

AFRP シートで補強した大型鋼管橋脚模型の耐荷性状に関する静載荷実験

室蘭工業大学 正会員 ○小室 雅人 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
三井住友建設(株) フェロー 三上 浩 (独)北海道開発土木研究所 正会員 三田村 浩

1. はじめに

著者らの研究グループは、円形鋼製橋脚の合理的な耐震補強工法の開発を念頭に、AFRP シート巻き付け接着工法を提案し、小型あるいは中型鋼管模型を用いた静載荷実験によりその有効性を確認してきた¹⁾。本研究では、本工法の実橋脚レベルへの適用性を検証することを目的として、直径 60 cm、鋼管高さ 4 m 程度の大型鋼管橋脚模型を対象に、2 方向 AFRP シートを巻き付け接着した試験体を製作し、静的単調および漸増繰り返し載荷実験を行った。

2. 実験概要

図 1 には、試験体の形状寸法および各パラメータを示している。試験体の鋼管部は、外径 600 mm、厚さ 12 mm の既製鋼管を用い、その基部および上部には剛体変形を可能な限り抑制するため、図 1 に示すように底板上面および試験体上部から約 400 mm 離れた位置に外ダイヤフラムおよび補剛リブを溶接している。また、補強シートは、保証耐力が 500 kN の 2 方向 AFRP シートを用い、巻き付け層数を試験体の基部から上方に向かって 50 cm ごとに 10, 8, 6, 3 層と段階的に減少させている。

表 1 には試験体名および実験条件を示している。試験体名は、補強工法および載荷方法が容易に明らかになるように、第 1 項目は補強工法（N：無補強、A：AFRP シート巻き付け）を、第 2 項目は載荷方法（m：単調載

荷実験、c：繰り返し載荷実験）を示している。

表 2 および表 3 には、本実験で使用した鋼材および AFRP シートの 1 方向の力学的特性を示している。なお、鋼材の力学的特性は、試験体から JIS 6 号試験片を製作し、板引張試験から得られた結果である。

実験は、(独)北海道開発土木研究所が角山実験場に所有する実規模二径間連続桁模型水平載荷装置の中央橋脚位置に試験体を設置し、上部工の自重による軸力載荷後、ストローク 1,200 mm の油圧ジャッキを用いて変位制御方式により水平荷重を載荷している。

3. 実験結果および考察

写真 1 には、各試験体における実験終了後の基部近傍の局部座屈発生状況を示している。(a) 図より、単調載荷実験における無補強試験体(LN-m)は基部から高さ 110 mm 程度の位置で外側に凸状となる EFB 型の局部座屈が発生している。一方、シート補強試験体(LA-m)に関しては、無補強試験体で見られる EFB 型の局部座屈は発生せず基部より高さ 180 mm 付近において、内側に入り込むような局部座屈（以下、DP 型）が発生し終局に至っている。また、(b) 図に示す繰り返し載荷実験の座屈状況に着目すると、LN-c 試験体は、基部から 110 mm 程度の位置で中心軸に対称な EFB 型の局部座屈が発生

表 1 試験体名および実験条件

試験体名	AFRP シート			降伏水平荷重 H_y (kN)	実験降伏水平変位 δ_{yE} (mm)
	層数 L_n	高さ L_A (mm)	補強割合 ρ^{*1}		
LN-m, -c	0	0	0.0	239.8	58.6
LA-m, -c	10	2,000	1.0		

$$^{*1} \rho = f_{ua} t_a L_n / f_y t_s$$

表 2 鋼材の力学的特性

降伏応力 f_y (MPa)	ポアソン比 ν_s	弾性係数 E_s (GPa)	引張強度 f_t (MPa)	降伏ひずみ ϵ_y (μ)
380	0.3	206	452	1,845

降伏応力は 0.2 % 耐力から算出

表 3 AFRP シートの 1 方向の力学的特性（公称値）

目付量 (g/m ²)	厚さ t_a (mm)	引張強度 f_{ua} (MPa)	弾性係数 E_a (GPa)	ポアソン比 ν_a	破断ひずみ ϵ_{ua} (%)
870	0.24	2,060	118	0.4	1.75

目付量は 2 方向の場合の値

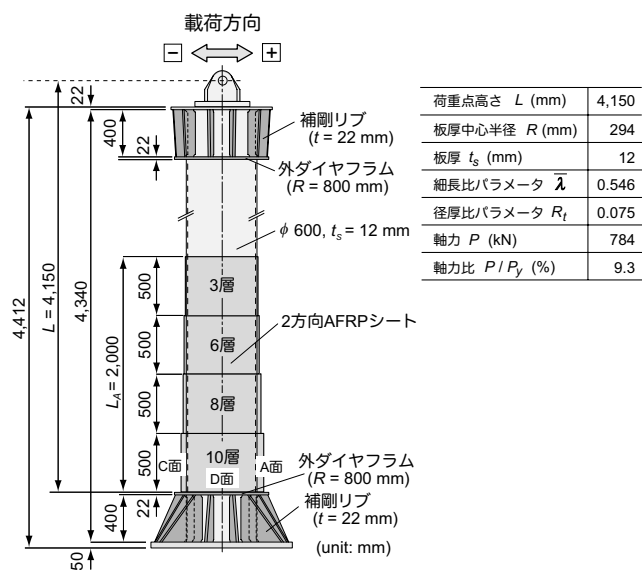


図 1 試験体の形状寸法および各パラメータ

キーワード：鋼製橋脚，実規模，AFRP シート，耐荷性状，静載荷実験

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5228 FAX 0143-46-5227

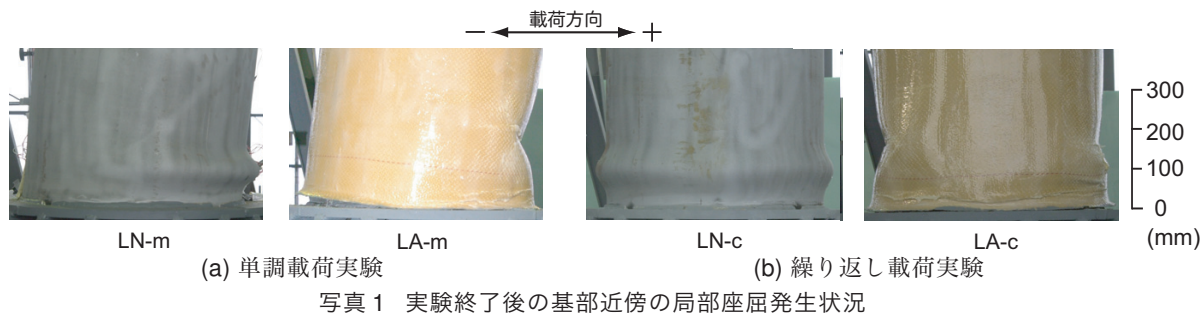


写真1 実験終了後の基部近傍の局部座屈発生状況

しているのに対して、シート補強を施したLA-c試験体では、180 mm程度の位置で内側に凹状となるDP型の局部座屈が発生し終局に至っている。これより、既往の研究結果¹⁾と同様、荷重方法にかかわらず試験体基部にAFRPシートを巻き付け接着することにより、シートの拘束効果によって局部座屈モードをEFB型からDP型へ移行させることが可能であることが分かる。

図2には、単調荷重実験および繰返し荷重実験から得られる水平荷重－水平変位曲線あるいはその包絡線を試験体ごとに比較して示している。

図より、単調および繰返し荷重実験にかかわらず、 $H/H_y \leq 1.0$ の領域では、いずれの試験体もほぼ同様な分布を示しており、シート巻き付け効果が初期剛性に与える影響は小さいことが分かる。また、 $H/H_y > 1.0$ において、無補強のLN-m試験体の場合には、その剛性勾配が徐々に低減しながら、 $\delta/\delta_{yE} \simeq 3$ で最大荷重値 $H_m/H_y = 1.42$ に到達し、その後基部近傍に発生したEFB型座屈の成長によって荷重が徐々に低下している。一方、シート補強したLA-m試験体の場合には、 $H/H_y > 1.0$ においてもほぼ線形的に荷重が増大し、無補強試験体(LN-m)の最大荷重値($H_m/H_y \simeq 1.4$)付近から徐々に剛性勾配が低減しながら、最大荷重値 $H_m/H_y = 1.76$ に到達している。また、最大荷重値到達後の挙動に着目すると、LA-m試験体の場合には、 $\delta/\delta_{yE} \simeq 6$ において鋼管が内側に入るような凹状の局部座屈が発生し、荷重が緩やかに低下している。

なお、単調荷重と繰返し荷重実験結果を比較すると、最大荷重値は両者でほぼ等しい値を示しているものの、最大荷重値到達後の剛性低下は、後者の方が前者よりも大きいことが分かる。これは、繰返し荷重の影響によって、局部座屈が単調荷重時と比較して早期に成長するためと考えられる。

表4には、各試験体の最大荷重値 H_m 、塑性率 μ_{95} 、座屈形態を一覧にして示している。なお、塑性率 μ_{95} は、水平荷重が最大荷重値 H_m に到達後、その95%まで低下した時点での変位 δ_{95} と実験降伏水平変位 δ_{yE} との比を取り、 $\mu_{95} = \delta_{95}/\delta_{yE}$ として評価している。

表より、単調および繰返し荷重にかかわらず、シ-

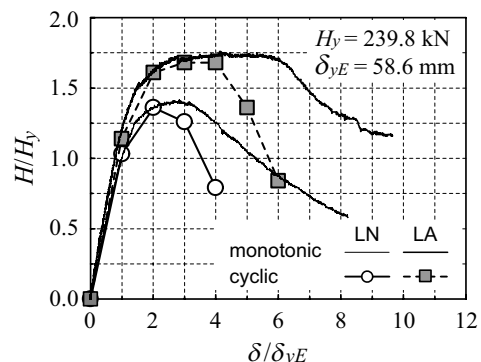


図2 無次元水平荷重－水平変位曲線の比較

表4 最大荷重と塑性率一覧

試験体名	H_m (kN)	H_m/H_y	δ_{95} (mm)	μ_{95}	座屈形式
(a) 単調荷重実験					
LN-m	339.3	1.42(1.00)	198.8	3.39(1.00)	EFB
LA-m	421.5	1.76(1.24)	361.2	6.16(1.82)	DP
(b) 繰返し荷重実験					
LN-c	334.2	1.39(1.00)	139.1	2.37(1.00)	EFB
LA-c	414.6	1.73(1.24)	241.2	4.12(1.74)	DP

()内の値は無補強試験体(LN-m/c)に対する割合

ト補強試験体(LA-n)の無次元最大荷重 H_m/H_y は、無補強試験体(LN-n)の1.2倍程度であることが分かる。一方、塑性率 μ_{95} は、シート補強試験体が無補強試験体と比較して、単調荷重時で無補強試験体の1.7倍、繰返し荷重時で1.8倍程度向上することが分かる。

4. まとめ

- 1) 既往の小型および中型鋼管橋脚模型に対する実験結果と同様に、荷重方法にかかわらずシート補強をすることによって、基部近傍に発生する局部座屈モードをEFB型からDP型へ移行することができる。
- 2) これにより、無補強試験体と比較して最大耐力の上昇を1.2倍程度に抑え、変形性能を1.7～1.8倍程度向上させることができる。
- 3) 以上より、本工法は円形鋼製橋脚の耐震補強工法の一つとして適用可能であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 小室雅人, 岸 徳光他: AFRPシートを巻き付け補強した鋼管橋脚模型の耐荷性状に関する静荷重実験, 構造工学論文集, Vol.50A, pp. 1387-1398, 2004.3.