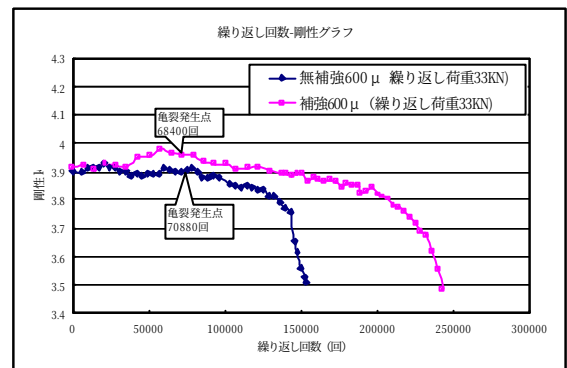


図-4 期待ひずみ600 μ 時の剛性-繰返し回数の関係

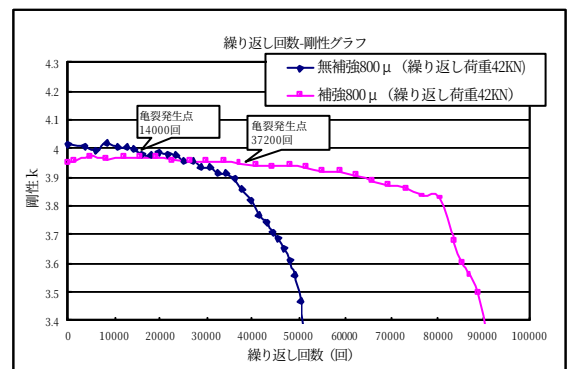


図-5 期待ひずみ800 μ 時の剛性-繰返し回数の関係