

高橋脚を有する2主桁複合斜張橋の地震時応答解析

（株）建設技術研究所 正会員 ○大塚篤生 鈴木泰之
（株）建設技術研究所 正会員 土田貴之 田中英明

1. はじめに

急峻な地形における橋梁形式として中間に橋脚が設置可能な場合は PC ラーメン橋、不可能な場合はアーチ系橋梁が計画される例が多い。最近、鋼2主桁橋に代表される少数主桁橋、主桁を鋼桁、橋脚を RC 橋脚とした複合ラーメン橋などの実績が増えつつある。筆者らはこれらの施工実績を踏まえ、橋長 340m の橋梁を対象として、橋脚、主塔を RC、主桁を鋼2主桁とした複合斜張橋を提案し、その経済性について報告してきた¹⁾²⁾。本報告は、この複合斜張橋の地震時の挙動を明らかにするとともに、より一層の経済性と耐震性の向上を目的として、中間橋脚支点上に免震支承を設置した場合の地震時挙動を述べるものである。

2. 橋梁の概要と解析モデル

検討の対象とする橋梁は、中央支間 170m、幅員 9.8m、橋脚高 74m(P1)、68m(P2)、主塔高 39m(P1,P2)を有する複合斜張橋である。主桁は線形梁要素、橋脚は代表断面に M - ϕ 関係を設定した非線形梁要素（非線形特性は武田モデルを採用）、吊りケーブルは線形棒要素でモデル化した。各部材の減衰定数は、主桁を 0.01、橋脚を 0.02、ケーブルを 0.01 とした。全体一般図を図-1 に、解析モデルを図-2 に示す。

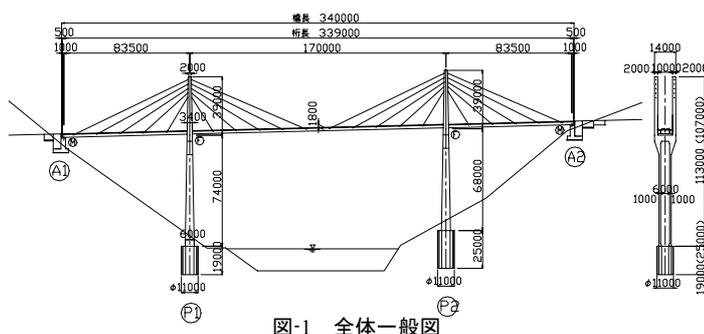


図-1 全体一般図

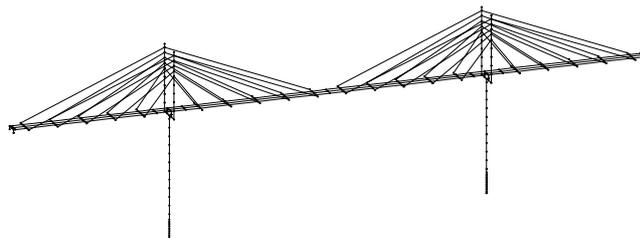


図-2 解析モデル

3. 免震支承条件と数値解析法

支承条件は橋脚と主桁とを橋軸方向に固定（ピン結合）とした場合、自由（リンク支承）とした場合、さらに免震支承を使用した場合を設定した。免震支承は鉛プラグ入り積層ゴム支承とし、パラメーターとして、 Q_d （降伏荷重）、 K_1 （1次剛性）と K_2 （2次剛性）を用いた。各々のパラメータは相互に関連づけられており、免震支承の寸法とゴムのせん断弾性係数を仮定すれば、 Q_d, K_1, K_2 は自ずと決定されることになる³⁾。1主桁1支承とし、1支承あたりのゴム面積を 1.0, 1.5, 2.0(m²)、ゴムのせん断弾性係数 G を 0.8, 1.0, 1.2(kN/mm²)と想定し、鉛の面積を支承ゴム面積の 6%とした場合に導きだされるパラメータを用いた。なお、橋台の支承条件は、全ての解析ケースにおいて橋軸方向に自由とした。支承条件を表-1 に示す。

表-1 支承条件

	G(kN/mm ²)	Qd(kN/mm ²)	K1(kN/m)	K2(kN/m)
CASE1	固定（ピン）		—	—
CASE2	自由（リンク脊）		—	—
CASE3-1	0.8	510	11943	1837
CASE3-2	〃	765	13652	2100
CASE3-3	〃	1020	25076	3858
CASE4-1	1.0	510	15658	2409
CASE4-2	〃	765	18201	2800
CASE4-3	〃	1020	30329	4666
CASE5-1	1.2	510	18489	2845
CASE5-2	〃	765	27136	4175
CASE5-3	〃	1020	95558	14701

4. 地震時応答解析結果

時刻歴応答解析に先立ち、固有値計算を実施した。計算結果と代表的な振動モードを図-3,4 に示す。支承条件および入力地震動別に主桁・支承・橋脚の最大応答変位、橋脚・主塔基部の最大曲げモーメントをそれぞれ図-5～図-9 に示す。本橋梁の固有周期は概ね 3 秒弱と長いため、橋脚基部の曲げモーメントは、タイプ

キーワード：複合斜張橋，少数主桁，時刻歴応答解析，免震支承

連絡先：〒103-8430 東京都中央区日本橋本町4-9-11 第9中央ビル Tel:03-3668-0451 Fax:03-5695-1885

2 地震動よりもタイプ1の地震動で最大曲げモーメントが生じるが、免震支承の特性にかかわらず固定条件の場合より概ね15~20%小さくなることが明らかになった。一方、主塔基部に生じる最大曲げモーメントはタイプ2地震動で大きな応答値を示すが、せん断弾性係数とQdを適切に設定すれば、大幅に減少されることが明らかになった。支承の最大変位は、タイプ2の地震動に対してQdが大きくなるほど小さくなり、その影響を受け桁全体の変位も若干小さくなるが、橋脚天端の最大変位は、Qdにかかわらず一定となることが分かる。図-10,11に免震支承条件がcase1(ピン), case3-1(免震支承)における橋脚基部のM-φ関係と最大曲げモーメントを示す。この図より、免震支承を用いた場合、ピン支承では降伏していた橋脚がひび割れ領域にまで応答値が低減することが分かる。なお、横軸上の0はリンク沓を、∞はピン結合を表している。

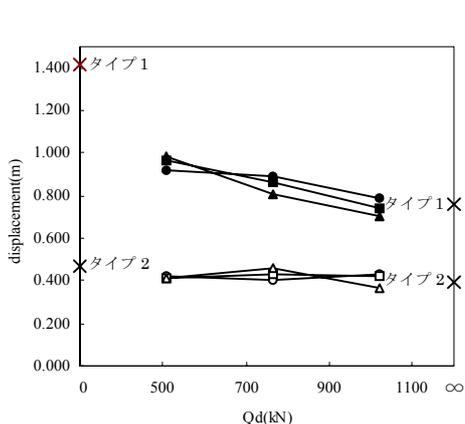


図-5 桁の最大変位

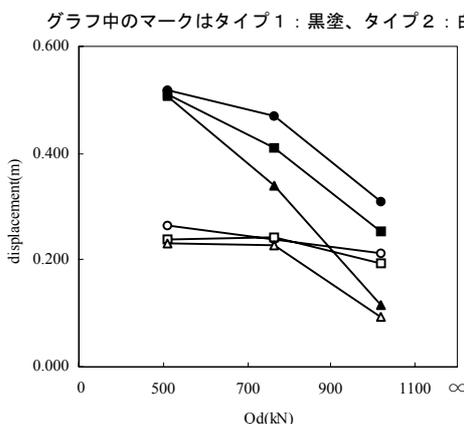


図-6 支承の最大変位

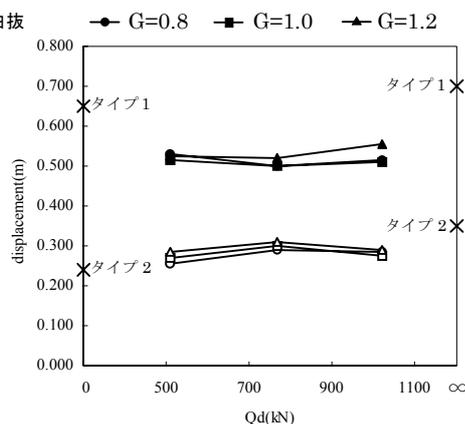


図-7 橋脚天端の最大変位

1次モード: F=0.405Hz T=2.46s

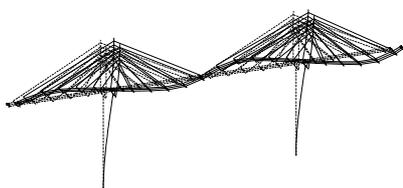


図-3 振動モード図(ピン結合)

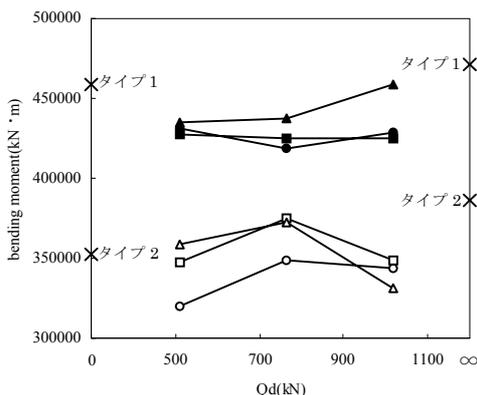


図-8 橋脚基部の曲げ

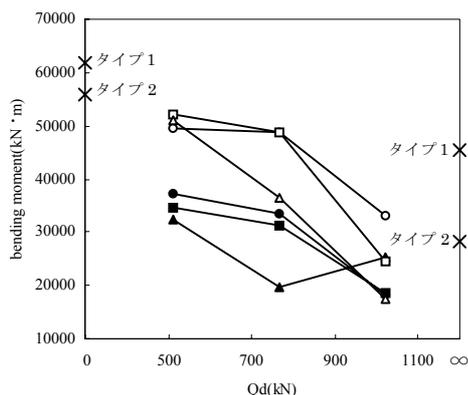


図-9 主塔基部の曲げ

1次モード: F=0.350Hz T=2.86s (CASE4-1)

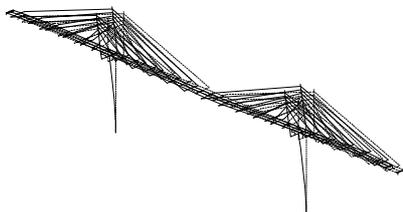


図-4 振動モード図(免震)

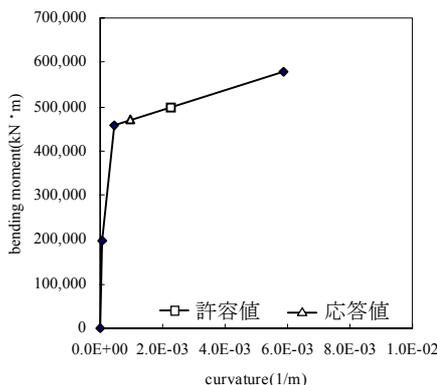


図-10 橋脚基部のM-φ関係(ピン)

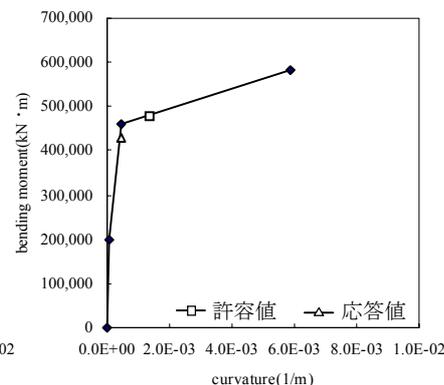


図-11 橋脚基部のM-φ関係(免震)

5. 結論

高橋脚を有する2主桁複合斜張橋の中間橋脚に免震支承を適用した場合の地震時の応答を検討した。橋脚、主塔など部位毎に地震動の特性や免震支承の特性に対する応答値の低減率は異なるが、免震支承の特性を適切に設定することにより経済性を損ねることなく耐震性の向上が計られることが明らかになった。

参考文献 1)鈴木,田中,土田,佐藤:第55回年次学術講演会,少数主桁を用いた複合斜張橋の提案, I-A218, 2000.9
 2)鈴木,田中,土田,佐藤:鋼構造年次論文報告集,少数主桁を用いた複合斜張橋の構造特性ならびに経済性,第8巻, P587-594,2000.11
 3)道路橋の耐震設計に関する資料(社)日本道路協会 平成9年3月