

乗換え跨線橋に用いた古レール柱の低サイクル疲労に関する検討

JR 東日本 建設工事部 正会員 ○齋藤 聡 工藤 伸司
JR 東日本 設備部 正会員 土屋 尚登
首都大学東京大学院 正会員 長嶋 文雄

1. はじめに

JR 東日本では、これまで明治、大正期に製造・使用されたレール(以下、古レールという)を転用して造られた乗換え跨線橋の構造物が、現在も多く使用されている(写真－1 参照)。これが国外からの輸入材ともなれば、製造所毎の製造方法の違いや、各国毎の規格の流用等、技術基盤の違うものが多種多様に存在する。このことによる技術的な混乱に終止符が打たれるのは、1929 年に日本標準規格でレールに関する国内基準ができてからであり、いわば古レールの半数以上は国内規格が存在しない輸入材である。

これら構造物の強度等の検討は、「跨線橋(特に古レールを使用する)の設計について」¹⁾等過去の文献に示されている設計強度、断面諸数値等を用いて行ってきた。しかしながら、大規模地震に対する耐震診断を行うに際しては、古レール柱の低サイクル疲労についての研究事例がなく、耐震性能を適切に評価することができなかった。そこで、撤去された構造物の古レール柱を用いて交番載荷試験を行った。本検討結果について報告する。

2. 古レール単柱交番載荷試験概要

今回行った古レール単柱交番載荷試験は、文献 2)に示した 7 試験体のうち降伏点の低い試験体 No.1~No.4 を用いて強軸および弱軸方向について単柱交番載荷試験を行った。このうち、レール破断を伴った試験体 No.3(強軸方向載荷)を用いて、古レール柱の低サイクル疲労を検討した。

2-1. 試験体諸元

図-1に古レール柱実測断面形状図を示す。試験体 No.3(強軸方向載荷)は、1895 年英国の BV&CO で製造された 30kg 古レール柱を 2 本組にした試験体である。断面欠損率(新品レール(JIS E 1101)に対する試験体断面の欠損率)は 5.0%, 降伏点 293N/mm^2 , 柱長さ $1,800\text{mm}$, 断面積 $7,274\text{mm}^2$, 断面 2 次モーメント $27,109,154\text{mm}^4$, 細長比 59.0 である。また、試験体 No.3(強軸方向載荷)は基礎コンクリートに古レール柱を固定した片持ち梁構造で、古レール平底をリベットによって接合した供試体を用いた(図-2 参照)。



写真-1 古レール造乗換え跨線橋例

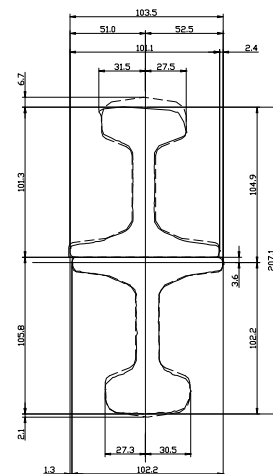


図-1 古レール柱実測断面形状図
(試験体 No. 3 (強軸方向載荷))

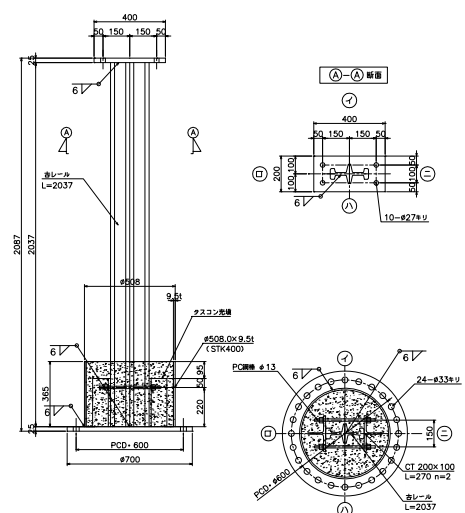


図-2 試験体概要図(試験体 No. 3(強軸方向載荷))

キーワード: 乗換え跨線橋 古レール柱 交番載荷試験 低サイクル疲労

連絡先: JR東日本 建設工事事部 構造技術センター 鋼構造 G 〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2 TEL.03-5334-1288 FAX.03-5334-1289

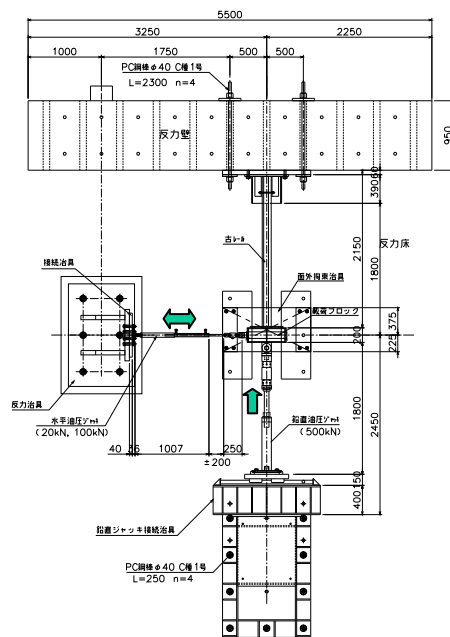


図-3 載荷概要図

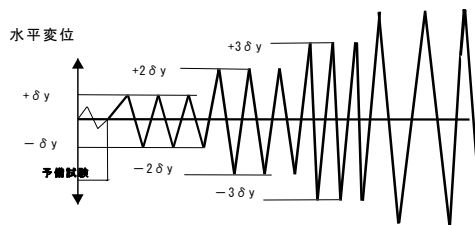


図-4 交番载荷概要図

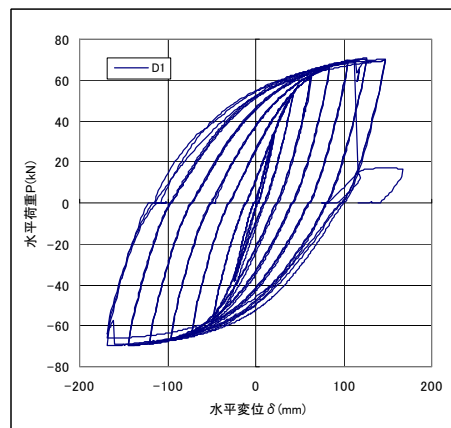


図-5 荷重-変位関係
(試験体 No. 3 (強軸方向載荷))

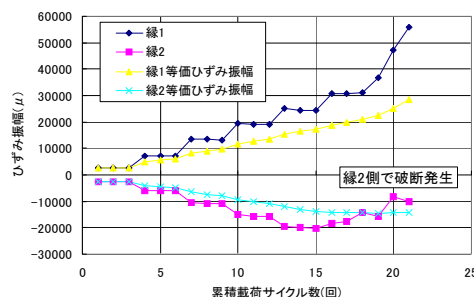


図-6 2本組レールのひずみ振幅
(試験体 No. 3 (強軸方向載荷))

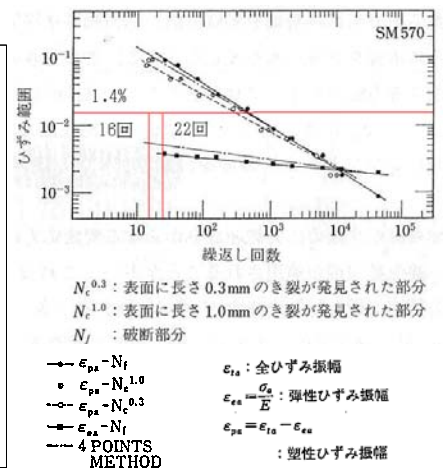


図-7 構造用鋼材との低サイクル疲労性能比較³⁾
(試験体 No. 3 (強軸方向載荷))



写真-2 2本組レールの破断状況
(試験体 No. 3 (強軸方向載荷))

2-2. 試験方法

載荷試験は、図-3に示すようにレール先端より鉛直力を常時掛けた状態で、水平方向に押し引きジャッキにより交番載荷を行った。載荷荷重は、試験体諸元を基に軸力比を算出し、0.07となる鉛直荷重142kNを載荷した。ここで、軸力比は、既設乗換え跨線橋の最大軸力比を参考にして、上記の値を設定した。載荷方法は、図-4に示すように降伏水平変位 δ_v を基準として交番載荷を行った。

3. 考察

試験体 No.3(強軸方向載荷)は、荷重－変位曲線(図－5 参照)に見られるように、 $8\delta_y$ に至るまでの大きな塑性変形能力を示したが、 $8\delta_y$ の1 サイクル目に大きな音とともに、基部コンクリート面直下で1 本のレールで破断、耐力を失って終局となった。なお、図－5 の D1 は水平油圧ジャッキストローク部の水平変位である。図－6 に破断面近傍(基部から－32mm の位置)のひずみゲージから読み取った各載荷サイクルのひずみ振幅を示す。縁 2(引き側)が割れを生じた側のひずみである。この破断側のひずみ挙動を見ると 16 サイクル程度から縁 1(押し側)が増加し、縁 2 が減少していることから、16 サイクル程度でき裂が発生し、22 サイクル目で破断に至ったものと思われる。16 サイクル目での破断側等価ひずみ振幅は、1.4%程度であった。これを構造用鋼材(SM570)と低サイクル疲労性能を比較(図－7 参照)すると、かなり小さな値であることがわかった。これは、もともと小さなき裂とみなせるような傷が存在したものと考えられるが、破断面にき裂の基点になるような傷等があったかどうかは不明である。しかしながら、位置として、リベット孔のある部位ではなかった(写真－2 参照)。

4. まとめ

本検討結果より、試験体 No.3(強軸方向載荷)では 22 サイクル目でレール破断を生じ、低サイクル疲労の兆候がみられることがわかった。なお、その他の 7 試験体は低サイクル疲労の兆候を示さず、本試験を終了している⁴⁾。

【参考文献】

- 1) 西村：第5回停車技術講演会記録，日本国有鉄道施設局，跨線橋（特に古レールを使用する）の設計について，1954.3
- 2) 齋藤，工藤，土屋，長嶋：マイクロ組織と化学成分に着目した古レールの材料特性に関する検討，日本鋼構造協会鋼構造年次論文報告集第16巻，2008.11
- 3) 土室：鋼構造，共立出版株式会社，PP.47, 2005.2
- 4) 齋藤，工藤，土屋，長嶋：乗換え跨線橋に用いた古レール柱の変形性能に関する検討，日本鋼構造協会鋼構造論文集，2009.1（投稿中）