

頭部横裂を模擬したレールの疲労試験について

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○阿部 司

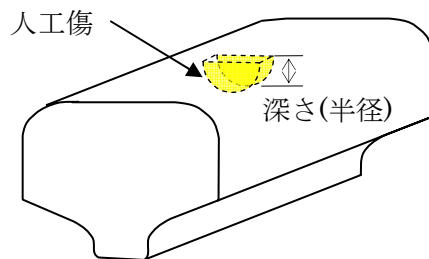
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 小野寺孝行

1. 目的

レール損傷において、き裂が発生してから折損に至るまでのレール損傷進展メカニズムは解明されていない。そのため、レールの保守管理上、一度傷が発生すると傷の監視やレール交換に多大な労力を費やしている。特に在来線では、横裂に進展する可能性があるシェリングによるレール交換が損傷レール交換の約半数を占めている。き裂進展の予測が出来れば、安全性の向上や効率的なレール管理を図ることが出来る。そこで、頭部横裂を模擬した試験体による疲労試験を行い、破断面やき裂進展の状況を調査した。

2. 試験内容

試験体は営業線の直線区間に敷設されていたレールを用いた。傷の進展を促すため、頭部横裂を模擬した半円形の人工傷を加工した。機械加工による加工先端の不均一な変形を避けるため、電氣的に人工傷を加工した。人工傷は、図－1に示すようにレール頭頂面からの深さ(半径)をパラメータとして、計5体に取り付けた。試験に供したレール及び人工傷の一覧を表－1に示す。



図－1 人工傷略図

試験は、図－2に示す載荷試験装置を使用し、3点曲げによる疲労試験を行った。試験体は、人工傷の位置が支点間中央、載荷点直下となるようにヘッドダウンでセットした。載荷荷重の上限値は、レール頭頂部にロングレール区間設定温度から-40℃の軸力相当の引張応力と通過列車のアップリフト分に相当する引張応力の合力が発生するように設定し、下限値も上限値と同様の軸力から輪重分を除いた応力が発生することに近い状態に設定した¹⁾。疲労試験における荷重条件を表－2に示す。

載荷に際して、レール頭部にひずみゲージを貼付し、所定の応力が作用していることを確認した。傷の進展はレール頭頂部からの斜角 70° 及び側頭部からの二探触子による超音波探傷により、定期的に測定した。

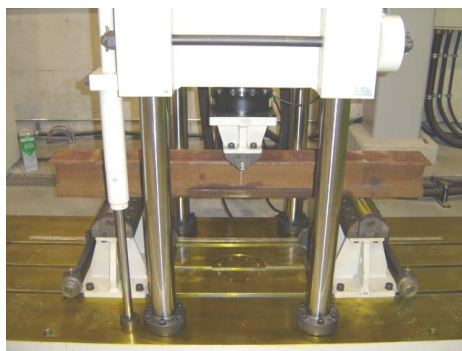
表－1 供試体一覧

項目		内容			
レール	種別	JIS60kg レール			
	製造年月	1985 年 6 月			
	累積通トン (採取時点)	783 百万トン			
人工傷	深さ(mm)	15	20	25	30
	供試体数(体)	1	2	1	1
	形状	半円形			
	加工方法	放電加工による			

3. 試験結果

(1) 破断面観察

加工した人工傷深さが 20、25、30mm の試験体については、人工傷からき裂が進展し破断に至った。人工傷深さ 15mm の試験体は、今回の疲労試験の範囲内(載荷回数=6×10⁶ 回)においては破断に至らなかった。



図－2 載荷試験装置

表－2 荷重条件

荷重条件		
荷重 (kN)	上限	147
	下限	10
頭部応力 (MPa)	上限	114
	下限	8
載荷スパン		1000mm
周波数		5Hz (sin 波)

キーワード：レール、疲労試験、き裂進展

連絡先 〒331-0823 埼玉県さいたま市北区日進町 2-0 TEL048-651-2389 FAX048-651-2289

一例として、人工傷深さ 20mm の試験体の破断面全体の外観写真を図-3 に示す。人工傷加工面は平滑であり、加工による人工傷先端の著しい凹凸などは見受けられない。疲労破面を観察すると、人工傷の外縁に沿うような形状で疲労破面特有のビーチマークが現れていた。疲労破面境界から底部にかけては、急激にき裂が進行する脆性破面が観察出来た。

破断した試験体の疲労破面を拡大した写真を図-4 に示す。(a)人工傷 30mm の試験体は、レール中央部が僅かながら深さ方向にき裂が進展していたのに対して側頭部が深さ方向に大きくき裂が進展していた。(c)人工傷 20mm(1)の供試体は、人工傷からほぼ同心半円状にき裂が進行していることが確認できた。実際のき裂は、小さなき裂起点から進展することを考えれば、人工傷の寸法が小さいものほど、実際のレール損傷に近い状態を再現しているものと想定される。

(2) き裂の進展状況把握

載荷回数と傷深さの測定結果を図-5 に示す。き裂進展は一般的にミクロな先端形状の応力集中などに影響されると考えられていることから、同じ人工傷深さであっても人工傷からの疲労き裂の発生時期はばらつきがあると想定される。脆性破壊が生じるときの状態に着目すると、破断した4試験体はいずれも破断時のき裂深さが 30mm 程度であった。疲労き裂の進展は、破面を観察する限り人工傷初期形状に少なからず影響を受けていると思われるが、破断時の疲労き裂深さは、人工傷の初期形状の影響は小さいとも考えられる。破断しなかった人工傷深さ 15mm の試験体を勘案すると、今回の測定結果からは、傷の深さが 15~30mm 程度の範囲で深さに応じてき裂が急進する可能性が示された。

また、これまで提案されている頭部横裂の応力拡大係数²⁾を参考にき裂が進展しない応力拡大係数範囲の下限界値などを算出できると考えられる。

4. 今後の取り組み

今後は、営業線に使用され実際に横裂損傷が発生したレールを用いて、疲労き裂の進展速度、破断時の損傷深さについて、調査を行っていききたい。

【参考文献】

1)瀧川他；レール損傷（頭部横裂）進展に関する分析、土木学会年次講演集、2003.9

2)柏谷他；レール横裂成長速度予測モデル、鉄道力学論文集—シンポジウム発表論文—第7号、2003.7

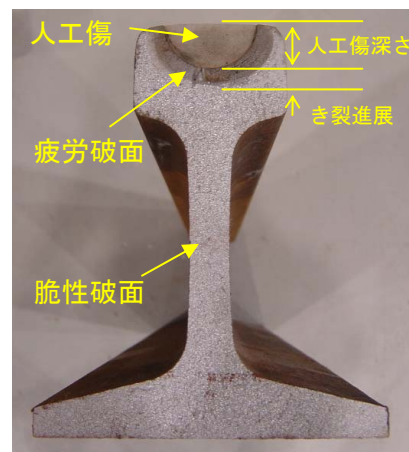


図-3 破断面外観写真



(a)人工傷 30mm



(b)人工傷 25mm



(c)人工傷 20mm(1)



(d)人工傷 20mm(2)

図-4 破断面外観拡大写真

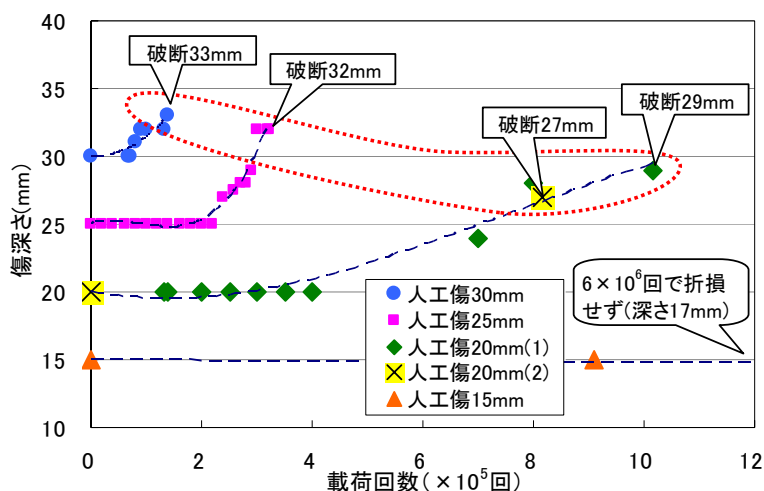


図-5 載荷回数と傷深さ