下級線用 PC まくらぎの改良開発

東日本旅客鉄道株式会社　正会員　○須江　　政喜
同上　正会員　　河野　由美子
同上　正会員　　堀　　雄一郎

1. はじめに

現在，当社では下級線区において木まくらぎから PC まくらぎ化する際には下級線用 PC まくらぎを使用している[1)]。この下級線用 PC まくらぎは材料費の低廉化を図るためコンクリート量を削減する目的でまくらぎ断面やまくらぎ長さを短くする一方で，道床横抵抗力を確保するためまくらぎ底部に突起を設けている。しかし，まくらぎ底部に突起があるためにまくらぎ交換時の道床掘削深さが大きくなることから施工性向上が課題となっている。

本稿では下級線用 PC まくらぎの底部突起に替わる道床横抵抗力向上策を検討し，性能照査および試作品を用いた性能確認試験を実施した。

2. 現行の下級線用 PC まくらぎ

1998 年に当社で開発した下級線用 PC まくらぎは，まくらぎ断面を小さくすることでコンクリート量を削減し，低廉化を実現した。これは，在来線で一般的に使用されている P5H（50N 用パンドロール型締結構造）まくらぎと比較して使用するコンクリート量が約 14%減少している。まくらぎ端部の形状は幅が 20mm，高さが約 20mm 減少し，まくらぎ長さは 2000mm から 1900mm と小さな設計となっている。断面形状・マクラギ重量を削減した分，道床横抵抗力が減少することから，レール下位置にまくらぎ直角方向に 50mm の翼部を設け，さらに底部に 50mm の突起を設けている。図 1 に現行の下級線用 PC まくらぎの写真を示す。

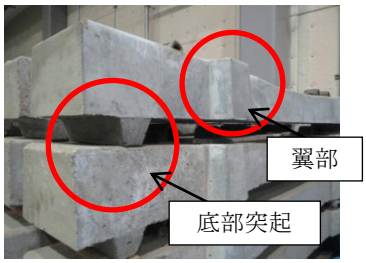

図 1　下級線用 PC まくらぎの底部突起

底部突起を設けることで，道床横抵抗力を確保することが出来たが，導入後にまくらぎ交換時の道床掘削深さが大きくなり施工性向上が課題となっていることから，底部突起に替わる横抵抗力向上策を検討した。

3. 改良型 PC まくらぎの設計・検討

3.1 概要

まくらぎ底部突起に依らず所定の道床横抵抗力を確保可能な下級線用 PC まくらぎの設計・試作および性能試験を行った。現在は下級線区のほとんどが定尺区間であるが，ロングレール化を行うことも想定し，ロングレール敷設区間の必要道床横抵抗力である 1 本当たり 400kgf（≒3.95kN）以上を満足することを条件とした。これは，当社の規定により下級線 50N レールの曲線半径 400m 未満 300m 以上に使用する場合を想定している。

設計は「軌道構造物等設計標準・同解説　軌道構造[2)]（以下，設計標準)」に基づいた性能照査を満足するようにした。また，PC まくらぎとして JIS　E1201(プレテンション式PC まくらぎ)に定められた規格を満足することとした。

性能照査を満足することを確認した後，試作品を製作し道床横抵抗力測定試験や絶縁抵抗力試験を行った。

3.2　設計条件

下級線用の改良型 PC まくらぎは以下の条件により設計・検討した。

- ✓　設計レール圧力：72 kN（中・下級線想定[3)]）
  （貨物列車走行の場合：85kN）
- ✓　適用線区：年間通トン 1000 万トン以下
- ✓　最高列車速度：130km/h 以下
  （貨物列車走行の場合:100km/h 以下）
- ✓　耐用年数：50 年

3.3　形状の検討

バラスト道床で用いられる狭軌（G＝1067mm）用まくらぎでは，発生する正負曲げモーメントに対してバランスが良いまくらぎ長さは 2000mm であり，これよりまくらぎが長い場合は正曲げが卓越し，短い場合は負曲げが卓越する傾向にある[4)]。

したがって，G=1067 に対して 1900mm の長さを採用している当社の下級線まくらぎは，負曲げ卓越傾向となる。負曲げを低減させるためには，道床からの反力モーメントを増加させることが有効である。

今回，レール位置および中央からの短尺化（L=2000→1900）による不足モーメントを算出し，レール位置より外側に必要な増幅量や翼の必要面積を試算した。

キーワード　PC まくらぎ，下級線用，道床横抵抗力
連絡先　〒331-8513　埼玉県さいたま市北区日進町 2－479　JR 東日本　研究開発センター　テクニカルセンター
Tel　048-651-2389

その結果，まくらぎ中央を細くし，端部を幅広くすることが有効であるため平面形状を鼓形形状とし，短尺化による負曲げを低減させ,PC 鋼材の配置を見直すことでまくらぎ耐力を向上した。道床横抵抗力の観点から考えても鼓形形状とすることは有効である。

また，底部突起を省略し不足する道床横抵抗力分を補う目的で，翼の張出長を大きくすることを検討した。

3.4 改良型の形状

前述の検討結果をもとに，改良型の下級線用 PC まくらぎを設計した。現行および改良型まくらぎの寸法比較を表 1 に，形状を図 2 に示す。まくらぎ端部の幅が現行まくらぎよりも広くなり，改良曲線用は道床横抵抗力を確保するために翼の張出長が約 20㎜大きくなっているが，底部突起を解消したため総重量はほぼ変わらず同等である。

表 1　現行および改良型下級線用 PC まくらぎの寸法

名称	長さ (㎜)	幅（㎜） 端部	高さ（㎜） レール下	翼の張出長 (㎜)	重量 (kg)
改良直線用	**1900**	**240**	**140**	**50.4**	**137.5**
改良曲線用	**1900**	**280**	**140**	**69.5**	**160**
現行直線用	1900	220	140	50	142.5
現行曲線用	1900	240	140	50	160

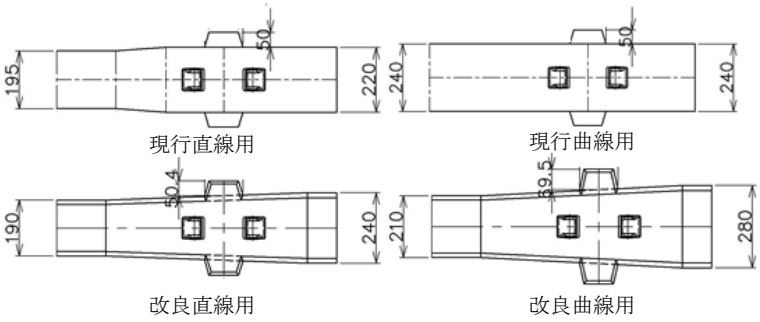

図 2　現行および改良型下級線用まくらぎの形状

3.5 改良型の性能照査

改良型 PC まくらぎの性能照査は，設計標準に基づき限界状態設計法を用いて各限界状態について行った。その結果，使用性外観，安全性破壊，安全性疲労破壊の全てにおいて満足した。

3.6 道床横抵抗力の試算

設計標準によると，まくらぎ 1 本あたりの道床横抵抗力は次式にて算定すればよいことになっている。

$$g_0 = aW_m + b\gamma_B g_t + c\gamma_B g_s$$

上式のうち，第 1 項はまくらぎ重量に起因する底面摩擦,第 2 項は端面抵抗,第 3 項は側面抵抗となっている。上式を用いて道床横抵抗力の試算を行った結果，直線用については 5.2kN/本，曲線用については 6.1kN/本となった。よって，いずれも必要道床横抵抗力 3.95kN/本を満たしている。

3.7 性能確認試験

改良型まくらぎを試作し，4 項目について性能確認試験を行った。以下にその結果を示す。

(1) 引抜き試験

JIS　E1201「プレテンション式 PC まくらぎ」または JIS　E1202「ポストテンション式 PC まくらぎ」に定められている試験方法により，引抜破壊荷重を確認した結果，破壊，ひび割れの設計限界値に対して十分満足する結果であった。

(2) 曲げ試験

供試まくらぎの曲げ強さについて載荷試験を行った結果，設計限界値に対して十分満足する結果であった。

(3) 電気絶縁抵抗試験

在来線用の PC まくらぎに必要な電気抵抗値は 2.0Ω/km[2)]であり，下級線用 PC まくらぎの敷設本数について 39＋2 本/25m とし，まくらぎ 1 本あたりに必要な電気抵抗値を 3.2kΩ/本と算出した。試験は乾燥状態，降雨状態，汚損状態を想定して行い，全ての条件において所定の抵抗値を有していることを確認した。

(4) 道床横抵抗力確認試験

道床横抵抗力試験の測定結果を表 2 に示す。直線用・曲線用ともに必要道床横抵抗力の 3.95kN/本を満足している。

表 2　道床横抵抗力確認試験　測定結果

種類	実測1	実測2	実測3	実測平均値	理論値
改良直線用	5.63	5.58	5.96	5.72	5.20
改良曲線用	5.78	5.83	6.43	6.01	6.09

4. まとめ

下級線用 PC まくらぎについて，底部突起に替わる道床横抵抗力向上策を検討し，まくらぎ中央が細く，まくらぎ端部の幅広い鼓形形状の PC まくらぎを設計した。また，曲線用については道床横抵抗力を確保するために翼の張出長を 20㎜大きくし,必要道床横抵抗力(3.95KN/本）を満たす形状とした。

詳細設計に基づく試作品を用いて所要の性能確認試験を実施し，所要の性能を満足することを確認した。

【参考文献】

1) 沼倉他，「中・下級線用まくらぎの開発」，土木学会第 55 回年次学術講演会，(2000 年 9 月）
2) 公益財団法人　鉄道総合技術研究所「軌道構造物等設計標準・同解説 - 軌道構造」
3) 宮本他，「線路」，1980 年 7 月
4) 三浦他，鉄道現業社，「新版軌道材料」，2011 年 5 月初版