

横浜市 正会員 秋吉郁子
 埼玉大学工学部 正会員 陸好宏史
 日本技術開発(株) 正会員 佐伯光昭
 埼玉大学工学部 正会員 町田篤彦

1. はじめに

一般にRC構造物の地震時の応答は、地盤と基礎の影響を強く受けることが知られている。しかし通常、耐震設計あるいは、地震応答解析を行う場合、構造物の基礎を固定として弾塑性応答解析を行うか、または地盤と基礎の影響を弾性体として扱った解析を行う場合がほとんどである。従って、従来の地震応答解析ではRC構造物全体の耐震性を真に評価しているか疑問である。本研究は、RC橋脚を対象として地盤と基礎の影響を考慮した動的非線形応答解析を行い、地盤と基礎が構造物全体の応答性状に及ぼす影響を明らかにすると共に、これらの影響を現行の耐震設計法に取り入れることを試みたものである。

2. 解析モデルと解析方法

図-1は本研究で対象としたRC橋脚を示したもので、杭径は1m、杭間隔は2.5mと設定した。杭長は11mとし、杭長だけ根入れさせ、杭は地盤の基盤面まで達しているものとする。これらの値は、実際に使用されているRC橋脚に基づいたものである。入力地震波は建設省の時刻歴応答解析用標準波形例のI種地盤用、II種地盤用、III種地盤用地震波とTafで記録された地震波形を用いた。また対象とする地盤モデルはI種地盤、II種地盤、III種地盤である。図-2はRC橋脚全体の解析モデルである。図に示すように、地盤と基礎の非線形性を考慮した上で、橋脚全体を3自由度2質点系でモデル化した。ここで、基礎は並進と動揺を考慮した2つのばねを用いている。また、この時基礎を弾性と弾塑性性の2通りに扱った。図-3は本研究で用いたRC橋脚躯体の復元力モデルを示したもので、剛性劣化型バイリニアアモデルに基づくものである。図-4は基礎と地盤に用いた復元力モデルである。モデルは修正Hardin-Drnevichモデルである。このモデルの骨格曲線は初期剛性と降伏強度の2つのパラメータを用いた双曲線で表される。ここで、橋脚躯体の減衰定数は5%とし、地盤の減衰定数は内部減衰や地下逸散減衰等を考慮して10%とした。地盤のばねの初期剛性の算定には日本道路協会「道路橋示方書・解説 V 耐震設計編」に記載されている基礎の地盤ばね定数の算定方法における杭基礎のばね定数の算定方法を用いた。また降伏強度の算定は、各杭に地盤ばねを離散化し、杭頭に水平力とモーメントを与えたときの各深度毎の変位と受動土圧の関係から算出した。時刻歴応答解析には、Newmarkのβ法(β=1/6)を用いた。橋脚躯体の降伏震度、固有周期、地盤種別、入力地震波の最大加速度を解析要因として応答解析を行った。

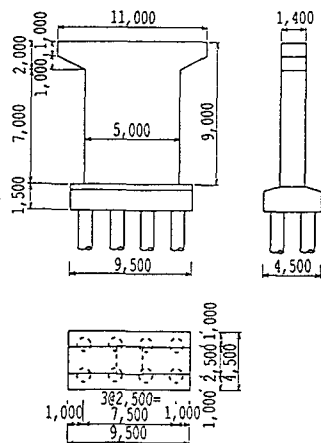


図-1 RC橋脚の形状寸法(mm)

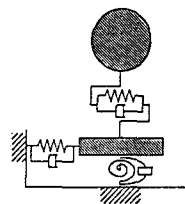


図-2 全体のモデル化

3. 結果および考察

図-5は、縦軸に橋脚天端での最大変位、横軸に橋脚躯体の降伏震度をとったときの関係を示したものである。橋脚躯体の降伏震度を大きくしていくと橋脚躯体の変位は減少し、基礎の変位は増加する。この時基礎を弾性とした場合は、スウェイによる変位は、ほとんど生じないが弾塑性とした場合は、ロッ

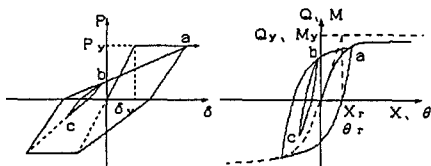


図-3 橋脚躯体の復元力モデル

図-4 地盤と基礎の復元力モデル

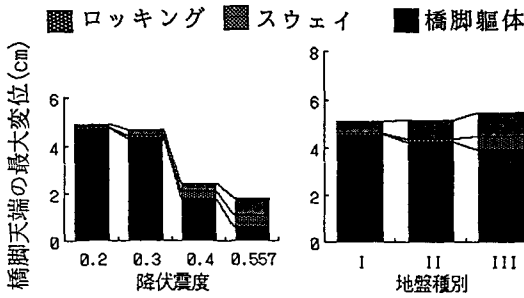


図-5 最大変位の内訳

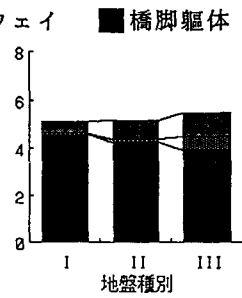


図-6 最大変位の内訳

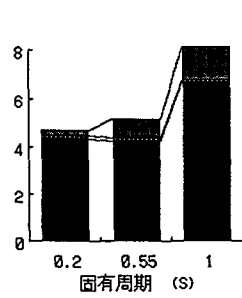


図-7 最大変位の内訳

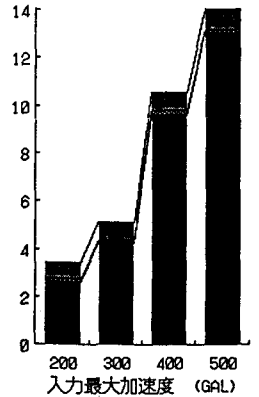


図-8 最大変位の内訳

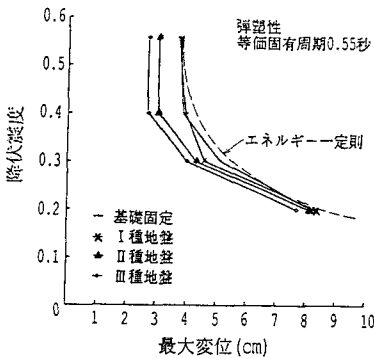


図-9 降伏震度と変形量の関係

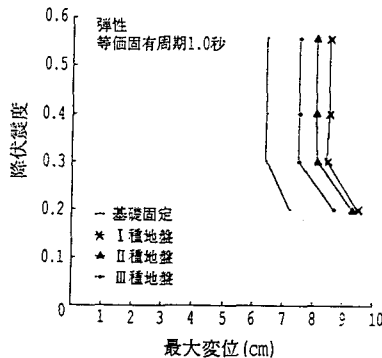


図-10 降伏震度と変形量の関係

キング、スウェイ両方による変位が生じている。また地盤をI種、II種、III種と柔らかくしていくと(図-6)、基礎の変位は明らかに増加していくことがわ

かる。基礎を弾性とした場合、橋脚躯体の変位も増えていくが、基礎を弾塑性とした場合には、橋脚躯体の変位は減少するが、基礎の変位の割合は一層増加し、スウェイ、ロッキングとも、その変形量は増加することが明らかになった。橋脚の固有周期を長くすると(図-7)、橋脚躯体の変位は増加するが、全変位に占める割合は、基礎による変位が多くなる。さらに入力地震波の最大加速度を大きくすると(図-8)、基礎の変位はほとんど変化せず橋脚躯体の変位のみが増加していくことがわかった。以上の結果をまとめると地盤と基礎の影響を考慮した場合、図-9に示すように基礎を弾塑性としたときの橋脚躯体の変位は基礎を固定とした場合よりも小さくなり、地盤が柔らかいほど橋脚躯体の最大変位は小さくなる。一方、図-10に示すように、基礎を弾性体とした場合、特に長周期のときには橋脚躯体の変位は基礎を固定とした場合よりも大きくなる。特に、地盤が堅いほど橋脚躯体のみの最大変位は大きくなる。従って、基礎を完全に固定とした場合の耐震設計法では、安全側を取りすぎているといえる。

4. まとめ

橋脚躯体の降伏震度が大きく、固有周期が長く、さらに地盤が柔らかい場合には、基礎が応答変位に占める割合が多くなり、その分橋脚躯体の変位は小さくなる。このことは、地震のエネルギーは橋脚躯体よりも地盤と基礎により消費されることを示唆しており、基礎に大きな損傷が生じる可能性がある。また、橋脚躯体は、期待した靱性率にまで至っていない。したがって、橋脚躯体の靱性率を考える場合、地盤と基礎の影響を考慮する必要があるといえる。

本研究は、文部省科学研究費(一般研究(C))により行われたものである。

参考文献

- [1] 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編、および V 耐震設計編、平成2年
- [2] 土岐・国近: 橋梁基礎の耐震設計法に関する調査研究、京都大学耐震研究報告、1986年
- [3] 土質工学会: 土と構造物の動的相互作用、昭和48年