第Ⅰ部門　　橋軸直角方向の作用力に対する支点反力分担率に関する一考察

立命館大学理工学部　学生員　○今倉　優樹
立命館大学理工学部　正会員　　野阪　克義

1. はじめに

これまでも，鋼桁などの上部工に対して橋軸直角方向に作用する力に対しての設計はなされてきているが，部材に生じる力を算出する場合には簡便なモデル化がなされてきた．しかしながら，近年，津波作用力や地震力に対する橋梁の耐荷力を明確にすることが求められており，より詳細に，橋軸直角方向に作用する力に対する挙動・発生部材力の把握が必要となってきた．

そこで，本研究では，橋軸直角方向力の影響を分析するために，コンクリート床版を有する鋼単純Ⅰ形桁に，橋軸直角方向に外力を作用させ，橋梁を構成する各部材の横方向力への抵抗力への寄与を検討した．その際，支点反力の分担率に着目し整理した．

2. 解析概要

本研究では有限要素解析ソフトウェア MARC を使用して解析を行った．

今回解析を行うにあたって，東日本大震災で実際に津波被害にあった小泉大橋をモデルとして使用した．小泉大橋は 3 径間連続鋼桁橋であるが，1 径間 30100mm のみモデル化した．解析モデルの概形と断面図を図-1 および図-2 に示す．

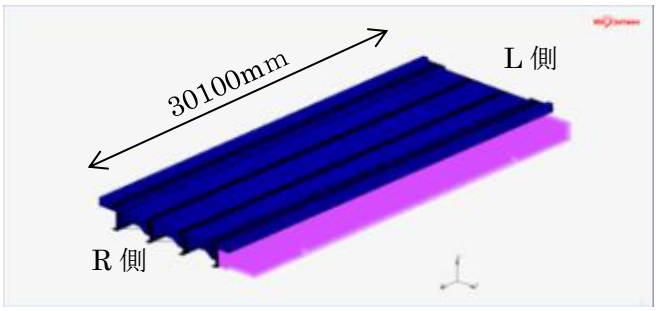

図-1　解析モデル全景図

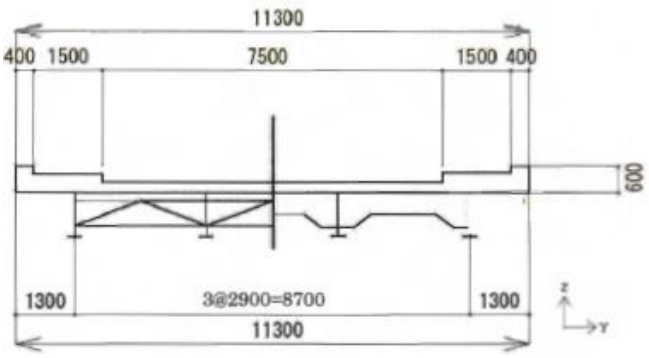

図-2 解析モデル断面図（単位：mm）

ウェブ高さは 1400mm，ウェブ厚 9mm，外桁のフランジ厚 19mm，フランジ幅 450mm，内桁のフランジ厚 16mm，フランジ幅 360mm で材質は SM490Y である．横構と対傾構（SM400 材）は橋脚前後を 5050mm，その間を 5000mm 間隔で配置した．垂直補剛材は厚さ 9mm とし，橋脚前後から 5050mm までを 1010mm 間隔で，その他の区間は 1250mm 間隔で 1 主桁あたり計 25 本配置した．水平補剛材（SS400 材）は厚さ 9mm とし，上フランジから 280mm の位置に配置した．

今回の解析では，床版のヤング係数は 3.1×10^4N/ mm^2，ポアソン比は 0.3 とした．それ以外の材料はすべて鋼材で，ヤング係数は 2.1×10^5N/mm^2，ポアソン比は 0.3 とした．

支持条件として，端支点 R を三軸固定のピン支点，端支点 L を橋軸方向自由のローラー支点とした．

載荷は，外桁のウェブ側面に，橋軸直角方向の面荷重を 0.00179N/mm^2 与えた [1]（図-1）．各支承は，荷重を受けている側（図-1 の右下）から順に 4，3，2，1 と番号をつけ，R と L で区別する．支点反力の向きは水平力を荷重方向と逆向きを正，鉛直力は上向きを正として整理した．

本研究では，上述のモデルを①通常モデルとして，②横構なし，③横桁なし，④対傾構なし，⑤床版なし，⑥床版・横構なし，⑦床版・横桁なし，⑧床版・対傾構なしの 8 つのパターンに分けて，部材の有無による支点反力の分担率の変化について比較した．

3 解析結果

単径間のモデルにより得られた水平力および鉛直力を図-3，図-4 にまとめて示す．

図-3 の水平力については，L 側 R 側，それぞれ 4 つの支承に作用した水平力の合計値の作用荷重全体に対する割合を棒グラフとして示している（左軸），さらに，L 側，R 側それぞれにおいて，4 つ支承（1～4）の内訳，すなわちそれぞれの支承に作用する水平力の L 側（または R 側）の合計水平力に対する割合で，棒グラフを色分けしている．たとえば，通常 R は 4 つの支承の合計水平力が水平荷重の 48%程度を占めており，その中でも支承 4 が R 側の合計水平力の 34%を占めていることになる．

また，図-3 中の折れ線は，異なるモデルにおける水平支点反力の変化を見るために，各モデルの各支承の水平支点反力の通常モデルにおける水平支点反力からの増減率を示している（右縦軸）．つまり，横構・床版なしモデルの R 側の支承 1 と 4 の水平反力は，通常モデルから 100%の増加，つまり 2 倍程度の大きさになっていることになる．それに対して，支承 2 と 3 についてはほぼゼロまで減少（マイナスの変化）していることになる．

図-4 は各支承に作用した鉛直反力を水平作用力の合力がウェブ高さの中心（すなわち鋼桁の図心位置）に作用さ

Yuuki IMAKURA，Katsuyoshi NOZAKA
k-nozaka@se.ritsumei.ac.jp

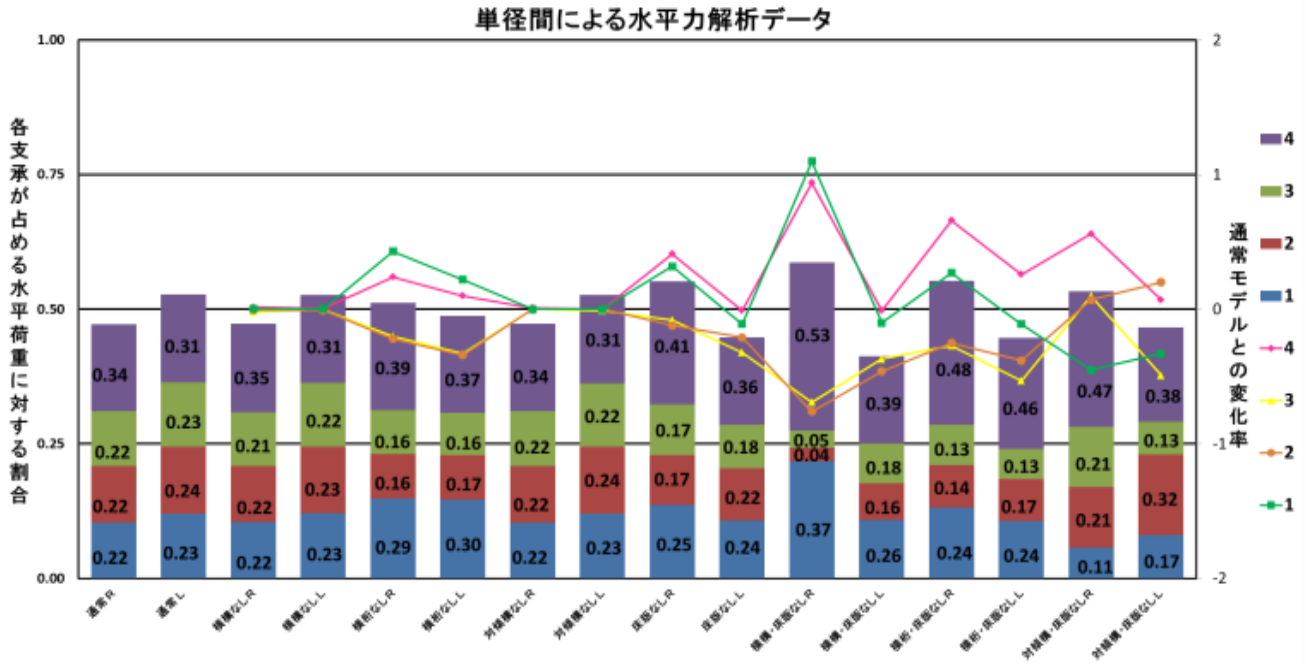

図-3　各モデル，各支承における水平力分担割合の比較

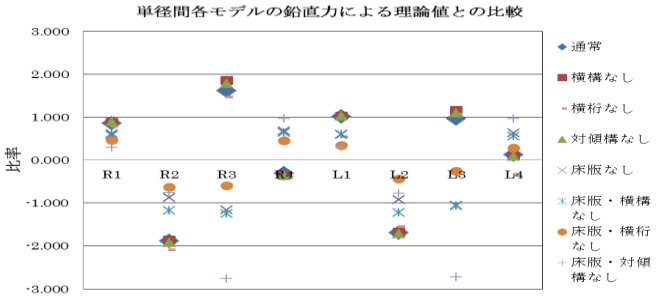

図-4　各モデル，各支承における鉛直力の比較

せた時に生じるモーメント力とつり合うための支点反力の大きさ（理論値）で無次元化している．この理論値は，橋梁の幅員方向中央からの各桁までの距離に線形的に比例するものとして算出しており，支承 1 および 2 では正（上向き），支承 3 および 4 では負の値（下向き）をとる．

横桁なしモデルと床版なしの各モデルでは，支承 1 および 4 の水平力の分担率が，支承 2 および 3 よりも特に大きく変化した．これより，横桁および床版は支承 1 および 4 が受ける水平力を支承 2 および 3 に分散していることが分かる．床版・対傾構なしモデルでは，支承 2 および 4 の水平力の分担率が支承 1 および 3 よりも大きくなったことから，対傾構は支承 2 および 4 が受ける水平力を支承 1 および 3 に分散していることが分かる．また，通常モデルと横構なしモデルを比較してもほとんど変化はないが，横構・床版なしモデルでは水平力の分担率が大きく変化した．以上より，床版が側面からの荷重を各主桁に分散させる役割を担っており，対傾構は設置されている主桁間で力を伝達していることが確認でき，床版の重要性が明らかとなった．

鉛直力に関して，理論的には支承 2 および 3 の鉛直力は支承 1 および 4 よりも小さくなると仮定していたが，どの主桁も鉛直力の大きさに顕著な違いはなかったため，支承 2 および 3 の比率が絶対値で大きくなる傾向となった．ただし，床板なしのモデル，特に床版・横桁なしモデルは比率が全体を通して小さくなった．これは，断面内のねじり剛性に寄与している部材である床版・横桁がなくなったため，水平力による曲げモーメント力に対する抵抗機構が変化したためと考えられる．

4. おわりに

本研究により確認できた，各部材が支承の支点反力に与える影響は以下のとおりである．

1） 床版および横構は水平力を分散させる重要な役割を持っており，無い場合には外桁に水平力が集中する．
2） 床版以外の部材で，支点反力の分担率への影響が大きい部材は横桁であった．
3） 対傾構は水平力において支承 2 および 4 が受ける水平力を支承 1 および 3 に分散している．

本研究の解析結果から，一般的な橋梁における水平力に対する支点反力の分担率について確認できた．しかし，床版の自重等の鉛直力や地震時荷重との差異，さらには各部材での作用応力度に対する安全性などを考えていないため，今後はこれらを含めて検討する必要がある．また，主桁本数の違いによる影響なども考慮する必要がある．

＜参考文献＞

1）糸永 航， 中尾 尚史， 伊津野 和行， 小林 紘士：鈑桁橋に対する津波の作用力に関する実験的研究，土木学会論文集　A1（構造・地震工学），Vol. 68，No. 4，p.p. I_1126-I_1133，2012.
2）社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説， Ⅰ共通編， Ⅱ鋼橋編，2014.