

転換装置内蔵分岐まくらぎの耐曲げ荷重試験と破壊に関する安全性の照査

鉄道総合技術研究所 正会員 ○山本 智之
 鉄道総合技術研究所 正会員 玉川 新悟
 鉄道総合技術研究所 正会員 中野 哲弥

1. はじめに

2018 年度より分岐器の更なる保守省力化を目標として分岐器の転換装置をまくらぎに内蔵した新たな転換機構の開発を行っている。2018～19 年度にかけて電動油圧アクチュエータを用いた転換装置と転換装置を内蔵する合成まくらぎ（以下、分岐まくらぎ）を試作し、散水試験、転換試験¹⁾および分岐まくらぎの安全性の照査²⁾を実施した。2020 年度は上記試験で明らかとなった問題を改善するため、転換装置と分岐まくらぎを改良し性能確認を実施することとした。本稿では新たな形状の分岐まくらぎ（図 1）に対して実施した耐曲げ荷重試験と破壊に関する安全性の照査の結果について報告する。

2. 性能照査の概要

合成まくらぎの性能は、JIS E 1203（以下、JIS）³⁾に規定されており、材料強度に関しては曲げ強さ、曲げヤング率、耐曲げ荷重などがあり、耐曲げ荷重に関しては「受渡当事者間の協定によってほかの寸法・断面形状で行ってもよい」と記載がある。分岐まくらぎは断面寸法が JIS の試験体とは大きく異なるため上記ケースに該当すると考えられるが、その試験方法や規格値については示されていない。そこで本研究では、2019 年度に実施した分岐まくらぎの安全性の照査²⁾を参考として、JIS の耐曲げ荷重試験に準拠したうえで、鉄道構造物等設計標準 軌道構造（以下、設計標準）⁴⁾の照査方法に基づいた破壊に関する安全性の照査を実施した。図 2 に設計標準に記載された性能照査フローを示す。同図に示す軌道構造係数 γ_i は、合成橋まくらぎの設計法に関する過去の文献⁵⁾を参考に 3.0 とし、その他の各安全係数は 1.0 とした。

3. 設計応答値と設計限界値

まず、分岐まくらぎの設計応答値 I_{Rd} を算定する。作用の特性値 F_k （＝設計作用 F_d ）であるレール圧力 P とレール横圧力 Q は、設計標準の 12 章分岐器類より、在来線における静的軸重 75kN に変動係数（輪重 1.3、横圧 0.8）を乗じ、さらに分散係数 1.0 を乗じることで算出した。結果、レール圧力は 97.5kN、レール横圧力は 60kN となる。応答値 $I_R(F_d)$ （＝設計応答値 I_{Rd} ）は、

設計作用 F_d が分岐まくらぎに作用した場合における最大曲げ応力であり、過去の文献⁶⁾で示された 3 ケースの道床反力と設計作用の組合せ（図 3）から算定した。なお、曲げ応力は引張方向を正とし、曲げ応力の算定には分岐まくらぎの排水孔、転換装置固定用インサートおよび凹部角部の R12.5 は考慮していない。算定した結果、最大曲げ応力は CASE C の分岐まくらぎ上面に発生する引張応力であった（図 4）。その値は 12.0N/mm²、発生位置は

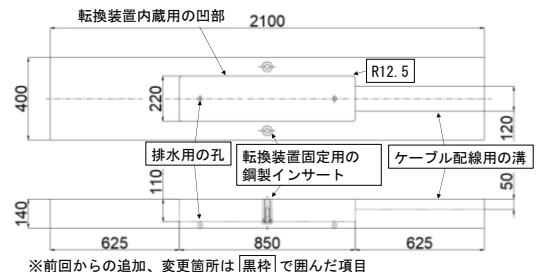


図 1 分岐まくらぎの形状

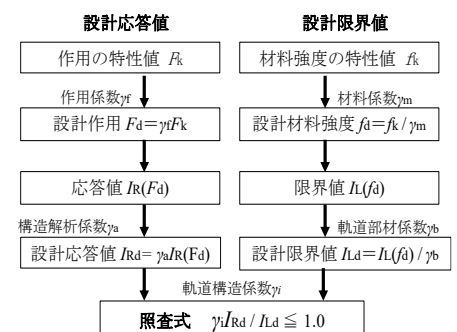


図 2 性能照査フロー

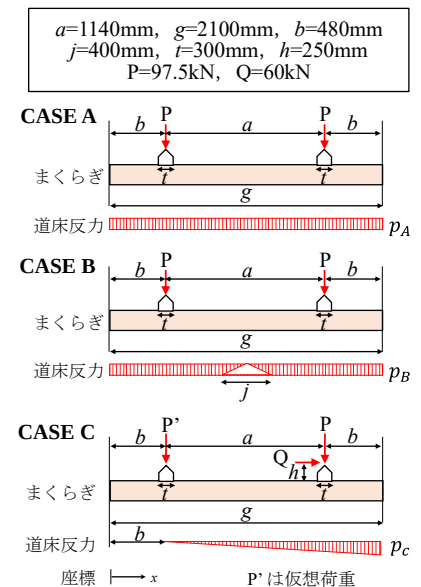


図 3 設計作用と道床反力

キーワード 転換装置、分岐まくらぎ、耐曲げ荷重試験、性能照査

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （公財）鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7275

$x=1150\text{mm}$ であり、概ね分岐まくらぎ長手方向の中心位置であった。以上より、設計応答値 I_{Rd} は 12.0 N/mm^2 である。

次に、分岐まくらぎの設計限界値 I_{Ld} の算定方法を示す。材料強度の特性値 f_k (=設計材料強度 f_d) は JIS に準拠した耐曲げ荷重試験で取得できる最大荷重 $P_{\max}$ (kN) であり、限界値 $I_L(f_d)$ (=設計限界値 I_{Ld}) は最大荷重 $P_{\max}$ から換算した最大曲げ応力 $\sigma_{\max}$ (N/mm^2) である。換算式は右記の通りであり、 L : 支持スパン 1120mm , H : まくらぎ高さ 140mm , I_a : 凹部断面二次モーメント $57,476,321\text{mm}^4$, y_a : 底面からの中立軸高さ 58.6mm である。

4. 耐曲げ荷重試験と破壊に関する安全性の照査

設計応答値の算定より、耐曲げ荷重試験は分岐まくらぎ中央の上面に引張応力が発生するよう 3 点曲げを実施することとし、その支持スパンは JIS に準拠し 1120mm とした (図 5)。測定項目は荷重と載荷直下の分岐まくらぎの鉛直変位 (東側と西側) とした。図 6 に示す試験結果より、荷重が 115kN 付近までは荷重の増加に伴い鉛直変位も増加する線形関係であることがわかるが、載荷荷重が 115kN を超えると荷重に対する鉛直変位の増加量は顕著に増加していることがわかる。荷重が 136kN に達すると鉛直変位は増加するものの荷重は減少することを確認したため試験を終了した。また、試験後の分岐まくらぎは主に分岐まくらぎ中央付近の上面、底面、側面にき裂等の損傷が見られた (図 7)。以上の試験結果より、設計材料強度 f_d を 115kN とし、設計限界値 I_{Ld} を算定したところ 45.6N/mm^2 であった。

以上で算定した、軌道構造係数 $\gamma_i 3.0$ 、設計応答値 $I_{Rd} 12.0$ および設計限界値 $I_{Ld} 45.6$ を右記の照査式に代入すると、その値は 0.79 であり 1.0 以下であった。したがって、新たな形状の分岐まくらぎは、破壊に関する安全性を満足する結果であった。

5. おわりに

本研究では分岐まくらぎの破壊に関する安全性の照査を実施し、性能を満足する結果であることを確認した。今後は、分岐まくらぎの疲労破壊に関する安全性の照査を検討するとともに、改良した転換装置本体の基礎試験を実施しその性能を確認する予定である。

参考文献

- 1) 玉川新悟, 清水紗希, 及川祐也, 山本智之: 分岐まくらぎに内蔵したレール転換装置の開発, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), 76 巻, 2 号, pp.395-400, 2020
- 2) 玉川新悟, 山本智之: レール転換装置内蔵用分岐まくらぎの耐曲げ荷重試験と破壊に関する安全性の照査, 新線路, 8 月号, 2020
- 3) 日本規格協会: JIS E 1203 合成まくらぎ, 2007
- 4) 国土交通省監修: 鉄道構造物等設計標準・同解説一軌道構造, 丸善, 2012
- 5) 長藤敬晴, 阿部則次: 合成まくらぎ 15 年の経験, 鉄道総研報告, Vol.11, No.2, 1997
- 6) 宮本俊光, 渡辺偕年: 線路一軌道の設計・管理一, 山海堂, 1990

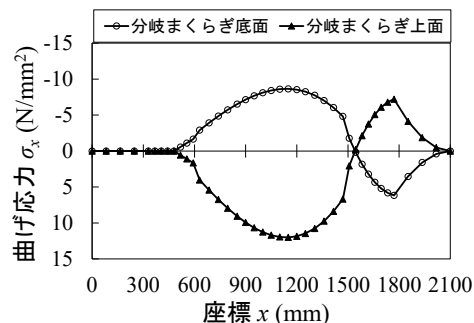


図 4 ケース C の曲げ応力

$$(\text{換算式}) \sigma_{\max} = P_{\max} \times L \times \frac{H - y_a}{4I_a} \times 10^3$$

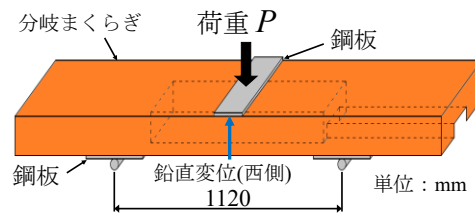


図 5 耐曲げ荷重試験

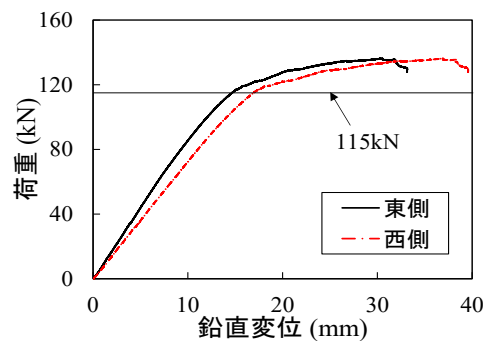


図 6 試験結果

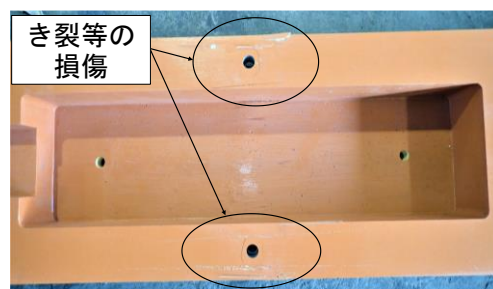


図 7 試験後の分岐まくらぎ上面の外観

$$(\text{照査式}) \gamma_i \cdot \frac{I_{Rd}}{I_{Ld}} = 3.0 \cdot \frac{12.0}{45.6} = 0.79 \leq 1.0$$