改良形接着絶縁レールの実用性能評価

鉄道総合技術研究所　正会員　○中澤　毅基
鉄道総合技術研究所　正会員　本野　貴志
鉄道総合技術研究所　若月　修

１．はじめに

接着絶縁レール（以下，「改良 IJ」という）は開発後約 25 年が経過し，現在では新幹線・在来線を問わず使用されている．一方，経年の IJ で，継目板の折損および接着剤の剥離による開口などの事象が発生している．本研究では，その対策として鉄道総研が開発したテフロンシートを接着層内に挿入した改良形接着絶縁レール（以下，「改良 IJ」という）および改良形乾式接着絶縁レール（以下，「改良乾式 IJ」という）を営業線に約 2 年間敷設したのち撤去して，強度および接着層の状態を評価した．また，IJ の継目板平行度の実態調査に基づき，継目板平行度の違いが横圧載荷時の継目板ボルトに発生する平均および変動応力へ与える影響を継目板ボルトの種類別，緊締トルク別に調査した概要を報告する．

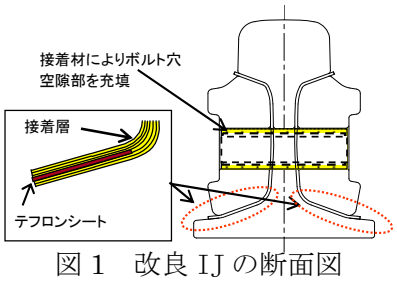
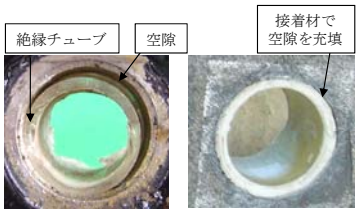


図１　改良 IJ の断面図

表１　供試体の概要

供試体No.	内外軌別	IJ種別	レール種別	敷設年数	レール通トン（百万トン／年）
1	外軌側	改良	50kgN	約2年	15.1
2	外軌側	改良	60kg	約2年	28.3
3	外軌側	乾式	60kg	約2年	28.3



(a)従来品接着材　(b)改良品接着材
図２　ボルト穴内部の充填状況

表２　引張破壊試験結果

供試体No.	引張破壊荷重(MN)
1	2.47
2	2.65
3	3.35

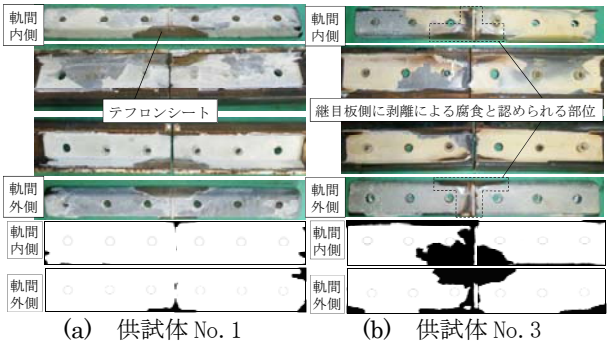
２．改良形接着絶縁レール

(1)　概要

改良 IJ は，図 1 に示すように、製造の際に加熱硬化時のレジンフローを最適にした高流動性接着材を用い，継目板中央底部の接着層内にテフロンシートによる人工界面を設けたものである．また、図 1 と図 2 に示すように，絶縁チューブと継目板のボルト穴の間に接着材を充填して雨水の侵入を防止する構造としている．

(2)　試験敷設

改良 IJ の実使用上の耐久性能を確認するため，改良 IJ および比較対象として乾式接着絶縁レール（以下，「乾式 IJ」という）を同時期に在来線に敷設した．定期的なモニタリング調査を行った後，当該の改良 IJ ならびに乾式 IJ を現地から回収し，性能評価試験を行った．西日本旅客鉄道株式会社の協力を得て試験敷設を実施した供試体の詳細を表 1 に示す．



(a)　供試体 No. 1　(b)　供試体 No. 3
図３　接着層の状態および剥離の状態

(3)　性能評価試験

現地から回収した改良 IJ および乾式 IJ について引張破壊試験を行った．試験後，継目板とレールを強制的に解体し，接着状態を目視にて確認した．引張破壊試験の結果を表 2 に示す．試験の結果，改良 IJ ならびに乾式 IJ は，JIS E 1125 で規定される引張強さ 2.25MN を上回った．供試体 No.1 および No.3 について解体した接着層の状態と剥離状態を図 3 に示す．図 3 では接着層を白黒に 2 色化し，剥離による腐食が進行した部位を黒色で表示した．改良 IJ の供試体 No.1 の継目板は，軌間内・外側とも一部に茶褐色に変色している部位が認められたが，それ以外の部位では，接着材の母材破壊であり良好な結果であった．一方，乾式 IJ の供試体 No.3 では，軌間内外の継目板中央のレール底部付近を中心に剥離による腐食の発生が確認された．

３．改良形乾式接着絶縁レール

(1)　概要

改良乾式 IJ は，従来の乾式接着材に改良 IJ と同様にテフロンシートを適用した乾式 IJ である．

表３　供試体の概要

供試体No.	内外軌別	IJ種別	レール種別	敷設年数	レール通トン（百万トン／年）
1	内軌側	改良乾式	60kg	約1年8か月	40.4
2	内軌側	乾式	60kg	約2年3か月	40.4
3	外軌側	改良乾式	60kg	約2年4か月	40.4
4	外軌側	乾式	60kg	約3年1か月	40.4

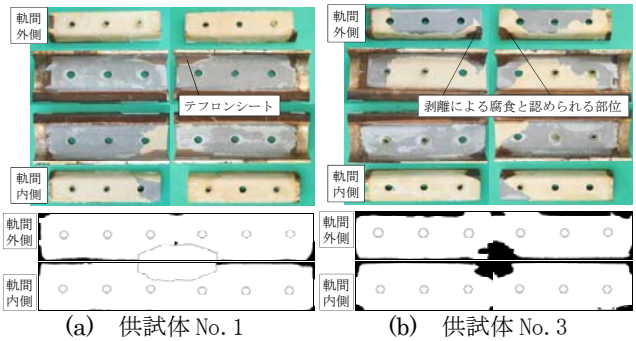
表４　圧縮破壊試験結果

供試体No.	圧縮破壊荷重(MN)
1	3.27
2	3.43
3	2.81
4	3.06

キーワード　接着絶縁レール，接着材，テフロンシート，継目板平行度
連絡先　〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38　（財）鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部(軌道構造)　TEL 042-573-7275

(2) 試験敷設

改良乾式 IJ の実使用上の耐久性能を確認するため，改良乾式 IJ および比較対象の乾式 IJ を同時期に新幹線に敷設した．定期的なモニタリング調査を行った後，現地から敷設した改良乾式 IJ と乾式 IJ を回収し，性能評価試験を行った．東海旅客鉄道株式会社の協力を得て試験敷設を実施した供試体の詳細を表 3 に示す．



(a) 供試体 No. 1　(b) 供試体 No. 3

図 4 接着層の状態および剥離の状態

(3) 性能評価試験

敷設現場から回収した改良乾式 IJ ならびに乾式 IJ をレール形の位置で切断し，圧縮載荷試験を行った．試験後，継目板とレールを強制的に解体し，接着層を露出させて接着状態を目視にて確認した．圧縮破壊試験の結果を表 4 に示す．試験の結果，改良乾式 IJ ならびに乾式 IJ は，JIS E 1125 で規定される試験体の半分の大きさにもかかわらず圧縮強さ 2.25MN を上回った．供試体 No.1 および No.2 について解体した接着層の状態と剥離状態を図 4 に示す．また，剥離した部位は改良 IJ 同様に黒色で表示している．改良乾式 IJ の供試体 No.1 では，継目板端部にわずかな剥離による腐食の発生が確認できるが，ほとんどの部位で剥離の発生は認められず，腐食の発生もなく良好な結果であった．一方，乾式 IJ の供試体 No.2 では，継目部のレール底部付近を中心に接着材の剥離による腐食の発生が確認された．

4．接着絶縁レールの継目板平行度

(1) 継目板ボルト折損の概要

新幹線に敷設された IJ で継目板ボルトの折損が発生している．折損の大半は曲線の外軌で発生していることから，列車通過時に発生する横圧の影響を受けていることが想定される．図 5 に示すように，折損した継目板ボルトに生じた疲労き裂破面を観察した結果，疲労き裂の進展の様相を呈しており，ボルト折損は疲労破壊が進展した後の急進的な脆性破壊である．

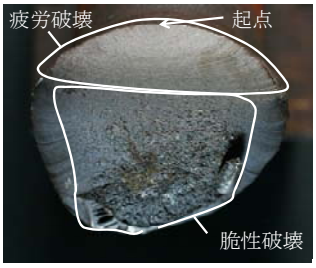


図 5 折損ボルトの破面

(2) 接着絶縁レール継目板平行度

メーカー各社の協力を得て，仕上げ塗装前の乾式 IJ の継目板平行度の実態調査を行った．その結果，継目板平行度は±1.5 度程度の範囲内であることが確認できた．継目板平行度の調査結果を踏まえ，継目板平行度を 0 度および−2 度（上広），+2 度（下広）に設定した供試 IJ（図 6）を製作し継目板ボルトに発生する曲げ応力の比較を行った．継目板ボルトの緊締トルクは 500N･m，350N･m の 2 条件で，供試ボルトは東海道，山陽新幹線で使用実績のある JIS 規格品，改良形ボルト，TST ボルトとした．測定結果を図 7 に示す．この図より，平行の場合の小さな引張応力と比較して，上広および下広の場合は不均等な座面の影響から 2 倍以上の引張応力が発生しており，SCr440 の機械的特性である降伏応力 785N/mm² を上回っていた．この結果から，平行度が大きくなることによる引張応力の発生がボルト折損に及ぼす影響は大きいと考えられる．そのため，継目板ボルトの緊締時の不均等な応力を低減させるために，ボルト折損の割合が高い曲線用 IJ については，継目板平行度をある程度以下に抑えることが望ましいと考える．

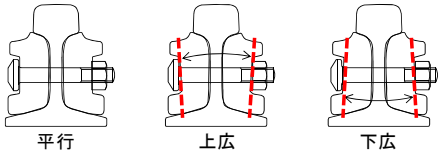


図 6 製作した供試 IJ

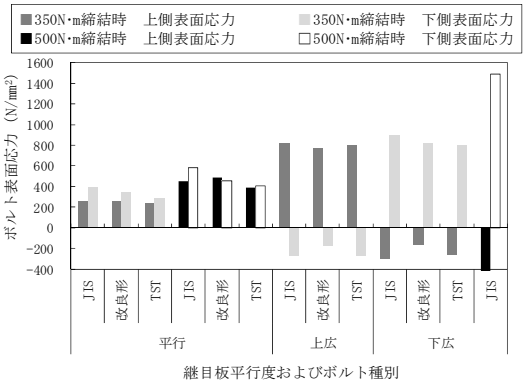


図 7 緊締時の継目板ボルトの応力

5．おわりに

営業線に敷設した改良 IJ ならびに改良乾式 IJ の耐久性能を確認したところ，何れも良好な結果であった．また，継目板ボルト折損対策として継目板ボルトの緊締トルクの低減および継目板平行度の管理を提案した．

改良形接着絶縁レールの実用性能を確認するため，営業線への敷設試験に際しご協力を頂いた西日本旅客鉄道株式会社，東海旅客鉄道株式会社およびご協力を頂いたメーカー各社の関係者にお礼を申し上げる．