急曲線を有する鉄道合成箱桁の半径方向ずれ分布に関する解析的検討

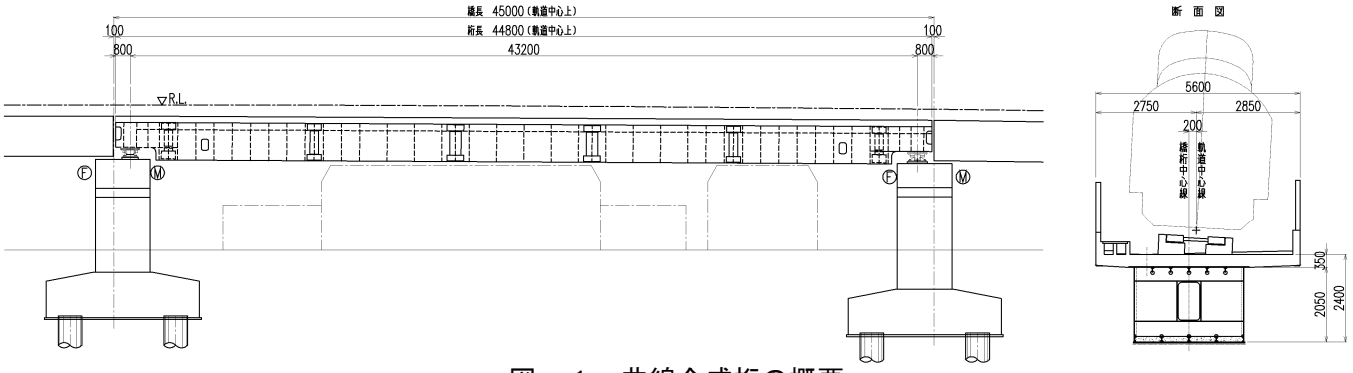
鉄道運輸機構　設計技術部　正会員　藤原　良憲
鉄道運輸機構　大阪支社　正会員　金川　仁
日本交通技術　正会員　植松　寛喜
正会員　○関根　賢一

１．はじめに

本橋は鉄道橋では前例のない曲線半径 200m の曲線合成箱桁である．曲線半径が非常に小さいことから，ねじりの影響による半径方向のずれ量を把握するため，三次元ＦＥＭ解析を行うこととした．また，同ＦＥＭ解析モデルを用いて，文献 3）で実験結果が報告されている荷重載荷位置（橋桁中心に対して内側および外側載荷）の影響についても検証することとした．

２．曲線合成箱桁の概要

本橋の概要を図－１に示す．本合成箱桁は単線を支持する支間 43.2m の架道橋である．桁高はコンクリート床版 350mm（ハンチ 50mm），腹板高 2050mm の 2400mm とし，橋桁の転倒に抵抗するため，桁端を切り欠き，桁高を低くしている．（腹板高 1360mm）また，橋桁中心から軌道中心を曲線内側に 200mm 偏心させることにより，曲線構造によるねじりの影響を減らしている．



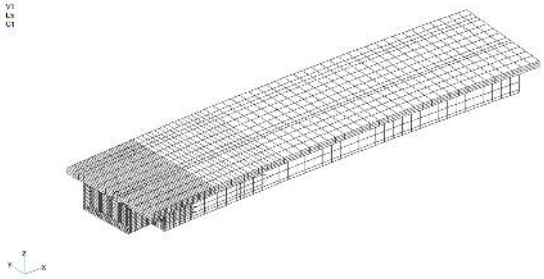
図－１　曲線合成桁の概要

３．ＦＥＭ解析モデル

解析モデル（橋梁）を図－２に示す．コンクリート床版（厚 300mm）をソリッド要素，鋼箱桁をシェル要素，ずれ止めをバネ要素とし，橋梁が対象構造のため 1/2 モデルとした．

ずれ止めの配置を図－３に示す．ずれ止めは，腹板直上に馬蹄形ジベル，腹板間にスタットジベルを配している．

馬蹄形ジベルの水平バネは，橋軸方向を 2.0×10^{6} kN/m（500mm 間隔）とし，直角方向はスタッドジベルと同等とした．スタッドジベルは線路方向に機能しないものとし，直角方向を 2.0×10^{5} kN/m（φ22　１本当り）とした．



図－２　解析モデル（橋梁）

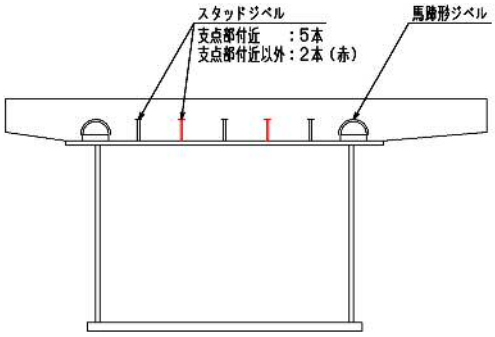
４．検討方法

検討ケースを表－１に示す．CASE-0 はスタッドジベルをモデル化せず，馬蹄形ジベルの直角方向を固定とした．このモデルの馬蹄形ジベルに作用した直角方向水平力で，スタッドジベルを設計し本数を決めた．

CASE-1 は基本モデルとし，馬蹄形ジベルとスタッドジベルの直角方向をバネ要素とした．CASE-2 はスタッドジベルをモデル化せず，馬蹄形ジベルの直角方向をバネ要素とした．CASE-2 はスタッドジベルによるずれ

キーワード：曲線合成箱桁，ずれ止め，ＦＥＭ解析
連絡先：日本交通技術株式会社　〒110-0005　東京都台東区上野 7-11-1　TEL 03-3842-9170　FAX 03-3842-9177

止め効果を CASE-1 と比較する．CASE-3～5 は CASE-1 を同モデルとし，列車荷重の載荷位置を変化させた．CASE-3 を中央載荷とし，CASE-4 は曲線外側に 500mm，CASE-5 は曲線内側に 500mm 偏心させた．



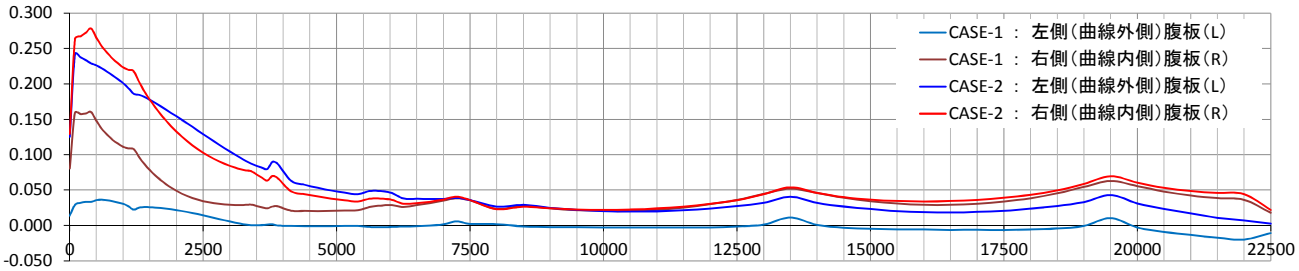
図－３　ずれ止め配置

検討ケース	馬蹄形ジベル		スタッドジベル		摘要
	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	
CASE-0	バネ	固定	－	－	スタッドジベル設計用
CASE-1	バネ	バネ	－	バネ	基本モデル
CASE-2	バネ	バネ	－	－	ずれ止め効果確認用
CASE-3	バネ	バネ	－	バネ	列車荷重 － 中央載荷
CASE-4	バネ	バネ	－	バネ	列車荷重 － 外側載荷
CASE-5	バネ	バネ	－	バネ	列車荷重 － 内側載荷

表－１　検討ケース

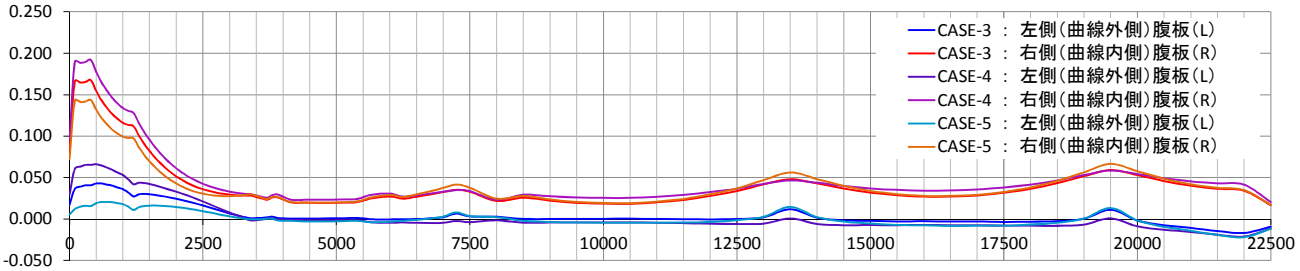
５．検討結果

CASE-1 と CASE-2 の検討結果を図－４に示す．直角方向の最大ずれ量は，内側腹板上で CASE-1 が 0.16mm，CASE-2 が 0.27mm であった．この結果から，スタッドジベルによるずれ止め効果が確認できた．



図－４　CASE-1, CASE-2 における馬蹄形ジベルに生じるずれ量

CASE-3～CASE-5 の検討結果を図－５に示す．直角方向のずれ量は，支点部付近の内側腹板上で CASE-3 が 0.16mm，CASE-4 が 0.18mm，CASE-5 が 0.14mm であり，支間中央付近で CASE-3 が 0.06mm，CASE-4 が 0.06mm，CASE-5 が 0.07mm であった．ずれ量の傾向は，支点部付近で外側載荷＞中央載荷＞内側載荷となり，支点部付近以外で内側載荷＞中央載荷＞外側載荷となった．また，曲線桁は，荷重載荷位置に対して固定支承と可動支承を結んだ支承線が，曲線外側腹板より曲線内側腹板の方が離れる構造である。この荷重偏心距離による影響から，偏心距離の大きい曲線内側腹板のずれ量が大きくなるものと考えられる．



図－５　CASE-3～5 における馬蹄形ジベルに生じるずれ量

６．まとめ

列車荷重の載荷位置を変化させた場合（CASE-3～CASE-5）のずれ量は，文献 3）の実験結果と同傾向を示している．実験は集中荷重であったのに対し，本解析は線荷重を載荷させたことから正確な再現とは言い難いが，ある程度載荷位置によるずれ量の変化を再現できたものと考える．今後，同様の曲線半径が非常に小さい曲線合成箱桁において参考になれば幸いである．

参考文献

1）　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，平成 21 年 7 月

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　性能照査の手引き，平成 25 年 5 月

3）　有住康則，浜田純夫，大城武：箱桁断面を有する曲線合成桁の静的挙動に関する研究，土木学会論文集，1983 年 12 月