

## 減衰自由振動実験によるハイブリッド FRP 桁の振動特性の検討

首都大学東京 正会員 中村一史・フェロー 前田研一  
 埼玉大学 フェロー 睦好宏史 東レ 正会員 鈴木研二

### 1. はじめに

先進複合材料の社会基盤施設への適用可能性が各方面で検討されている。著者らは、ペDESTリアンデッキへの活用を視野に入れて、ハイブリッド FRP 桁を開発し、その構造特性の検討を行っている<sup>1), 2)</sup>。歩道橋に FRP 部材の適用を検討する場合には、たわみ特性とともに振動特性についても十分に把握しておく必要がある。本研究は、開発したハイブリッド FRP 桁の減衰および振動特性について、減衰自由振動実験により把握することを目的としたものである。

### 2. ハイブリッド FRP 桁と実験条件

開発したハイブリッド FRP 桁の材料特性、および、その種類と実験シリーズを表-1、表-2にそれぞれ示す。ここでは、フランジの幅と材料物性値を変化させて製作された4つのシリーズを検討対象とした。なお、表-1に示した各部位の軸方向弾性係数  $E$ 、せん断弾性係数  $G$  については各種繊維の体積比率から算出された理論値である。

振動実験のセットアップの状況を図-2に示す。支間長  $L$  を 3,000mm とし、支承部については、摩擦などによる減衰の影響をできるだけ除去するため、両端ピンの支持条件とした上で、シアノアクリレート系接着剤で固定した。

ハイブリッド FRP 桁は、軽量・高剛性であるため、桁単体での固有振動数は高くなり、実構造物とは大きく異なる。そこで、桁の中央部に鋼板をクランプで取り付けることにより質量を付加して検討を行うこととした。付加質量ケースを図-3に、また、質量を付加した状況を写真-1に示す。フランジ幅の制約上、フランジ幅 95mm では5ケースで検討を行った。

本研究では、桁試験体に振動を与えるために加振器（加振能力：49N）を用いた。写真-2に示すように、加振器の駆動部と支間中央の下フランジ部とを、ワイヤー、ナイロン糸およびターンバックルで接続し、加振器で正弦波外力を与えた。桁の固有振動数で強制振動させて共振状態とし、定常状態となった際に、ナイロン糸を切断することで減衰自由振動させて、その加速度波形を計測した。計測にはひ

表-1 ハイブリッド FRP 桁の材料特性

部位	種類	体積比率			t (mm)	E (GPa)	G (GPa)
		CF0°	GF0°	GF45°			
フランジ	A	55	30	15	14	65.7	4.4
	B	35	50	15	14	48.8	4.4
	G	—	85	15	14	22.8	4.5
ウェブ	共通	—	50	50	9	15.7	6.7

表-2 ハイブリッド FRP 桁の種類と実験シリーズ

実験シリーズ	095AA	095GB	250AA	250BB
フランジ幅 (mm)	95	95	250	250
上フランジの種類	A	G	A	B
下フランジの種類	A	B	A	B
比重	1.80	1.86	1.78	1.85

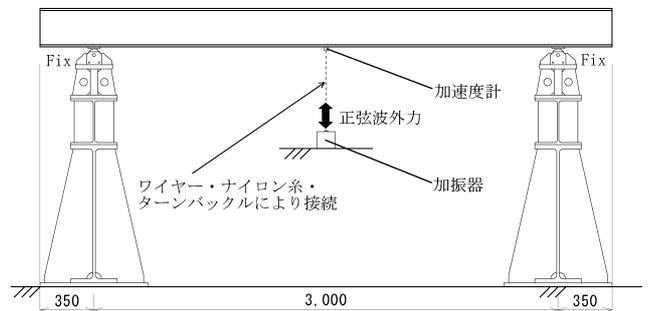
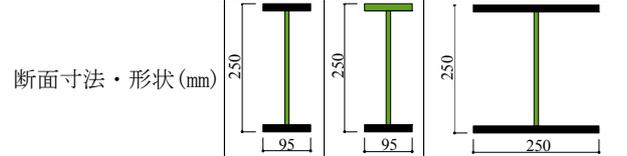


図-2 振動実験のセットアップ

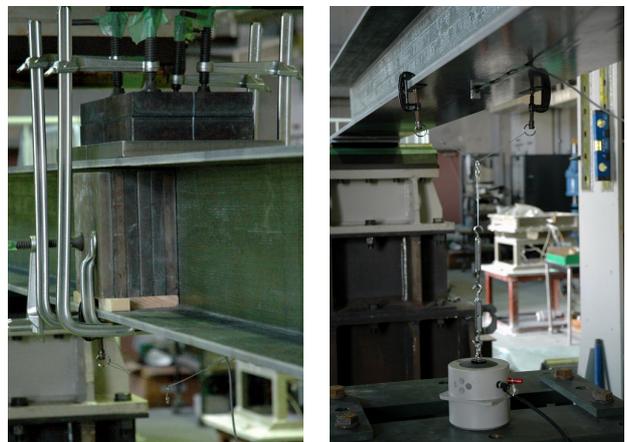


写真-1 質量付加の状況 写真-2 加振器の設置状況

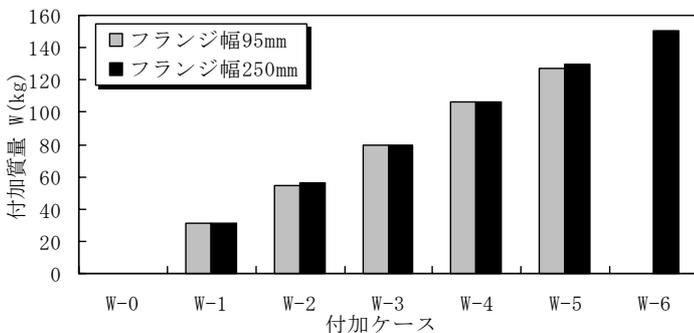


図-3 付加質量のケース

Key Words : ハイブリッド FRP, 固有振動数, 減衰定数, せん断変形, 振幅依存性

連絡先 : 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. 042-677-1111 FAX. 042-677-2772

ずみゲージ式加速度計を支間中央の下フランジ部に設置し、サンプリング間隔を 1/1,000 (sec) とした。

### 3. 実験結果と考察

まず、図-4 に、付加質量比と固有振動数との関係を全シリーズについて比較して示す。ここで、付加質量比を桁の死荷重  $m_D$  に対する付加質量  $m_W$  の比と定義した。また、桁の固有振動数はフーリエスペクトルから得られる卓越振動数から算出した。図中には、分布質量系のはりに集中質量が作用した場合におけるはりの曲げ振動の方程式<sup>3)</sup>から算定される理論値を併記している。付加質量比が増加すると明らかに振動数は低くなるが、実験値は理論値を下回る傾向にあることが解る。この理論値にはせん断変形に伴う曲げ剛性の低下が考慮されていないことから、固有振動数に及ぼすせん断変形の影響も無視できないといえる。

図-5 は、付加質量を変化させた時の固有振動数と減衰定数の関係を示したものである。減衰定数は、振幅依存性がほとんどない範囲における振幅波形の包絡線から算出したものである。図より、固有振動数が低くなると減衰定数は大きくなる傾向にあるものの、その変化量は比較的小さいことから、今回検討した範囲では周波数依存性はほとんどないと考えられる。また、同じフランジ幅であれば CF の割合が少ないほど減衰定数が大きくなる傾向にあり、特に、GF の割合が多い 095GB で減衰定数が最も大きくなることが解る。また、095AA と 250AA との比較からフランジ幅が広がると減衰定数が大きくなることも解る。

最後に、図-6 に、付加質量ケースの W-5 における変位振幅と減衰定数の関係を示す。ここでの変位波形は、計測された加速度波形をバンドパスフィルタで処理した後、2 回積分を行うことで変位に変換して算出した。図より、全てのシリーズで振幅依存性のあることが確かめられた。前述したように、振幅依存性についても CF の割合が低いほど、また、フランジ幅が広いほど大きくなることが解る。一般に、CF は他の繊維と比較して減衰特性は低いといわれており、その定性的な傾向がハイブリッド FRP 桁においても確認された。

### 4. まとめ

以上のことから、開発したハイブリッド FRP 桁を対象に、はりの減衰自由振動実験を実施して、フランジの幅や材料物性値が桁の固有振動数および減衰特性に及ぼす影響を明らかにした。

本研究は、国土交通省建設技術研究開発助成制度（研究課題名：革新的材料を用いた社会基盤施設の再構築）の一環として行われたことを付記する。

### 参考文献

- 1) 山本育美, 浅本晋吾, 睦好宏史, 鈴木研二: ハイブリッド FRP を用いた構造部材の開発, 土木学会, 第 62 回年次学術講演会講演概要集, CS15, 2007.9. (投稿中)
- 2) 中村一史・前田研一・睦好宏史・鈴木研二: ハイブリッド FRP 桁のせん断変形特性とせん断破壊強度, 土木学会, 第 62 回年次学術講演会講演概要集, CS15, 2007.9. (投稿中)
- 3) 小坪清真: 入門建設振動学, pp.158-159, 森北出版, 2003.

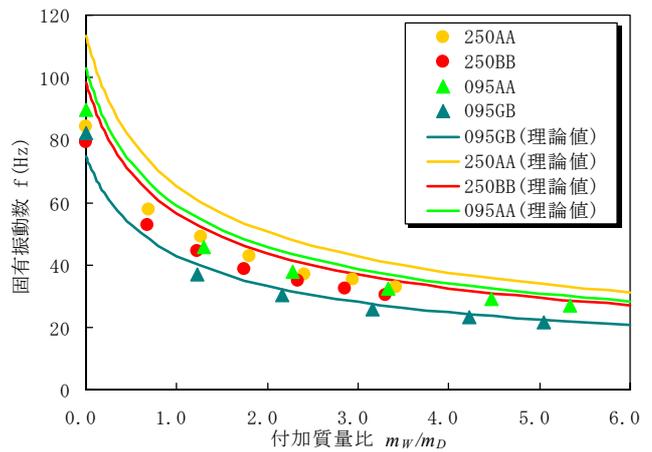


図-4 付加質量比と固有振動数の関係

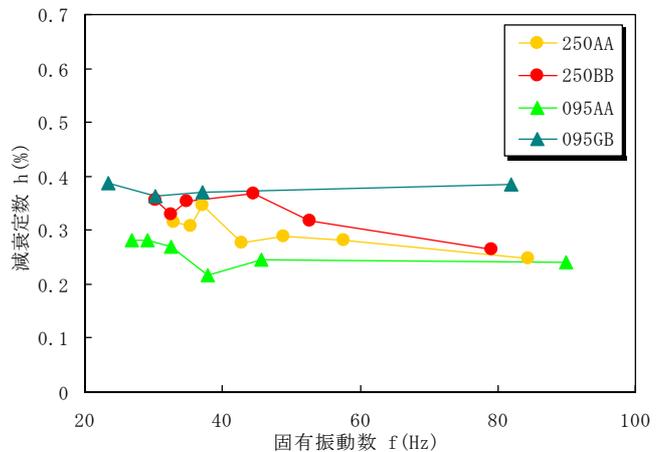


図-5 固有振動数と減衰定数の関係

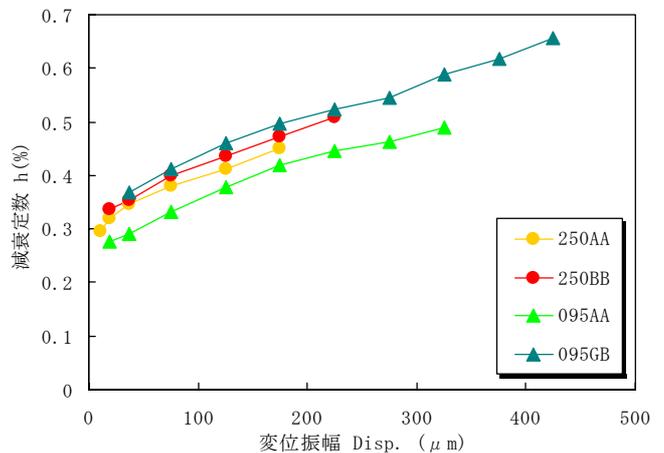


図-6 W-5 における変位振幅と減衰定数の関係