

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 正会員 佐藤尚次
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照明柱や標識柱は、従来の設計基準によると静的な荷重のみを取り入れて構造決定されていた。一方、阪神淡路大震災から橋梁の耐震性能向上に伴いゴム支承が導入され、また構造面からは製作コスト低減のために幅広二主桁橋が広く採用され、橋梁本体が従来と比べて揺れ易くなっている。そのため、橋梁付属構造物はその揺れを受けて振動し、大きな繰り返し荷重のために基部にき裂等が生じる現象が発生している。そこで、本報では F 型標識柱（基部鋼管φ267.4）の応力集中部である基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、その結果、FRP がき裂発生後の破断まで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. 実験概要

疲労実験は、標識柱の振動測定から得られた固有周波数と振幅データ¹⁾を元に表-1 に示す実物大の 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き裂・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 3 種類を想定する。無補強と基部を FRP により補強したものとの計 6 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う。また、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う。

3. 実験結果

実験により载荷点変位は疲労き裂の成長がある限界を超えると急激に上昇することがわかる。そこで、载荷点変位の上昇率が高くなったときを供試体の破壊と定義し、図-1 に示すひずみゲージ A の応力値を公称応力として用い疲労設計曲線にプロットしたものを図-2 に示す。この図から無補強時では疲労等級 E 等級付近であるのに対し、FRP 補強時では D 等級にまで上昇していることがわかる。各々をひずみ想定レベルで比較してみると、ひずみ 600μ 想定時では約 1.5 倍、ひずみ 800μ 想定時では約 1.7 倍の疲労寿命の延命効果を得ることができた。しかし、ひずみ 1000μ 想定時では繰り返し荷重 ±52kN という値が水平力载荷試験で得られた降伏荷重の 1/3 を超えており、この大きな変形に FRP が追従できず、無補

表-1 供試体の諸元と材料特性

項目	単位	
標識柱諸元	ボールの高さ	mm 1500
	鋼管の外径	mm 267.4
	板厚	mm 9.3
	基部のリップ高さ	mm 200
	基部のリップ幅	mm 100
	基部のリップ板厚	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

表-2 加振条件と供試体数

荷重レベル	想定ひずみレベル	無補強供試体	FRP補強供試体
±33 kN	±600 μ	3本	3本
±42 kN	±800 μ	3本	3本
±52 kN	±1000 μ	3本	3本

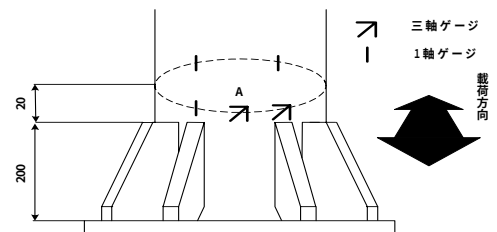


図-1 ひずみゲージ位置

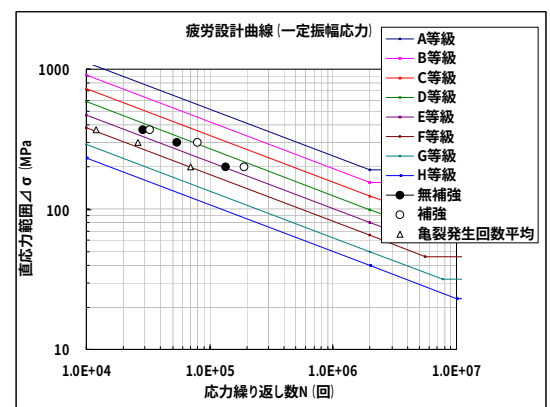


図-2 疲労設計曲線

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

強との顕著な違いがあらわれなかったと考える。

4. 実験結果の検証

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き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、実験により FRP の延命効果の認められたひずみ 600 μ 、ひずみ 800 μ について無補強、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 の補強効果を評価する。図-3、4 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 3.902 から 3.509 に変化して約 10%低下しているのに対し、後者は 3.918 から 3.866 と 1%の低下となっている。同様に図-5、6 の 800 μ を想定した場合、48,000 回付近で無補強は 4.015 から 3.558 となり 11%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-7、図-8 に示す。図-7 の 600 μ の場合、無補強、補強ともにき裂の入る回数にほとんど差がないものの補強時はき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 倍の疲労寿命の延命効果が得られた。

一方、図-8 の 800 μ の場合、無補強時と比較して補強時は、疲労き裂の入る回数は約 1.8 倍以上、き裂が発生した後剛性が低下し始める回数も約 1.7 倍以上となる結果を得た。これらの結果から疲労寿命の延命効果はき裂が発生した後、FRP がき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。

5. 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 1.7 倍程度の疲労寿命の延命効果が期待できることがわかった。つまり一般的に交通量に対して 10～15 年の耐用年数を持つ橋梁付属構造物を FRP により補強することで 15～25 年の耐用年数に向上することができると評価できる。今後の検討課題としては、FRP 補強のメカニズムについて詳細に調べるとともに、この補強により実際の大型車通行下での橋梁付属構造物の耐用年数をいかに延ばすことが可能かを検討していきたい。

【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.

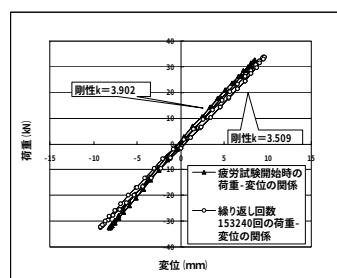


図-3 無補強 (±600 μ)

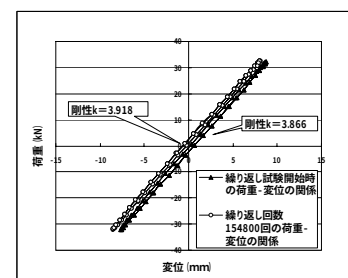


図-4 補強 (±600 μ)

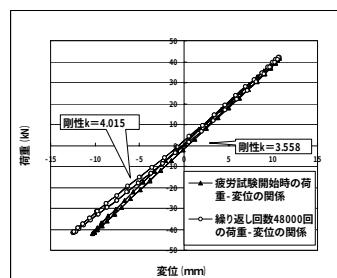


図-5 無補強 (±800 μ)

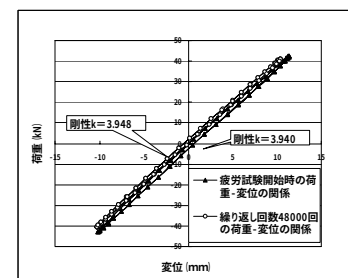


図-6 補強 (±800 μ)

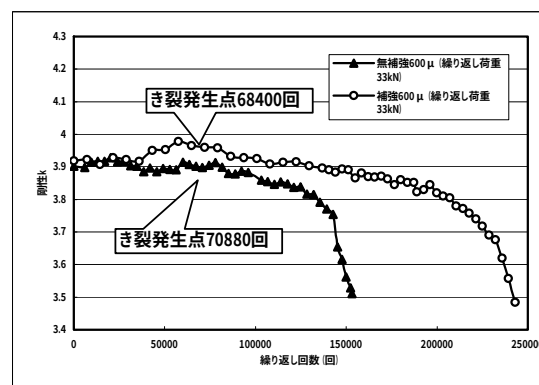


図-7 剛性 k - 繰り返し回数の関係 (±600 μ)

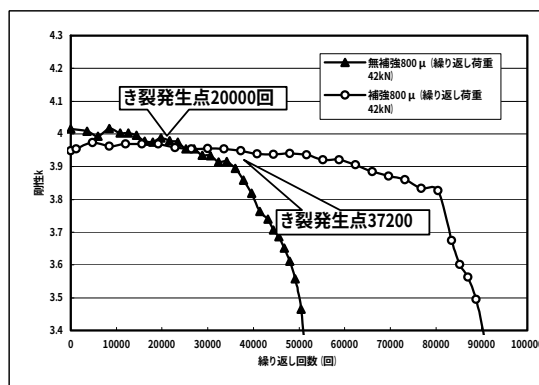


図-8 剛性 k - 繰り返し回数の関係 (±800 μ)