

入力波形の相違を考慮した連続高架橋の地震応答解析

東海大学 正会員 ○中野 友裕

1. はじめに

連続高架橋のように広範囲に亘って建設される構造物の地震時応答を評価するためには、本来、それぞれの支持点ごとの地盤の特性や地震動の特性を考慮に入れた解析を実施する必要がある。本稿では、支持点ごとに異なる地震波が入力された場合の応答解析手法を提示し、一般に用いられる一様な加速度入力の場合との相違を検討したので報告する。

2. 支持点ごとに異なる波形が入力される構造物の運動方程式とアルゴリズム

加速度と支持点の移動が同時に発生する場合の運動方程式を増分形で表すと、以下のようになる。

$$M_s \Delta \ddot{u}_{s1} + C_s \Delta \dot{u}_{s1} + K_{ss}^t \Delta u_{s1} = -M_s \Delta \ddot{u}_{s0} \quad (1)$$

ここで、 u_{s0} は強制変位による変位制御自由度以外の変位、 u_{s1} は強制変位による構造物変形を基準にした動的変位による変位、 M_s は縮約された質量マトリクス、 C_s は減衰マトリクス、 K_{ss}^t は縮約された接線剛性マトリクスである。この方程式を解けば、強制変位を伴う加速度入力時の応答が得られるわけであるが、アルゴリズムにおいては、強制変位による変位を求め、その変位を数値的に時間で2階微分することで右辺の外力項を決定する。その後、(1)式を解いて動的応答を評価する。したがって、アルゴリズムは、強制変位解析と動的解析を交互に行う形になる。

3. 解析の概要

解析の対象とするのは、図-1に示す5径間連続高架橋である。この高架橋を支持する4本の橋脚の基部に、地盤ばねを介して異なる地震波形を入力する。前述の(1)式を解く際に必要となるのは、変位の時刻歴波形である。そのため本解析においては、当該橋脚の存在する地点の地盤特性を考慮した上で、SHAKEを用いて4ヶ所それぞれの加速度波形を求めた。その際に用いた基盤の加速度波形は、兵庫県南部地震において新神戸変電所で観測された地表加速度波形をSHAKEを用いて算出したものである。このようにして得られた4ヶ所の加速度波形をフーリエ変換を用いて変位波形に変換した。それら4ヶ所の変位波形を図-2に、各橋脚位置での地盤の固有周期 T_G を表-1に示す。なお本稿では、地震応答の傾向の相違を際立たせるために、上部工重量を2倍にして解析を行っている。

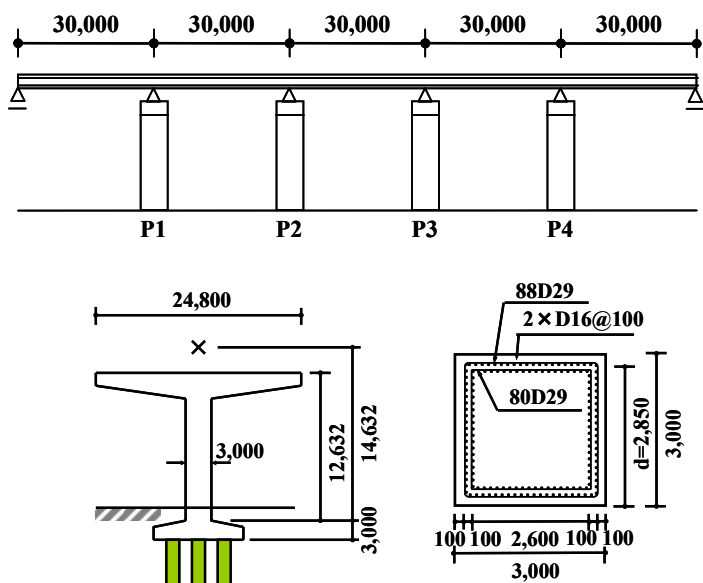


図-1 解析対象構造物

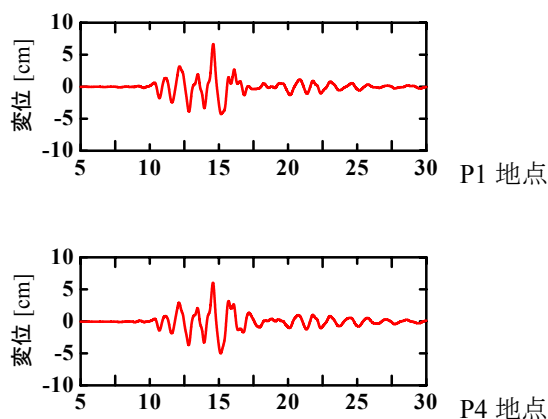
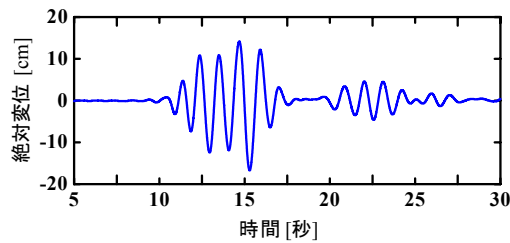


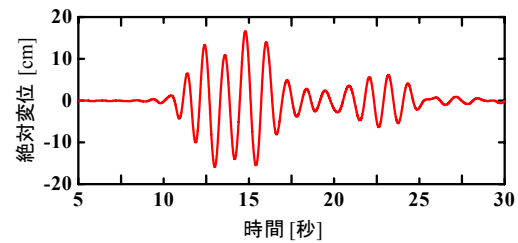
図-2 入力変位波形

表-1 地盤の固有周期 [秒]

P1 位置	P2 位置	P3 位置	P4 位置
0.258	0.264	0.315	0.328

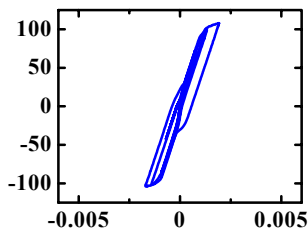


a) 異なる地震波形を入力した場合

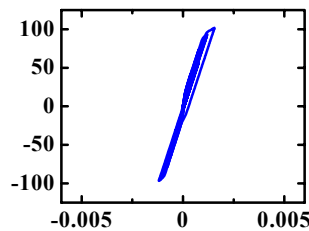


b) 一様加速度入力した場合

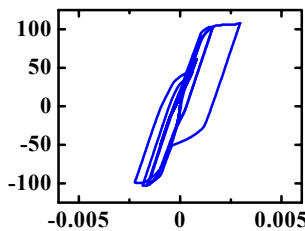
図-3 桁中央部の橋軸方向変位応答



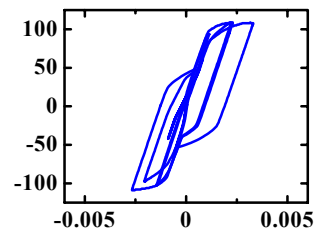
P1 橋脚



P2 橋脚

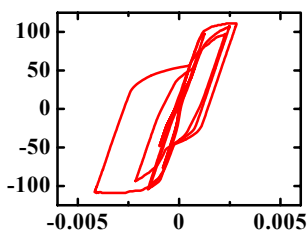


P3 橋脚

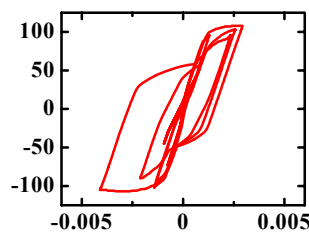


P4 橋脚

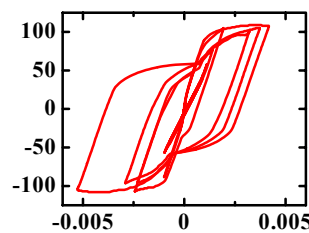
図-4 異なる地震波形を入力した場合の各橋脚基部の曲げモーメント曲率関係



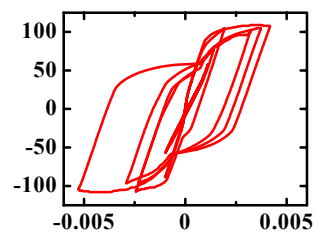
P1 橋脚



P2 橋脚

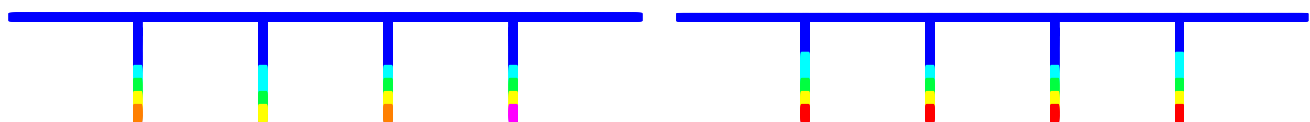


P3 橋脚



P4 橋脚

図-5 一様加速度入力した場合の各橋脚基部の曲げモーメント曲率関係



a) 異なる地震波形を入力した場合

b) 一様加速度入力した場合



図-6 断面損傷係数の分布

4. 解析結果と考察

図-3 に桁中央部の変位応答, 図-4, 5 に異なる波形入力時と一様加速度入力時の基部断面力の応答を示す。いずれも一様加速度の方が大きな応答になっているが, 断面損傷係数を表している図-6 を見ると, 一様加速度入力時にはすべての橋脚が同じような損傷を示すのに対して, 異なる地震波を入力した場合にはそれぞれの橋脚の損傷度合いがまちまちになっていることが分かる。今回の結果では従来の解析手法で得られた結果が安全側になるが, 異なる地震波を入力したときには基部損傷がばらつくという特殊な現象が見られるので, 今後慎重に検討していく必要がある。

5. まとめ

各支持点に異なる地震波が入力されたときには, 従来の一様加速度入力では表現されない損傷のばらつきが見られた。一様加速度入力が常に安全側になるかも含めて, 今後の検討課題としたい。