

FRP サンドイッチ床版および目地材の疲労耐久性に関する実験的検討

(株) 横河ブリッジホールディングス 正会員 ○加藤 遼二郎 正会員 石井 博典
 (株) 横河ブリッジ 正会員 山浦 明洋
 ヤマハ発動機 (株) 芦田 祐介

1. はじめに

FRP サンドイッチ床版 (以下 FRPSWD) は、写真-1 のようにバルサ材の上下にガラス繊維強化プラスチック (以下 GFRP) を配置し、ポリエステル樹脂を真空含浸させることで製作される床版であり、バルサ材がせん断力、GFRP が曲げモーメントに抵抗する構造となっている。静岡県磐田市今之裏公園内歩道橋の床版部材として FRPSWD が採用されることが決まったが¹⁾、歩行者による繰り返し荷重に対する FRPSWD の疲労耐久性については、海外での実績が参考となるものの、試験によって確認することが望ましいと考えられた。また、FRPSWD パネル間の隙間からの止水を目的として目地材を施工するが、パネル間のたわみ差による変形が目地材に繰り返し作用するため、目地材の疲労耐久性についても検討する必要がある。

本論文では疲労試験によって、FRPSWD および目地材の疲労耐久性に関して検討した。結果を報告する。

2. 試験の概要

2.1. FRPSWD 試験体

本試験で使用した FRPSWD 試験体を写真-2 に示す。断面構成は写真-1 のとおりである。パネル表面には、実施工に合わせて下面を除き、紫外線劣化防止のために用いられるゲルコート層を設けている。FRPSWD の寸法および設計値は表-1 に示す。

2.2. 目地材

本試験で選定した目地材は2液性の変性シリコン系エポキシ樹脂とし、FRP との接着性やパネル間の相対たわみに追従する変形性に優れた材料を選定した。また、上記目地材に8号珪砂 (以下骨材) を混ぜたものについても検討した。骨材は樹脂と1:1の質量比で混合した。目地施工後の状況を写真-3 に示す。

2.3. 試験体、計測項目、試験方法および荷荷条件

疲労試験で使用した試験体および荷荷要領を図-1 に示す。試験体はFRPSWD を3枚並べ、単純支持し、各パネル同士の目地に目地材 (幅5mm, 厚さ10mm) を施工した。荷重は、中央の試験体の支間中央のみに載荷し、中央のパネルにFRPSWD 本体に着目したたわみ変形を発生させると共に、目地材には左右のパネルとのたわみ差によるせん断変形が作用するようにした。左右それぞれの目地は骨材無しと、ありの目地材の2種類を使い分けて繋げた。計測項目はたわみとひずみ

連絡先 〒261-0002 千葉県千葉市美浜区新港 88 番 TEL043-247-8411

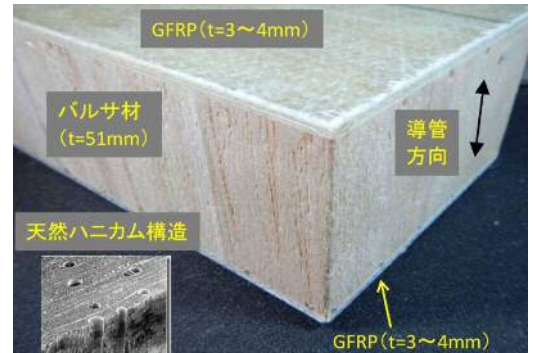
写真-1 FRPSWD の構造²⁾

写真-2 FRPSWD 試験体

表-1 FRPSWD 試験体の設計値

名称	略号	値	単位	備考
試験体長さ	L	1200	mm	
試験体幅	b	300	mm	
試験体厚さ	t	59	mm	
バルサ材厚さ	b_t	51	mm	
断面二次モーメント	I_G	1653000	mm ⁴	文献2より引用
ヤング係数	E_G	15120	N/mm ²	文献2より引用
せん断弾性係数	G_b	201	N/mm ²	文献2より引用



写真-3 目地施工後状況

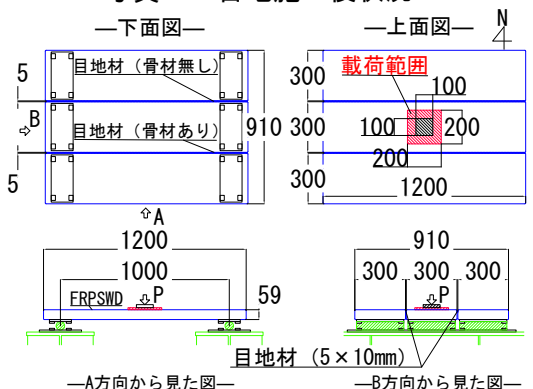


図-1 疲労試験体および荷荷要領

とし、ひずみは中央に配置した試験体パネルの支間中央の上下表面を、たわみは中央3枚全てのパネルの支間中央を計測した。

次に荷重要領について説明する。試験体の支持スパンは1000mmとし、200kN サーボジャッキで試験体中央部200×200mmの範囲を集中荷重した。荷重方法は支間中央のたわみ量による変位制御とした。荷重条件を表-2に示す。CASE1はFRPSWD自体の疲労耐久性の確認を主な目的としており、実橋に生じる設計曲げモーメント（床版厚さ59mm、床版支間長1500mmの単純支持状態に5kN/m²の設計荷重³⁾が作用している想定)と、荷重した中央のパネルの支間中央に生じる曲げモーメントを一致させる形で試験時の変位を設定した。CASE2は目地材の疲労耐久性の確認を主な目的としており、文献2)より荷重した中央のパネルの支間中央のたわみが実橋の許容たわみ(1500/350)となる条件でたわみを設定した。荷重回数は、CASE1は鋼構造の疲労試験における1つの目安である200万回とし、CASE2はたわみが4.29mmとなる状態が10回/日あると仮定し、100年間供用することを想定してそれ以上となる50万回とした。

5. 試験結果

5.1. 荷重-変位関係 疲労試験開始前と終了後に行った静的荷重試験により得られた荷重-変位関係を図-2に、凡例を図-4に示す。凡例は図-2～3で共通である。両試験条件において、繰り返し荷重による剛性の低下はみられなかった。

5.2. 曲げひずみ 疲労試験開始前と終了後の中央の床版の支間中央断面におけるGFRPの曲げひずみ分布を図-3に示す。計測値は理論値とほぼ一致し、両試験条件において、試験終了までひずみの増加はなかった。

5.3. 目地の相対変位 CASE1では目地の変状が無かったため、CASE2における疲労試験開始前と終了後に行った静的荷重試験により得られた荷重-目地の相対変位を図-5に示す。相対変位は中央に配置したパネルのたわみから両端のパネルのたわみを引くことで求めた。

疲労試験時において、パネル間の相対変位により、骨材あり側の目地では最大2mm程度、骨材無し側は3mm程度の変形が生じたが、後述の一部の剥離を除いては、外観上の目立った損傷などは確認されなかった。一方、骨材無し側の目地材の剛性に変化は見られなかったが、骨材ありでは若干低下した。これは、写真-4に示すように目地材の一部に若干の剥離が生じたためと思われる。しかし剥離発生箇所に対して水張試験を実施し、目地の止水性を確認したが、漏水は無かったことから、剥離は貫通しておらず、使用性に問題はないと考える。骨材無し側においても、疲労試験前後の水張試験で漏水はなく、止水性に問題はないことが確認された。

6. 結論

FRPSWDおよび目地材の疲労試験を実施した結果、歩道橋の床版部材としての十分な疲労耐久性を有することがわかった。なお、目地材はアルプス化学産業に提供、施工いただいた。ここに記して謝辞と致します。

参考文献

- 1) : ヤマハ発動機 HP <https://global.yamaha-motor.com/jp/news/2020/0907/iwata-city.html>
- 2) : 石井 博典, 山浦 明洋, 白水 晃生, 小島 郁夫, 松田 紀元 : パルサ材と GFRP の複合構造パネルを用いた歩道橋床版の実験的検討, 構造工学論文集 Vol. 65A, pp.786-798. 2019年3月
- 3) : 日本道路協会 : 立体横断施設技術基準・同解説, 2015.9

表-2 試験条件

試験ケース	荷重速度 (Hz)	荷重回数 (回)	支間中央たわみ(mm)
CASE1	2	200万	1.53
CASE2	1	50万	4.29

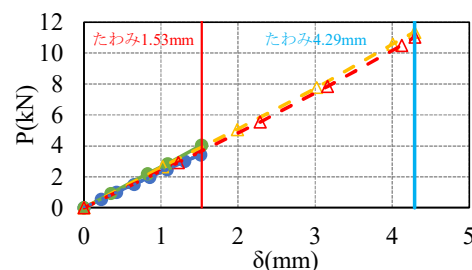


図-2 荷重-変位関係

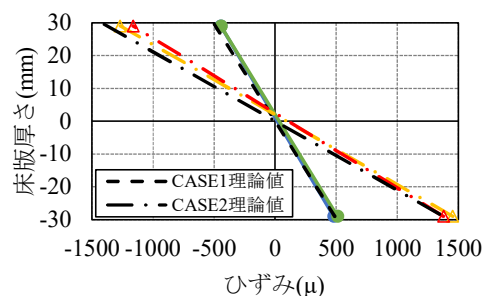


図-3 曲げひずみ分布

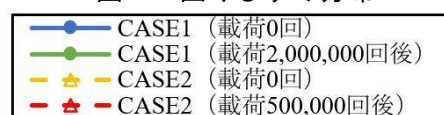


図-4 凡例

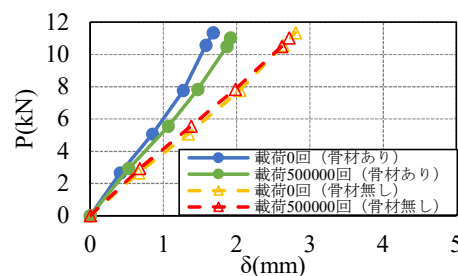


図-5 目地の相対変位 (CASE2)

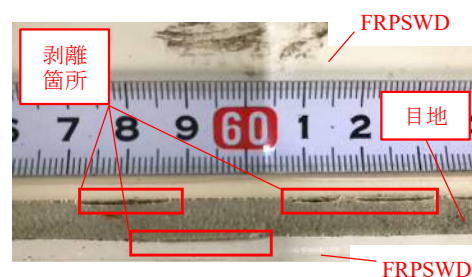


写真-4 骨材あり側の目地の剥離

疲労試験前後の水張試験で漏水はなく、止水性に問題はないことが確認された。