

橋梁の地震応答解析に及ぼす杭基礎の影響に関する一考察

(株) エイ・シー・デイ 設計部 ○澤田 直子 関沢真奈美
 藤井 智弘 大島 友美
 (株) 新潟技術開発センター 設計第2部 西川 博志

1. はじめに

平成7年1月に発生した兵庫県南部地震により、橋梁において、橋脚の倒壊・橋桁の落下等の被害が発生した。このような背景で、平成8年12月に道路橋示方書が改訂され、構造部材の非線形性の効果も含めた橋の地震時の挙動を適切に把握するために最近では時刻歴動的応答解析による照査が行われている。その中で、基礎地盤の変形の影響は、基礎に対する地盤バネによりモデル化するのが一般的のようである。本研究は、2径間連続PCラーメン箱桁橋を一例にとり、橋梁の杭基礎のモデルに着目し、杭基礎を地盤バネによりモデル化した場合と、杭の軸方向に関する抵抗特性および杭周辺の水平抵抗特性を考慮した非線形梁要素としてモデル化した場合との比較を行い、動的応答解析における杭基礎のモデル化の影響について検討を行ったものである。

2. 解析条件

2-1 解析モデル

本橋の構造形式および基本設計条件を表-1に示す。解析モデルは図-1に示すラーメンモデルにおいて、橋脚を非線形部材とし、上部工は線形部材として時刻歴地震応答解析を行う。橋脚の支点条件は以下の2モデルについて比較検討を行う。

バネモデル：橋脚基礎を、周辺地盤を考慮した線形バネに評価し鉛直・水平・回転バネを底板中央に設置する。

杭モデル：基礎杭を骨組モデル化し、50cmピッチで対称型の完全弾塑性型の水平バネを設置する。また杭先端に引抜きには抵抗しない非対称の完全弾塑性型の鉛直バネを設置する。

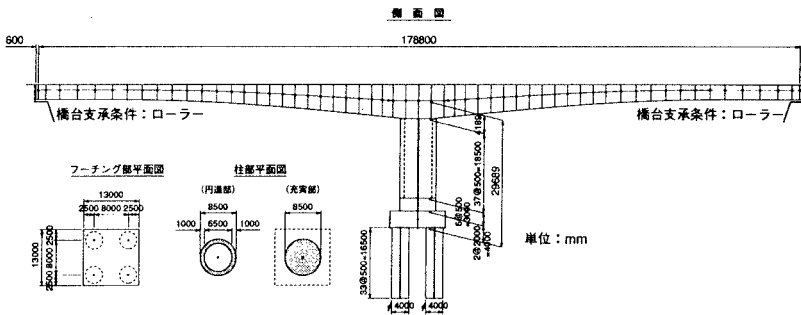


図-1 解析モデル

表-1 基本設計条件

構造形式	上部工 PC 2径間連続ラーメン橋 下部工 RC 円形断面橋脚
基礎工	深礎杭 (φ 4.0m)
橋長	180.000m
支間長	89.400m+89.400m
橋脚形状	φ 8.5m (内空断面 φ 6.5m)
地盤種別	I 種地盤
使用材料	コンクリート 上部工 $\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$ 下部工 $\sigma_{ck}=210\text{kgf/cm}^2$ 基礎工 $\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$
PC鋼材	SWPR7B SWPR1
鉄筋	SBPR 930/1180 φ 32 SD295

2-2 部材の非線形特性

鉄筋コンクリート橋脚部材は曲げによる非線形特性を考慮した。コンクリートおよび鉄筋の応力-ひずみ曲線は道路橋示方書同解説V耐震設計編のタイプII型によるものとし、死荷重状態で軸力を考慮し算出した。復元力特性は図-2に示すようにひびわれ・降伏・終局の3点を折れ点としたトリリニア型の武田モデルを使用した。

また、図-3に示すように深礎杭部材の曲げモーメント-曲率関係は、軸力変動を考慮したバイリニア型とした。

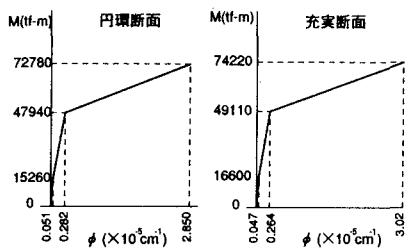


図-2 復元力特性 (橋脚)

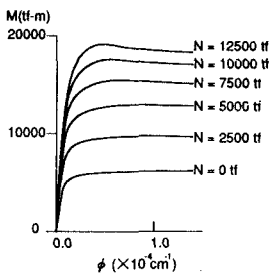


図-3 復元力特性 (深礎杭)

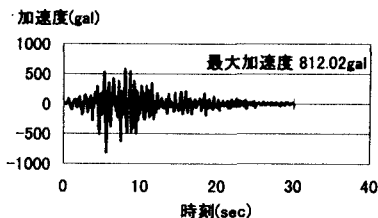


図-4 地震波形

2-3 入力地震波

入力地震波は、対象地域の地盤種別がI種地盤であるため、神戸海洋気象台地盤上(タイプII:最大加速度812.020gal)を採用し、橋軸方向に加振した。地震波形を図-4に示す。

3. 解析結果

3-1 応答加速度

固有値解析の結果を表-2に示す。表中の刺激係数より橋軸の主要モードは、バネモデルにおいては1次モードで固有周期は0.9696秒、杭モデルについては1次モードで固有周期は0.9784秒となっている。

橋軸方向の主桁の最大加速度は、両モデルとも600~700gal程度の応答を示しており、入力地震波の最大加速度に比較して増加していない。

3-2 応答変位

橋脚天端での橋軸方向の時刻歴応答変位を図-5に示す。バネモデルの最大応答変位は76.285mmであり、杭モデルは89.790mmとなった。杭モデルの応答変位の方が若干大きめの値ではあるが、ほぼ同程度である。

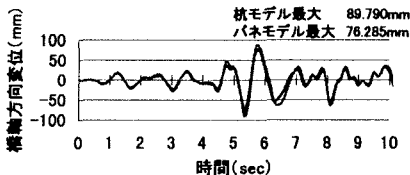
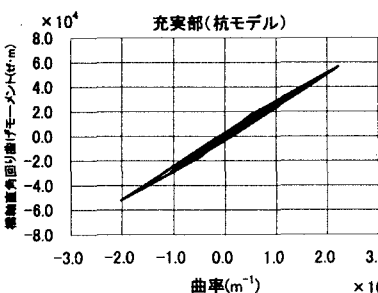


図-5 時刻歴応答変位図

図-6 M-phi 応答履歴曲線

3-3 応答曲げモーメント

橋脚付根の曲げモーメント-曲率応答履歴曲線を図-6に示す。両モデルとも塑性域に達しているものの、ほぼ同じ挙動を示す。これは、杭モデルの場合に杭部分の応答が線形領域であったためと思われる。

4. まとめ

以上の検討から、杭基礎のモデル化について次のことがわかった。

橋軸方向地震力の検討に対しては、基礎杭の応答が線形領域にある場合、両モデルとも応答に大きな変化は見られないため、杭基礎を地盤バネに置換えることに対しては妥当であると考えられる。

本検討においては両モデルの応答にあまり差異はなかったが、杭基礎を骨組にモデル化することは地形・地層の変化に精密に対応できるため、既設橋の照査等で基礎杭の応答が塑性域まで達した場合、地盤バネとして取扱うことが可能であるか検討を重ねていきたい。また、今回は橋軸方向地震時の挙動について検討を行うのみに留めたが、橋軸直角方向の検討も行う予定である。

表-2 固有値解析

モード No.	固有周期 (秒)	刺激係数		
		Tx	Ty	Tz
1	0.97837	1.94E+01	-2.36E-07	2.35E-07
2	0.76127	1.03E-06	2.50E+01	-1.81E-07
3	0.46922	-1.47E-04	-4.37E-06	1.05E-10
4	0.45503	-2.79E-05	-5.79E-07	1.87E+01
5	0.44909	1.82E+01	-4.15E-07	2.61E-05

モード No.	固有周期 (秒)	刺激係数		
		Tx	Ty	Tz
1	0.96958	1.77E+01	-3.66E-19	-1.61E-11
2	0.54148	4.41E-21	2.35E+01	-7.91E-22
3	0.46819	-6.11E-12	-5.54E-19	2.08E+01
4	0.45685	4.30E-15	-6.28E-11	-3.47E-12
5	0.41326	1.75E+01	-8.40E-19	1.71E-11