

長大支間長を有する馬桁付連続合成桁の馬桁部上下部一体化の検討

○鉄道・運輸機構 正会員 井上 翔
 鉄道・運輸機構 正会員 筒井康平
 鉄道・運輸機構 正会員 横山秀喜
 鉄道総研 正会員 斉藤雅充
 鉄道総研 正会員 土橋亮太

1. はじめに

鉄道構造物において、道路の交差点直上で立体交差する場合、橋脚位置および桁高の制約から、馬桁付連続合成桁を適用することが多い(写真 1)。道路との交差角が浅い場合は、主桁と馬桁の支間が長大化する傾向にあり、これに伴う支承の大型化により費用が著しく増加する事象が生じている。この対策として、中間支点となる橋脚と馬桁の一体化(以下、上下部一体化)を図ることで、支承にかかる費用を軽減することが考えられる。また、上下部一体化により、維持管理性および耐震性の向上も期待できる。ただし、構造系がラーメン構造となり、断面力の大きさや発生位置の変化、せん断スパンの変化による断面の増加も懸念される。本稿は、長大支間を有する馬桁付連続合成桁の中間支点である馬桁部を橋脚と一体化した場合の、構造諸元への影響に関してまとめたものである。

2. 構造概要および検討内容

上下部一体化した構造に対し、常時、L1 地震時および L2 地震時について 2 次元静的解析を実施し、支承ありの条件(以下、上下分離構造)との違いを確認するとともに、照査を満足する構造諸元を決定した。その後、その構造を用いて 3 次元動的解析により L2 地震時について再度照査を行い、2 次元静的解析の結果を精査した。検討対象は、馬桁付連続合成桁としては最大級の支間である A 橋とした(図 1)。主桁は支間 67m+47m の 2 径間連続、2 主箱桁の合成桁であり、馬桁は支間 35m の鋼箱桁である。主桁、馬桁ともに中間支点(主桁馬桁交差部)に向かって桁高が増加する変断面となっており、交差部断面は常時作用による 2 軸曲げ応力によって断面が決定している。中間橋脚は 3.6m×3.0m の単柱式 RC 柱である。上下部一体化の手法は、鉄道構造物において実績のあるアンカービーム方式を用いることとした(写真 2)。



写真 1 馬桁付連続合成桁(事例)



写真 2 アンカービーム(事例)

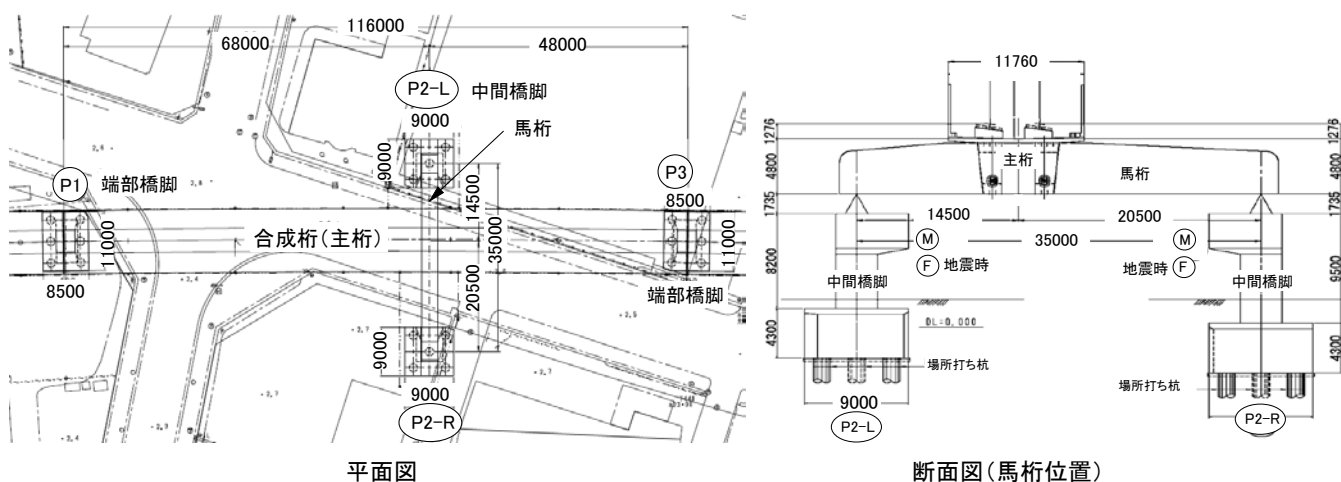


図 1 A 橋(上下分離構造)の概要(一般図)

キーワード: 整備新幹線, 上下部一体, 合成桁, 馬桁, 非線形スペクトル, 3 次元動的解析

連絡先: 〒532-0003 大阪市淀川区宮原 3-5-36 鉄道・運輸機構 TEL 06-6394-6033

3. 検討結果

(1) 常時の照査

死荷重時の曲げモーメントは、上下部一体化による構造系の変化に伴い、馬桁端部および中間橋脚上端に発生するようになった(図2)。さらに、A橋は、主桁と馬桁の支間が長いために作用力が大きいことから、中間橋脚に大きな圧縮、引張の曲げ応力が発生した。このため、上下分離構造の橋脚断面(以下、元断面)では、『コンクリートの圧縮応力度の制限』や耐久性に係る『ひび割れ幅の制限』を満足しない結果となった。

(2) 2次元静的解析による地震時の照査

地震時の照査として非線形スペクトル法を用いたプッシュオーバー解析を行った結果、元断面では直角方向および線路方向のいずれにおいても、初期降伏震度がL1地震動に対する応答震度を下回った。これは、支承の高さの分だけ橋脚が高くなり上部工慣性力の作用点が高くなったことや、前述の馬桁端部の曲げモーメントが大きくなったことなどが原因として考えられる。さらに、L2地震時においては、杭基礎では基礎の安定および杭のせん断耐力の照査を満足できない結果となった。

L1地震時の照査結果を満足するためには、柱の断面を増加させる必要がある。しかし、上下部一体化によりせん断スパンが短くなったことから、元断面の直角方向の柱幅3.6mでは低せん断スパン比部材となり、せん断破壊形態となるのを避ける必要があった。そのため、直角方向は3.0mに縮小し、線路方向の柱幅を6.4mに拡大した。また、L2地震時の照査を満足するため、基礎をケーソン基礎($\phi 9.0\text{m}$)に変更した。馬桁は、柱の線路方向の幅を広げ、剛結部の桁幅を広げたことで、馬桁端部に生じる断面力に対し照査を満足する結果となった。

(3) 3次元動的解析による地震時の照査

3次元動的解析の解析モデルの条件を表1に、骨組モデルを図3に示す。減衰は固有値解析の結果を踏まえたレーリー減衰を用いた。

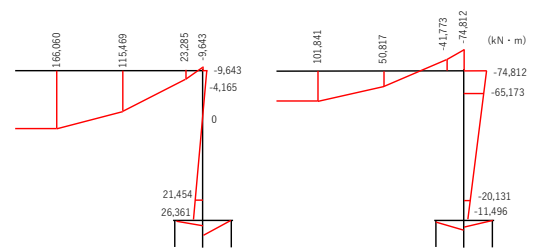
中間橋脚の2次元静的解析と3次元動的解析の最大応答値の比率について図4に示す。3次元動的解析の結果は、全体的に2次元静的解析の応答値を下回る結果となり、最大で1/4程度となった。3次元動的解析による応答値が2次元静的解析による値を大きく下回る理由は、中間橋脚の変位が小さい振動モードの影響が大きく、中間橋脚の変位が大きくなる振動モードでは有効質量比が0.3程度と、影響度が小さいことによると考えられる。

4. まとめ

馬桁付連続合成桁(A橋)における馬桁の支承を省略する上下部一体化の検討において、2次元静的解析を用いた照査では、中間橋脚の断面増および基礎構造の変更を行う必要があった。ただし、3次元動的解析の結果、2次元静的解析と比べて応答値が大幅に低減し、構造合理化の余地があることを確認した。

【参考資料】

鉄道総研 編:鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物(H16.4)、鋼・合成構造物(H21.7)、耐震設計(H24.9)



上下分離構造

上下部一体化

図2 死荷重時の曲げモーメント分布

表1 解析モデルの条件

桁・馬桁	線形梁要素
端部橋脚	非線形SRばね
中間橋脚	柱: 非線形梁要素 基礎: 非線形SRばね (動解1: 押抜き, 引抜き検討用) 水平、回転のみ (動解2: ねじり抵抗検討用) 水平、回転、ねじり(線形ばね)

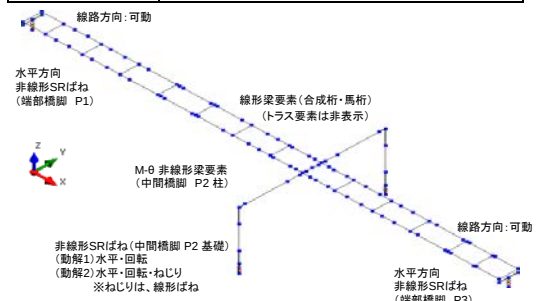
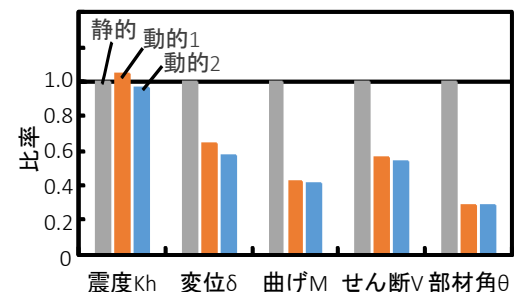
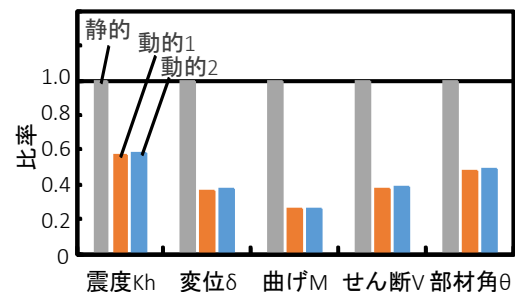


図3 3次元動的解析モデル



線路方向



線路直角方向

図4 解析の違いによる最大応答値の比率