

## AFRP シート巻き付け鋼管橋脚模型の耐震性能に及ぼす補強量の影響

横河工事（株） 正 員 ○渡部 将行 室蘭工業大学 正 員 岸 徳光  
 （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 小室 雅人

### 1. はじめに

本研究では、鋼管橋脚模型に AFRP シートを巻き付け接着する補強工法に着目し、AFRP シートの最適な補強量を実験的に把握することを目的として、シート補強量を変化させた鋼管橋脚模型の静的載荷実験を実施した。ここでは、耐力および靱性能に及ぼすシート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

本研究では、試験体寸法を一定とし、シート巻き付け層数  $L_n$ （以後、シート層数）を 3 種類、シート巻き付け高さ  $L_A$ （以後、シート高さ）を 2 種類に変化させた試験体を対象に実験を行った。図 1 には試験体の形状寸法を示している。試験体は板厚  $t_s = 1.5$  mm、鋼管高さ  $L_s = 500$  mm、板厚中心半径  $R = 48$  mm である。表 1 には試験体名、シート層数  $L_n$  およびシート高さ  $L_A$  を示している。試験体名は第一項目にシート層数、第二項目にシート高さ、第三項目には載荷方法を示している。ここで、-m、-c は、それぞれ単調載荷実験、繰り返し載荷実験を意味している。本実験で使用した鋼材の材料特性は、 $\sigma_y = 336$  MPa、 $\sigma_u = 550$  MPa、 $E_s =$

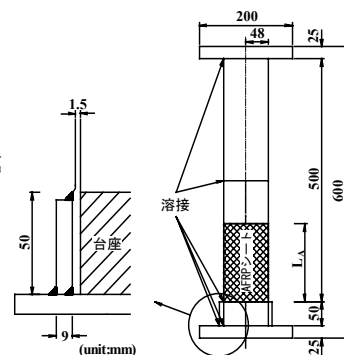


図 1 試験体の形状寸法

表 1 試験体名およびシート巻き付け高さ一覧

試験体名	鋼管高さ $L_s$ (mm)	AFRP シート		
		$L_n$	$L_A$ (mm)	$L_A/L_s$
L0-A0-m, -c	500	0	0	0/4
L1/L2/L3-A1-m, -c		1/2/3	125	1/4
L1/L2/L3-A2-m, -c		1/2/3	285	2/4

206 GPa、 $\nu_s = 0.3$  である。AFRP シートは全て 1 方向の公称保証耐力が 100 kN/m の 2 方向シートであり、表 2 にはシート 1 方向の材料特性を示している。図 2 には本実験で用いた静的載荷実験装置を示している。鉛直荷重は油圧サーボ式試験機によって 11.8 kN の軸力を載荷している。実験は水平変位制御方式により、1) 単調載荷実験および 2) 繰り返し載荷実験の 2 種類の載荷方法で行った。繰り返し載荷実験は、無補強試験体の単調載荷実験 (L0-A0-m) から得られた降伏水平荷重  $H_y = 5.25$  kN に相当する実験降伏水平変位  $\delta_{yE} = 4.898$  mm を基準にして、各サイクルで水平変位を整数倍に漸増させながら繰り返し作用させることにより行っている。

表 2 AFRP シート 1 方向の材料特性

引張強度 $\sigma_t$ (GPa)	弾性係数 $E_A$ (GPa)	厚さ $t_A$ (mm)	破断歪 $\epsilon_A$ ( $\mu$ )
2.48	126.5	0.04	19,600

### 3. 実験結果

図 3 には L1/L2-A2-c 試験体の繰り返し載荷実験終了時の基部近傍の局部座屈発生状況を示している。L1-A2-c 試験体の場合にはシートが破断し、象の脚 (EFB) 型局部座屈の発生によって終局に至っている。L2-A2-c 試験体の場合には、内側に入り込むダイヤモンド (DP) 型の局部座屈を示している。なお、シート高さ  $L_A = 125$  mm である L1/L2/L3-A1-c 試験体の場合には、それぞれ同一シート層数である試験体と同様な局部座屈が発生し、終局に至っていることを確認している。これらのことより、繰り返し載荷の場合には、シート高さにかかわらずシート層数を 2 層以上とすることにより、その拘束効果によって EFB 型の局部座屈を抑制し、DP 型に移行することができるものと推察される。

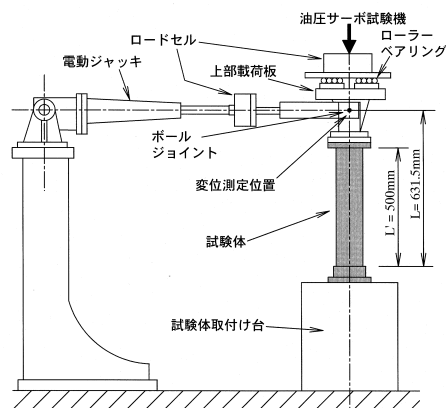


図 2 静的載荷実験装置

図 4 (a) および (b) には、それぞれ単調載荷実験を実施した L1/L2/L3-A2-m 試験体および繰り返し載荷実験

キーワード：AFRP シート、鋼管橋脚、静載荷実験、局部座屈、耐力、靱性能

連絡先：〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1 TEL 0143-46-5226 FAX 0143-46-5227

を実施した L1/L3-A2-c 試験体における水平荷重—水平変位曲線を示している。(a) 図より、無補強試験体の最大耐荷力は  $H_m/H_y=1.45$  であるのに対して、補強試験体はいずれも  $H_m/H_y \approx 1.6$  を示し、無補強試験体の約 1.1 倍となっている。また、最大耐荷力到達後の挙動に着目すると、無補強試験体の場合には、基部近傍に発生した EFB 型の局部座屈によって耐力が徐々に低下しているのに対し、シート補強試験体の場合にはシートの拘束効果により、EFB 型の局部座屈の発生を抑制し、最大耐力のレベルを維持していることがわかる。しかしながら、L1/L2-A2-m 試験体は、EFB 型の局部座屈の進展を抑制できるものの、シート破断により EFB 型の局部座屈が発生し耐力が急激に低下している。なお、L3-A2-m 試験体の場合にはシート破断せず、DP 型の局部座屈の進展とともに耐力が減少している。以上より、シート補強を施すことによって最大耐荷力を無補強試験体に比べて 1.1 倍程度増加し、シート層数  $L_n = 3$  層とすることによって靱性能を飛躍的に向上可能であることが明らかとなった。(b) 図の繰り返し載荷実験結果より、両試験体とも最大耐荷力は、 $H_m/H_y \approx 1.6$  となっている。また、L1-A2-c 試験体の場合には、2 サイクル目で最大耐荷力に達した後に耐力が減少しているのに対して、L3-A2-c 試験体の場合には、4 サイクル目まで最大耐荷力が持続し、その後低下している。これは、前述の図 3 に示した局部座屈モードの差異によるものと考えられる。このことより、シート層数  $L_n$  を増加させることによって座屈モードが EFB 型から DP 型に移行し、靱性能を向上可能であることがわかる。

図 5 には、繰り返し載荷試験体におけるシート補強量と最大耐荷力  $H_m/H_y$  および塑性率  $\mu$  の関係を示している。図中、左縦軸に最大耐荷力  $H_m/H_y$ 、右縦軸に塑性率  $\mu$  を、横軸には後述のシート補強量  $\rho$  を取っている。なお、塑性率  $\mu$  は最大耐荷力  $H_m$  から  $0.95 H_m$  まで低下した時点における水平変位  $\delta_5$  を実験降伏水平変位  $\delta_{yE}$  で除した値として算出している。また、シート補強量  $\rho$  は単位幅当たりの鋼管の降伏耐力 ( $\sigma_y \cdot t_s$ ) に対するシートの一軸引張耐力 ( $\sigma_A \cdot t_A$ ) の比として  $\rho = \sigma_A \cdot t_A / \sigma_y \cdot t_s$  で定義している。なお、シート層数  $L_n = 1, 2, 3$  層である試験体の補強量は、それぞれ  $\rho = 0.2, 0.4, 0.6$  程度となる。図より、最大耐荷力  $H_m/H_y$  に着目すると、無補強試験体の場合には、 $H_m/H_y \approx 1.5$  であるのに対して、シート補強試験体の場合には、いずれも  $H_m/H_y \approx 1.6$  を示しており、約 1.1 倍であることがわかる。一方、塑性率  $\mu$  は、補強量  $\rho$  の増加に伴い増大していることがわかる。以上より、本実験の範囲内では、載荷方法にかかわらずシート層数  $L_n = 3$  層、シート高さ  $L_A = 285$  mm の L3-A2 試験体が最も大きな靱性能を有していることが明らかとなった。

#### 4. まとめ

1) 繰り返し載荷の場合には、局部座屈形状はシート層数  $L_n$  に依存し、 $L_n = 2$  層以上とすることで EFB 型から DP 型の局部座屈に移行する。2) シート補強した各試験体の最大耐荷力は、シート層数  $L_n$  およびシート高さ  $L_A$  にかかわらず、無補強試験体の約 1.1 倍となる。また、塑性率はシート層数の増加に伴って向上する。3) 靱性能を十分に確保するための最適な補強量は、シート層数  $L_n = 3$  層で、シート高さ  $L_A = 285$  mm である。なお、この時のシートの一軸降伏耐力は、単位幅当たりの鋼管の降伏耐力の 60 % である。

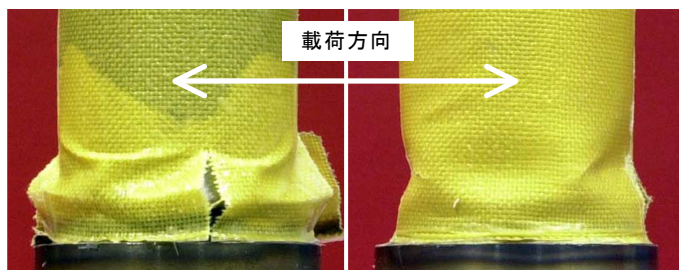
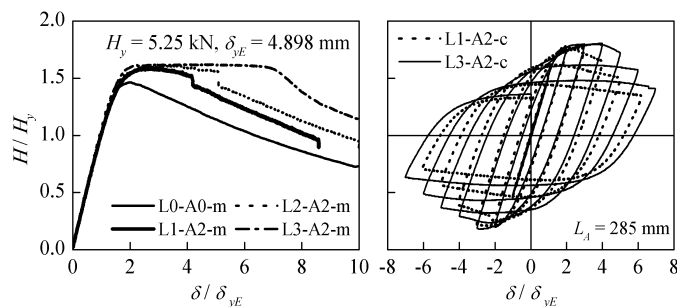


図 3 局部座屈発生状況（繰り返し載荷実験終了時）



(a) 単調載荷実験 (b) 繰り返し載荷実験

図 4 水平荷重—水平変位曲線

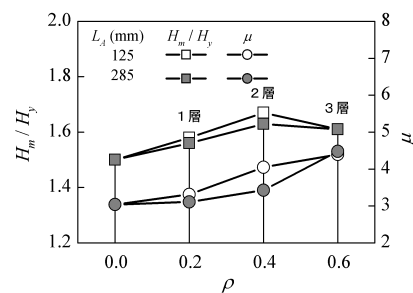


図 5 シート補強量と最大耐荷力および塑性率の関係（繰り返し載荷実験）