

鋼桁の部材補修補強による延命化と性能評価

東日本旅客鉄道(株)	武内 紀和*
東日本旅客鉄道(株)	井上 英一*
東日本旅客鉄道(株)	菅原 瑞朗*
東日本旅客鉄道(株)	三宅浩一郎**

1. はじめに

既設の鋼橋において、老朽化に伴う腐食、疲労亀裂といった耐荷力の低下が問題となる橋桁が増えている。投資計画の面からも、橋桁の耐荷力を定量的に評価し、性能が低下した部材を計画的に補修・補強していくことが必要である。また、変状初期の時点で部材補修による延命化対策を実施した場合、橋桁取替よりもトータルコストダウンが可能である。

当該橋りょうは、1913年に建設された支間6.65mの単線上路プレートガーダーである。主桁断面力が小さいことから、フィンク補強が施工された（写真-1）。補強部材の腐食により耐荷力の調整・向上ができない状態であったため、部材交換を実施することとした。列車の運行を制限せずに活線で施工する方針としたため、一時的にフィンク部材を撤去した時の耐力向上を目的として、上下フランジをカバープレートにより補強した。



写真-1 フィンク補強桁

本報告では、腐食損傷した鋼桁の耐力評価と延命化対策、対策後の性能評価について述べる。

表-1 変状・問題点と桁への影響

変状・問題点	橋桁への影響
沓座の亀裂（あおり）	発生応力のアンバランス 局部応力の増大
フィンク部材の腐食 主桁の断面欠損	発生応力の増大 応力集中
フィンク部材の溶接	応力調整不能
桁中央部のレール継目	衝撃荷重の増大

2. 変状概要および影響

目視検査で確認された変状と橋桁に及ぼす影響を表-1に示す。フィンク補強は、主桁を弓なりに引き上げることで負の曲げモーメントを与える仕組みである。また、主桁中央部分の調整ネジによって、耐荷力を随時調整できる利点がある。下部工の橋台は、レンガ造であるが主桁は沓座ベッドストーンを介して応力を分散支持している。（写真-2）



写真-2 沓座モルタルの亀裂

3. 補強前の主桁及びフィンク部材の応力測定

対策工の策定にあたり、現時点での実応力を把握する目的で、ひずみゲージを用いた応力測定を実施した。

1) 主桁の実測応力度

実測応力では、圧縮側が大きな値を示した。これは、桁中央部にレール継目が介在していることと、フィンク部材が主桁に溶接され応力調整が不能な構造となっているためである。

実測応力から現有応力比率を算出した結果、右主桁圧縮側の151%に対し左主桁圧縮側では113%を示した。これは左沓座に亀裂が生じているため、列車通過時に発生するあおりが原因となっている。

2) フィンク部材の応力度

フィンク部材（斜材）は、主桁引張側と同程度の応力を示しており、補強部材としての性能は良好に作用していることが確認された。

Key Words : フィンク補強, 部材交換, 応力測定, 耐力評価, 延命化対策

連絡先: * 宮城県仙台市宮城野区東六番丁3-1-2 Tel.022-266-2397

** 宮城県仙台市青葉区五橋一丁目1-1 Tel.022-266-9636

以上の測定結果から、沓座のあおり解消と補強部材であるフィンクの機能回復を目的とした対策工を実施することとした。

4. 沓座へのアクリル樹脂注入効果

沓座あおり対策として、アクリル樹脂を沓座へ注入しあおりの解消を実施した。

また、応力測定により、左右主桁応力のアンバランスが 103kgf/cm^2 ($=381\text{kgf/cm}^2 - 278\text{kgf/cm}^2$) から 58kgf/cm^2 ($=356\text{kgf/cm}^2 - 298\text{kgf/cm}^2$) に改善されたことを確認した。

5. 橋桁補修・補強の概要

主桁上下フランジにカバープレートで補強するとともに、腐食著しいフィンク部材の交換を行った。レールレベルの縦断勾配を測量したところ橋りょう部分が極端に落ち込んでおり、桁上にレール継目が存在するため、縦断勾配の整備とレール継目の解消を行うことで衝撃荷重の軽減を図った。

補強効果を確実に発揮するため、以下の2点を実施した。

カバープレートは、主桁を無応力状態にして挿入・ボルト締めを実施した。

カバープレートが死荷重分の応力も負担する。

フランジ母材と補強カバープレート間の不陸にエポキシ樹脂を塗布し、密着性と防錆を確保した。

母材表面は、腐食による不陸があり、ボルト締結後は塗装できない隙間が生じるため。

6. 上フランジ補強後の応力測定

上フランジカバープレート補強後、フィンクのポストを切断した状態で応力を測定した。実測応力から現有応力比率を算出した結果、圧縮縁のみの上フランジで左右ともに180%程度の現有応力比率を示した。これは、沓座へのアクリル樹脂注入による効果と上フランジカバープレートが補強材として機能していることを示す。

表 - 2 補強完了後の応力測定結果

列車番号:	9131D	測定 EA 相当値:	10.61
測定車両:	110*2	管理 EA 相当値:	13.59
列車速度:	48	衝撃係数	0.249
列車速度:	75	衝撃係数	0.345

7. 部材交換及び補強後の応力測定

フィンク補強後における効果を定量的に把握するため、フィンク部材応力調整後の主桁応力を測定した結果、実測応力から求めた現有応力比率が300%を超える結果となった。(表-2)母材と補強カバープレートがエポキシ樹脂により一体化したことと、フィンク補強材による応力調整の効果と考えられる。

8. まとめ

今回、耐力の低下により補強が必要となった鋼桁の各段階での応力測定を実施し、その効果を検証した。橋桁取替えと同等の発生応力の低減が図られる。橋桁耐力の指標である現有応力比率は、断面腐食量を考慮しているものの実測応力との比較を行っておらず、左右主桁のバランスや応力負担の偏り等は反映されない。そこで、補強対策桁は実測応力から現有応力比率を算出し順位付けすることで、的確かつ経済的な対策が可能となる。また、フィンク補強桁の事例にもあるように上部橋桁のみの補強により下部工の施工を省略することでトータルコストの軽減が図られる。

	左主桁 圧縮縁	右主桁 圧縮縁	左主桁 引張縁	右主桁 引張縁	記 事
測定応力度	11.7	11.2	14.6	14.6	単位: MPa
応力度換算 s	119.3	114.2	148.9	148.9	単位: kg/cm ²
実測応力換算	183.6	175.8	229.1	229.1	s / 0.65
線区入線換算率	1.28	1.28	1.28	1.28	/
線区入線換算応力度	235.2	225.1	293.5	293.5	単位: kg/cm ²
衝撃係数補正	1.058	1.058	1.058	1.058	(1+) / (1+)
活荷重応力度: L+i	248.8	238.2	310.5	310.5	
死荷重応力度: D	66.4	66.4	66.4	66.4	単位: kg/cm ²
発生応力度: L+i+D	315.2	304.6	376.9	376.9	単位: kg/cm ²
保守限応力度	1,012.6	1,012.6	1,150.0	1,150.0	単位: kg/cm ²
現有応力比率	321.2%	332.4%	305.1%	305.1%	%