

MTT施工可能な横圧低減 継目グリッドマクラギの開発



輪田 朝亮*



瀬谷 誠**



原田 彰久**

急曲線継目部において発生する局所的な通り変位(角折れ)の対策として、ロングレール化による継目部の除去が進められている。しかし、軌道構造上の理由からロングレール化が不可能な箇所も存在する。このような箇所では、軌道剛性や道床横抵抗力を高めるグリッドマクラギ化が有効である。本件では、従来は不可能であったMTTによるつき固め作業が可能なグリッドマクラギの開発を行った。試験敷設箇所においてMTT試験施工を行った結果、つき固め作業は可能であり、碎石はグリッドマクラギ下に入っていくことが確認できた。また、敷設後11ヶ月経過した時点において、顕著な軌道変位は発生していないことが確認できた。開発したグリッドマクラギは、対象箇所全てへの敷設が完了した。

●キーワード：急曲線、角折れ、グリッドマクラギ、MTT

1. はじめに

急曲線において、レール継目部では局所的な通り軌道変位(角折れ)が発生しやすい。従来よりロングレール化による継目部の溶接が進められているが、無道床橋りょうの介在など、構造上の制約からロングレール化の条件を満たせず、継目部を除去できない区間がある。継目部の角折れ抑制には、軌道剛性強化や道床横抵抗力を高めることが有効であるため、PCグリッドマクラギ(以下、「グリッドマクラギ」と記す)を開発した。

開発にあたり、道床厚さの確保が容易で低コストな座面式パンドロール締結装置を採用し、かつ角折れが進みにくい構造とした。また軌道の保守管理の観点からマルチプルタイタンパ(以下、「MTT」と記す)によるつき固め作業が可能な形状とした。

2. これまでのグリッドマクラギと課題

すでに開発されているグリッドマクラギには、図1のような例¹⁾がある。枠型の形状により軌道剛性の強化と道床支持面積の拡大、および道床横抵抗力の増加が図られ、軌道変位抑制が可能となっているが、従来のグリッドマクラギにおけるおもな課題は以下のとおり。

- (1) 締結構造
- (2) MTTつき固め作業



図1 従来のグリッドマクラギの敷設例

2.1 締結構造

タイプレート式締結構造に起因する課題がある。

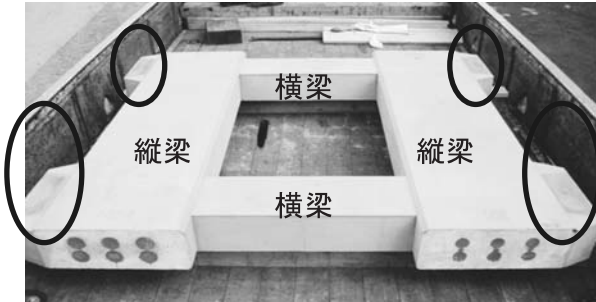
- (1) レール座面式締結と比較し、レール下面～マクラギ下面間の距離が増すため、前後区間と同じ道床厚を確保するには、軌道こう上が必要となる。(前後区間の一般PCマクラギ区間が座面式締結のため)
- (2) 一般に、締結装置は、座面式と比較し、タイプレート式の方がコスト高となる。

2.2 MTTつき固め作業

従来のグリッドマクラギ箇所にMTTによる総つき固め作業を行うには以下の課題がある。

- ※以降において、グリッドマクラギの
- ・「縦梁」とは「レールと平行な梁部分」
 - ・「横梁」とは「レールと直角となる梁部分」
- の意味とする(図2)。
- (1) 横梁の外側に突き出した部分(以下、「翼部」と記す)の突き出し幅が狭く、軌間外におけるMTTのタンピングツールによる碎石のかき込み効果が小さい(図2)。
 - (2) 翼部の線路方向への幅が広いと、隣接するマクラギと

- の間隔が狭く、タンピングツールの挿入に支障する(図2)。
- (3) 列車荷重による衝撃が最も大きい継目部直下に横梁がなく、MTTによる碎石のかき込みができない。



○: 軌間外へのつき出し部(翼部)

図2 従来のグリッドマクラギの例(本体)

3. 設計の考え方

3.1 締結装置

前後区間のPCマクラギに合わせ、レール座面式バンドロールとする。これによりグリッドマクラギ敷設時に軌道こう上せず従来への道床厚を確保できる。

継目部に一般の横マクラギ3本が並べてある状態は、マクラギが横方向に移動するため短波長の通り変位が発生しやすい。これに対し、グリッドマクラギ上では、締結装置が縦梁で固定されているため、継目部付近の通り変位は、レールと締結装置間の公差程度に収まる。そこで短波長の通り変位が現状以下となるようにグリッドマクラギの左右レールのバンドロール間隔の公差を定めた。

3.2 MTT施工可能な形状

3.2.1 翼部の突き出し幅

- (1) MTTによるつき固めを効果的に行うには、翼部の突き出し幅が、タンピングツールの横幅(93.5mm)以上必要である(図3)。
- (2) 翼部の突き出し幅は、長いほどMTTによるつき固めに有利である。そのため、縦梁の幅を十分な断面性能と支持面積が確保できる範囲で小さくする。

3.2.2 翼部の線路方向長さ

横梁と同じ幅とし、隣接マクラギとの間にタンピングツールが挿入できるスペースを確保する。

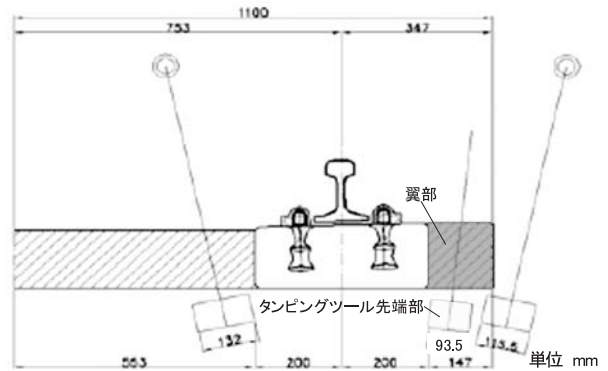


図3 グリッドマクラギ部のMTTつき固め

3.2.3 継目部の横梁

横梁の本数が多いほうがMTTのつき固め効果に有利と考えられるため、継目部直下へも横梁を配置し、横梁を3本とする。

3.2.4 全体形状

以上の検討結果から、標準的な全体形状は図4のとおりとなる。

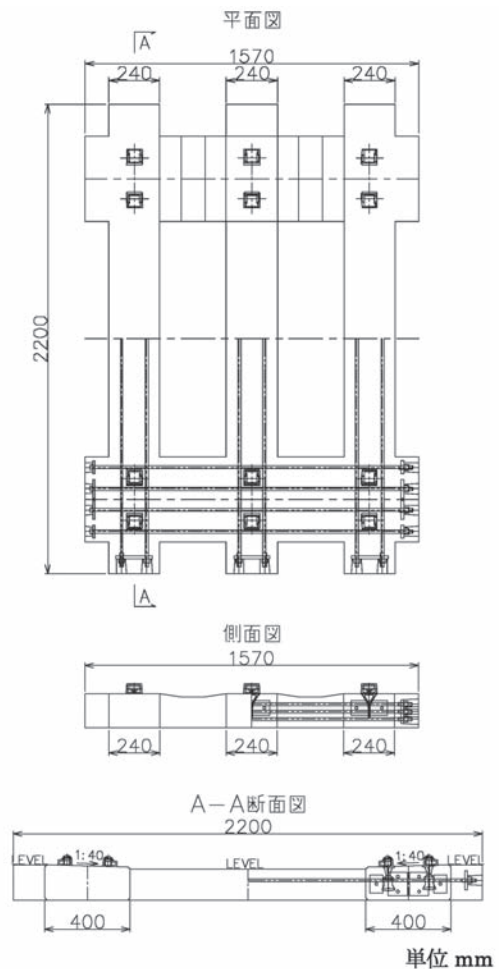


図4 設計したグリッドマクラギ標準図

3.3 施工性

軌陸バックホウを使用した敷設作業を想定している。使用するバックホウの型式として、例えばPC78UUTの使用を考えた場合、作業半径3.5mでは定格荷重1.33tである。よって、新設計では、目標質量を1.0t以下と設定した。

4. 性能確認

これまでに述べた検討により、設計・試作したグリッドマクラギを図5に示す。試作したグリッドマクラギを新幹線・在来線直通区間の急曲線（R=370m）継目部に試験敷設し、性能確認を行った。角折れ抑制効果およびMTTつき固め施工性について良好な結果が得られたほか、継目落ちの抑制についても効果が得られることがわかった。



図5 試験敷設したグリッドマクラギ

4.1 角折れ抑制効果

グリッドマクラギは、角折れの抑制に有効であることを確認した。詳細は以下のとおり。

4.1.1 通り変位防止

通常の継目部は、横マクラギ3本が並べてある構造で、グリッドマクラギと比較し道床横抵抗力が小さく軌きょう剛性も小さいマクラギが横方向に移動し、通り変位が発生しやすい。グリッドマクラギを敷設することで、マクラギの横方向への移動が抑制され、通り変位の発生を防止することができる。

4.1.2 通り変位防止（短波長）

グリッドマクラギにより、3個の締結装置が縦梁に固定されているため、締結装置のガタが小さくなり、短波長の通り変位の抑制も期待できる。

従来のグリッドマクラギの締結装置は、タイプレート方式であったため通り調整余裕があり、さまざまな半径の曲線に対応可能である。しかし、今回採用した座面式バンドロール構造では、グリッドマクラギ上の縦ばりにバンドロールショルダー

が固定されているため、継目部付近の通り変位は締結装置間の公差（約1.5mm）程度の範囲に限定される。

4.1.3 測定結果

試験敷設したグリッドマクラギ箇所の継目部と、通り整正した普通継目部の施工後の4m弦通り変位の推移を図6に示す。グリッドマクラギによる角折れ抑制効果が確認できた。

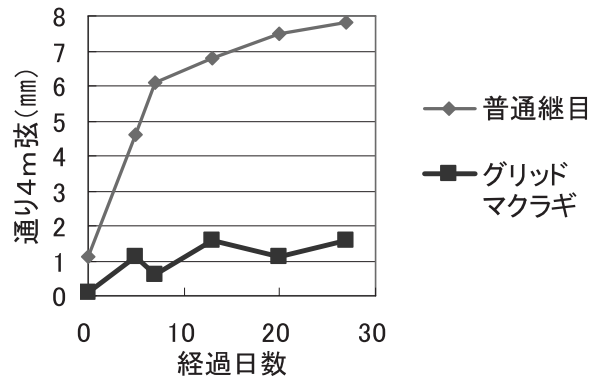


図6 グリッドマクラギ敷設後の4m弦通りの推移

図7にグリッドマクラギ施工箇所と普通継目箇所のそれぞれ継目部前後5mの静的通り偏心矢の測定結果の一例を示す。グリッドマクラギ箇所は、正規に近い線形となっており、通り変位、角折れが抑制されていると考えられる。

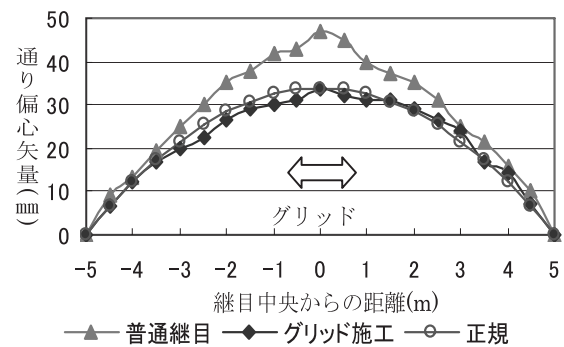


図7 グリッド箇所と普通継目の線形の比較

グリッドマクラギと、前後区間のPCマクラギの道床横抵抗力をそれぞれ算出し比較した結果を表1に示す。表より、グリッドマクラギは前後区間の約2倍の道床横抵抗力を有すると考えられる。道床横抵抗力が増強されることにより、角折れに対する抵抗および敷設後の持続性が期待される。

表1 道床横抵抗力算出結果

	グリッドマクラギ	前後区間	比
1m当たり道床横抵抗力	21.73kN	11.26kN	1.93倍

4.2 MTT施工性および砕石かき込み状態

- (1) 図8に示すように、軌間内外においてMTTのタンピングツールはグリッドマクラギ本体に支障することなく、つき固めを施工可能であることを確認した。



図8 グリッドマクラギ部のMTTつき固め

- (2) グリッドマクラギ部のマクラギ下部に砕石がかき込まれていることを確認するため、グリッドマクラギ敷設箇所の横梁前後に着色したバラストを埋め込み、MTTつき固め後に掘り起こして、マクラギ下部を調査した。その結果、図9に示すように、マクラギ下へ砕石がかき込まれていることを確認した。



図9 MTTによる砕石かき込み状態の確認

4.3 継目落ち抑制効果

角折れの防止を主目的にグリッドマクラギを開発したが、継目落ちの抑制にも効果が得られた。これは、グリッドマクラギでは道床支持面積が増加することで、軌道沈下が抑制されたためである。

図10は、グリッドマクラギ敷設箇所における高低変位チャートで、敷設約1ヵ月後と約11ヵ月後とを重ね合わせたものである。

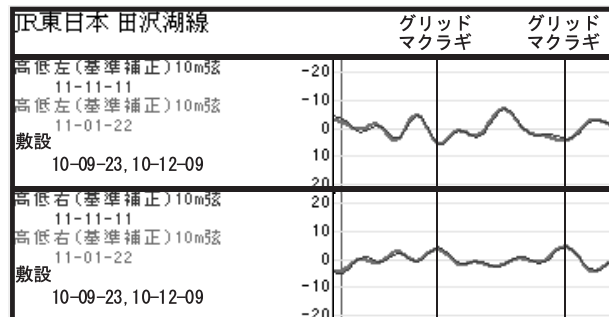


図10 グリッドマクラギ敷設箇所の高低変位チャート

敷設から約11ヶ月経過した後も継目落ちは発生していないことを確認した。また、グリッドマクラギ本体の高ムラおよび隣接部の落ち込みも発生していないことを確認した。

4.4 レール遊間の動き

グリッドマクラギ上の継目でレール遊間の動きを調査した結果、前後区間における通常の継目とほぼ同様の動きであることを確認した。

5. 導入実績

試験敷設後の追跡調査において良好な結果が得られたことから、前述の理由により継目の除去が不可能な54ヶ所について順次敷設を進めた。2011年11月末までにすべての施工を完了した。

6. まとめ

今回開発したグリッドマクラギについて、角折れ抑制効果とMTTによる総つき固め作業の施工性を確認することができた。また、継目落ちの抑制にも効果があることがわかった。さらに、締結装置をレール座面式としたことで、低コストで製作・施工が可能となった。

今後は、試験敷設箇所のほか、前述の導入箇所についても軌道変位の追跡調査を継続していく予定である。

参考文献

- 1) 緒方政照、輪田朝亮；田沢湖線における急曲線継目部のグリッドマクラギ化、新線路、鉄道現業社、2011.5.