

P Cまくらぎの薄型化に関する研究

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○澁谷 聡一
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 須江 政喜
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 堀 雄一郎

1. はじめに

現在、営業線においては、特殊区間および閑散線区を除き、コンクリート製のP Cまくらぎが主に採用されている。P Cまくらぎの設計は、約 50 年前に開発された当時の考え方によるもので、現在も継続して採用されている。

敷設後 30 年から 50 年程度経過したP Cまくらぎのうち、不良まくらぎの劣化状況や性能について調査を行ったところ、不良要因の大半は埋込栓の強度不足によるものであり、圧縮強度、曲げ強度、P C鋼材のプレストレス量・腐食状況については、敷設年数によらずおおむね健全であることを確認している。¹⁾

一方で、営業線上にてレール下の軌道パッドに圧電センサーを用い、レール圧力を実測することで、直線、非継目部における輪重とレール圧力の関係について検証中である。

これらを受けて本研究においては、P Cまくらぎの厚さは過大であるのではないかという仮説の下、レール圧力とまくらぎ厚さの関係について分析を行い、P Cまくらぎの薄型化について検討を行うこととした。また実際に試作を行い、JIS に基づく性能確認試験を行った。

2. まくらぎ最薄断面の検討

まくらぎ薄型化のための基礎条件は、表1のとおりとした。現行、営業線で140mmまでの薄さにて敷設されていることから、P C 鋼棒径、かぶり、あき、P C鋼棒を緊張させる際のダボ孔径等を考慮し、最小厚さを考えるうえでクリティカルとなるまくらぎのレール直下部の厚さについて60mm から10mm 毎に140mm までについて、それぞれの厚さにおいて最大強度となるP C 鋼棒径、P C鋼棒配置および断面形状を検討した。なお、まくらぎ最小厚さは、以下に示す(1)～(3)の条件により検討した。

(1)使用するP C鋼棒径およびダボ孔径は、まくらぎ製作用場での製造実績をもとに、φ11mm(ダボ孔径40mm)、φ13mm(ダボ孔径45mm)、φ17mm(ダボ孔径55mm)とした。より太いP C鋼棒を挿入するように設定した。

(2)まくらぎ厚さ100mm以上はP C鋼棒の2段配置が可能となるため、P C鋼棒の配置を60mm～90mmについては1段配置(2本)、100mm～140mmについては2段配置(4本)とした。

(3)支圧板部のかぶり厚については、JIS3号まくらぎでの実績値である最小かぶりが9.5mmであることから10mmとした。

以上を元にまくらぎ厚さを以下の算出式にて設定した。

- ・P C鋼棒1段配置の場合のまくらぎ最小厚さ＝ダボ孔径＋(支圧板かぶり×2)
- ・P C鋼棒2段配置の場合のまくらぎ最小厚さ＝(ダボ孔径×2)＋(支圧板かぶり×2)

なお、まくらぎ幅については支圧応力度の制限値 $0.4f_{ck}$ (f_{ck} =コンクリート設計基準強度)を満足するように支圧板幅を決定し、厚さと同様にかぶりを10mmとして算出した。まくらぎ厚さ70、80、90、120、140mmにおいては、P C鋼棒配置において偏心が可能であるため、下方向に偏心配置させた。表2に検討断面及び使用鋼棒を示す。

キーワード P Cまくらぎ、設計、性能確認試験

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 東日本旅客鉄道(株)テクニカルセンター TEL048-651-2389

表1 まくらぎ薄型化のための基礎条件

・軌間1067mm(狭軌)、60Kレール、パンドロール締結装置使用
・まくらぎ長さ2,000mm、設計基準強度70N/mm ²
・ポストテンション (P0) 形式

表2 まくらぎ検討断面及び使用鋼棒

まくらぎ 厚さmm	まくらぎ 幅mm	鋼棒 段数	鋼棒 本数	使用 鋼棒	偏心 可否
60	210	1	2	φ 11	×
70	255	1	2	φ 13	○
80	290	1	2	φ 17	○
90	290	1	2	φ 17	○
100	220	2	4	φ 11	×
110	270	2	4	φ 13	×
120	270	2	4	φ 13	○
130	300	2	4	φ 17	×
140	300	2	4	φ 17	○

3. 各まくらぎ厚さにおける設計レール圧力の算出

前項で求めたまくらぎ断面に対して、性能照査を行った。²⁾³⁾レール直下位置断面に対する設計限界値（断面耐力）と、まくらぎに作用する設計応答値を用いて、表3を満足する設計レール圧力を算出した。なお、曲げ圧縮応力度の制限値については、疲労破壊の照査を実施しなくてもよい 19.0N/mm^2 ³⁾とし、安全性破壊の照査と、疲労照査不要限度の照査とに分けて実施した。

(1) 設計応答値算出に関する道床反力仮定

本研究では、MTT 等による整備が十分なされているとし、また著大な横圧が作用しないものとして、応答値として、図1に示すようなまくらぎ底面で一様に道床反力を受けている道床反力を仮定して算出した。

(2) 照査による算出結果および考察

設計レール圧力とまくらぎ厚さの関係を図2、図3に示す。性能照査を行ったところ、各まくらぎ厚さにおいて偏心させることで耐力が向上することがわかったため、偏心できるまくらぎ厚さでは偏心させ、最大レール圧力をそれぞれの断面で算出した。これより、例えば、まくらぎ厚さ 80 mm では 45kN 以上のレール圧力で安全性破壊に達すること、39kN～45kN においては疲労破壊が懸念され照査を要すること、39kN 以下で疲労照査なくして耐力を確保できることがわかる。安全性破壊のみに着目した場合、まくらぎが厚くなるほど設計レール圧力が大きくなることがわかった。

4. 薄型まくらぎの試作および性能試験

本研究において、厚さ $H=70\text{mm}$ (鋼棒 1 段)について試作を行った。(写真 1) これらについて JIS E 1202 ポストテンション式 PC まくらぎに基づき、3 本ずつレール直下下縁、まくらぎ中央上縁に対して曲げ破壊試験を行った。保証荷重はまくらぎにひび割れ、その他変状が生じてはならない荷重値、破壊荷重はまくらぎが破壊してはならない荷重値として算出した値である。表 4 の通りいずれも保証荷重、破壊荷重を満足する結果を得られた。また埋込栓引抜試験においても表 5 の通り、保証荷重、破壊荷重を満足していることを確認した。

5. まとめおよび今後の必要検討項目

本研究では、まくらぎの薄型化を目指すうえでクリティカルとなる一様道床反力を仮定してレール位置断面でのまくらぎ厚さとレール圧力の関係を求めた。以下に今後の必要検討項目を挙げる。こうした問題を検討し、線区条件に応じて適切なまくらぎの適用を図っていきたいと考えている。

- ・輪重とレール圧力の関係および横圧の把握と評価
- ・まくらぎ中央断面における設計検討
- ・電気絶縁抵抗についての確認
- ・道床横抵抗力の確保方法についての検討(ショルダー突出部の活用)

参考文献

- 1) 須江ほか；既設 PC まくらぎの劣化状態に関する研究(J-RAIL2014) 平成 26 年 12 月
- 2) 鉄道総合技術研究所編；鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造 平成 24 年 1 月
- 3) 鉄道総合技術研究所編；鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物 平成 16 年 4 月

表3 性能照査についての要求性能

安全性破壊照査	設計応答値／設計限界値 ≤ 1.0
疲労照査不要限度照査	曲げ圧縮応力度が 19.0N/mm^2 以下かつ設計応答値／設計限界値 ≤ 1.0



図1 応答値算出道床反力モデル

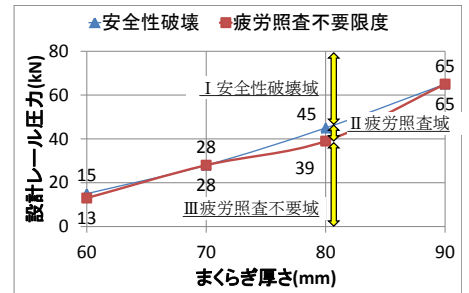


図2 まくらぎ厚さとレール圧力の関係（鋼棒1段）

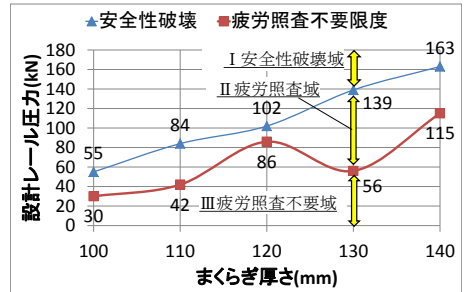


図3 まくらぎ厚さとレール圧力の関係（鋼棒2段）

表4 曲げ破壊試験結果(単位: kN)

レール直下下縁			まくらぎ中央上縁		
No.	保証荷重	破壊荷重	No.	保証荷重	破壊荷重
1	40.0	53.0	1	44.0	63.0
2	40.0	49.0	2	40.0	54.0
3	40.0	51.0	3	43.0	62.0

表5 埋込栓引抜試験結果(単位: kN)

No.	保証荷重	破壊荷重
1	合格	104.0
2	合格	94.0
3	合格	98.0



写真1 試作した薄型まくらぎ(H=70mm)