

IV-304

衝撃輪重に対するコンクリートマクラギの耐荷性能

○（財）鉄道総合技術研究所 奥田 広之

（財）鉄道総合技術研究所 涌井 一

1. はじめに

コンクリートマクラギに最大の負荷を及ぼすのは車輪フラットの衝撃作用であるとされているが、それに対するコンクリートマクラギの耐荷性能は明らかにされていない。本研究では、プレテンション式PCマクラギ、アンボンド・ポストテンション式PCマクラギおよびツーブロックRCマクラギに対して車輪フラットの衝撃作用を模擬した衝撃載荷試験を行い、ひび割れ幅制御性能、補強鋼材に関する耐疲労性能からなる限界状態設計法の観点から、コンクリートマクラギの耐荷性能を補強方式別に明らかにした。

2. 衝撃輪重とマクラギ曲げモーメントとの関係

実物大軌道に対する落錐衝撃試験により求めた、PC3号マクラギ軌道における衝撃輪重とマクラギ曲げモーメント（レール下断面）の関係を図1に示す。

曲げモーメントは曲げひずみより全断面有効の剛性を仮定して換算しており、ひび割れ発生以降は過大評価となるため、線形関係とした場合の推定線を図中に付した。車輪フラットによって400kNを上回る衝撃輪重が発生すると推定されており、これによってマクラギには設計抵抗モーメント（フルプレストレス）の2倍以上の負荷が作用し得ることを図1は示している。同様な関係は、ツーブロックRCマクラギ軌道に対しても得られている。

なお、図1の結果は、衝撃輪重の作用時間としては4ms程度の動的増幅現象の比較的小さい領域で得られたものである。1～2msの領域では三角パルス荷重に対する動的増幅現象が顕著となるため、マクラギ曲げモーメントはさらに増加し得る。

現在のPCマクラギはひび割れを生じさせないという建前で設計されている。しかし、車輪フラットを根絶することは困難であるとする、設計抵抗モーメントの2倍以上の負荷がその頻度はともかくとして必ず作用することを覚悟せねばならず、このような荷重領域におけるコンクリートマクラギの耐荷性能を明らかにすることが重要な課題となってくる。

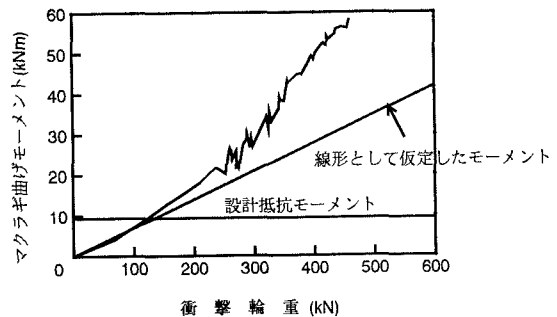


図1 衝撃輪重と曲げモーメント
(PC3号マクラギのレール下断面)

3. ひび割れ幅制御性能

マクラギ単体に対する落錐衝撃試験により、レール下断面に車輪フラットの衝撃を模擬した曲げモーメントを繰り返し作用させ、レール下断面の下縁に生じる曲げひび割れを観察した。図2にPC3号マクラギ（プレテンション、ポストテンション、負荷の大きさ：衝撃輪重換算で330kN）、ツーブロックRCマクラギ（試作型、ソネビル型、負荷の大きさ：衝撃輪重換算で355～380kN）の主ひび割れに関する残留ひび割れ幅の推移を示す。また、3号PCマクラギの試験終了後のひび割れ状況を写真1に示す。

プレテンション方式では、17000回まで繰り返しても、やっと目視できる程度のひび割れが分散して生じる

だけであった。2.9 mm³ 本より異形P C鋼より線の付着特性が優れており、ひび割れ発生後は異形P C鋼より線が鉄筋として機能してP R C構造的に対応するために、このように良好なひび割れ幅制御性能を示したものと考えられる。一方、ポストテンション方式では、一本の集中したひび割れが発生し、溝状の欠損に成長した。その後、断面上部にも損傷が及び出したために、1757 回で試験を終了させた。このように、同一の負荷条件の下で、プレテンション方式とポストテンション方式では設計抵抗モーメントを上回る領域において耐荷性能に明らかな差が認められた。なお、実際には、負荷条件をパラメータとした詳細な比較を行っている。

ツーブロックRC方式では、ソネビル型の方が試作型よりも優れたひび割れ幅制御性能を示した。前者では定着性能の良いヘアピン状の主鉄筋、後者では通常の直線筋を用いていることが主な原因と考えられる。

ツーブロックRCでは、主鉄筋の定着を確実にする、付着特性の良い鉄筋を用いる、降伏点の高い高強度鉄筋を用いる、などがひび割れ幅を耐久性上問題がないレベルに抑えるために重要なポイントであると言える。

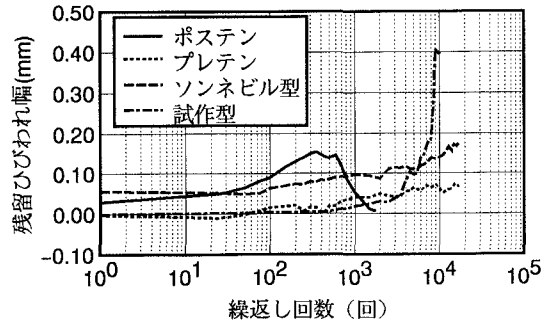
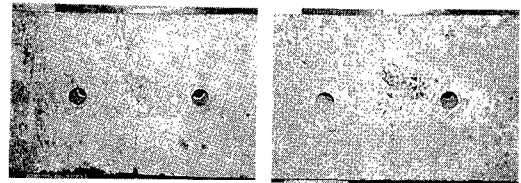


図2 マクラギの残留ひずみ



プレテン(17000回) ポステン(1757回)

4. 補強鋼材に関する耐疲労性能

プレテンション方式とツーブロックRC方式について 写真1 衝撃繰返し試験終了後の損傷状況(PC3号)では、補強鋼材に関する耐疲労性能を検討する必要がある。そこで、両者についてひび割れ発生後の衝撃輪重と鋼材応力振幅の関係を求め、各鋼材のS-N 線図に照らして、図3に結果を示すように、衝撃輪重値と疲労寿命との関係を求めた。これによれば、約330kN を境に、それ以下の範囲ではプレテンション方式PC3号の方がツーブロックRCマクラギ方式よりも疲労寿命が大きく、それ以上の範囲では両者の関係が逆転する傾向を示した。ただし、両方式とも所要の疲労寿命を確保できるように設計することは十分に可能であり、図3に示した例は補強方式による傾向の違いを表しているに過ぎない。

5. むすび

プレテンション方式、ポストテンション方式およびツーブロックRC方式の優劣は、単に本研究で行ったような耐荷性能に関する相対評価のみによって行われるべきものではなく、製品コストと耐久性評価からくるコストパフォーマンスの観点から論じられるべきものである。しかし、ある一定の設計条件

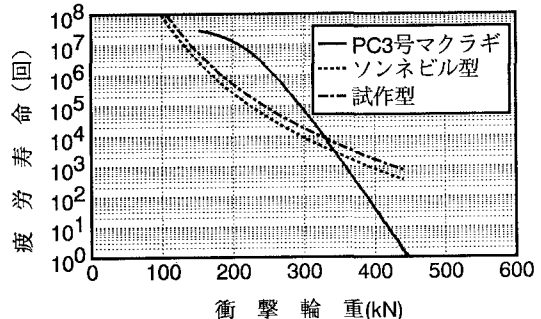


図3 衝撃輪重と疲労寿命

のもとでの耐荷性能(または耐久性)が三者で明確に異なる以上、所要の耐荷性能等に応じて設計抵抗モーメント(使用、疲労等)を補強方式別に適正に設定することが先ず必要とされる。補強方式別に設計抵抗モーメントを適正化する方向に向かう相対的な調整を行い、さらに実際の線路での使用状況に関する追跡を踏まえて、コストパフォーマンスの評価精度を上げていくという息の長い取組が必要であると考えられる。