

GFRP 板の減衰性能測定

東海大学大学院 学生会員 中山 晶裕, フェロー会員 中村 俊一
東海大学 太田 陽平

1. はじめに

繊維強化プラスチック (FRP) は、軽量で施工しやすく、耐食性に優れているという材料特性を有する。近年、土木構造物にはメンテナンスフリーやライフサイクルコストを含めた維持管理費の低減が要求されている。したがって、FRP は土木一次構造材料および橋梁への適用が国内外を問わず注目されており、今後の需要拡大が予測されている。しかし、現在日本国内において、FRP を用いた合成床版は 7 橋施工されているが、FRP 橋梁は沖縄県の伊計平良川線ロードパーク橋 (歩道橋)¹⁾のみである。これに対し FRP 橋梁の先進国である米国においては、約 50 橋以上の FRP 床版および 200 橋以上の FRP 歩道橋が架橋されている。一般的に、FRP 材料はエネルギー吸収性が高く、鋼材と比較して減衰定数が高いといわれている。そこで、本研究では、GFRP 引き抜き成形材の減衰定数を確認するため、単一部材を用い、自由振動実験を行った。また、同サイズの鋼板 (SS400) に関しても同様の自由振動実験を実施し、両者を比較した。

2. 自由振動実験

本実験は、GFRP 板の減衰定数の確認を目的としている。

自由振動実験概要を図-1 に示す。梁中央部に無線 LAN 加速度計、載荷重を設置し、初期変位を与え、梁と載荷重を切り離し、梁を加振した。そして、計測した加速度データを

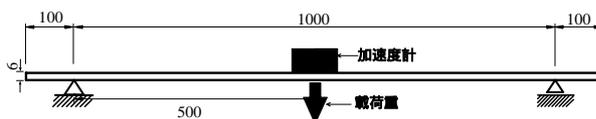


図-1 実験概要図 (mm)

無線 LAN によりパソコンに取り込む。加速度計は、無線 LAN 振動計 DATAMARK SU100 を使用した ($\pm 1.5G$ 加速度計 3 チャンネル内蔵)。ダイヤルゲージ (0.01mm-20mm) を使用し初期変位を確認した。実験ケースは、初期変位 5mm, 10mm, 15mm, 20mm の 4 ケースとした。ただし、鋼板の 15mm, 20mm については、加速度計の性能により実施できなかった。また、加速度計上部に付加質量を載せ、梁の固有周期に変化を与えた。固有周期の変化により、減衰にどのように影響するか検討した。付加質量は 0.5kg, 1kg の 2 ケース行った。なお、全てのケースにおいて、同一条件で 5 回ずつ計測した。

3. 試験片概要

試験片は GFRP 引き抜き成形材および鋼板 (SS400) とも同一サイズを使用し、長さ 1200mm, 幅 155mm, 厚さ 6mm とした。本実験で使用した GFRP 板の積層構成は、コンティニューアスストランドマット (CSM)+ローピング (UD)+コンティニューアスストランドマット (CSM) の 3 層構成の引き抜き成形材である。ガラス繊維含有率は約 60%、マトリックスとなる樹脂は、不飽和ポリエステル樹脂 (UP 樹脂) である。繊維配向比率は、ローピング (UD) : CSM=1 : 0.38 である。鋼板は一般構造用圧延鋼材 SS400 である。表-1 は本実験で使用した GFRP 引き抜き成形材と鋼板の材料特性を比較したものである。GFRP は鋼板と比較して、比重が約 1/5 程度であり、非常に軽い材料であるという事がわかる。また、本実験で使用した GFRP 引き抜き成形材は、設計値ではあるが、鋼板とほぼ同程度の引張強度がある。比重が鋼板に比べ軽量であるため、鋼板と比較して比強度が約 4 倍と非常に高い比強度である。このことから GFRP 引き抜き成形材は、軽量で高強度の材料であるということがわかる。ただし、比弾性率に関しては鋼板に比べ低い値となっている。

表-1 実験使用材料特性比較表

	GFRP(設計値)	SS400
比重 (g/cm ³)	1.817	7.8
引張強度 (MPa)	414	400~510
ヤング係数 E(GPa)	10	206
比強度 (/)	227.8	51.3~65.4
比弾性率 (E/)	5.5	26.4

キーワード：GFRP、減衰定数、自由振動実験

連絡先：〒259-1292 平塚市北金目 1117 東海大学 TEL 0463-58-1211 E-mail snakamu@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

4. まとめ

図-2および図-3は計測されたGFRP板および鋼板の自由振動波形の一例である。これらの波形より、減衰定数 h を算出し、両者を比較したものが図-4である。本図より、GFRP板の減衰定数が初期変位の増加に伴い下がっていることがわかる。鋼板については実験ケース数が少なく、このような初期変位の影響は確認できなかった。GFRP板の初期変位15mm, 20mmの2ケースに限ると、GFRP板の減衰定数は約0.03-0.04であり、鋼板の減衰定数は約0.006-0.009であり、GFRP板の減衰定数が鋼板の減衰定数よりも約4倍-5倍程度高いことが確認できた。図-5は付加質量の影響を検討したものである。これによれば、付加質量が大きいほど、減衰定数が低くなることが理解できる。図-6は、固有周期を示したものである。初期変位にかかわらず、ほぼ一定の値を示している。以上のように、各ケースの減衰定数や固有周期にばらつきが少なく、信頼性の高いデータであるといえる。また、図-6によれば、同一サイズのGFRP引き抜き成形材の固有周期が鋼板(SS400)に比べ、かなり高い。図-7はスペクトル解析による固有振動数 f である。

以上より、GFRP引き抜き成形単一部材の減衰定数は鋼板(SS400)に比べ、数倍高いことを自由振動実験から見出した。しかし、GFRP引き抜き成形材は、積層構成や繊維配向比率、マトリックスとなる樹脂などによって材料の特性が変わるので、今後は構成材料や板厚などの条件を変化させ、多くのパターンでデータを取り、今後は、FRP橋梁の減衰特性の把握につなげていく必要があると思われる。

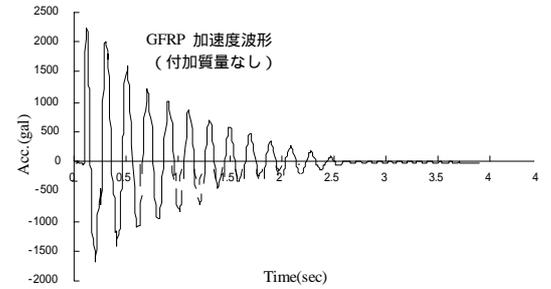


図-2 GFRP 加速度波形例(付加質量なし)

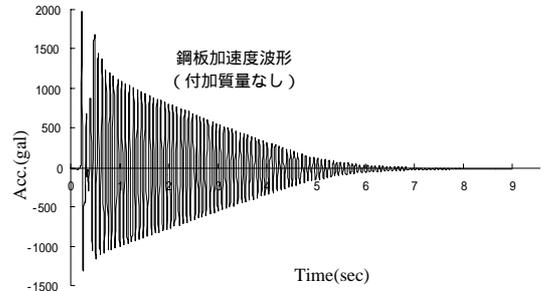


図-3 鋼板加速度波形例(付加質量なし)

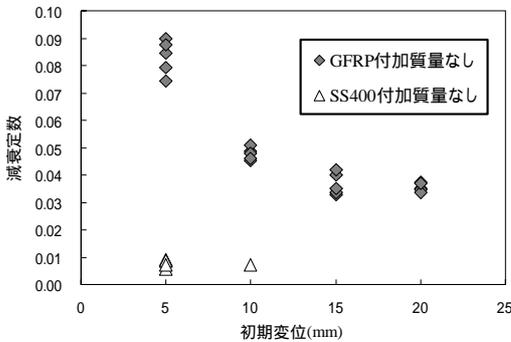


図-4 GFRP と鋼板の減衰定数

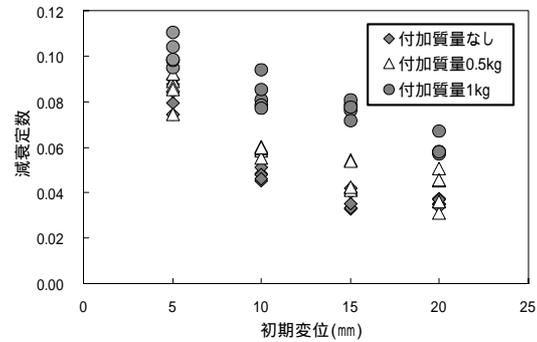


図-5 GFRP の減衰定数

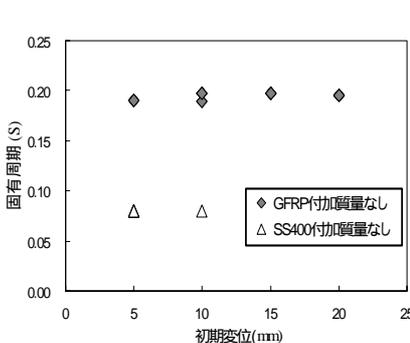
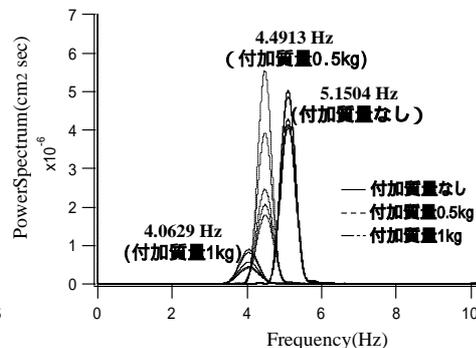
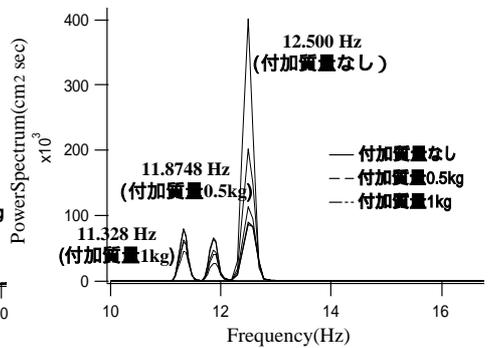


図-6 固有周期



a) GFRP 引き抜き成形材



b) 鋼板(SS400)

図-7 スペクトル解析結果例