

鋼製橋脚 - 地盤間の連成効果から見た 橋脚基部への入力地震動に関する基礎的検討

名古屋大学 正会員 葛西昭¹
 名古屋大学 フェロー会員 宇佐美勉¹
 名古屋大学 学生会員 羽生満広¹

1. 緒言

土木構造物の耐震設計は、今後、終局限界状態を考慮した性能照査型設計法へと変遷を遂げていくものと考えられる。鋼橋に関しては、文献1)で耐震設計の現状紹介、および、数多くの研究課題をまとめている。その中には、橋梁システムの耐震設計法に対する課題も挙げられている。橋梁全体の耐震性能を総合的に判断するには、地盤 - 構造物の動的相互作用を考慮することは必要であり、これまでに種々の検討が行われている。橋脚基部に地盤バネを設置することによって簡易に連成効果を表して検討しているものが一般的に多く、中には地盤部分も全てモデル化することによって検討している例もある。

本研究は、橋梁システムとして上部構造 - 下部構造 - 基礎を一体でとらえることによる弾塑性地震応答解析を通じて、鋼製橋脚の基部に入力される加速度についての検討を行っている。これは、地盤との連成効果を簡便に表現した際に必要となる入力地震動を定めることを目的としている。従って、本研究が完備されることにより、簡便に地盤との連成を考慮する場合や地盤との連成を全く考慮しない場合に、橋梁へ入力すべき地震動を求めることができると考えられる。

本研究で対象とした橋梁は、橋脚 - 地盤の連成効果、および、複数橋脚による連成効果を検証するために、橋脚が3基存在する橋梁システムに対して弾塑性地震応答解析を行う。なお、鋼製橋脚を対象とし、杭基礎を有する橋脚を想定している。

2. 解析手法

ここでは、本研究で求める橋脚基部における加速度時刻歴を得るための解析モデルおよび手法について述べる。

(1) 解析モデル

図1に示すモデルは、地盤部分を有限要素分割によって模擬した解析モデルである。本モデルでは、地盤要素に平面ひずみ要素を用い、側面および底面はABAQUSに準備されている無限要素で無限性を模擬した。地盤は、表1に示す表層地盤と基盤の2層地盤を仮定し、表層地盤はN値=5を仮定して地盤物性値を算出し、材料非線形としてMohr-Coulomb則を適用した。基盤は砂層とし、材料非線形性は考慮しなかった。また、橋梁部分は、上部構造部分と鋼製橋脚部分のみからなっており、上部構造両端部は移動支承で、橋脚と上部構造の接合部は鋼製支承を仮定している。鋼製橋脚に使用される鋼材はSM490材のみとし、断面形状は正方形補剛箱形断面である。橋脚部には弾塑性状態を表す構成則として、名古屋大学で開発されている修正2曲面モデルを用いる。具体的な構造パラメータについては、表2を参照されたい。

(2) 解析手法および入力地震動

本研究で行う弾塑性地震応答解析では、直接時間積分法で中央差分法を適用し、時間間隔は初期時間増分を0.001秒とし、自動時間増分制御により、最大時間増分0.01秒以内で解析を行う。減衰定数は、橋脚および桁部分には0.05とし、杭基礎部分は0.10、地盤部分は0.02とした。減衰マトリクスについては、Rayleigh減衰を仮定し、1次、2次の固有周期をもとに作成した。その際に必要となるモード比例型減衰定数は、各要素で減衰定数が異なっているため、複合モーダル減衰として、運動エネルギーに比例するように求めた。

入力地震動はレベル2タイプII地震動のJRT-NS-Mを基にモデル最下端に入力する波形をFDEL²⁾によって作成した。なお、せん断剛性および減衰定数に関するひずみ依存特性に関しては、文献3)を参考にした。

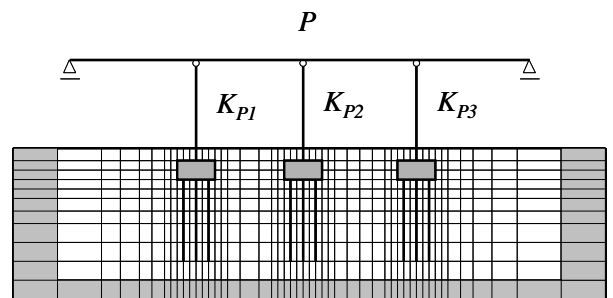


図1 解析モデル

表1 地盤パラメータ

層番号	1	2
地盤の種類	粘性土	砂質土
層厚(m)	15.0	5.0
単位体積重量(kN/m ³)	17.6	19.6
ポアソン比	0.47	0.47
減衰定数	0.02	0.02
平均N値	5	50
せん断波速度(m/s)	171	295
粘着力(kPa)	29.4	-
せん断抵抗角(度)	0	-

表2 橋脚パラメータ

使用鋼種	SM490
ヤング率(GPa)	206
ポアソン比	0.3
降伏応力(MPa)	314
断面形状	正方形補剛箱形
設計水平震度	0.25
幅厚比パラメータ	0.35
細長比パラメータ	0.45

キーワード：鋼製橋脚，連続高架橋，地盤 - 構造物の動的相互作用，最大応答加速度

¹〒464 - 8603 名古屋市千種区不老町 TEL052 - 789 - 4617

3. 橋脚基部における加速度性状

図2が本解析モデル最下端に入力する地震動である。本解析を行うに先立って、構造物が全くない状態で最下端に入力した際の橋脚基部に相当する高さの地盤の応答加速度を求めると、図3に示す結果が得られた。最大加速度が約0.5Gであった。本解析モデルに図2の地震動を入力した際の橋脚基部および橋脚間中央での地盤の加速度は、図4のとおりに得られた。これは構造物の固有周期を約0.9秒で設計した際の結果である。図3と比べると、図4(a)では約8割程度に加速度が減少していることが分かる。また、(b)では最大加速度が0.6G程度まで上昇しており、橋脚間では加速度が増幅する傾向が読みとれる。これについては、さらなる検討が必要であり、特に3次元モデルでの検討が最重要である。なお、図5に本解析で参照した加速度地点のイメージ図を示しておく。(a)は構造物がいない場合を示しており、(b)は本解析モデルである。以上の検討を、構造物の固有周期に関するパラメトリック解析を行った結果が、図6に示されるとおりである。図6は縦軸が応答加速度を重力加速度で無次元化したもの、横軸がモニタ地点である。多少の差異はあるものの、構造物の固有周期に無関係に応答加速度が求まっていることが読みとれる。

4. 結言

本研究では、多径間連続橋 基礎 地盤の一体型モデルによる弾塑性地震応答解析を通じて、中央橋脚とその他の橋脚との剛性比、および橋梁システム全体の固有周期を変えたパラメトリック解析を行い、橋脚基部に発生する応答加速度に与える影響について、検討を行った。本研究によって得られた結論を以下に述べる。

- (1) 橋脚間中央の地盤における加速度は、橋脚基部に入力される加速度よりも増大した。これは、両橋脚基礎によって中央橋脚部分における加速度散逸効果を遮蔽したためである。
- (2) 橋梁システムの固有周期を変化させた場合、地盤固定モデルでは橋脚ごとで応答にほとんど差はない。
- (3) 橋脚基部で発生する加速度は、構造物がいない場合に比べておおむね80%程度に減少している。

本研究で得られた結論は、地盤物性等に対するパラメトリック解析の欠如から一般性があるとは言えず、さらに多くの検証から、入力加速度の推定方法を勧告する必要がある。

参考文献

- 1) 宇佐美勉・織田博孝：鋼構造物の耐震解析法および耐震照査法に関する研究展望，土木学会論文集，No.668/I-54，pp.1-16，2001.1。
- 2) 杉戸真太，合田尚義，増田民夫：周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察，土木学会論文集，No.493/III-27，pp.49-58，1994。
- 3) 建設省土木研究所地震防災部振動研究室：地盤の地震時応答特性の数値解析法 - SHAKE:DESRA - （土研資料第1778号），1982。

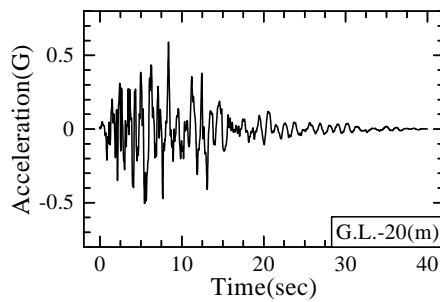


図2 基盤面への入力地震動

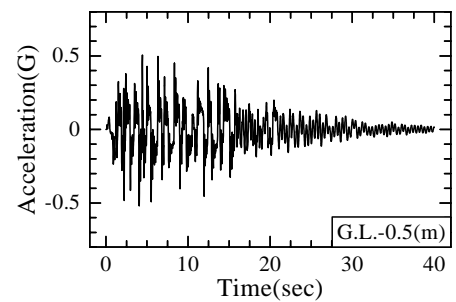
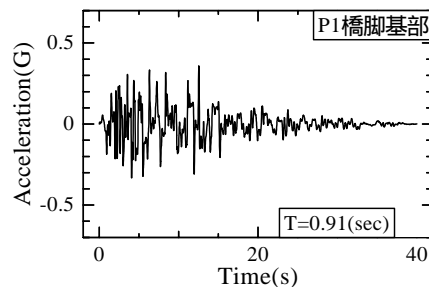
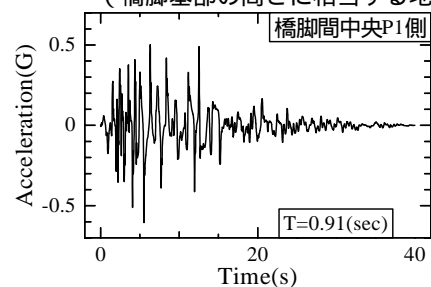


図3 構造物がいない場合の応答加速度（橋脚基部の高さに相当する地点）



(a) 橋脚基部における加速度



(b) 橋脚間中央における加速度

図4 応答加速度の比較

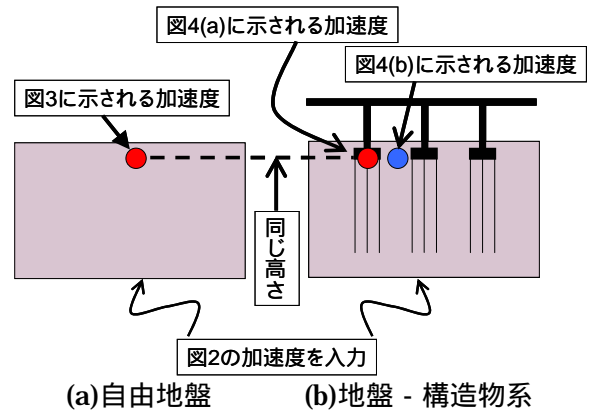


図5 得られた加速度地点のイメージ図

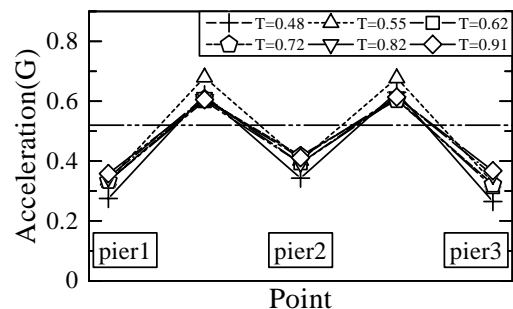


図3 固有周期による加速度分布の違い