

免震基礎構造を有した中規模 PC 斜張橋の地震応答特性

鹿島技術研究所 正会員 山野辺慎一 正会員 河野 哲也
 北海道開発土木研究所 正会員 池田 憲二 正会員 畑山 朗

1. はじめに

従来の橋梁においても大きな地震力を受けると基礎～地盤間において滑りや剥離を生じる可能性があり、その結果、地震力が低減することが報告されている¹⁾。この基礎～地盤間の滑りや剥離の現象を積極的に利用することで、橋梁基礎に免震機能を持たせることができる可能性がある。

本報告では、既往の PC 斜張橋を例として、基礎～地盤間の滑りによる免震基礎構造を適用した場合の地震応答特性について、非線形動的解析による検討結果について示す。

2. 解析条件

図-1 に示す橋長 500m の 3 径間連続 PC 斜張橋の橋軸方向を対象として、地震応答を検討した。解析モデルは、2 次元フレームモデルとし、

基礎～地盤間の滑りの影響に着目するため、主塔、橋脚、主桁および斜材を全て線形梁要素でモデル化した。

地盤バネは、図-2 に示すように基礎～地盤間の滑りを考慮するために水平バネとして 2 次剛性 K_2 をゼロとしたバイリニアモデルを採用し、回転バネについては線形バネとした。本検討では基礎～地盤間の鉛直方向面圧力の変化による剥離現象や降伏耐力の増減については考慮しなかった。水平バネの 1 次剛性 K_1 は、道路橋示方書に基づいて算出した地盤バネ値を用いた。死荷重時の基礎～地盤間に作用する鉛直方向軸力を N 、基礎～地盤間の動摩擦係数を μ とし、バイリニアモデルの降伏耐力 F_y を $F_y = \mu N$ とし、動摩擦係数 μ は、表-1 のように設定した。

入力地震動としては、道路橋示方書の地震時保有水平耐力法において規定されている II 種地盤用のタイプ II 3 波を用いた。減衰については、主塔および橋脚 5%、主桁 3%、斜材 2%、地盤バネ 10% として Rayleigh 型減衰を設定した。

3. 免震基礎構造を有する斜張橋の地震時動的特性

図-3 は橋脚基部の最大曲げモーメントを示したものである。地盤から基礎に伝わる水平せん断力は $F_y = \mu N$ で頭打ちとなることから、 μ が小さくなると橋脚基部曲げモーメントは小さくなっており、 $\mu =$ に対する $\mu = 0.3$ の低減率は 1 割程度である。

図-4 は地盤水平バネの変形波形の一例を示したものであり、残留変形が生じているのがわかる。図-5 は各解析ケースにおける基礎の残留滑り変形量を示したものである。摩擦係数 $\mu = 0.3$ として積極的に基礎を滑らせ

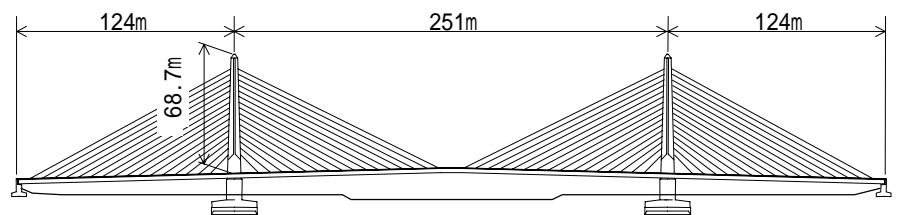
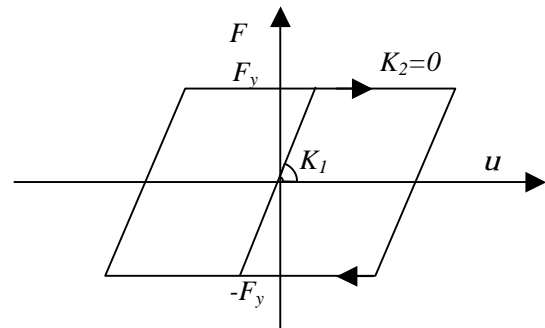
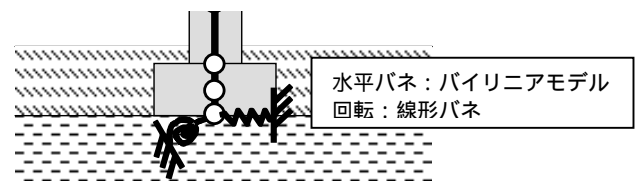


図-1 解析対象橋梁



水平バネのバイリニアモデル

図-2 地盤バネのモデル化

表-1 解析パラメータ

基礎～地盤間摩擦係数 μ	$\mu = 0.3, 0.45,$
地盤バネ減衰定数 h_G	$h_G = 0.1$
入力地震動	保耐法タイプ II 3 波

キーワード：免震、橋梁基礎、PC 斜張橋、非線形動的解析

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1

TEL0424-89-7076 FAX0424-89-7078

る場合、残留滑り量は最大 5.5cm、最小 0.5cm、3 波平均 3.5cm となり、地震動特性により大きなバラツキがある結果となった。

基礎に残留変位が生じると、橋梁各部に残留変位による断面力が生じる。上記の残留すべり量は、二つの基礎で同じ方向に生じたものであり、伸縮装置の遊間がその分増減するものの、各部の断面力に与える影響は無視できるものである。仮に、片方の主塔基礎が側径間側に 5.5cm の残留変位が生じた場合について、静的解析によりその影響を見てみると、中央径間最下段斜材では、9,000kN の死荷重時張力に対し、約 1 割の 987kN の引張力が增加する。主塔基部の曲げモーメントは、ひび割れモーメントの 1/10 程度となる。残留変位の値は、地震動によるばらつきは大きいものの、断面力としては、さほど問題がないと言える。

地盤水平バネの反力が降伏耐力 F_y を越えるときに基礎が滑り出すことから、 $\mu =$ とした線形解析結果の地盤水平バネの最大反力に対する地盤水平バネの降伏耐力の比は、保耐法スペクトルに対する基礎が滑り出す地震スペクトルの比ということになる。この比は、 $\mu = 0.6, 0.3$ における 3 波平均値で、それぞれ 0.669, 0.482 となる。図-6 にこれらの比を保耐法スペクトルに乗じたものを示す。これらスペクトルは橋梁の主な固有周期で震度法のスペクトルよりも大きくなっている。このことから、震度法レベルの地震では滑り出さないことが確認できた。

4. まとめ

免震構造を有する中規模斜張橋が保耐法レベルの地震を受ける際の応答特性について動的解析による検討を行った。一例ではあるが基礎を滑らせることで橋脚基部の曲げモーメントは約 1 割低減し、残留変位は最大 5cm 程度となった。

今回の検討では基礎の浮き上がりをモデル化していないが、自重による初期鉛直変形量と地盤回転バネの最大変形量から算定すると、基礎端部において 5cm 前後浮き上がる結果となっている。今後、浮き上がりを考慮するなど、より詳細な検討が必要である。

参考文献

- 1) 川島他：直接基礎のロッキング振動による橋脚の免震効果，第 5 回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp277-284，2002 年 1 月

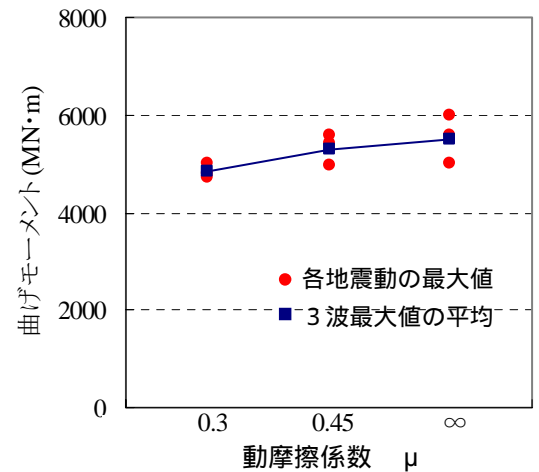


図-3 橋脚基部の最大曲げモーメント

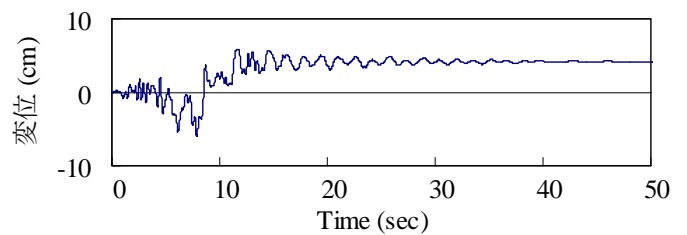


図-4 地盤バネ変形時刻歴波形の一例 (地盤バネ減衰 $h=0.1$ ，地震動タイプ II-II-1)

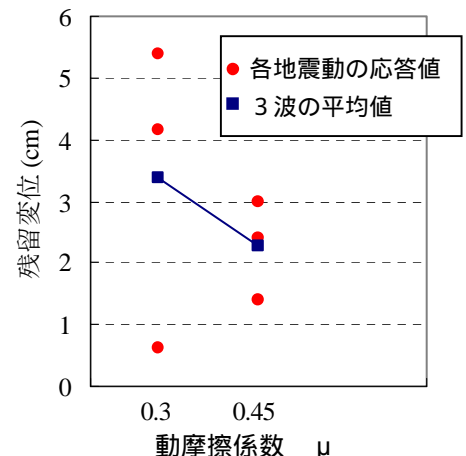


図-5 基礎残留滑り変位量

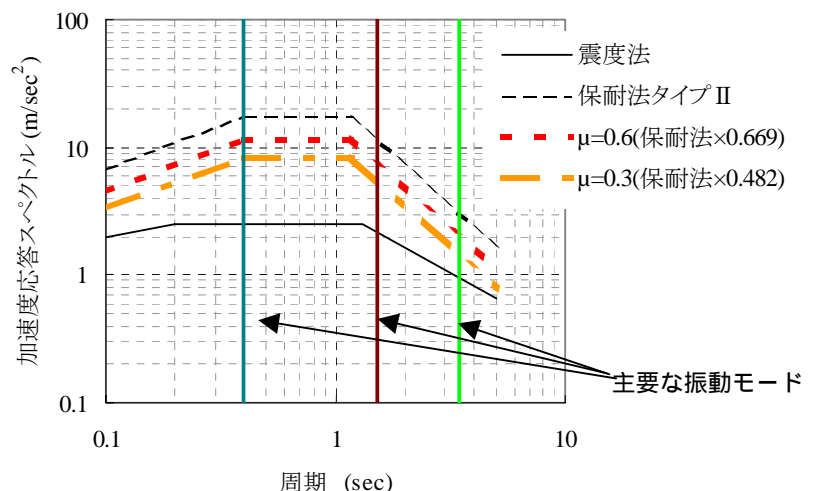


図-6 基礎が滑り出す地震荷重