

PC まくらぎの現状評価

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○中村 貴章
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 田淵 剛

1. はじめに

在来線の PC まくらぎは、1960 年代から本格的な導入が始まり、敷設後 50 年以上が経過したものが数多く存在している。PC まくらぎの管理においては、視覚的な基準に基づき健全性が判定され、不良と判断されたものを順次交換しているが、総数量に対する交換の割合は非常に少ない。今後、PC まくらぎが一斉に交換基準に達し老朽取替えが急増する可能性が懸念される。鉄道事業を円滑に運営していく上で、このような累積荒廃の顕在化への懸念に対する備えが必要であると考え。そのため、各種強度試験等により PC まくらぎの現状を把握することとしたので、以下に報告する。

2. PC まくらぎ強度試験等

強度試験等に使用したまくらぎの種類は、東海道線、山陽線、北陸線に敷設されていた 3 号・6 号とした。線路緒元（貨物走行の有無、通トン、曲線半径）や軌道状態（噴泥、浮き、白石化）保守履歴（レール交換、設定替え）を評価に活用する情報とした。PC まくらぎ製造年毎に、1960～1964、1965～1969・・・2005～2009 の 10 期に区分し、1 期 5 本×10 期×2 種（3 号、6 号）×3 エリア＝300 本を試験対象とし、H24 年度に 137 本について無作為に抽出した。試験項目は以下である。

外観による劣化調査：ひび割れ、長さ・幅、まくらぎ下面のすり減り量を測定した。

埋込栓の引抜保証・破壊強度試験：JIS E1201, JIS E1202 に準拠した方法により実施した。

PC まくらぎの曲げ保証・破壊強度試験：JIS E 1201, JIS E1202 に準拠した方法により実施した。

コンクリートの中酸化深さの測定：JIS A1152 に準拠した方法により実施した。

コンクリートの圧縮強度試験：JIS A1108 に準拠した方法により実施した。

残留プレストレス量の測定：PC 鋼より線をはつり出し、鋼より線の長さの差から残留率を推定した。

3. PC まくらぎ強度試験等において確認された事実および考察

(1) 外観による劣化調査（図 - 1、2）

まくらぎ上面の表面において、縦方向の顕著なひび割れ（以下、「ひび割れ」と称す）が全体の 11%で確認された。横方向のひび割れは全体の 5%であった。また、まくらぎ下面の表面において、縦方向のひび割れが全体の 3%で確認された。横方向のひび割れが全体の 37%であった。バラストに埋まっているまくらぎ下面などの不可視な部位（橙色）でのひび割れが相当数発生していることがわかった。

すり減り量は、製造年が古いほど大きい傾向にあった。6 号まくらぎは、曲線部に敷設されていることから、横圧や軌道状態等の影響を受けてまくらぎが小移動を繰り返し、3 号よりもすり減り量が大きくなったと考えられる。

(2) 埋込栓の引抜保証・破壊強度試験（図 - 3）

旧 3 号・3 号の埋込栓の引抜荷重は、26%が JIS に規定される破壊荷重を下回り、破壊形態は、全てが埋込栓内のねじ山破壊であった。また、6 号の埋込栓の引抜荷重は、33%が破壊荷重を下回り、破壊形態の内訳は、77%がねじ山破壊、23%点がコンクリート破壊であった。強度試験前に実施した（1）外観による劣化調査によ

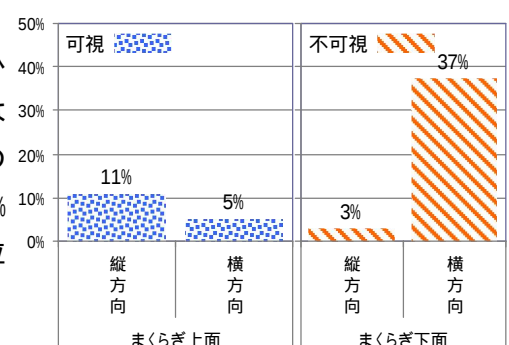


図 - 1 ひび割れ種類・発生位置

キーワード PC まくらぎ，ひび割れ，すり減り，埋込栓，曲げ強度，プレストレス

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目 4 番 24 号 西日本旅客鉄道株式会社 施設部 TEL 06-6375-2156

るひび割れスケッチから、破壊荷重以下でコンクリート破壊していた点は埋込栓を貫くひび割れが確認できたことから、埋込栓周辺のひび割れにより埋込栓とコンクリートが縁切れしていたと考えられる。

これらの傾向は、埋込栓の引抜強度の低下がレール交換等の保守履歴に支配されていることが推定される。また、1996 年製造より新しい引抜荷重が保たれていることから、1993 年の埋込栓の材質変更（ナイロン化）により材質劣化がし難くなったと考えられる。

（３） PC まくらぎの曲げ保証・破壊強度試験（図 - 4）

経年により破壊荷重が低下している傾向がみられる。全体の 4%が JIS に規定される破壊荷重を下回っていた。スケッチから PC まくらぎ下面に横方向のひび割れが確認できたことから、ひび割れが鋼より線まで達し、錆や腐食等によりプレストレスが減少し、破壊荷重が低下したと考えられる。また、旧 3 号は錆付き 2 本鋼より線で付着力を得ており、コンクリートとの付着力が弱く、鋼より線がすべり込んだと考えられる。

破壊荷重を下回った点と同区間に敷設されていた同年代のまくらぎは、プレストレス量の平均残留率が 70%、77%と低かったことから、プレストレス量の減少が曲げ強度に影響したと考えられる。

（４） コンクリート中性化深さの測定

コンクリート中性化深さの測定したところ、すべての引抜コアにおいて、中性化は確認されなかった。乾湿を繰り返すまくらぎ上面と、湿潤側の下面では、違いはみられなかった。PC まくらぎのコンクリートは、低含水、高強度で密実であるため、中性化は進みにくいと考えられる。

（５） コンクリートの圧縮強度試験

引抜コアの圧縮強度は、 $48.2 \sim 90.7 \text{ N/mm}^2$ に分布し、99%が設計基準強度 49 N/mm^2 を満足していた。引抜コアの圧縮強度は、通トンや経年による強度低下はみられず、一定の強度を保っていることが分かった。

（６） 残留プレストレス量の測定（図 - 5）

経年により平均残留率が低下している傾向がみられる。スケッチから各種ひび割れが確認できたことから、ひび割れがプレストレス量の低下に影響しているものと考えられる。鋼より線ごとに残留率をみると、経年によりばらつきが大きくなっている。まくらぎ下面の鋼より線ほど残留率が低下していたことから、より大きい曲げ応力の影響を受けることで、付着力が弱まり、プレストレスが低下すると考えられる。

４．まとめ

埋込栓の引抜強度は保守履歴によるねじ山の損傷や埋込栓の材質劣化により低下し、曲げ強度は経年によりすり減り、ひび割れ、プレストレス量といった種々要因の影響を受けて低下していることが推察できた。

PC まくらぎの管理は、PC まくらぎの機能が失われる前に上記現象を捉え、交換の可否を判断しなければならないが、バラスト内に埋まっている PC まくらぎの「すり減り」および、レール下やまくらぎ下面に隠れた「ひび割れ」、コンクリート内の「PC 鋼材の腐食」を捉えることは困難である。在来線に敷設後、40 年以上経過した PC まくらぎの劣化データの蓄積および、劣化の分析により PC まくらぎの余寿命を推定して交換基準を策定する意義があるものといえる。今後、個別の要因ごとに検討を進め、PC まくらぎの余寿命の推定に取組みたいと考える。

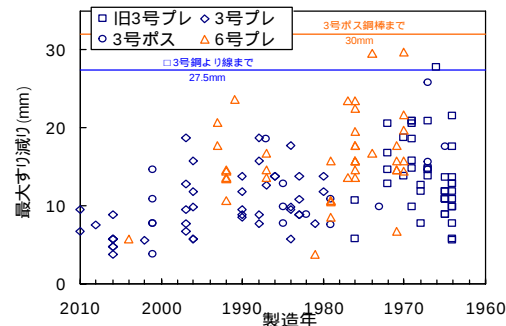


図 - 2 すり減り量の測定

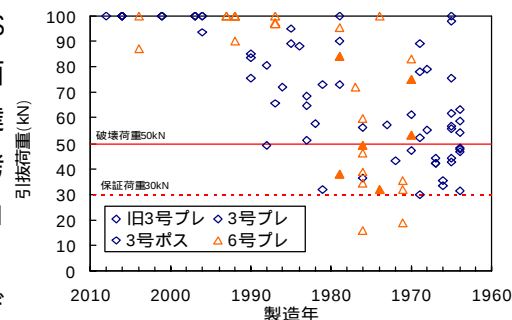


図 - 3 埋込栓の引抜保障・破壊強度試験

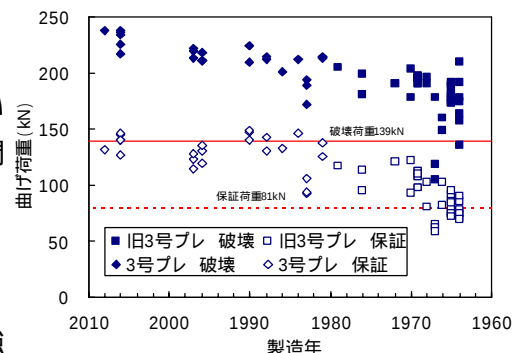


図 - 4 曲げ強度試験（レール座面）

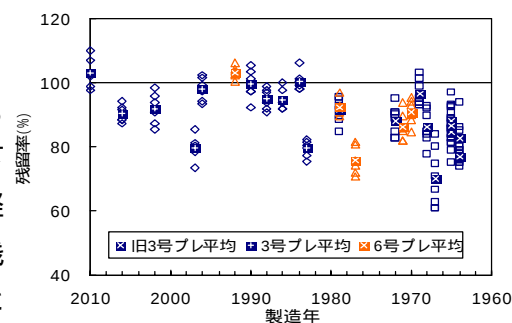


図 - 5 残留プレストレス