GFRP製防風柵の接着接合部の疲労耐久性評価

宇佐美 俊介1・中山 太士2・石川 敏之3・平岩 達紀4

¹正会員 西日本旅客鉄道株式会社 (〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目4番24号) E-mail:syunsuke-usami@westjr.co.jp

2正会員 西日本旅客鉄道株式会社 (〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目4番24号)

3正会員 関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 准教授

4関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科

鉄道の強風対策としてガラス繊維強化プラスチック(GFRP)製の防風柵の整備が進められているが、 GFRP製防風柵のメッシュ部材は軌道側部材と沿線側部材に接着接合している構造であり、将来的に発生 する損傷について検討する必要がある.そこで本研究では、電車や局地風が接着接合部に及ぼす影響の確 認及び実際に設置されている防風柵に生じるひずみの計測及び接着接合部の疲労挙動を確認するために、 実物のGFRP製防風柵と小型試験片の疲労試験を行った.その結果、特急電車の通過が防風柵に大きなひ ずみ範囲を生じさせること、風速18m/s程度の強風によるひずみ範囲は、特急電車通過時に比べ少ないこ とが明らかになった.さらに、実物の防風柵の疲労試験の結果から、今回現地計測で観測した約3倍のひ ずみ範囲を繰り返し与えると疲労損傷が生じた.

Key Words : Glass Fiber Reinforced Plastic, windbreak fence, strain measurement, adhesive joint, fatigue test

1. はじめに

鉄道会社では、列車の走行安全性を確保するために、 風速が定められた値に達した場合には、列車の徐行や停 止等の運転規制を実施している.しかし、強風が頻繁に 発生するような地域では、強風による運転規制が多く発 生し、鉄道の安定輸送に影響を及ぼしている.そのため、 強風による運転規制を緩和することを目的に、防風柵の 整備を進めている¹⁾.防風柵には、有孔板を折り曲げた ものが用いられたが、近年は、軽量で施工性に優れるガ ラス繊維強化プラスチック製の防風柵(以下、GFRP製防 風柵)が多く用いられる³.図-1にGFRP製防風柵の設置状 況を示す.

GFRP製防風柵に対して、これまでに静的載荷試験と 現地での応力測定が行われている³.静的載荷試験では 風荷重(1.5kN/m², 3.0kN/m²)に相当する集中荷重を軌道側 部材に載荷し、風荷重1.5kN/m²相当時の変位は指標以下 となり、風荷重3.0kN/m²の3倍に相当する荷重まで載荷 したところ指標を大きく超えたものの破壊には至らない ことが確認されている³.現地での計測として電車が通 過した際の有孔部周りのひずみの計測が行われ、その結 果、GFRPの曲げ疲労強度106N/mm²の1/10よりも小さい 応力しか発生しなかったため、GFRP製防風柵のメッシュ部の疲労は問題にならないと判断されている.

しかし, GFRP製防風柵は図-2のようにメッシュ部材, 軌道側部材,沿線側部材の3部材を加圧接着して,製作 されており,メッシュ部材は沿線側部材と軌道側部材に 接着接合している構造であり,将来的に発生する損傷につい て検討する必要がある.

そこで本研究では、電車や局地風が接着接合部に及ぼ



図-1 防風柵の設置状況

す影響を明らかにするため、強風が観測される地域においてGFRP製防風柵の接着接合部近傍のひずみを測定し、 その挙動の評価を行う.さらにGFRP製防風柵の接着接 合部の疲労強度を明らかにするために、実際に設置され ていた実物のGFRP製防風柵と実物から切り出して制作 した小型試験片の疲労試験を行う.

2. GFRP製防風柵

本研究で取り扱う防風柵はハンドレイアップ成形を用 いて製作されている.ハンドレイアップ成形はガラス繊 維織物を成形型に合わせて積層し、樹脂を含浸させ積層 する成形法である⁴.本防風柵ではGFRPのマトリックス として不飽和ポリエステルが使用されている.不飽和ポ リエステルは常温、常圧で成形が可能であり、加熱する ことなくガラス繊維の間隙に浸透していくため成形が容 易である.紫外線に対する耐久性を向上させるために表 面にゲルコートが被覆されている.

図-3に実際に設置されていた防風柵の接着接合部の切 断面と接着状況を示す.浸透性の高い罫書き用インクを 試験体に塗り接着状態を確認した.接着接合部にはイン クが浸透していないため,接着不良は見られなかった. **図-3**より,メッシュ部下側の接着接合部の接着幅が最も 狭かった.

3. GFRP製防風柵のひずみ計測

防風柵に生じるひずみの計測を行い、列車通過時や局 地風が防風柵のメッシュ部接着接合部に及ぼす影響を明 らかにする.

(1) 計測概要

計測は2015年11月19日~26日,12月28日~1月4日,2016 年1月15日~29日の期間の計3回実施した.先に述べた様 に本防風柵は紫外線対策としてゲルコートが塗装されて いるのでゲルコート塗装を剥がし,GFRP層に直接ひず みゲージを貼り付けた⁵⁾.複合材料用の単軸ひずみゲー ジ(ゲージ長2mm,線膨張係数8×10⁶/°C,リード線温度補 償)の貼り付け位置とひずみゲージ番号およびその方向 を図-4に示す.2016年の1月の計測のみ2週間の計測を実 施するため,バッテリーの容量を考慮し,CH2,CH5, CH6,CH7を除く計8か所の計測を行った.ひずみゲー ジは沿線側部材とメッシュ部材の民地側から貼り付けた. 本研究で着目している接着接合部では,直接ひずみ等を





図-3 メッシュ部材の接着接合状況

計測できないため接着接合部近傍のメッシュ部のひずみ を用いて評価する.防風柵の構造的なひずみの挙動を知 るためメッシュ部中心とメッシュ部外にもひずみゲージ を貼り付けた.計測は0.005秒間隔で行った.

風速を測定するためひずみゲージを貼り付けた防風柵 から約20m離れた場所に風速計を取り付けた.風速計は AM-4207SDを使用した.風速計は図-5に示すようにメッ シュ部に固定して取り付けた.用いた風速計では1秒間 の平均風速が記録される.ただし,電池での利用のため, 各計測期間に対して,列車の通過に対する風速の計測に のみ利用した.

(2) GFRP製防風柵のひずみ計測結果

a) 各電車の違いがメッシュ部に及ぼす影響

ひずみ計測を行った路線では普通電車,快速電車,特 急電車が運行されている.各電車は通過時の速度,車両 数,車両形状が異なる.そこで計測結果より各電車が下 り線を通過した際に生じるひずみ範囲の比較を行う.接 着幅が最も狭いメッシュ部下端のCH4に着目し,図-6に 電車通過時に防風柵に生じるひずみと計測した風速を示 す.ひずみ計測位置と風速計計測位置は20m離れている ため,風速が大きくなった時間とひずみが計測された時 間を合わせて示している.この図より,電車が防風柵位 置にさしかかった時,大きなひずみが現れることがわか る.電車が防風柵前を通過している時は正負交番する様





図-5 風速計設置状況



図-6 電車通過時のひずみ波形と風速(CH4)

なひずみ波形を示した.各電車が通過した際の波形の特 徴は全電車において同様であった.また普通電車通過時 より特急電車通過時の方が風速は大きい結果となった. 図-7に各電車によって生じたひずみ範囲1µの頻度分布を 示す.本研究ではレインフロー法を用いて,ひずみ範囲 を求めた.頻度分布の総サイクル数と最大ひずみ範囲成 分を表-1にまとめた.図-7より普通電車に比べ特急電車 の方が高いひずみ範囲成分の頻度が多いことが確認でき る.表-1より特急電車が通過した際に最大ひずみ範囲成 分が最も高い結果になった.総サイクル数は普通電車と 特急電車がほぼ同様になった.

各列車通過によってGFRP製防風柵のメッシュ部の接着接合部の疲労に与える影響を次式の累積疲労損傷qの 値を用いて比較する⁹.

$$q = \sum \left(\varepsilon_i^m \times n_i\right) \tag{1}$$

ε_i : ひずみ範囲成分

*n*_i : ひずみ範囲成分 ε_iに対する繰り返し回数

m : 疲労強度曲線の傾きの逆数

*m*は疲労試験によって与えられる値であるが,GFRP 製防風柵の接着接合部の疲労強度は明らかにされていな いので本研究では,*m*=1,3,5と仮定して比較を行った. さらに,本研究ではひずみ範囲成分 6μ以下をノイズと して扱い計算値には含めていない.累積疲労損傷 *q*の結 果を表-2 に示す.表-2 より *m*の値に関わらず,特急電 車が防風柵に最も影響を与えていることがわかる.上下 線ともに普通電車と快速電車は,ひずみゲージを取り付 けた防風柵を通過する前の駅で停車する.それに対して 特急電車は停車せずに防風柵の前を通過する.計測位置 では,普通電車や快速電車より特急電車の方が電車通過 時に発生する列車風が大きくなるため,特急電車が接着 接合部に与える影響が大きくなったと考えられる.

b) 上下線の違いが防風柵に及ぼす影響

防風柵に最も影響を及ぼしている特急電車が上り線と 下り線を通過した際のひずみ範囲を用いて上下線の違い が防風柵に及ぼす影響を確認する.接着接合部近傍のメ ッシュ部のCH4と防風柵固定部近傍のCH7に着目し、図-8に特急電車が防風柵を通過した際の波形を示す.

計測結果より上り線と下り線を電車が通過する際,ひ ずみ波形が異なることがわかる.下り線では電車が防風 柵の位置にさしかかった時,大きなひずみが現れるのに 対し,上り線では徐々にひずみが大きくなっている.上 り線を電車が通過する際,防風柵固定部近傍のCH7には あまりひずみが現れないことがわかった.この特徴は他 の電車が上り線と下り線を通過した際も同様であった. 下り線を特急電車が通過した際のCH4とCH7の頻度分布 を図-9に示す.この図よりCH4のメッシュ部の方がCH7 の防風柵固定部近傍よりも高いひずみ範囲の頻度が多い



(c) 特急電車図-7 頻度分布(普通電車,快速電車,特急電車)

表-1 頻度分布の総サイクル数と最大ひずみ範囲成分

	半サイクルの 総数(回)	最大ひずみ 成分(µ)
普通電車	674	77.5
快速電車	359	141.5
特急電車	737	161.5

ことが確認できる.

表-2 累積疲労損傷 q

	<i>m</i> =1	<i>m</i> =3	<i>m</i> =5
普通電車	6741	5.3×10 ⁶	8.6×10 ⁹
快速電車	5017	13.2×10 ⁶	90.4×10 ⁹
特急電車	15502	62.3×10 ⁶	498.9×10 ⁹



c) 計測位置別の累積疲労損傷の違い

全てのひずみ計測位置に対して、頻度分布の総サイク ル数と最大ひずみ範囲成分を表-3にまとめた.表-3より 接着接合部であるCH4やCH9は他の箇所に比べて最大ひ ずみ範囲成分が大きいことが確認できる.接着接合部近 傍のCH1,CH4,CH9は総サイクル数の値がほぼ同等と なった.また接着接合部下端の中央CH4や接着接合部横





(b) CH7(下り線) 図-9 頻度分布

表-3 頻度分布の総サイクル数と最大ひずみ範囲成分

	半サイクルの		最大ひずみ範囲			
	総数(回)		※数(回)		成分	-)(μ)
	上り線	下り線	上り線	下り線		
CH1	1,018	906	126.5	103.5		
CH2	775	827	51.5	47.5		
CH3	995	844	104.5	121.5		
CH4	1,059	919	181.5	200.5		
CH5	0	1	-	6.5		
CH6	59	65	10.5	46.5		
CH7	51	63	11.5	68.5		
CH8	983	847	92.5	144.5		
CH9	925	939	178.5	169.5		
CH10	684	697	47.5	47.5		
CH11	795	778	105.5	94.5		
CH12	957	821	122.5	107.5		

表-4 上下線の累積疲労損傷 g の比較

		-	
	(上り線)	(下り線)	上り/下り
CH4	22.5×10 ⁷	6.6×10 ⁷	3.4
CH8	4.3×10 ⁷	1.0×10 ⁷	4.3
CH9	29.0×10 ⁷	12.0×10 ⁷	2.5
CH12	4.9×10 ⁷	2.4×10 ⁷	2.1

側の中央CH9は下端1/4のCH8や横側1/4のCH12より大き いひずみ範囲となっている.次に電車が防風柵を通過す る際,上り線と下り線のどちらが疲労損傷に大きく影響 を及ぼすのかを確認する.接着接合部近傍のCH4,CH8, CH9,CH12に着目し,12月29日から1月4日の7日間に通 過した全特急電車の中から同時間,同車両数のものを抽 出し,レインフロー法を用いて頻度分布を作成した. m=3とし、各計測位置別に累積疲労損傷qの7日間の平均 値をとり、まとめたものを表-4に示す.表-4より接着接 合部近傍のCH4、CH9は疲労の影響を大きく受けている ことがわかる.上り線を特急電車が通過する際、下り線 に比べ累積疲労損傷qの値が大きいことが明らかになっ た.これは図-8に示すように上り線を電車が通過する際、 下り線に比べ、若干大きなひずみ範囲が、少し長い時間 防風柵に影響を与えるからと考えられるが上り線ではそ のような現象が見られなかった.同様の傾向が普通列車 と快速列車でも見られた.

d) 風が防風柵に与える影響

風が防風柵に与えるひずみ範囲を評価する. 図-10に

微風時と強風時のひずみ波形を示す.波形の拡大図は電車通過時の波形である.図-10の北小松の風速観測所で 観測された最大風速18m/sの際のひずみ波形では,電車 の通過によって生じるひずみ波形を拡大しないと確認で きない程に大きいひずみが何度も生じていた.この時, 最大瞬間風速18m/s以上の風が2時間にわたり,発生して いた.

図-11は北小松の風速観測所で観測された最大瞬間風 速5m/s, 10m/s, 15m/sおよび18m/s時のCH4のひずみの波 形を示す.図-11のひずみ波形は電車の通過がない時間 帯の波形である.風速5m/sの時のひずみ波形から非常に 小さなひずみしか発生していない事がわかる.接着接合



部近傍のCH4とCH9に着目し、各風速での半サイクルの 総数と最大ひずみ範囲成分を表-5~6に示す.半サイク ルの総数はCH4, CH9ともに無風時より多いことがわか る. 強風による最大ひずみ範囲も無風時より大きく、特 急電車による最大ひずみ範囲と同様の値になった.風速 5m/s, 風速10m/sでは風による半サイクルの総数は無風 状態に近いため防風柵への影響は小さいといえる. 各風 速に対して、CH4、CH9の累積疲労損傷gを表-7に示す. 表-7より風速が高くなると累積疲労損傷aの値も大きく なることがわかった.しかし特急電車が通過する際,特 急電車が1回通過(約10秒間)した際にm=3と仮定した場合, 累積疲労損傷qの値は0.60×10⁸になる.最大瞬間風速 18m/sの風が1000秒間吹き続けた際に, m=3と仮定した累 積疲労損傷qは1.29×10⁸となり、特急電車2回通過相当の 疲労損傷になる. したがって防風柵の接着接合部に及ぼ す風の影響は特急電車と比べて小さいと考えられる.

4. 実物試験体の疲労試験

GFRP製防風柵の接着接合部の疲労強度を確認するた め、実際に使用されていた実物のGFRP製防風柵を用い て疲労試験を行う.

(1) 試験概要

疲労試験には偏心おもりを回転させて繰り返し応力を

	半サイクルの	最大ひずみ範囲
	総数(回)	成分(µ)
風速 18m/s	2,102	217.5
風速 15m/s	2,676	203.5
風速 10m/s	106	81.5
風速 5m/s	18	24.5
無風	1	19.5

表-5 風による影響(CH4)

表-6 風による影響(CH9)

	半サイクルの	最大ひずみ範囲
	総数(回)	成分(µ)
風速 18m/s	2,733	237.5
風速 15m/s	3,633	217.5
風速 10m/s	153	108.5
風速 5m/s	26	30.5
無風	1	16.5

表-7 累積疲労損傷。	q
-------------	---

	CH4	CH9
風速 18m/s	129.3×10 ⁶	188.3×10 ⁶
風速 15m/s	160.1×10 ⁶	232.3×10 ⁶
風速 10m/s	1.1×10 ⁶	2.2×10 ⁶
風速 5m/s	0.04×10 ⁶	0.08×10 ⁶
無風	0.007×10 ⁶	0.004×10 ⁶

与える板曲げ振動疲労試験機⁷を用いた、偏心おもりを 有するモーターをメッシュ部中心付近に設置した. ひず みゲージの貼り付け位置およびCH番号を図-12に示す. ひずみゲージは、3章で用いたものと同じゲージであり、 CH番号も3章と合わせている.ただし、メッシュ部中心 にモーターを設置するため、中心部のひずみゲージを貼 り付けていない. 図-13に試験状況を示す. 防風柵下部 のボルト孔位置で試験体を治具に固定した. ボルトの取 り付け位置は実際に設置されている防風柵と同様である.

(2) 試験結果

a) 試験体A

モーターは図-12 に示すようにメッシュ部下端から 555mm の箇所に設置した. 接着接合部近傍の CH4 に着 目し、そのひずみ範囲を約 600u となる様に設定し疲労 試験を開始した. この値は、実測値の最大の 1.5 倍であ る. 応力比 R は-1 とした. 繰り返し回数が 1000 万回に 達した場合 CH4 のひずみ範囲を約 150µ ずつ上昇させて 疲労試験を続けた. CH4 のひずみ範囲が 600µ, 750µ お よび 900μ ではひずみ範囲に変化は現れず、はく離やひ



図-12 実物試験体のひずみゲージ位置



図-13 試験状況

び割れ等が発生しなかった. CH4 のひずみ範囲が 1050μ の際,約 500 万回を過ぎたあたりで CH9 のひずみ範囲 が上昇した.防風柵を確認したところ,CH9 付近の横 側の接着接合部が損傷していた.損傷箇所を切断し,浸 透性の高い罫書き用インクを試験体に塗り損傷状態を確 認した.損傷状態を図-14 に示す.接着接合部にインク が浸透していることから接着接合部ではく離が生じてい ることがわかった.またメッシュ部にもき裂が生じてい た.ただし,図-14 の一般部の損傷と接着接合部のはく 離及びメッシュ部のき裂の内,どの損傷が最初に生じた かは不明である.

b) 試験体B

試験体 B では CH4 と CH9 のひずみ範囲の比を変化さ せるために, 偏心モーターの位置を接着接合部下端から 520mmの位置に変更している。接着接合部近傍の CH4 に着目し、そのひずみ範囲を約 600µ となる様に設定し 疲労試験を開始した. 1000 万回繰り返しひずみを与え てもはく離が生じなかったので CH4 のひずみ範囲を約 1250µ まで上昇させて再度疲労試験を実施した.約320 万回を超えたあたりで CH9,約 380 万回を超えたあたり で CH3 のひずみ範囲が上昇していることが確認できた. GFRP 製防風柵の状態を確認したところ、CH4 の接着接 合部下端の角部にき裂と CH9 の接着接合部横側に損傷 が見られた、それぞれの損傷状態を図-15 に示す、図-15 に示すように、CH4 側のメッシュ部下端の接着接合部 の箇所では、接着部の疲労はく離がみられた. またメッ シュ部横側にはき裂が生じていたが、き裂はシール部分 までしか進展していなかった. ただし罫書きインクが浸 透している部分は未接着の箇所である. 図-15 に示すよ うに、CH9 側では、接着接合部の損傷とき裂に加え、 メッシュ部にもき裂が生じていた. 図より, 接着接合部 のき裂は表面のシール部分であり、ウレタン側の接着接

損傷部

はく離部分

接着接合部

合部は健全であった.メッシュ部のき裂は、複数個所発 生していた.

5. 小型試験片の疲労試験

(1) 試験概要

小型試験片は実際に使用されていた防風柵の接着接合 部分を切り出して製作した.図-16にゲージ貼り付け位 置とゲージ番号を示す.ひずみゲージの貼り付け位置お よびCH番号は大型試験体の疲労試験と同様である.疲 労試験にはユニットタイプスピードコントロールモータ



(a) CH9 側のメッシュ部横側

損傷部



メッシュの切断面

(b) CH4側のメッシュ部下端図-15 試験体Bの損傷状態

切断位置

図-14 試験体AのCH9近傍の接着接合部の損傷状態



図-16 ゲージ貼り付け位置とゲージ番号



図-17 試験状況とモーター

ーM206-001に偏心おもりを取り付けて製作した装置を用いた. 試験状況とモーターを図-17に示す. モーターは図-16に示すようにメッシュ部先端から60mmの箇所に設置した.

(2) 試験結果

a) 小型試験片A

小型試験片Aは防風柵のメッシュ部下端の箇所を切断 して製作した.接着接合部近傍のCH4に着目し,そのひ ずみ範囲を約750µとなる様に設定し疲労試験を開始した. 繰り返し回数が1000万回に達してもひずみ範囲に変動が 見られず,はく離が生じなかったのでCH4のひずみ範囲 を1150µに上昇させて再度疲労試験を行った.繰り返し 回数5000回を超えたあたりでひずみ範囲が低下した.試 験片を確認したところ,接着接合部ではなくメッシュ部 に疲労き裂が発生していた.損傷状態を図-18に示す. 図-18に示すように,き裂が発生している範囲に青のイ ンクが浸透しており,疲労き裂は曲げの中立軸に向かう に従ってき裂の進展方向が水平方向に変化していた.

b) 小型試験片B

小型試験片Bは防風柵のメッシュ部横側の箇所を切断 して製作した.したがって試験体Bでは図-16のCH3が CH8, CH4がCH9になる.接着接合部近傍のCH9に着目 し,そのひずみ範囲を約360µとなる様に設定し疲労試験 を開始した.繰り返し回数が1000万回に達してもCH9の ひずみ範囲360µではひずみ範囲に変化は現れず,はく離



図-18 小型試験片Aのメッシュ部の疲労き裂



図-19 小型試験片Bのメッシュ部の疲労き裂

やひび割れ等が発生しなかった.その後CH9のひずみ範囲を上昇させて疲労試験を行った.CH9のひずみ範囲が 600µの際,繰り返し回数が約14万回を超えたあたりでひ ずみ範囲が上昇していることが確認できた.試験片を確認したところ,図-19に示すように,小型試験片Bでもメ ッシュ部から疲労き裂が生じていた.この試験片ではメ ッシュ部の上下から疲労き裂が発生し,長い方のき裂は, 試験片Aと同様に中立軸に向かうにつれて曲がっていた.

6. まとめ

本研究では、GFRP製防風柵の接着接合部に着目し、 実際の防風柵に生じるひずみ計測を行い、電車や局地風 が接着接合部に及ぼす影響を明らかにした.また、接着 接合部の疲労挙動を確認するため、実物のGFRP製防風 柵と小型試験片の疲労試験を行った.

主な結論を以下に示す.

- 対象路線を通過する電車の中で、特急電車が最も 接着接合部に及ぼす影響が大きかった.
- 2) 上下線を電車が通過する際、ひずみ波形が異なり、 下り線では電車が防風柵の位置にさしかかった時、 大きなひずみが現れるのに対し、上り線では徐々

にひずみが大きくなった.

- 電車が下り線を通過する場合より上り線を通過する場合の方が疲労損傷を大きく与える.
- 4) 風速10m/s以下の風が断続的に発生した際には、防 風柵のメッシュ部接合部に及ぼす影響は小さい.
- 5) 最大瞬間風速18m/sの強風が発生した際,特急電車 通過時よりも高いひずみ範囲が生じたが,防風柵 の接着接合部に及ぼす風の影響は特急電車と比べ て小さいと考えられる.
- 6) 実物のGFRP製防風柵の疲労試験では現地計測で生じたひずみ範囲の約3倍のひずみ範囲でメッシュ部のき裂と接着接合部のはく離が発生した. 接合部のはく離とメッシュ部のき裂のどちらが先に生じたかは明らかにできなかった.
- 7) 小型試験片を用いた疲労試験も、現地計測で生じたひずみ範囲の約3倍のひずみ範囲を繰り返し与えると、メッシュ部からき裂が発生したが、接着接合部のはく離は見られなかった。

参考文献

- 東邦昭, 古本淳一, 橋口浩之: 50mメッシュ気象予報モデ ルによる比良おろしの数値シミュレーション, 日本気象 学会, 第23回 風工学シンポジウム論文集, pp. 517-522, 2014.
- 藤井善通:GFRPの耐食性(耐久性),日本接着学会誌, Vol44, No.2, pp.67-71, 2008.
- 佐藤大輔,神谷弘志,秋山保行,小関昌信:新材料を用 いた防風柵の開発, JR EAST Tech Rev, 32号, pp.41-44, 2010.
- 4) 百島祐忠: GFRPの成形法の現状と展望, 日本複合材料学 会誌, Vol.2, No.3, pp.99-107, 1976.
- 高松哲也: FRPを中心とした複合材料の現状と将来(その 1 ガラス繊維強化プラスチック),日本ゴム協会誌, Vol60, No.8, pp.423-432, 1987.
- 済藤雅充,小林裕介,杉本一郎:繰返し荷重を受ける鋼
 部材の累積疲労損傷度による照査法,RTRI REPORT,
 Vol.23, No.5, 2009.
- 山田健太郎,小薗江朋尭,小塩達也:垂直補剛材と鋼床 版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労試験,鋼構造 論文集, Vol. 14, No. 55, pp.1-8, 2007.

EVALUATION FOR FATIGUE DURABILITY OF ADHESIVELY BONDED JOINTS IN A GFRP WINDBREAK FENCE

Shunsuke USAMI, Taishi NAKAYAMA, Toshiyuki ISHIKAWA and Tatsunori HIRAIWA

In Railway Company, GFRP windbreak fences are installed for countermeasure of strong wind.The bonded joints are used between mesh and the frame panels in GFRP windbreak fences.In the GFRP windbreak fences,the fatigue durability of bond joint has not been evaluated. Therefore, to clarify the influence of train passing and strong wind to the adhesion joint of GFRP windbreak fences, strain measurement of GFRP windbreak fences in field were carried out. Furthermore,the fatigue behavior of the adhesion joint were investigated by using the original scale specimen and small specimen in this study. As a result, it was clarified that the passing of the express train is more severe to the GFRP windbreak fence than the condition of strong wind with the velocity of 18m/s. Additionally,from the result of fatigue tests,it was revealed that the fatigue damage occurred under the condition of strain range approximately 3 times higher than that of field measurement.