

交換周期延伸可能な異形継目板の検討

東日本旅客鉄道（株） 正会員○篠田 勝己
 東日本旅客鉄道（株） 吉川 央容
 積水化学工業（株） 細川 順二

1. 目的

レール交換または分岐器部分交換等を施工した際に、新レールと頭部摩耗レールの段差解消を目的として、異形継目板を使用している（図-1）。

J R東日本では現在、異形継目板の管理手法として、敷設から交換までの目安を列車通過トン数（以下：通トン）累積 1.0～1.5 億トンとしている。しかし、例年数箇所異形継目板の損傷が発生し、安定輸送の妨げとなっている実態から、異形継目板の耐久性向上及び交換周期の延伸が必要である。

現在、絶縁部では FRP 製継目板への交換を推進している。FRP 製継目板は、①軽量かつ②急性破断しない材料特性がある。そこで、FRP を用いた異形継目板を開発することで、作業性の向上を図り、交換周期を現行以上とすることを検討の目的とした。

2. 開発概要

2-1. 開発案

A 案～E 案の 5 案を検討した（表-1）。開発期間・コストを考慮し E 案を除外、その他 A～D 案を試験サンプルとした。試験装置には、2mm の金属プレート（アルミニウム）を挿入し、継目段差を設定した（図-2）。

表-1 開発案と製品形態

開発案	A案	B案	C案	D案	E案
製品形態	現状 FRP継目板 +プレート挿入	現状 FRP継目板 (切削加工) +プレート挿入	FRP継目板 ・マット補強 ・切削加工 +プレート挿入	現状 FRP継目板 (肉盛り)	パッチ式 FRP 異形継目板

2-2. 性能試験

①繰返し荷重試験（その 1）：試験水準の確保、試験期間を短縮する為、過酷条件下での繰返し荷重試験で開発案をふるい分けた（図-3）。FRP 継目板（通常品）の強度を 100% とし、比較耐力を検証した。その結果、A 案と B 案が約 50% の耐力を有し、現行の交換目安を達成する可能性があることを確認した（図-4）。この結果から開発案を 2 案に絞り込むこととした。

（通常 FRP 継目板の耐力目安通トン：5.0 億トン）

※試験条件：荷重 45KN（輪重 23t 相当，試験機限界荷重），周波数：5Hz

②応力歪測定：鋼製と FRP 製における普通継目板と異形継目板の発生応力を歪測定により検証した（図-5）。鋼製異形継目板が交換周期前に発生する損傷は、中央部断面形状変化部分への応力集中が原因である。応力歪測定の結果、鋼製異形継目板と比較し、FRP 製継目板は応力集中していないことを確認できた。

（測定結果：次頁 図-6，図-7）

※鋼製継目板は、普通継目板と異形継目板で応力歪の差が約 25% 生じた。

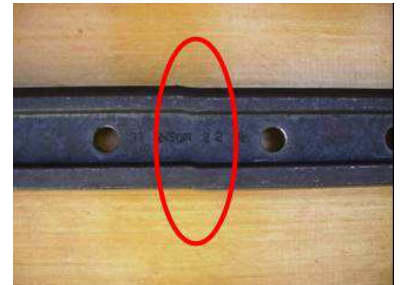


図-1 異形継目板（段違い用）

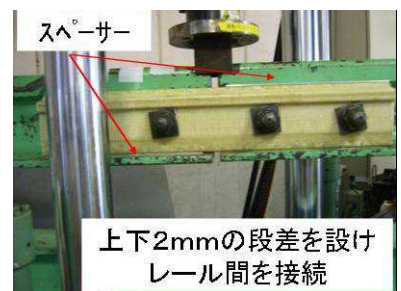


図-2 FRP 継目板



図-3 繰返し荷重試験装置

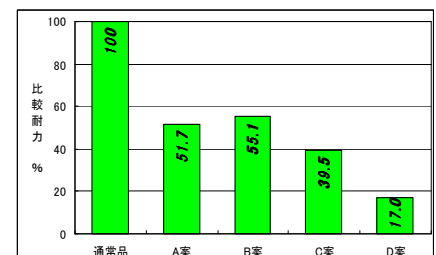


図-4 繰返し荷重試験結果（その 1）



図-5 歪測定位置

キーワード 異形継目板，FRP，通トン

連絡先 〒299-3242 千葉県山武郡大網白里町金谷郷 33 番地 TEL0475-72-0312

〒520-3081 滋賀県栗東市野尻 75 TEL077-553-0777

③FEM解析:数学的に応力分布状態を解析し、変位量及び継目板に発生する応力を比較した。解析に際しては地盤影響の有無を確認する為、標準状態の場合と、悪条件の場合との2パターンについて行った。解析の結果、通常品とA案・B案には応力分布に差が無いことから、実荷重試験にて評価を行うこととした(結果一例:図-8、図-9)。

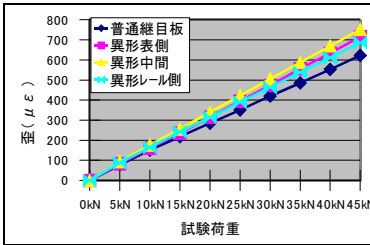


図-6 歪測定結果(鋼製)

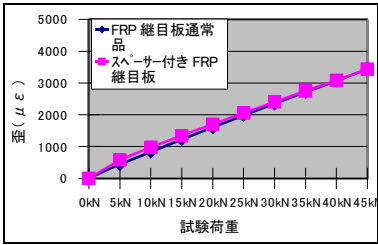


図-7 歪測定結果(FRP製)

④静的曲げ試験:FRP製継目板が完全に破断した荷重を測定し、レールと継目板にプレート挿入した場合の継目板影響を確認した。試験結果は、FRP継目板(通常品)と比較し、プレート挿入(A案)及び最外マッド層切削+プレート挿入(B案)による影響は無い、若しくは微小であることが確認できた(表-2)。

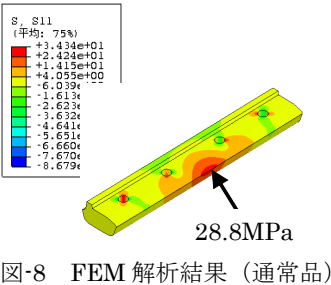


図-8 FEM解析結果(通常品)

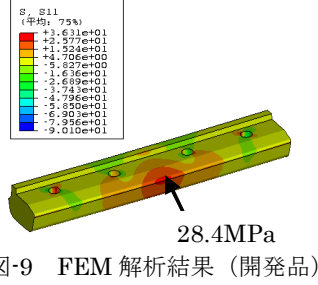


図-9 FEM解析結果(開発品)

⑤繰返し荷重試験(その2):繰返し荷重試験(その1)の条件を緩和し、実荷重相当での試験を実施した。静的曲げ試験結果と併せ、FRP継目板の寿命予測を行った。輪重16トン(試験荷重30.2KN)時で試算した場合、A案、B案とも現行の交換目安累積通トン1.0~1.5億トンの目標値をクリアすることができた。(A案:約1.0億トン、B案:約1.5億トン)

※注:FRP製継目板の破壊の定義を「発生した亀裂がボルト穴まで達した時」とした(FRPの材料特性から完全に破断することは無い為)。

※寿命予測方法:静的曲げ試験結果を繰返し破壊回数1回とし、繰返し荷重試験結果と共にプロットした。そこから寿命予測(=寿命推定曲線、図-10、図-11)を作成し、回帰式を求め継目板寿命を算出した。

※試験条件:荷重5~35KN(輪重2.6~18.5トン相当),周波数3Hz

⑥残存強度試験:繰返し荷重試験(その2)で破壊したサンプルに対し、再度静的曲げ試験を実施した。その結果を残存強度とし、残存率を算出した(表-4)。高い残存率を有することから、FRPは材質特性から急性破断が発生しにくいことを確認した。

3. 性能試験結果及び考察

○FRP製での異形継目板の作製が可能

繰返し荷重試験により、鋼製異形継目板の交換目安と同等の耐力を有することが確認できた。また、FRP製継目板は急性破断しにくいことから、日中に損傷を発見した場合でも、交換間合(夜間)までの固定監視で対応でき、安定輸送が確保できると考える。

○交換周期延伸への課題

- ・残存強度を通トンに換算し、破壊と定義される状態から完全破断するまでの猶予を算出、最長巡視周期で対応できるか検討する必要性がある。
- ・鋼製異形継目板の強度試験を実施し、実耐力を算出、FRP製異形継目板と比較、検討する必要性がある。
- ・繰返し荷重試験において試験結果のばらつきが認められる為、試験機の精度確認や、レール遊間条件等の再考により、より信頼度の高い試験水準を確保する必要性がある。

以上の課題に取り組み、交換周期延伸可能な異形継目板を今後も検討していく。

参考文献 佐藤、梅原;線路工学,継目板に加わる圧力, Zimmermanによる継目圧力, p411

表-2 静的曲げ試験結果

(単位:KN)	1回目	2回目	3回目
FRP継目板(通常)	163	162	167
FRP継目板+プレート挿入(A案)	164	164	165
FRP継目板(切削)+プレート挿入(B案)	155	158	155

表-3 繰返し荷重試験(その2)結果

(単位:万回)	1回目	2回目
A案	534	324
B案	525	539

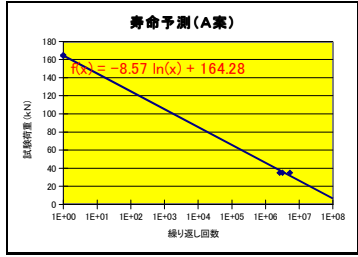


図-10 寿命予測(A案)

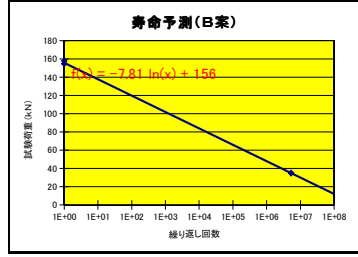


図-11 寿命予測(B案)

表-4 残存強度試験結果

(単位:KN)	1回目	2回目	3回目	平均	残存率
A案	112	108	90	103	63.0%
B案	125	114	120	120	73.2%