

レール折損補強器設置時における運転速度向上に関する検討 ～その2～

東京地下鉄株式会社	正会員	○星子 遼
東京地下鉄株式会社	正会員	大澤 純一郎
東京地下鉄株式会社		河野 陽介
鉄道総合技術研究所	正会員	片岡 宏夫

1. はじめに

東京メトロ（以下：当社）ではレール折損が発生した際、折損箇所に応急処置として桜庭式レール折損補強器（以下、折損補強器）を設置している。当該箇所を通過する列車は徐行運転を行うため、列車の遅延等の原因となっている。当社の折損補強器は構成部材の一部として、普通継目板、FRP 製継目板、ゴールドサミット溶接用継目板（以下：GS 用継目板）を使用している。普通継目板を用いた場合については、過去に性能評価試験を行い運転速度について検討を行った¹⁾。今回は FRP 製継目板及び GS 用継目板を折損補強器に用いた場合の性能評価を行い、運転速度について検討を行ったので報告する。

2. 性能評価試験

（1）折損補強器について

折損補強器（図-1、2）は、汎用の継目板を用いる構造であり、FRP 製継目板（図-3）、GS 用継目板（図-4）を第2、3穴で締結し、試験を実施した。

（2）試験条件について

各継目板を用いた折損補強器の評価を行うため、当社の運行状況等を考慮し、性能評価試験として静的載荷試験（鉛直、斜角）及び疲労試験を実施した。

性能評価試験の想定条件等を表-1 に示す。設計横圧については、車上測定により 2013 年 12 月丸ノ内線曲率半径 160m で実測した 53.7kN を採用した。

本試験における試験軌きょうは図-5 に示す。試験軌きょうは片側レール分とし、防振まくらぎを 8 本 565mm 間隔で配置した防振軌道とした。折損補強器にはキャンバー及びレールサポーターを設置し、レール変位量を拘束した。

（3）折損補強器の必要性能について

折損補強器には列車の走行安全性を確保するため、当社の列車運行状況等を考慮し、折損補強器の必要性能²⁾ は次の通りとする。

①レール頭部左右食違い量が 2.5mm 以下であること、②まくらぎとレール頭部の相対左右変位量が 7.0mm 以下であること、③部材応力変動が 6 万回時間強度内であること（FRP 製継目板除く）、④疲労試験にて部材に損傷やき裂が発生しないこと、以上の四点を折損補強器の必要性能とした。

3. 試験結果

（1）FRP 製継目板について

FRP 製継目板を用いた折損補強器に対して、静的載荷試験及び疲労試験を実施した結果（表-2）、全ての必要性能を満足する結果となった。

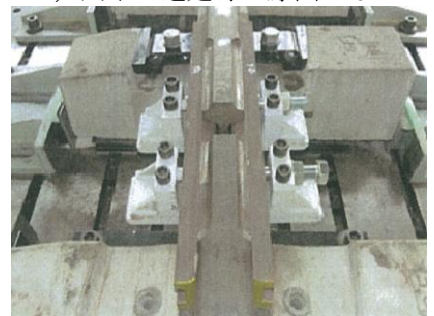


図-1 レール折損補強器設置状況

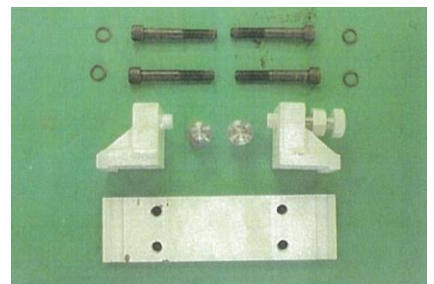


図-2 レール折損補強器構成部材



図-3 FRP 製継目板



図-4 GS 用継目板



図-5 試験軌きょう

キーワード レール折損補強器, FRP 製継目板, ゴールドサミット溶接用継目板

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄（株） TEL：03-3837-7151

(2) GS 用継目板について

GS 用継目板を用いた折損補強器に対して、静的載荷試験及び疲労試験を実施した結果（表-2）、静的載荷試験（鉛直載荷）を行った際に GS 用継目板に発生した部材応力が 6 万回時間強度を超過した（図-6, 7）。

なお、GS 用継目板の部材応力については、継目板側面（J1, J3）での測定値に 1.4 を乗じ、継目板底面の部材応力に換算した J1' J3' として性能評価を行った。

4. 運転速度の検討

(1) FRP 製継目板を用いた場合について

FRP 製継目板を用いた際、性能評価試験に対して必要性能を全て満たしたことより、FRP 製継目板を用いた折損補強器は、試験上では曲率半径 R=500m 以上及び直線区間を運転速度 70km/h で走行可能だと推定される。

(2) GS 用継目板を用いた場合について

GS 用継目板を用いた際、部材応力が 6 万回時間強度下限を超過したことから、詳細検討を行った。定尺区間における速度衝撃率³⁾（式-1）は、輪重変動の標準偏差の 2 倍に相当する⁴⁾。鉛直載荷荷重の割増し率：2 倍については $V=130\text{km/h}$ とした時の輪重変動の標準偏差の 3 倍に対応している（式-2）。

$$i = 1 + 0.5 \times V/100 \quad (V: \text{運転速度 km/h}) \quad (\text{式-1})$$

$$i = 1 + \left(\frac{3}{2}\right) \times 0.5 \times V/100 \quad (\text{式-2})$$

式-2 の速度に 70km/h を適用すると衝撃率は約 1.5 となり、想定される鉛直荷重は約 109.6kN となる。これに対する測定部材応力は図-8 に示す。図-8 より GS 用継目板の部材応力は 6 万回時間強度内であることから、GS 用継目板を折損補強器に用いた際、曲率半径 500m 以上の曲線及び直線を 70km/h で走行可能だと推定される。

5. まとめ

FRP 製継目板及び GS 用継目板を用いた折損補強器は、試験上では曲率半径 500m 以上の曲線及び直線区間において、運転速度 70km/h で走行可能だと推定される。このことから、折損補強器設置時における実際の運転速度は現在の徐行速度よりも向上出来ることが期待できる。また、普通継目板より軽量の FRP 製継目板を折損補強器に用いることが可能であることから、運搬・設置等の応急処置時間の短縮が期待できる。GS 用継目板を用いる場合、ゴールドサミット溶接部のレール折損に対応出来ることから、当社のレール折損に対する対応力の向上が期待出来る。

参考文献

- 1) 星子遼, 小林実, 河野陽介, レール折損補強器設置時における運転速度向上に関する検討, 第 69 回土木学会年次学術講演会, 2014 年 9 月。
- 2) 西原敬人, 片岡宏夫, 西田博貴, レール折損時に用いる応急復旧器の性能評価, 新線路 8 月号, 2012 年 8 月。
- 3) 片岡宏夫, 西宮裕騎, 土井久代, レール折損時における応急処置後の列車徐行速度向上の可能性, 鉄道総研報告, Vol. 23, No. 10, Oct. 2009.
- 4) 鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造 有道床設計標準 (案)

表-1 想定条件及び荷重

試験方法	想定状況	載荷荷重	備考
静的載荷試験 (鉛直載荷/ 斜角載荷)	線路線形: 直線及び緩和曲線部 運転速度: 130km/h	143.8[kN]	鉛直荷重=設計静止輪重×2.0
	線路線形: 曲率半径R=500m 運転速度: 70km/h	111.0[kN]	設計輪重: 97.1[kN] 設計横圧: 53.7[kN] 載荷角度: 61.3度
疲労試験 (斜角載荷)	線路線形: 曲率半径R=500m 運転速度: 70km/h	111.0[kN]	載荷角度: 61.3度 載荷周波数: 5.5[Hz] 載荷回数: 6万回

表-2 性能評価試験結果

継目板種別	試験	載荷方法	試験結果
FRP製継目板	静的載荷試験	鉛直載荷	最大食違い量: 0.1mm 最大左右変位: 0.1mm
		斜角載荷	最大食違い量: 1.2mm 最大左右変位: 4.9mm
	疲労試験	斜角載荷	折損補強器及び継目板に損傷なし
GS用継目板	静的載荷試験	鉛直載荷	最大食違い量: 0.1mm 最大左右変位: 0.1mm 部材応力: 6万回時間強度下限を超過
		斜角載荷	最大食違い量: 1.6mm 最大左右変位: 6.4mm 部材応力: 6万回時間強度下限と同値
	疲労試験	斜角載荷	折損補強器及び継目板に損傷なし

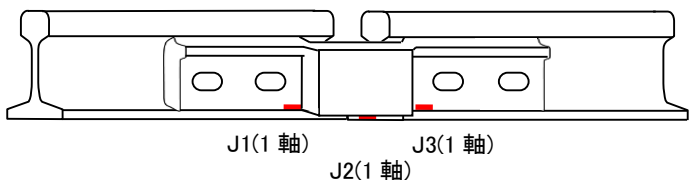


図-6 GS 用継目板の応力測定位置

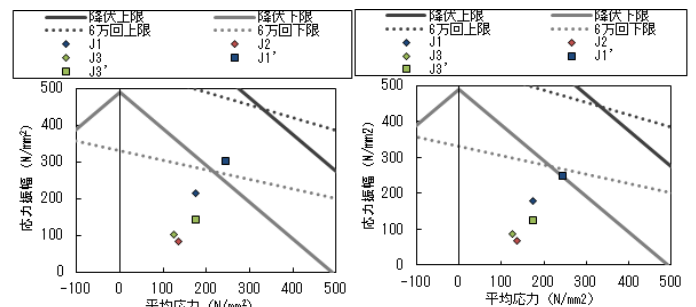


図-7 耐久限度線図
(鉛直荷重=143.8kN)

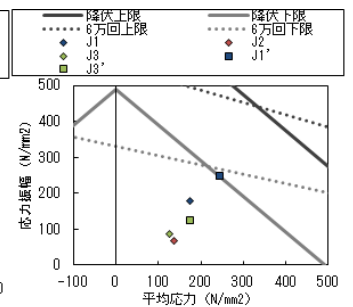


図-8 耐久限度線図
(鉛直荷重=109.6kN)