

AFRP シート巻き付け鋼管橋脚模型の動的耐荷性状に及ぼす補強量の影響

(独) 北海道開発土木研究所 正 員 ○池田 憲二

室蘭工業大学 正 員 岸 徳光

室蘭工業大学 正 員 小室 雅人

三井建設(株) フェロー 三上 浩

1. はじめに

本研究では、鋼管橋脚の合理的な AFRP シート補強工法を確立することを目的として、シート巻き付け高さ L_A (以後、シート高さ) および巻き付け層数 L_n (以後、シート層数) を変化させた AFRP シート補強鋼管橋脚模型を対象として、簡易振動台を使用した基部加振実験を実施した。ここでは鋼管橋脚模型の動的耐荷性状に及ぼす補強量の影響について比較検討を行っている。

2. 実験概要

図 1 には、本実験で使用した試験体の形状寸法を示している。また、表 1 には試験体名および AFRP シート補強量を一覧にして示している。試験体名の第一項目はシート層数、第二項目はシート高さ、第三項目は加振方法を示している。ここで -I、-S はそれぞれ繰り返し加振実験、単一加振実験である。

本実験で使用した鋼材の材料特性は、 $\sigma_y = 336 \text{ MPa}$, $\sigma_u = 550 \text{ MPa}$, $E_s = 206 \text{ GPa}$, $\nu_s = 0.3$ である。AFRP シートは、公称保証耐力が 100 kN/m の 2 方向シート

であり、表 2 にはシートの 1 方向の材料特性を示している。

図 2 には、簡易振動台を用いた実験装置の概要を示している。簡易振動台は 2 本のリニアウェイト上に設置しており、ボールジョイントを介してアクチュエーターに接続されている。また試験体上部には橋梁上部工の質量を模擬した全質量 1.2 ton の鉛塊 ($800 \times 800 \times 185 \text{ mm}$) を設置している。実験は 1) 加振振動数 $f_i = 3.0 \text{ Hz}$ と固定し、初期入力加速度 α_{in} および増分加速度 $\Delta\alpha$ を 125 gal と設定して試験体が倒壊または傾斜に至るまで繰り返す加振実験 (以後、繰り返し加振実験)、および 2) 繰り返し加振実験での最終入力加速度 α_{final} で単一加振する実験の 2 種類について実施した。なお、最低次固有振動数 f_0 は、AFRP シートの有無およびその補強量にかかわらず $f_0 \approx 4.2 \text{ Hz}$ となっている。

図 3 には、鉛塊重心位置における相対応答変位 (以後、応答変位) 波形の一例として、L0-A0-I および L3-A2-I 試験体の $\alpha_i = 375 \text{ gal}$ 加振時における結果について示している。図より、L0-A0-I 試験体は加振開始 5 秒程度までほぼ線形に振幅が増加し、振幅の中心が一方向に移動し倒壊に至っていることがわかる。一方、L3-A2-I 試験体の場合には、8 秒程度まで振幅が増加し、その後試験体の塑性化に伴う軟化現象により振動の中心が一方向に移動するものの、倒壊には至らず約 10 mm の残留変位が発生している。以上より、シート補強を施すことによって試験体の倒壊を遅

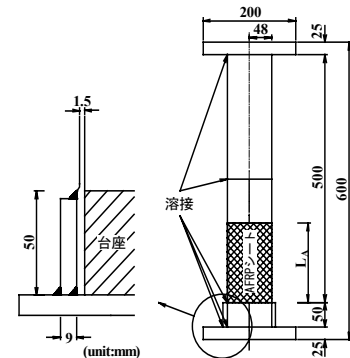


図 1 試験体の形状寸法

表 1 試験体名および加振条件一覧

試験体名	AFRP シート			入力加速度 α_i (gal)
	L_n	L_A (mm)	L_A/L_s	
L0-A0-I, -S	0	0	0/4	125, 250, 375
L1/L2/L3*-A1-I, -S	1/2/3	125	1/4	125, 250, 375, 500
L1/L2*/L3*-A2-I, -S	1/2/3	285	2/4	125, 250, 375, 500

* 試験体は $\alpha_i = 500 \text{ gal}$ まで加振

表 2 AFRP シート 1 方向の材料特性

引張強度 σ_A (GPa)	弾性係数 E_A (GPa)	厚さ t_A (mm)	破断歪 ε_A (μ)
2.48	126.5	0.04	19,600

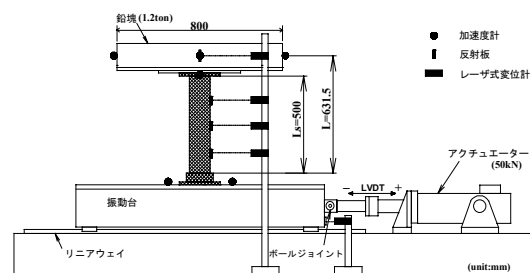


図 2 実験装置の概要図

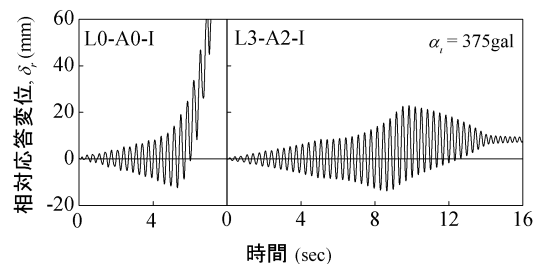


図 3 相対応答変位波形図

キーワード：AFRP シート、基部加振実験、鋼管橋脚、動的耐荷性状、局部座屈

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 TEL 011-841-1115 FAX 011-820-2714

延可能であることがわかる。

図4には、L1/L3-A2-I 試験体の鉛塊重心位置における絶対応答加速度—相対応答変位履歴曲線を示している。図より、 $\alpha_i=125$, 250gal 加振時には、両試験体ともにほぼ線形的な性状を示しており、弾性振動状態であることがわかる。 $\alpha_i=375$ gal 加振時の、L1-A2-I 試験体の場合には、振動中心が一方向に移動するものの完全には倒壊に至らず 40

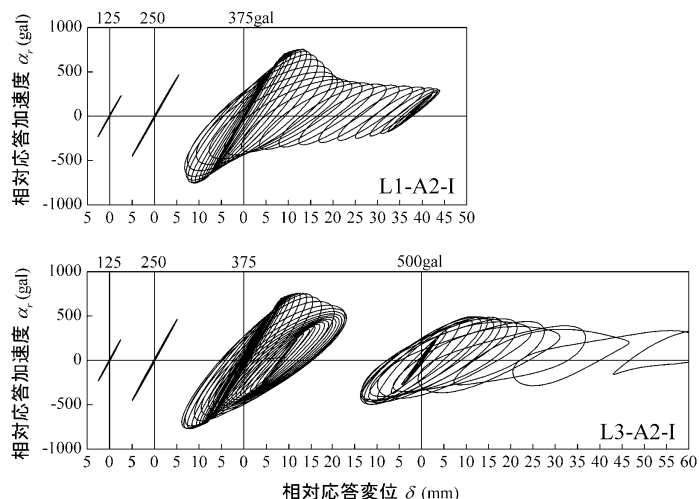
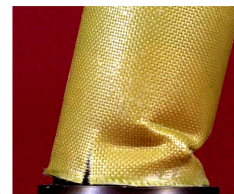


図4 絶対応答加速度—相対応答変位履歴曲線



L1-A2-I



L3-A2-I

図5 局部座屈発生状況

mm 程度の残留変位が発生している。L3-A2-I 試験体の場合には、塑性化を意味する履歴ループ面積が形成されているものの、残留変位は 10 mm 程度と小さい。この時点で基部近傍において内側に入り込む局部座屈の発生を確認している。なお、 $\alpha_i=500$ gal の場合には、最大応答加速度の増大は見られず倒壊に至っていることがわかる。これらのことより、シート層数を増加させることによって、1) シートの拘束効果によって基部近傍に発生した局部座屈の進展が抑制され、2) 試験体の倒壊を遅延させることが可能であるものと判断される。図5には、図4と同様に L1/L3-A2-I 試験体における繰り返し加振実験終了後の局部座屈発生状況を示している。図より、L1-A2-I 試験体の場合には、シートが破断し象の脚 (EFB) 型の局部座屈の発生を抑制できないことがわかる。一方、L3-A2-I 試験体の場合には、シートの拘束効果によって EFB 型の局部座屈を抑制し、内側に入り込むようなダイヤモンド (DP) 型の局部座屈が発生している。また、L2-A2-I 試験体でも同様に DP 型の局部座屈によって倒壊に至っていることを確認している。以上より、シート層数 L_n を 2 層以上とすることによって、座屈モードを EFB 型から DP 型に移行できるものと考えられる。

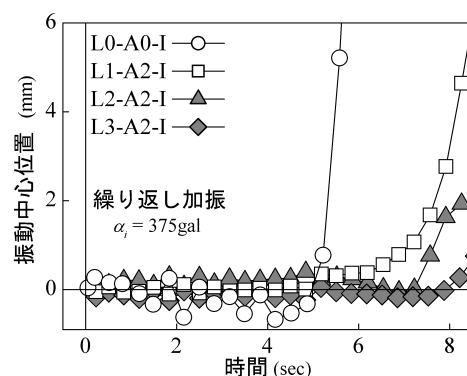


図6 振動中心位置の時間的推移

図6には、図3に示した $\alpha_i=375$ gal 加振時の応答変位波形に関する各サイクルの振動中心位置における時間的推移を L0-A0-I 試験体および L1/L2/L3-A2-I 試験体について示している。図より、無補強である L0-A0-I 試験体は加振開始約 5 秒後に振動中心が急激に移動している。L1-A2-I 試験体は約 6 秒後に移動を開始するものの、その増加率は無補強試験体よりも小さい。一方、DP 型の局部座屈が発生した L2/L3-A2-I 試験体では、加振開始約 7 秒後に振動中心が移動している。なお、その偏心傾向は L3-A2-I 試験体の場合が L2-A2-I 試験体に比較して小さいことがわかる。以上より、シート層数 $L_n=3$ 層、シート高さ $L_A=285$ mm の L3-A2 試験体が最も耐震性能に優れていることが明らかとなった。なお、本論文では紙面の都合上、シート高さ $L_A=285$ mm である A2 試験体についてのみ議論しているが、 $L_A=125$ mm の場合を含めても $L_A=285$ mm の場合が耐震性能に優れていることを確認している。

4. まとめ

本実験から得られた結果を要約すると、1) AFRP シート補強を施すことにより、基部近傍に発生する局部座屈の進展を抑制し、試験体の倒壊を遅延させることができる。2) また、シート層数 L_n を 2 層以上とすることにより、座屈モードを EFB 型から DP 型に移行できる。3) 本実験範囲内で得られた最適な AFRP シート補強量は、シート層数 $L_n=3$ 層、シート高さ $L_A=285$ mm である。このときのシート補強量は単位幅当たりの鋼管の一軸降伏耐力の 60 % 程度である。