

位置調整可能な橋まくらぎ用レール締結装置の開発

若月 修* 小佐野 浩一** 阿部 則次***

Development of Position Adjustable Rail Fastener for Bridge Sleeper

Osamu WAKATSUKI Kooiti OSANO Noritsugi ABE

Since the rail fastening device used for bridge sleeper sections of the narrow-gauge line needs striking a new screw spike to adjust the alignment of rail, the unnecessary screw spike holes are remained and they become a factor to deteriorate bridge sleepers. Furthermore, with respect to the rail fastener developed in 2002, it is difficult to adjust the alignment of rail because of a bridge guard rail and a hook bolt. Therefore a new rail fastening has been developed, which has the function to resist a lateral force with stud bolt and to adjust irregularity of rail alignment with replacement of washer.

キーワード：軌道構造，レール締結装置，橋まくらぎ，スタッドボルト

1. はじめに

在来線で使用されている橋まくらぎ用レール締結装置は、軌道変位を修正する際、ねじくぎの打ち換え作業が必要なため、橋まくらぎには不要なねじ穴が多数残存し、劣化の要因となっている。さらに、2002年度に開発した橋まくらぎ用レール締結装置¹⁾は、橋上ガードおよびフックボルトに影響されレールの左右調整作業が困難な状況にある。また、橋まくらぎ用レール締結装置のタイプレート押え力は、直結8形レール締結装置に比べて非常に小さいため、タイプレートと橋まくらぎ間の摩擦抵抗ではレール横圧力に抵抗することが困難である。そこで、スタッドボルトを用い、ボルトのせん断力でレール横圧力に抵抗する構造とし、スタッドボルトの打ち換えをせずに座金およびタイプレートを調整することでレールの位置調整が可能なレール締結装置(以下、「橋まくらぎ用調節形レール締結装置」と称する。)を開発した。以下にそのレール締結装置の設計、試作および各種性能確認試験について報告する。

2. 基本設計と試作

(1) 基本構想

図1に示すスタッドボルトを使用することにより、橋まくらぎとタイプレートの締結力がスタッドボルトの引抜き強度に依存しない構造とした。スタッドボルトに用いるナットは、締付け時にボルトに発生する応力集中を

緩和できるものを使用し、締結ボルトに用いるナットは、ナットの緩みを防止できるものを使用した。

図2に試作した橋まくらぎ用調節形レール締結装置を、図3に調節座金式レール締結装置の調節機構を示す。

この締結装置の特長は以下のとおりである。

- ① 現場での施工性および作業性を確実かつ良好にするため、タイプレートを設置した後にスタッドボルトを打設する構造とした。
- ② ボルト穴を偏心させた座金を使用し、レールの移動量に応じて座金を反転または入換えることにより、左右方向で最大±11mm(2mmごと)の調整を可能にした。
- ③ 軌道パッド下調整パッキン(最大10mm)およびタ



図1 スタッドボルト

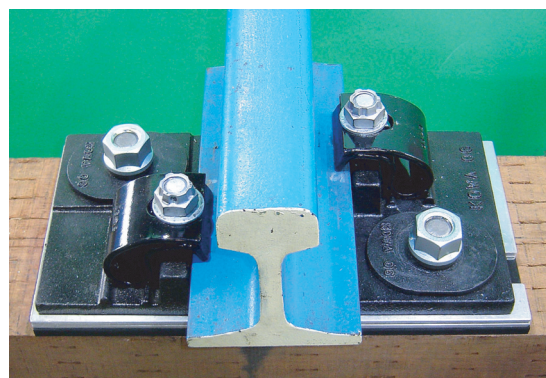


図2 橋まくらぎ用調節形レール締結装置

* 軌道技術研究部(軌道構造)

** 前軌道技術研究部(軌道構造) 現興和化成㈱

*** 前軌道技術研究部(軌道構造) 現日本軌道工業㈱

特集：軌道技術

表1 設計条件

項目	諸元
適用区間	曲線半径 $\geq 300\text{m}$
まくらぎ	合成まくらぎ, 木まくらぎ
対象レール	50kgN, 60kg
設計輪重	98kN
設計横圧	60kN
締結間隔	610mm (41本/25m)
上下調整量	20mm
左右調整量	$\pm 11\text{mm}$

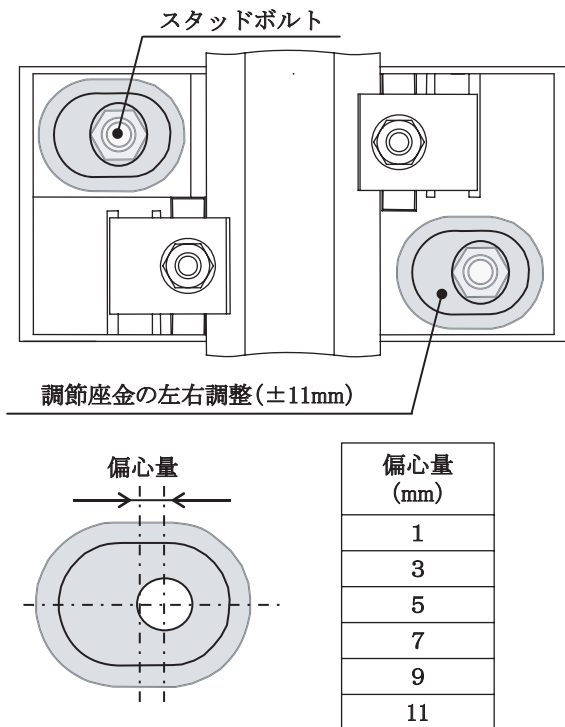


図3 調節座金式レール締結装置の調節機構

イプレート用上用鋼板 (最大 10mm) を使用することにより, 上下方向で 0 ~ 20mm の調整を可能にした。

(2) 設計条件

本レール締結装置は, 在来線の無道床橋梁の橋まくらぎ区間で使用するため, 設計軸重を従来から用いられている 150kN と設定した。具体的な設計条件を表1に示す。

3. 性能確認試験

3.1 スタッドボルトの適正緊締トルク

スタッドボルトの適正緊締トルクを求めるために, 供試締結装置を用い緊締トルク 160 N・m まで締付け, スタッドボルトの軸力を測定した。また, 木まくらぎおよび合成まくらぎに対するスタッドボルトの引抜き強度を求めるために, スタッドボルトの引抜き試験を行った。

スタッドボルトの締結試験の結果を図4に, 引抜き試

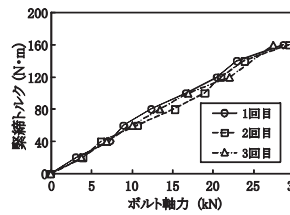


図4 締結試験結果

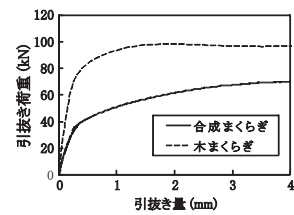


図5 引抜き試験結果

験の結果を図5に示す。組立試験の結果, 緊締トルク 120 N・m ではボルト軸力が 20.5 ~ 22.1 kN であった。ボルト軸力 22.1 kN 時の引抜き量は木まくらぎでは 0.06 mm, 合成まくらぎでは 0.14 mm となり, ボルト引抜き量は小さく問題はない。この結果より, スタッドボルトの緊締トルクを 120 N・m とし, これ以降の試験を行った。

3.2 横圧強度試験

横圧強度試験では, 板ばねを標準緊締トルク 40 N・m, スタッドボルトを緊締トルク 120 N・m で組み立て, レール底部側面に軌間内方から横方向荷重を 30 kN まで3回と 60 kN まで3回載荷し, 締結装置の横方向荷重に対する強度の確認と横方向ばね定数を求めた。試験結果を図6に示す。横方向荷重 60 kN を載荷した際, 各部材に異常は見られず, 強度上の問題はなかった。また, 荷重範囲 10 ~ 60 kN における横方向ばね定数は, 表2に示すように 40.5 MN/m となった。なお, 横方向ばね定数はレール締結装置のなじみ等を考慮して2, 3回目の平均値より算出した。

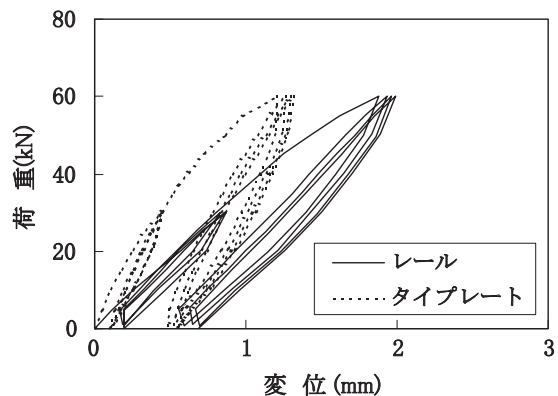


図6 横圧強度試験結果

表2 横方向ばね定数

荷重範囲 (kN)	横方向ばね定数 Kh (MN/m)			
	1回目	2回目	3回目	平均値
10 ~ 30	32.4	38.0	38.7	38.3
10 ~ 60	31.5	39.9	41.1	40.5

3.3 繰り返し横圧載荷試験

繰り返し横圧載荷試験は, 設計荷重のA荷重の横圧に相当するレール横圧のみが動的に載荷されたときの締結装置全体の耐久性を確認するための試験である。試験

は、タイププレート下に厚さ10mmの扛上用鋼板と、軌道パッド下に厚さ10mmのPA (Plastic Adjustment) 板を挿入し20mm扛上した状態で、板ばねを標準緊縮トルク40N・m、スタッドボルトを緊縮トルク120N・mで組み立て、レール底部側面に軌間内方から水平荷重36.3kNを正弦波5.5Hzで100万回載荷した。なお、水平荷重36.3kNは、先端ばね定数、鉛直ばね定数および横方向ばね定数を用いて算出した。この試験は、レール圧力に相当する鉛直荷重成分が作用しないため、タイププレート～軌道パッド～まくらぎ間の摩擦抵抗力が発生しないことから、タイププレートおよびスタッドボルトに対しては、非常に厳しい条件となる。繰り返し横圧載荷試験の結果を図7に示す。試験の結果、レールおよびタイププレートのそれぞれの左右変位は、最大で1.9mmおよび0.7mm以下であった。また、各測定項目とも試験開始から載荷回数の100万回終了時点まで大きな変化もなく推移し、試験終了後、各部材に異常は認められず、十分な耐久性を有していることを確認した。

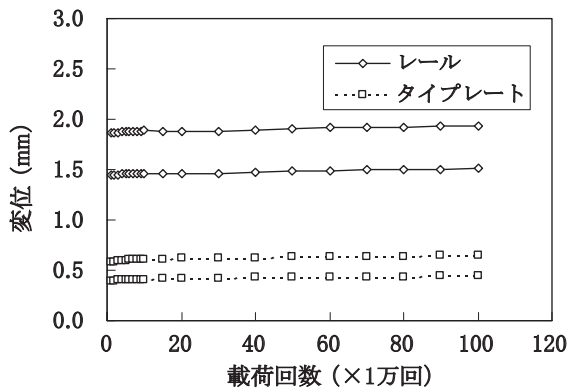


図7 繰り返し横圧載荷試験の結果

3.4 2軸疲労試験

2軸疲労試験は、表3に示す在来線用締結装置の設計荷重であるAおよびB荷重が作用した場合のレールの挙動を模擬した、レール締結装置の性能を確認するための最終的な評価試験である。各種試験で得られた各ばね定数を用いて算出した荷重条件を表4に示す。2軸疲労試験を行う前に図8に示す載荷条件による静的な斜角載荷試験を実施した。試験結果を図9に示す。

試験結果は、次のとおりである。

- (1) レール左右変位は、頭部で-1.4～4.2mm、底部で-1.0～3.2mmであった。
- (2) レール底部上下変位は、A荷重載荷時において、軌間外が-1.0mm、軌間内は1.4mmであり、レール小返り角を求めると0.018radとなる。
- (3) この小返り角から50kgNレールの頭部左右変位に換算すると2.8mmとなった。

斜角載荷試験の後に、同一の荷重条件で動的繰り返し載荷に対する耐久性を確認するため、2軸疲労試験を実

表3 在来線用締結装置の設計荷重

荷重種別	輪重	横圧
A 荷重 (ごく稀に発生する極大荷重)	98kN	60kN
B 荷重 (しばしば発生する最大荷重)	86kN	30kN

表4 斜角載荷試験の荷重条件

荷重種別	レール圧力 (kN)	レール横圧力 (kN)	P _{1max} (kN)	P _{2max} (kN)	θ (度)
A 荷重	32.8	36.3	46.8	—	33.5
B 荷重	29.0	18.2	—	33.8	44.0

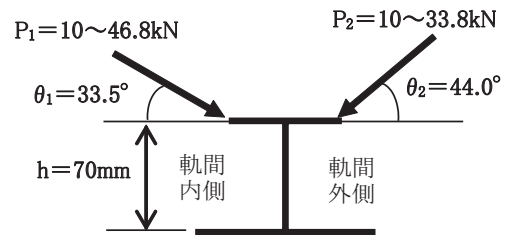


図8 載荷条件

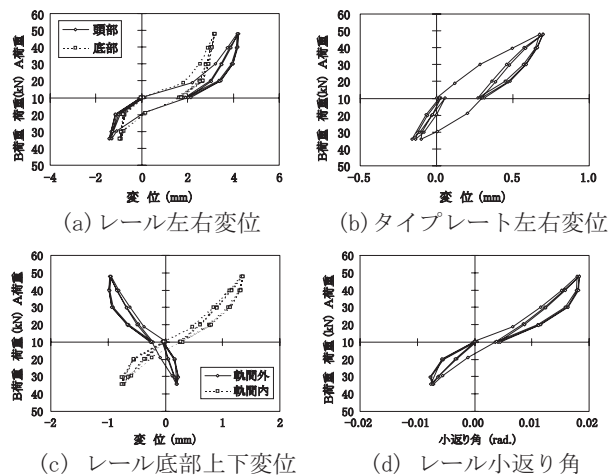


図9 斜角載荷試験の結果

施した。試験は、周波数5.5Hzの正弦波で180°の位相差でAおよびB荷重を交互に1×10⁶回繰り返し載荷した。

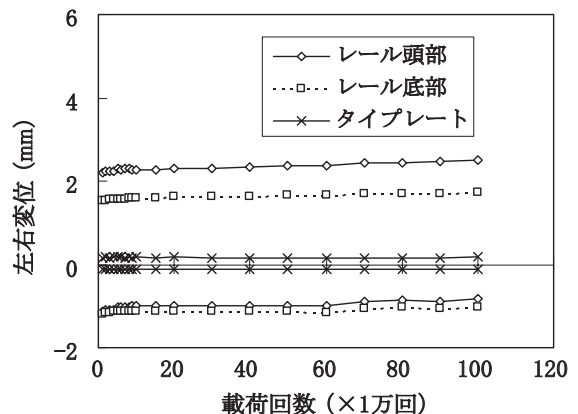


図10 2軸疲労試験の結果

特集：軌道技術

2軸疲労試験におけるレール締結装置の設置条件は、上下調整量を最大20mmとし、板ばねおよびスタッドボルトを標準緊縮トルクで組み立て実施した。試験結果を図10に示す。レール左右変位は、頭部で-1.1～2.5mm、底部で-1.2～1.7mm、タイプレート左右変位は-0.1～0.2mmの範囲で推移し、繰返し回数による振幅の増加は認められなかった。

また、タイプレートショルダー部に発生する引張応力は、A荷重載荷時において、109N/mm²となり、この値を最大引張応力の発生部位であるタイプレートショルダー最下縁について補正すると、1.2倍の130N/mm²と推定された。この値はタイプレートの材質FCD450の引張強度に対し、安全率3とした値より小さく、疲労強度についても問題ないと考える。2軸疲労試験後のレール締結装置各部品には損傷は認められなかった。また、締結ボルトのゆるみ等についても問題ないことから十分な耐久性が確認できたものと考えられる。

4. 営業線における試験敷設

レール締結装置の実軌道における施工性および耐久性を確認するため、JR四国・予讃線（高松・香西間）のはぜ川橋梁（L=12.1m）に試験敷設を行った。さらにJR東海・東海道本線（木曾川・岐阜間）下り線の木曾川橋梁（L=623m）の255m間に橋上ロングレール用タイプレートに適応した締結装置の試験敷設を行った。現地敷設の状況を図11に示す。

施工に際しては、せん孔用座金などを用いてスタッドボルト取付穴のせん孔位置および角度の精度を確保することに重点を置き、スタッドボルト取付穴のせん孔径はφ23mm、深さ150mmで施工した。

営業線の施工として最初のはぜ川橋梁は敷設延長が短かったため施工上の問題はなく、良好な軌道状態を確保できた。しかし、長大橋梁の木曾川橋梁の施工において



木曾川橋梁 東海道本線（木曾川・岐阜間）

図11 現地敷設状況

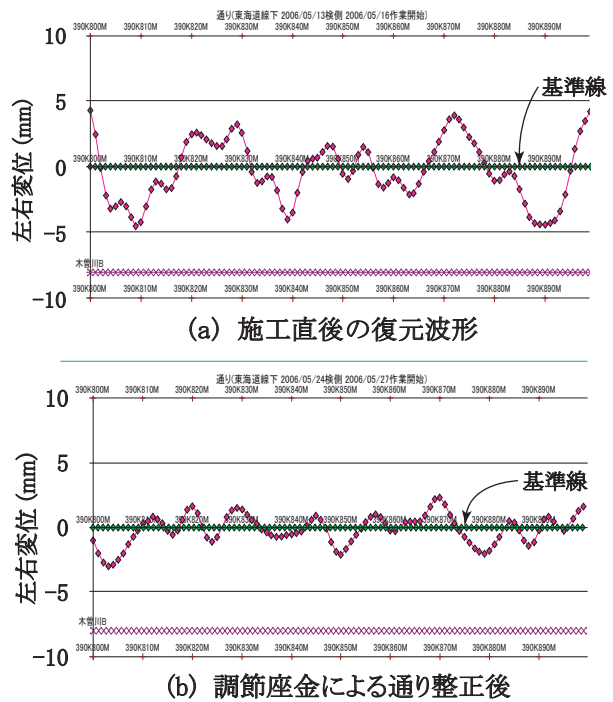


図12 復元波形データの比較

は十分な線路閉鎖間合いが取れないことおよび十数日間の間送り施工となったことからスタッドボルト取付穴の位置および角度に誤差が生じ、当初計画した仕上がり状態が確保できなかった。

そこで復元波形データを用いた調節座金の入替えによる通り整正を実施したところ、図12の復元波形データに示すように良好な軌道状態を確保することができた。

5. まとめ

橋上ガードおよびフックボルトに影響されないレールの位置調整が可能な橋まくらぎ用調節形レール締結装置を開発した。室内性能試験および現地敷設試験を行い、十分な実用性能を有していることを確認した。今後は、試験敷設の評価を踏まえ、営業線への適用拡大を図っていきたいと考える。

最後に、橋まくらぎ用調節形レール締結装置の開発に、ご協力をいただいた多くの関係者の方々に感謝申し上げる次第である。

文献

- 1) 阿部則次他：橋まくらぎ用調節形レール締結装置の開発，鉄道総研報告，2003年2月