

## 鋼・合成鉄道橋りょうにおける1線1支承形式による支承取替

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○丹羽 雄一郎 関西設計(株) 石田 悠樹  
 ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 坂口 大生 (株)レールテック 正会員 七村 和明

## 1. はじめに

鋼・合成橋りょうの支承部の機能低下や支承本体の破損・摩耗等の変状が生じた場合、対策として支承取替が行われる。支承取替では、桁仮受け工を設置し反力を受け替えた後、既設支承を撤去し、同位置に新規支承を据え付けるのが一般的な施工方法（以下、従来工法という）である。しかし、従来工法の場合、桁仮受けや既設支承の撤去等にかかる施工労力が大きく、そのため工期・コストが増大しがちであることから、施工労力の低減が大きな課題となっている。そこで、施工労力の低減が可能な新たな支承取替工法として、図-1 に示すように、従来工法における桁仮受け方法<sup>1)</sup>に着想を得た、左右の既設支承間に1つの新規支承を設ける工法を開発することとした。この新工法を1線1支承形式と称することとする。

## 2. 1線1支承形式の概要

## 2.1 適用対象

1線1支承形式では、支承から桁に反力を伝達させるために、新規支承位置に端ダイアフラムおよび下フランジがある橋りょう形式、すなわち箱断面桁を適用対象とする。また、1支承となった際の桁の転倒防止の観点から、図-1 に示したように、複線並列桁で線間連結構造があることも適用条件とする。

## 2.2 構造概要

図-2 に1線1支承形式の構造概要を示す。新たに支点反力を受けることとなる端ダイアフラムには、支点上補剛材に加え、座屈防止やせん断補強を目的とした補強板を取り付けることとした。この補強板は、左右下端部を斜めに切欠いた形状としているが、これにより切欠かない場合に比べ、主桁ウェブからのせん断力がよりスムーズ

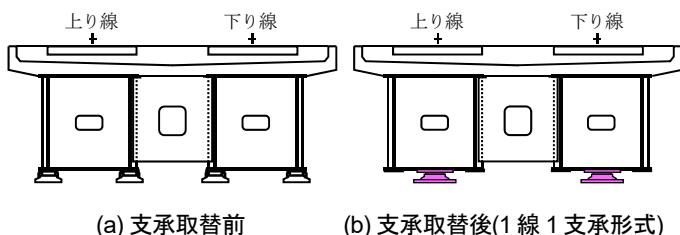


図-1 1線1支承形式での支承取替

ズに新規支承に伝達されることを、後述の有限要素解析により確認している。桁内には、橋軸方向水平力を新規支承に効率的に伝達させること、ならびに端ダイアフラムと主桁ウェブの面外変形を抑えることを目的としたブレース材を設置することとした。また、疲労上の弱点となり得る端ダイアフラムと下フランジのすみ肉溶接部に作用する支点反力を軽減することを目的に、ソールプレート上面に図-3 に示すように溝状の切欠きを設けることとした。

## 3. 有限要素解析による応力評価

## 3.1 解析概要

3次元有限要素解析により、各部材の応力評価を行った。モデル化対象橋りょうの詳細は割愛するが、1線1支承形式適用予定の複数の橋りょうを包含する代表モデルを構築した。モデル化範囲は複線並列桁全体とし、ソールプレート・支承・端ダイアフラム下端周辺、RC床版はソリッド要素で、それ以外の鋼部材はシェル要素でモデル化した。各部材の接合についてはモデル簡略化のため、高力ボルトはモデル化せず、要素間結合やシェル要素の総板厚で表現した。作用は文献2に準じ表-1に示す組合せを考慮し、耐荷性および耐疲労性の評価を行った。なお、支承機能低下対策としての支承取替において

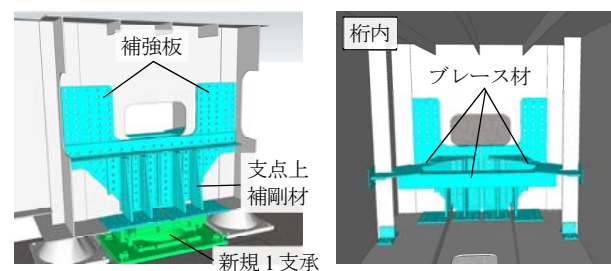


図-2 1線1支承形式の構造概略

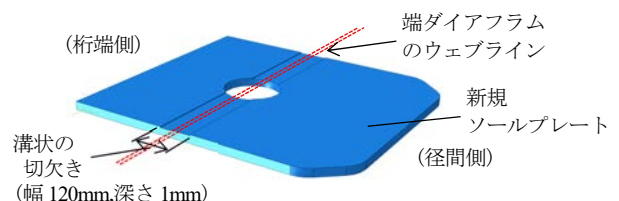


図-3 ソールプレート上面の溝状の切欠き

キーワード 鋼・合成鉄道橋、支承機能低下、支承取替、1線1支承形式、FEM解析

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田2-4-24 西日本旅客鉄道株式会社 鉄道本部 構造技術室 TEL 06-6375-2275

表-1 解析で考慮した作用組合せ

評価性能		作用の組合わせ
耐荷性	常時	$D+L+I+C+L_R+B+L_F+W$
	地震時	$D+L+C+E_Q$
耐疲労性(疲労限)		$D^*+L+I+C$ ※Dは最終応力範囲から控除

D: 死荷重, L: 列車荷重, I: 衝撃荷重, C: 遠心荷重,  
 $L_R$ : ロングレール縦荷重, B: 制動・始動荷重,  $L_F$ : 車両横荷重,  
W: 風荷重,  $E_Q$ : 地震荷重

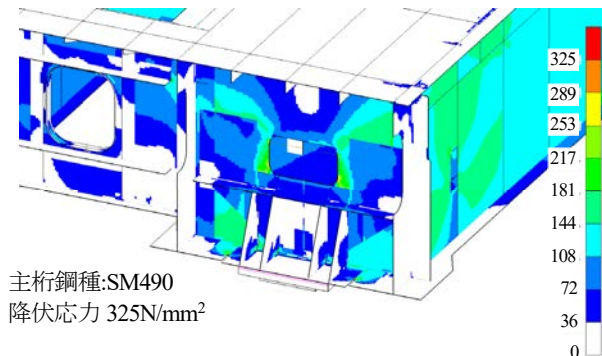


図-4 解析結果\_耐荷性 (常時)

は、耐震性能向上は必須としないものと整理し、地震時については L1 までを要求性能とした。また、各作用に対する作用係数については、対象線区の実態に合わせて適宜設定した。

### 3.2 解析結果

耐荷性の解析結果の例として、図-4 に耐荷性 (常時) の作用組合せにおけるミーゼス応力分布を示す。各部材の応力は全般的に概ね降伏応力以下であった。地震時についても同様に降伏応力以下に収まっていた。ここで概ねとしたのは、ボルト接合を省略した解析では、部材重なり端等における少数の要素において、応力集中に伴い局所的に降伏を超えるような大きな応力が出力されるケースがあるからである。こうした局所応力は実際には発生しないことも多いが、本解析結果でも、そのような局所降伏箇所があったため、念のためそれらの箇所については降伏以降の弾性係数を 1/1000 に設定した弾塑性解析にて、局所降伏範囲が広がらないことを別途確認した。また、耐疲労性については、端ダイヤフラム下端すみ肉溶接の止端部ホットスポット応力 ( $0.4t$ ,  $1.0t$  ( $t$ :板厚) からの 2 点外挿)<sup>3)</sup>ならびにルート部のど断面応力<sup>3)</sup>が、それぞれ疲労限以下 (荷重伝達型十字溶接-非仕上げ  $46\text{N/mm}^2$ , ルート破壊  $23\text{N/mm}^2$ ) となることを確認した。

### 4. 実橋応力測定

1 線 1 支承形式支承取替を実橋施工し、支承取替完了後に、旅客列車通過時の各部の応力測定を実施した。なお、当該線区は旅客列車のみで貨物列車の走行はない。解析において比較的応力が大きかった部位の測定結果を図-5 に示す。端ダイヤフラム開口部隅近傍の発生応力は

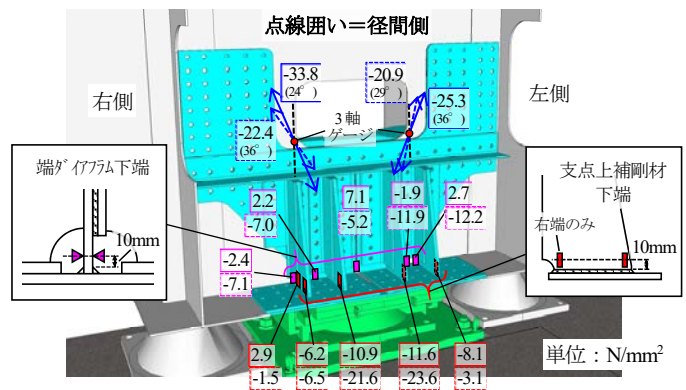


図-5 応力測定結果

$-20.9 \sim -33.8\text{N/mm}^2$  であった。新規支点上補剛材下端の発生応力は  $2.9 \sim 23.6\text{N/mm}^2$  であった。疲労上懸念していた端ダイヤフラム下端溶接部近傍の発生応力は  $7.1 \sim 12.2\text{N/mm}^2$  であり、公称応力に対する疲労限と比べても問題ない応力レベルであった。今回の測定では、死荷重反力移行により発生した内部応力は確認できていないものの、本橋りょうの死荷重反力の測定列車計算反力 (衝撃含む) に対する比率 (3.1 程度) から、死荷重を含む応力 (死荷重 + 列車荷重 + 衝撃荷重) を試算すると  $140\text{N/mm}^2$  程度と試算される。これは使用鋼種 SM490 の降伏強度  $325\text{N/mm}^2$  より十分に小さく、その他の荷重 (ロングレール縦荷重や風荷重等) が付加された場合においても降伏強度に達することはないものと考えられる。

### 5. まとめ

施工労力の低減が可能な新たな支承取替工法として、1 線 1 支承形式による支承取替を検討・開発し、実施工を行った。1 線 1 支承形式は、近年新設橋での適用は増えているようであるが、1 線 2 支承形式の既設橋から 1 線 1 支承形式への変更はおそらく他に例がないと思われる。施工の詳細については紙面の都合上割愛したが、1 線 1 支承形式支承取替では、桁仮受け、ジャッキアップ、既設支承の沓座はつり等の作業が省略できるため、大幅な工期短縮が可能となる。今回の施工では、同程度の規模の橋りょうにおける従来工法の支承取替事例と比較し、本体工部分で 20 日間程度の工期短縮 (35% 短縮) を達成している。今後、設計・施工標準を整備し、適用実績を増やししながら、随時改善を図っていきたい。

### 参考文献

- 1) 和田基弘, 願永留美子, 丹羽雄一郎: 山陽新幹線合成桁の支承取替工事, 鉄道施設協会誌, Vol.51, No.5, pp.54-56, 2013.
- 2) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 - 鋼・合成構造物, 丸善, 2009.
- 3) 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説 - 付・設計例 - 2012 年改定版, 2012.