

在姿ロングレールの曲げ疲労試験結果

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○小野寺孝行
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 瀧川 光伸
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 大越 正裕

1. 目的

通常の溶接部と定尺レールである普通継目部の疲労寿命は既に求められているが、溶接部の周辺部にボルト穴の有するレールの疲労寿命は解明されていない。そこで、本研究では、営業線で実測したボルト穴と溶接部のひずみ発生に近い条件で曲げ疲労試験を行い、溶接部の周辺部のボルト穴の影響について分析した。

2. 使用レールの種類等

武蔵野線北府中～西国分寺間上り線に敷設されていた50Nレールを使用した。1986年に敷設し1991年にロング化を行っている。通トン履歴は、定尺レールの状態で121百万トン、ロング化後414百万トン経過しており、最終的には535百万トンのレールである。

3. 疲労試験の予備調査

曲げ疲労試験条件は、営業線で実測したボルト穴と溶接部のひずみの比率に近い条件（ボルト穴45度方向内面ひずみ／溶接部ひずみ＝約2～2.5）にするために静的载荷試験により曲げ応力の発生状態を調査した。調査に用いた载荷加重は最初の疲労試験の応力範囲（応力全振幅）176MPaとなる条件である。表1のひずみは最大荷重時と最小荷重時の差である荷重範囲に対応するひずみ範囲の値で、ボルト穴は4箇所うちの最大値、溶接部ひずみは底部側面4箇所うちの最大値である。この結果から、下部スパンは900mm、上部スパンは300mmの4点曲げ試験を行うこととした。

表1 レール曲げ疲労試験条件の予備検討結果

载荷形式	スパン(mm)		ひずみ(μ)		ひずみ比率
	上部	下部	ボルト穴	溶接部	
4点曲げ	600	2000	70	813	0.09
	300	2000	560	830	0.67
	300	900	1725	832	2.07
3点曲げ	0	2000	484	779	0.62

4. 疲労試験の条件

予備調査での結果に基づき、载荷形式は、4点曲げ（上部スパン300mm、下部スパン900mm）とし、応力範囲（応力全振幅）及び試験速度は、表2のとおりとした。最大繰返し回数は200万回とした。

表2 疲労試験の諸条件

試験レール	応力範囲 MPa	最大応力 MPa	最小応力 Mpa	加重範囲 KN	最大荷重 KN	最小加重 KN	速度 Hz
No.1	176.0	181.4	5.4	322.7	332.7	10.0	4
No.2	360.8	366.2	5.4	661.5	671.5	10.0	2
No.3	264.0	269.4	5.4	484.0	494.0	10.0	2
No.4	22.0	27.4	5.4	40.3	50.3	10.0	10

5. 疲労試験結果

(1) ボルト穴と溶接部のひずみ比率

ボルト穴のひずみと溶接部（底部側面部）ひずみの比率は、曲げモーメントから求めた応力レベルが高いほど、高い傾向がある。これはボルト穴での応力集中による塑性ひずみの影響であると考えられる。

表3 ボルト穴と溶接部のひずみ比率

試験レール	応力範囲 MPa	静的除荷ひずみ		ボルト穴／溶接部のひずみ比率
		ボルト穴 (最大値)	溶接部 (最大値)	
No.1	176.0	1725μ	832μ	2.07
No.2	360.8	3834μ	1519μ	2.52
No.3	264.0	2735μ	1134μ	2.41
No.4	22.0	223μ	108μ	2.06

キーワード：レール、疲労寿命、ボルト穴、溶接

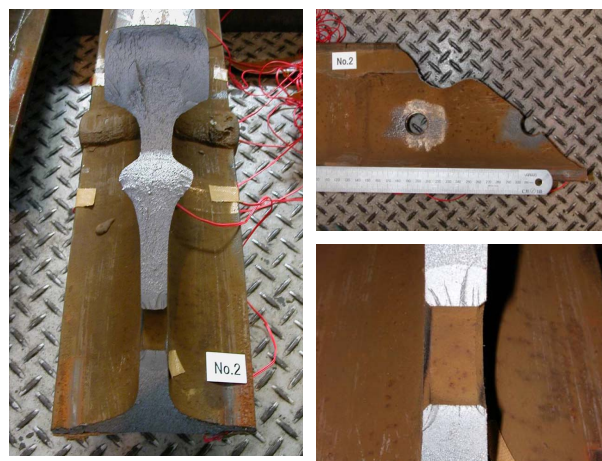
連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目0番地 TEL:048-651-2389 FAX:048-651-2289

(2)破断状況等

表4に破断状況等の結果をまとめて示す。疲労き裂は、ボルト穴から発生したケースが1例、レール底部母材から発生したケースが1例であり、溶接部が疲労起点となるケースはみられなかった。写真1、2に、き裂の位置、疲労破面を示す。

表4 疲労試験結果

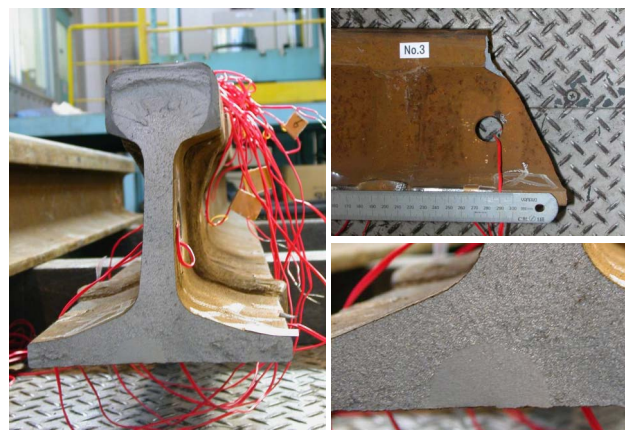
試験 レール	応力範囲 (MPa)		繰返し回数 (万回)	破断・未破断 (き裂起点)
	ボルト穴	溶接部		
No.1	345	166	200	未破断
No.2	767	304	8	破断 (ボルト穴)
No.3	547	227	48	破断 (底部母材)
No.4	45	22	200	未破断

写真1 試験後外観および疲労破面
(No.2 ボルト穴き裂)

(3)新品レールの疲労強度（S－N曲線）との比較

新品レールの溶接部の疲労強度（S－N曲線）

1)との比較を図1に、新品レールの継目部の疲労強度（S－N曲線）2)との比較を図2に示す。この結果から今回の試験片は、新品レールのデータと同レベルと見られる。

写真2 試験後外観および疲労破面
(No.3 母材部き裂)

6. 結論

以下の理由により、通常の状態では在姿ロングレール化を行った場合には、溶接部の周辺にボルト穴があっても、通常の溶接部と同レベルの疲労強度を有すると推定できる。

- (1)ボルト穴がき裂の起点となった場合であっても、新品レールの疲労強度と同レベルである。
- (2)ボルト穴がき裂の起点となった場合のボルト穴の応力全振幅は、767MPaであり、営業線で発生する応力の2倍以上である。過去に営業線でレール凹凸を設定し発生応力を測定した試験結果¹⁾によると、レール底部の応力は、最大でも160MPa程度であり、その2倍の応力がボルト穴に生じると仮定してもボルト穴の応力は、320MPa程度である。

【参考文献】

- 1) 石田、阿部、若月：レール頭頂面凹凸と溶接部曲げ疲労の関係、鉄道総研報告第4巻第7号、1990.7
- 2) 片岡、阿部、若月：レール継目部の応力解析と疲労寿命測定、新線路第55巻第11号、2001.11

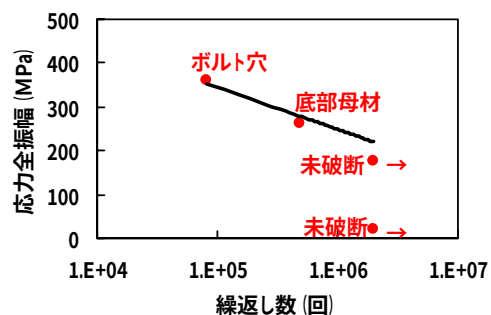


図1 レール溶接部のS－N曲線との比較

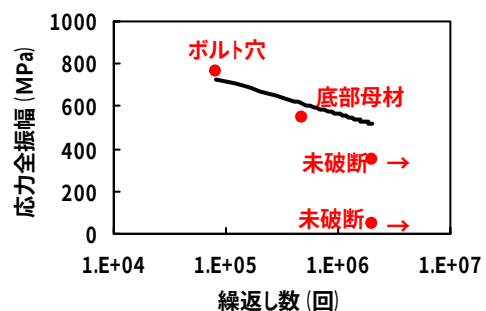


図2 レール継目部のS－N曲線との比較