

# 炭素繊維シートを用いた鋼構造物の振動制御

環境社会基盤工学専攻 鋼構造研究室 岩田 龍也  
指導教員 宮下 剛 准教授

## 1. はじめに

橋梁では、大型車両が伸縮継手を通る際に、桁端部ウェブパネルが振動する低周波騒音の問題がある。従来、伸縮装置の改良やダンパーの設置といった対策が施されているが、施工が大掛かりとなり、死荷重の増加に繋がる<sup>1)</sup>。

そこで、本研究では、軽量かつ高弾性の炭素繊維シートに着目し、効率的な振動制御（剛性と減衰の付与）を可能とするシートの貼り方や形状等の検討を目的とする。炭素繊維シートの減衰特性を把握する研究<sup>2)3)</sup>はなされているものの、シートを接着させた鋼板の振動特性については、基礎的なデータが不足している。初めに炭素繊維シートを接着した鋼板の振動抑制効果と積層数の影響について確認する（実験①）。次に、シートの貼り方・形状の影響を確認する（実験②）。対象とする振動モードは、全体系の1次モードとする。

## 2. 実験概要

図-1 に各計測実験の状況を示す。一辺固定支持した試験体に対してレーザードップラ速度計を用いて計測を行い、固有振動数と減衰比を同定する。

表-1 に実験①の試験ケースを示す。鋼板としてSS400,50mm×370mm×4.5mm を用いた。繊維方向は縦向きでシートの積層数を2枚、4枚とした。

表-2 に実験②の試験ケースを示す。鋼板はSS400,300mm×600mm×4.5mm を用いた。試験体は、シートを全面に接着[A]と等間隔に配置[E]、格子状に配置[G]、L字アングル状に加工したシートを接着[L]を比較し、シートの貼り方・形状の影響を確認する。

各実験の試験ケースにおける固有振動数の理論値は、長方形の片持ち鋼板の公式と炭素繊維シートの鋼換算厚さを用いて算出する。



(a)実験① (b)実験②

図-1 計測実験の状況

表-1 振動計測実験①の試験ケース

試験体名 [a]-[b]	炭素繊維シート	
	有無[a]	積層数[b]
N-0	なし(N)	0
C-2	あり(C)	2
C-4		4

表-2 振動計測実験②の試験ケース

試験体名 [a]-[b]-[c]	炭素繊維シート		
	有無 [a]	貼り方・形状[b]	積層数 [c]
N-N-0	なし(N)	なし(N)	0
C-A-1	あり(C)	全面(A)	1
C-A-2			2
C-E-1		等間隔に配置(E)	1
C-G-2		格子状(G)	2
C-L-1		L字アングル(L)	1

※全面[A]は300mm×600mmの範囲、片面

## 3. 実験結果

表-3 に実験①の固有振動数と減衰比を示す。シート積層数の増加に伴い、固有振動数と減衰比が大きくなることから、シート接着による振動制御が確認できる。また、実験値は理論値と概ね一致した。

表-4 に実験②の固有振動数と減衰比を示す。

N-N-0, C-A-1, C-A-2 を比較すると、実験①と同様に、積層数の増加に伴い、固有振動数と減衰比が増加した。C-E-1 と C-G-1 では、接着面積の減少によって固有振動数が低下した。減衰比において C-E-1 は C-A-2 と同等であった。これは、シートを 3 本等間隔に貼り付けたため、効果を発揮したと考えられる。C-L-1 では、少ない貼付け面積で固有振動数が増加するものの、減衰の増加は限定的であった。

図-2 に鋼板単体(N-0)からの 1 次モードの固有振動数または減衰比の増加率を各シートの接着面積で除したグラフを示す。固有振動数では C-L-1 が、減衰比では C-E-1 が他の試験体に比べて高い。よって、L 字アングルを等間隔に貼り付けることで、より効果があると見込まれる。

#### 4. 結論と今後の課題

本研究から得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 鋼板にシートを接着し積層数を増加させることで、振動制御が可能である。
- 2) L 字アングル状にシートを加工した試験体において、少ない貼付け面積で固有振動数が増加するものの、減衰の増加は限定的であった。また、等間隔に貼り付けることで、より効果があると見込まれる。
- 3) 今後の課題として、L 字アングルの本数を増やした場合の計測実験、実構造物への適用に向けた FEA を用いた事前の解析的検討が挙げられる。

#### 謝辞

計測機器を貸与頂いた東京大学・長山智則准教授、国立舞鶴工業高等専門学校・玉田和也教授に深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 土木学会鋼構造委員会 鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会:振動・騒音に配慮した鋼橋の使用性能評価に関する検討委員会 報告書, 2011
- 2) 千葉浩治:層間を部分的に非接着にした CFRP 積層はりの減衰振動測定と FEM 解析, 日本機械学会論文集 C 編, 77 巻 780 号, pp. 117-125, 2011
- 3) 程飛, 倪慶清, 岩本正治:制振ゴムシートを有する CFRP サンドイッチ積層板の動的粘静特性, 日本材料学会, Vol 54, No. 5, pp. 487-493, 2005

表- 3 固有振動数と減衰比 (実験①)

試験体名	固有振動数(Hz)			減衰比(-)	
	実験値	実験値/理論値	標準偏差	実験値	標準偏差
N-0	38.7	0.92	0.01	0.00066	0.00002
C-2	58.8	1.03	0.62	0.00786	0.00037
C-4	66.0	0.92	0.00	0.01043	0.00055

表- 4 固有振動数と減衰比 (実験②)

試験体名	固有振動数(Hz)			減衰比(-)	
	実験値	実験値/理論値	標準偏差	実験値	標準偏差
N-N-0	8.8	0.84	0.628	0.00019	0.00002
C-A-1	13.2	0.96	0.047	0.00244	0.00067
C-A-2	15.4	0.91	0.141	0.01061	0.00004
C-E-1	11.9	0.92	0.732	0.01085	0.00025
C-G-1	13.5	1.00	0.216	0.00535	0.00019
C-L-1	43.0	1.07	0.000	0.00170	0.00011

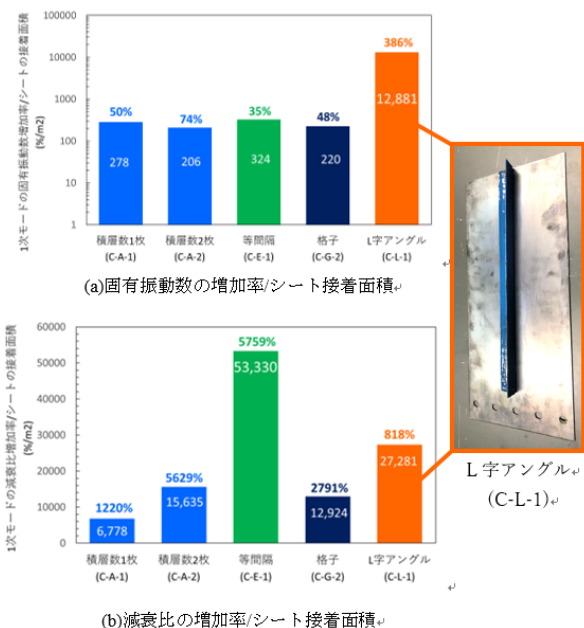


図- 2 シートの貼り方・形状の評価