

3次元動的解析による橋梁基礎の減衰に関する検討

(株) 日中構造研究所 正会員 ○梁 生鈿 正会員 松原勝己
 日中コンサルタント(株) 正会員 吉山 博

1. はじめに

現況の道路橋の耐震設計における動的解析では、梁・バネ系モデルを用い、基礎に与える減衰定数として、0.1~0.2の値が設定される。一般に、基礎の減衰は、地下逸散減衰と関連しており、基礎の形式や大きさ、また地盤の構成や剛性に依存するが、梁・バネ系モデルによって基礎の減衰を直接評価するのが難しいために、安全側の評価として上記の減衰値が採用されているものと考えられる。

本報告では、道路橋脚の基礎地盤バネ減衰定数の妥当性検討に関する基礎資料を得ることを目的として、橋脚、基礎と地盤の一体化モデルによる3次元動的解析、及び減衰定数を変数とした梁・バネ系モデルのパラメトリック解析を行い、両者の解析結果を比較検討した。

2. 検討フローと解析モデル

解析対象としたのは、高さ8.1m、直径3.8mの鉄筋コンクリート橋脚の杭基礎である(図-1)。本報告における一連の解析は、図-2に示す検討フローに従い、FEM解析ソフト Siol Plus¹⁾にて実行した。以下の解析では、橋脚・基礎・地盤一体化3次元モデルによる応答を正解値とした。入力地震波には、解析対象橋脚地点の地盤種別に従い、道路橋示方書²⁾で規定されるL2地震のⅢ種地盤の地表面地震波(以下道示波)をもとに、1次元地盤応答解析により推定した引き戻し波を用いた。

図-3に橋脚・基礎・地盤一体化3次元モデルを示す。対称性を考慮して加震直角方向の1/2モデルとし、橋脚と杭には梁要素を、フーチングと地盤にはソリッド要素を用いた。境界条件は、側方には水平ローラーを、底面には粘性境界を設定した。材料構成則について、フーチング、杭と地盤要素は線形と仮定し、橋脚はバイリニア型のM-φ関係を使用した。地盤条件は、解析対象の杭基礎の中心位置における水平成層地盤を仮定し、本解析で用いた地盤物性値を表-1に示す。なお、地盤の減衰定数は既往の研究³⁾を参考に設定した。

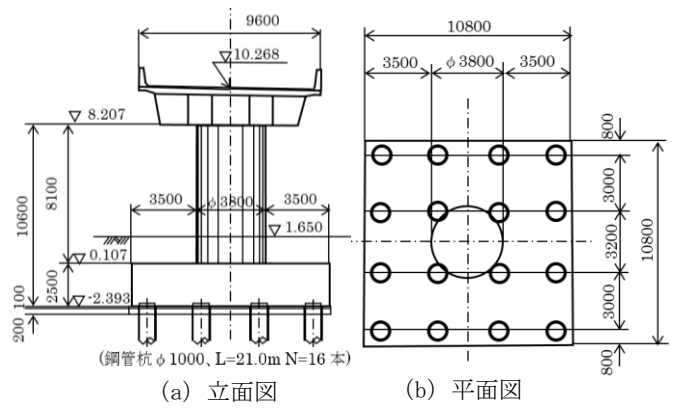


図-1 想定対象橋脚

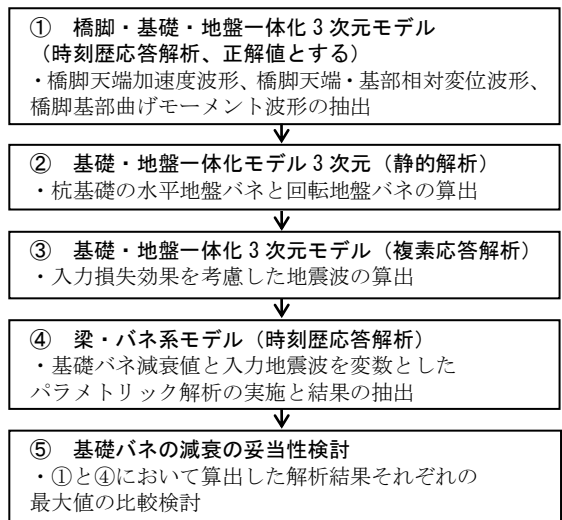


図-2 検討フロー

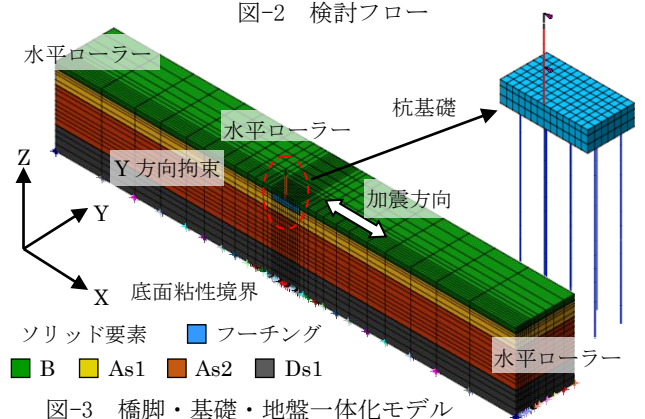


図-3 橋脚・基礎・地盤一体化モデル

表-1 地盤物性値

地層区分	単位体積重量 (kN/m ³)	せん断弾性係数 (kN/m ²)	減衰定数	ポアソン比
B	18	24300	0.1	0.45
As1	20	38300	0.1	0.49
As2	19	40800	0.1	0.49
Ds1	20	170500	0.1	0.40

キーワード 杭基礎, 基礎バネ, 減衰, 梁・バネ系モデル, 3次元FEM, 動的解析

連絡先 〒134-0086 東京都江戸川区臨海町3-6-3 日中ビル TEL 03-3687-8945 FAX 03-3687-8977

基礎・地盤一体化 3次元モデルは、上記のモデルをもとに、橋脚と上部構造重量を除去した解析モデルである。入力損失を考慮した地震波を求める解析では、基礎の質量をゼロとし、フーチング位置での応答加速度波形（以下、入力損失考慮波）、及びフーチング位置伝達関数と自由地盤位置伝達関数の比率を求め、橋脚・基礎・地盤一体化 3次元モデルにおける 1次固有周期に対応する値を道示波に乗じて得た波形（以下、近似入力損失考慮波）を算出した。

梁・バネ系モデルについて、基礎と地盤は SR 集約バネでモデル化した。基礎バネの減衰値は、0.2~0.4 の 5 ケースを考慮し、固有値解析を介したモード減衰からレーリー減衰として評価した。入力地震波は、上記に述べた道示波、入力損失考慮波と近似入力損失考慮波の計 3 波を用いた。

3. 解析結果の考察

図-4に橋脚・基礎・地盤一体化3次元モデルにおける側方境界の地表面位置での応答加速度と道示波Type1-III-1の比較を示す。図より、両者の最大最少振幅は若干異なるが、全体的に位相がほぼ一致している。このことから、側方水平ローラー条件を用いた本モデルの解析結果が、適切な精度を有していると判断される。

図-5にType1地震波に対して、3波の平均値を取った橋脚・基礎・地盤一体化3次元モデル（正解値）および梁・バネ系モデルにおける橋脚天端加速度最大値、橋脚天端・基部相対変位最大値と橋脚基部曲げモーメント最大値の比較を示す。梁・バネ系のいずれの結果においても、同じ減衰値で入力損失考慮波の方が他の2波より若干小さいが、減衰が大きくなるにつれて、結果の差が縮小していく傾向が見られる。また、道示波の正解値に一致した時の減衰値として、橋脚天端加速度最大値の場合は0.35、橋脚天端・基部相対変位最大値の場合は0.25、橋脚基部曲げモーメント最大値の場合は0.3である。従って、評価基準の違いによって減衰値が異なるが、Type1の道示波では、0.25まで考慮可能であると言える。

4. まとめ

道路橋脚の3次元動的解析、および梁・バネ系モデルのパラメトリック解析を行い、解析結果を比較した結果、本解析モデルにおいて、基礎の減衰値として、0.25以上の値が期待できることがわかった。今後、Type2地震波に対しても同様の検討を行う予定である。

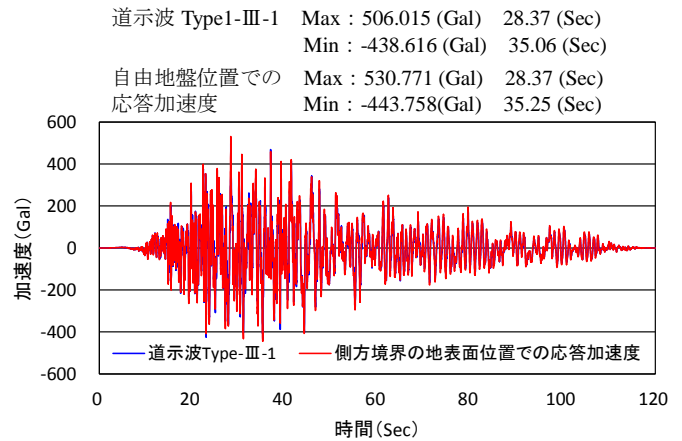


図-4 側方境界の地表面位置での応答加速度と道示波の比較

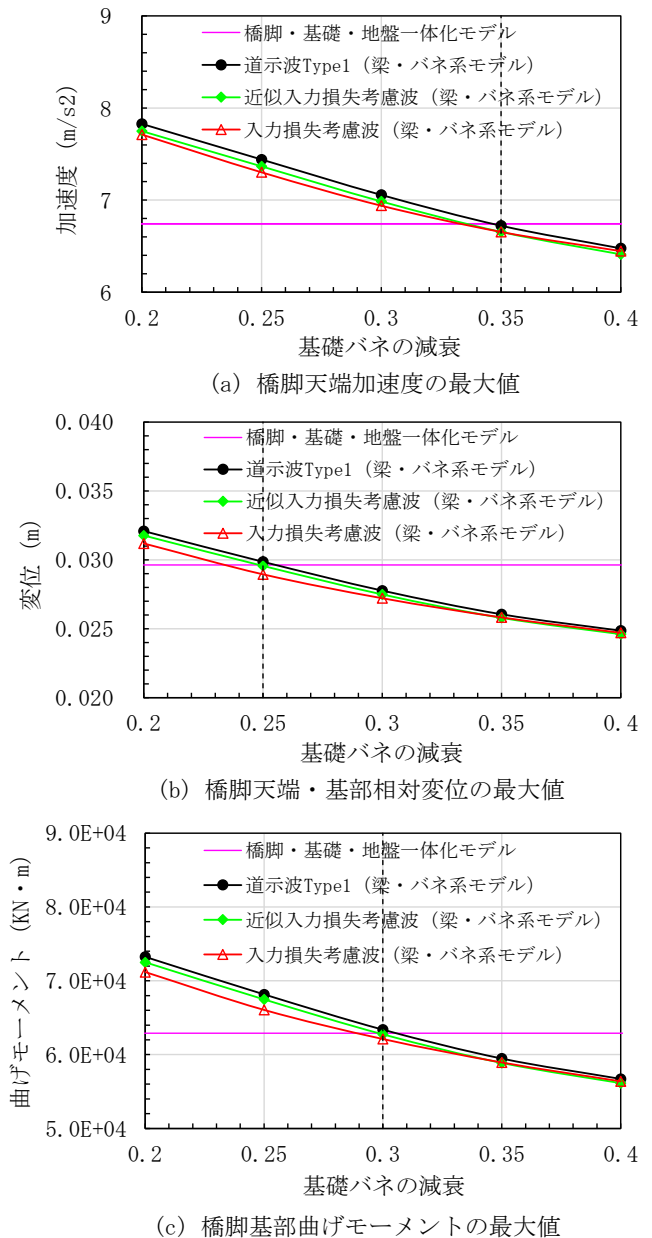


図-5 Type1 地震波における解析結果の比較 (3波平均)

参考文献

- 1) (株) 伊藤忠テクノソリューションズ: Soil Plus理論マニュアル, 2013
- 2) (社) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 2012.
- 3) 岡田太賀雄, 運上茂樹: 橋梁の動的解析に用いる基礎の減衰定数に関する解析的研究, 土木学会地震工学論文集, pp. 381-388, 2007. 8.