新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングのき裂進展に関する一考察

正会員	〇田中	俊史
正会員	水谷	淳
正会員	片岡	宏夫
正会員	及川	祐也
	正会員 正会員 正会員 正会員	正会員 〇田中 正会員 水谷 正会員 片岡 正会員 及川

表1 各供試体の試験条件

1. はじめに

現在,新幹線で使用されている高マンガン鋳鋼製 ノーズ可動クロッシングは,製造時に発生する鋳巣 と呼ばれる内部の微細な空隙を完全になくすことが 難しく,超音波による内部の探傷検査が困難である ことから,定期的に解体検査により表面上の傷の確 認を実施しており,保守管理に苦慮している.そこで 超音波探傷による検査の効率化や交換周期延伸によ るコスト低減を目標にレール鋼を用いた新幹線用ノ ーズ可動クロッシングを開発した¹⁾.開発したクロ ッシングの検査周期を検討するにあたり,傷の大き さと残存寿命の関係を把握する必要がある.

本報告では、可動レールの一様断面の供試体を製作し、き裂進展試験を実施し、き裂の進展特性を検討した結果について述べる.評価対象は図1のとおり可動レールの弱点箇所と想定される車輪乗り移り部および叉部基準線側の断面とした.





2. 試験概要

可動レール底部に発生するき裂の進展速度を把握 するため、底部端部に人工傷(1/4 円状のスリット) を放電加工により加工した供試体に対して、き裂進 展試験を実施した.き裂進展試験はレール曲げ疲労 試験機を用いて、支点間隔 1,000mm の片振り 3 点曲 げで実施した.応力条件は、人工傷から自然なき裂に 移行させることを目的に、き裂が 10mm にまで進展 する間は比較的高い応力振幅 140N/mm²を負荷した

供試体		人工傷の 長さ(mm)	曲げ応力 (N/mm²)		
車輪 乗り移り部	A1	7	最小:88 最大:228 振幅:140 広力比:0.20	■小·00 ■,	■ 小 · 00
	A2	7		最小:00 最大:188 振幅:100	
	A3	7			
	A4	5	ルンノコ にし・0. 39	心刀 広 · 0.47	
叉部 基準線側	B1	7	最小:84	最小:84	
	B2	7	最大:224 振幅:140	最大:224 最大: 振幅:140 振幅:	最大:184 振幅:100
	B3	7	応力比:0.38	応力比:0.46	



後,100N/mm²となるよう設定し,破断するまで繰り 返し載荷した.なお,き裂進展量はクラックゲージを 用いて測定することとし,その測定範囲はクラック ゲージの寸法上 25.2mm 以内である.表1に各供試 体の試験条件を,図2に試験概要を示す.ただし, 本き裂進展試験では一様断面による供試体を用いて いるため,営業線で発生するき裂進展とは異なる.

キーワード	レール鋼集	リノーズ可動クロッシング,	き裂進展試験,	き裂進展	速度
連絡先	〒185-8540	東京都国分寺市光町 2-8-38	(公財) 鉄道総合排	支術研究所	TEL042-573-7275

3. 試験結果

図3に供試体底側面と比較し、き裂の進みが速かった供試体底面のクラックゲージによるき裂進展試験結果を示す.この結果は人工傷を含めたき裂長さが10mmに達した時点からの載荷回数とき裂長さの関係を表す.図4に試験後の破面の例を示す.全体の特徴としてき裂が進展し、き裂長さの増加に伴ってプロットの傾きが増加しており、き裂進展速度が速くなる傾向を示した.



4. 推定値との比較

各供試体の断面形状を断面係数とレール高さが合 うように矩形断面へと置き換え,矩形断面の角に1/4 円形状のき裂に曲げ応力が作用するときの理論式

(式 1)²⁾から応力拡大係数 K_Iを求め,レール鋼の疲 労き裂進展則(式 2)に代入して,き裂進展速度 da/dN を算出した.なお,き裂進展速度の材料定数は応力比

(最小応力/最大応力) 0.1 および 0.5 で実施したき裂 進展特性試験から得られた値を用いた³⁾.図5に推 定値の算出に用いた矩形断面および式を示す.

図6にき裂長さと載荷回数の関係および5mm毎の 平均き裂進展速度とき裂長さの関係について試験結 果と推定値の比較を示す.試験結果は検討した2つ の推定値の範囲内に概ね収まった.推定値では各断 面を矩形断面に置き換えた影響,試験結果では供試



ただし、N:応力変動の繰り返し数、 ΔK_1 :有効応力拡大係数範囲 C、m:材料定数(C=7.23×10⁻¹³, m=3.65(応力比0.1)) (C=4.06×10⁻¹², m=3.26(応力比0.5))

図5 推定値の算出に用いた矩形断面および式



図6 試験結果と推定値の比較

体製作時の残留応力の影響といった検討項目はある が,発生応力からおおよそのき裂進展速度を推定で きる見通しを得た.

5. まとめ

新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングの可 動レールの2つの断面におけるき裂進展試験を実施 した.き裂の長さの増加にともないき裂進展速度は 速くなる傾向を示し,理論式により発生応力からお およそのき裂進展速度を推定できる見通しを得た. 今後は断面や残留応力を考慮したき裂進展解析シス テムによる解析³⁾を実施するとともに,実軌道にお けるき裂進展速度を推定し,開発したクロッシング の検査周期を検討する.

【参考文献】

- 及川他:新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングの開発,鉄道総研報告, Vol.29, 2015.
- 2) Y.Murakami 他: STRESS INTENSITY FACTORS HANDBOOK, Volume2, p714-p715, 1987.1
- 3) 水谷他:有限要素法を用いたレールき裂進展速 度に関する解析手法の精度検証,土木学会第72回 年次学術講演会,2017.9