

PCまくらぎ劣化度評価の一考察

○ JR西日本 正会員 津田 晃宏
JR西日本 正会員 松本 亮介

1. はじめに

現在、PCまくらぎの損傷における判定は、ひび割れ長さ等によるPCまくらぎの外観状態を評価している。この外観による状態に応じた判定ランクにより交換等の処置を決定しているが、判定ランクとPCまくらぎ強度との関連は不明瞭であり、その耐用年数も不明確である。

以上のことから、本研究では、PCまくらぎの各種試験を行いPCまくらぎの強度評価および今後の管理方法の提案を目的とする。

2. PCまくらぎ損傷の現状

ひび割れ損傷種類¹⁾は以下のとおりである。

- ①縦割れ
- ②レール直下の破砕
- ③斜め割れ
- ④横割れ
- ⑤ショルダー欠損
- ⑥縦ひび割れ及び亀甲状ひびわれ

山陽新幹線において、①～⑤の発生箇所は少ないことから、最も多くに発生している⑥について今回検証を行うこととした。

3. PCまくらぎ損傷に対する検証

(1) 断面形状の変化

開業当初のPCまくらぎ(3T)での断面寸法調査²⁾を行った結果を表-1に示す。敷設から20年経過しても、断面寸法は標準寸法と大きな変化がなく経年による断面減少は発生していない。

表-1 3Tまくらぎの断面測定結果

	標準寸法又は標準重量	敷設20年経過まくらぎ
底面幅 (レール位置)	283mm±3mm	最大値 280mm 最小値 275mm
底面幅 (まくらぎ中央)	230mm±3mm	最大値 230mm 最小値 226mm
重量	259kg	平均値 261kg

(2) 曲げ強度試験

JIS E1201(プレテンション式PCまくらぎ)の規格に則り、判定ランク別に敷設後30年以上経過したまくらぎ(84本)に対して曲げ強度試験を行った結果を表-2に示す。なお、判定ランクによるPCまくらぎの状態を表-3に示す。

表-2 まくらぎ曲げ試験結果

損傷 ラン ク	本 数	曲げ強度試験(レール座面)				曲げ強度試験(中央断面)			
		実測値/JIS 耐力							
		P1		P3		P1		P3	
		1 以 上	1 未 満	1 以 上	1 未満	1 以 上	1 未 満	1 以 上	1 未満
A	26	21	5	26	0	26	0	26	0
B	19	17	2	19	0	19	0	19	0
C	39	25	14	33	6	39	0	39	0

P1…初期破壊強度に対する比較 P3 最終破壊強度に対する比較

表-3 PC まくらぎ判定ランク

判定	解説図	説明
A		(右図内では一と表記) ひび割れ幅が0.2mm程度以下のもの ひびの長さが100mm程度以下のもの (配置)ひび割れの通行に注意する
B		(右図内では一と表記) ひび割れ幅が0.5mm程度以下のもの ひび割れが貫通もしくはつながりかけのもの 小さいひび割れが全体に散在しているもの 外受け部に亀裂のあるもの(亀甲状にはなっていない) (配置)定期的にはひび割れの通行を確認する
C		(右図内では一と表記) ひび割れ幅が1mm程度以上のもの 外受け部に亀甲状の亀裂が強く発生しているもの ひび割れが貫通もしくはつながっているもの 受け台の欠損が認められるもの (配置)交換を要する

外観による交換基準に達した判定ランクCの損傷まくらぎであっても、中央断面の損傷はPCまくらぎの強度に対しては問題がないと考えられる。一方、レール座面の損傷は、初期破壊強度P1に対しては14本/39本、最終破壊強度P3に対しては6本/39本においてJISによる耐力を下回る結果となった。

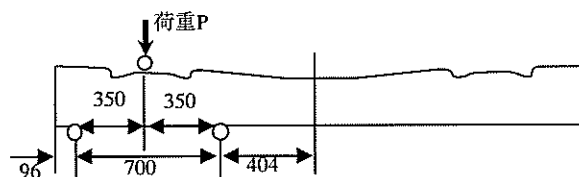


図-1 曲げ強度試験方法(レール座面)

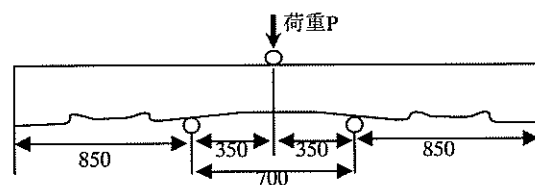


図-2 曲げ強度試験方法(中央断面)

キーワード PCまくらぎ, 3Tまくらぎ, 3Hまくらぎ, まくらぎ切断試験, 埋込栓引抜試験

連絡先 〒802-0002 福岡県北九州市小倉北区京町4丁目7番 西日本旅客鉄道株式会社 新幹線管理本部 小倉新幹線保線区 TEL093-541-69

(3) まくらぎ切断試験

PCまくらぎの内部状態を確認するため、敷設から30

年以上経過したPCまくらぎの切断試験を行った。なお、前項の曲げ強度試験の結果より、主にレール座面付近の損傷について検討した。

PCまくらぎの埋込栓部(左右内外:4箇所)、レール直下(左右:2箇所)およびまくらぎ中央部(1箇所)の計7箇所の切断をレール長手方向に行った。切断したPCまくらぎは、22本であり、新品2本、敷設30年以上のまくらぎ20本(うち埋込栓の補修履歴があるもの10本、レール座面にクラックが多数発生しているものが10本)である。

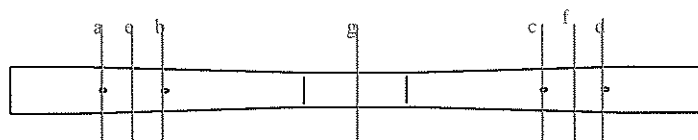
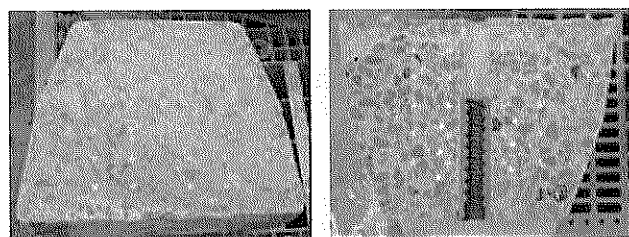


図-3 PC まくらぎ切断位置

まくらぎ切断試験を行った結果を以下に示す。

- ①ほぼ全数について、レール下部(e,f)よりも埋込栓部(a,b,c,d)付近の方が、ひび割れ損傷が著しい。また、水抜き穴から底部にひび割れが発生している。
- ②PCまくらぎ中央部(g)の損傷は2～10mm程度のひび割れ長さであって、PCまくらぎ自体に直接影響の大きい損傷はないと推測される。
- ③フェノールフタレイン溶液をまくらぎ切断断面に塗布すると、敷設30年以上のまくらぎ断面には、若干の中性化が確認でき、敷設年が経過する毎に中性化が進行する可能性がある。なお、新品のまくらぎについては変化がみられなかった。
- ④全てのPCまくらぎで、PC鋼より線の腐食等は確認が出来なかった。また、ひび割れについてもPC鋼より線まで至っているものは発見することが出来なかった。しかしながら、中性化の影響が懸念される。



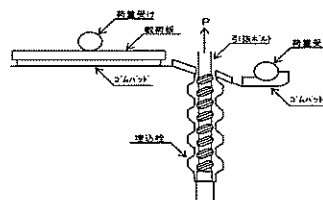
敷設30年以上PCまくらぎ 新品PCまくらぎ

写真-1 PCまくらぎ切断後

以上より、埋込栓部が他の箇所より損傷が著しい。また、経年による中性化の進行が見られるが、PC鋼より線の腐食やひび割れがPC鋼より線まで至っていないことを考慮すると、PCまくらぎの強度評価として、埋込栓部の強度が支配的であるといえる。

(4) 埋込栓引抜強度試験

JIS E1201(プレテンション式PCまくらぎ)の規格に則り、敷設から35年経過したPCまくらぎ45本(90箇所)に対して埋込栓引抜き強度試験を行った試験方法を図-4に示す。



※実際のレール締結装置を想定して、六角ボルトのレール座面からの出越量は78.5mmを標準とした。

図-4 埋込栓引抜強度試験

試験の結果、多くのPCまくらぎが、埋込栓の深さ100mm程度の位置で埋込栓が折損してしまうことがわかった。この位置は、実際の締結した状態における六角ボルト先端の位置であり、列車加重等により六角ボルトが振動し、埋込栓の折損が発生していくものと考えられる。

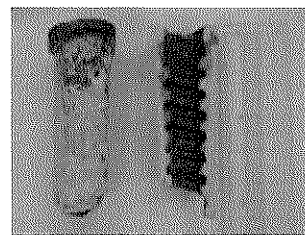


写真-2 埋込栓引抜試験後

PCまくらぎからの埋込栓の浮き量と引抜強度の関係および埋込栓部周辺のまくらぎに損傷の有無の分けを図-5に示す。

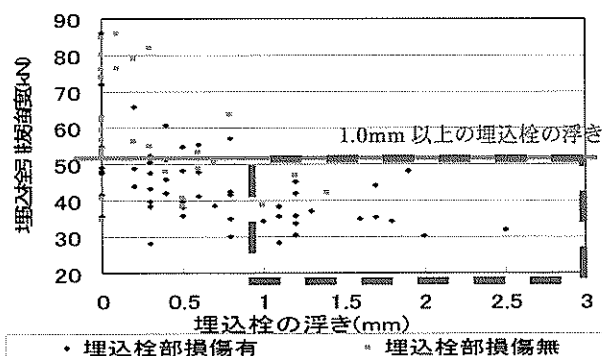


図-5 埋込栓引抜試験結果

埋込栓の浮き量が1.0mm以上であれば、すべてのサンプルにおいて埋込栓引抜強度(基準=50kN)を下回る結果となった。また、埋込栓の浮き量が多いほど埋込栓引抜強度が比較的低いことがわかり、埋込栓の浮き量と引き抜き強度に相関が見られる結果となった。全体の結果としては、55箇所/90箇所中(62%)において基準強度を下回る結果となった。

4. まとめ

PCまくらぎの損傷において、埋込栓部に最も大きな強度低下が見られ、埋込栓の浮き量が1.0mm以上においては、すべてのサンプルにおいて埋込栓引抜強度(基準=50kN)を下回る結果となった。また、埋込栓の浮き量が多いほど引抜強度が低い傾向にあることから、PCまくらぎ管理として、埋込栓の損傷状態を把握することが重要であることがわかった。

最後に、試験に協力していただいた(株)シーピーケイをはじめ関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 交通新聞社:軌道構造と材料、pp189～193、2001
- 2) 鉄道総合研究所:新幹線PCまくらぎの劣化調査と更新基準に関する研究、1998