

粘性境界を用いた半無限連続高架橋における 波動伝播条件が地震応答に及ぼす影響

東北学院大学大学院 工学研究科 環境建設工学専攻 学生会員 ○ 川名 龍太郎

東北学院大学工学部 環境建設工学科 正会員 李 相勲

1. はじめに

新幹線の高架橋のように同形式の構造が非常に長く連続する高架橋構造物に対して地震応答解析をする際には、解析対象を一部切り取りその両端を自由境界として取り扱うのが一般的である¹⁾。その背景には、自由境界とした場合の地震応答解析による応答が何らかの境界条件を設けた場合よりも同程度または大きくなるという仮定がその前提条件にある。しかし、3自由度はり要素を用いておこなった長大高架橋構造物に対する調和地動応答解析²⁾によると、一定の条件をみたす場合には、伝達境界を設定すると自由境界とした場合よりその応答が大きくなることを確認している。また、その現象が地震応答の場合でも起こり得ることも確認している。すなわち、安全側でなくなる可能性がある条件が存在する。

そこで本研究では、半無限高架橋構造物をマス-バネ系モデルを用いて単純化し、解析領域の両端に粘性境界を設けた場合と自由境界とした場合のそれぞれについての地震応答変位スペクトルを作成し、その結果について報告する。

2. 波動伝播条件に対するパラメトリック解析

構造物の波動伝播条件が地震応答に及ぼす影響について検討するための数値実験をおこなう。解析対象は阪水地区の新幹線高架橋の橋脚の部材特性を梁部材にも適用し単純化したものとした。解析モデルには図-1に示すマス-バネ系モデルを用いる。解析対象をマス-バネ系モデルに置き換えたときの諸量は各質点の質量 $m=25.15(t)$ 、軸方向バネ係数 $k=2200000.0(kN/m)$ 、地盤連結バネ係数 $k'=18858.0(kN/m)$ である。図-1のようなマス-バネ系モデルの波動が伝播する条件³⁾は

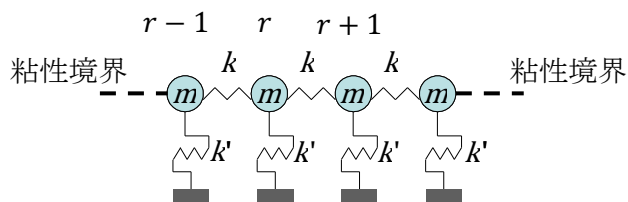


図-1 マス-バネ系モデル

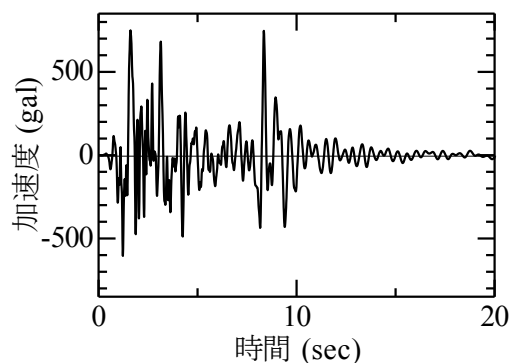


図-2 レベル2地震動内陸型1

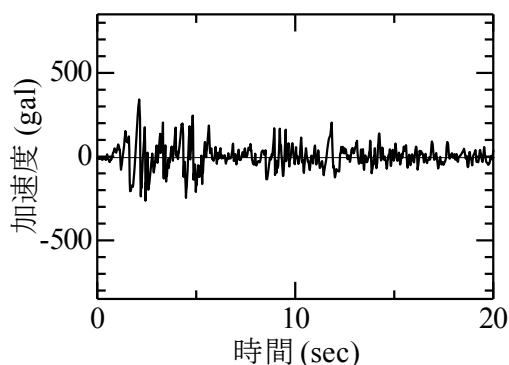


図-3 エル・セントロ地震波

$$\omega_p \left(= \sqrt{\frac{k'}{m}} \right) < \omega < \omega_s \left(= \sqrt{\frac{k' + 4k}{m}} \right) \quad (1)$$

である。これは波動の振動数成分がこの条件を満足する成分のみが伝播し、それ以外の振動数を持つ波は伝

キーワード：地震応答 波動伝播 粘性境界 エネルギー逸散

連絡先 (多賀城市中央 1-13-1 Tel&FAX 022-368-7213)

播せずに減少していく．ここで ω_p は構造物の1次の固有円振動数でもある．

ここでは波動伝播基準 ω_p に着目し，式(1)より k' の値のみを変えることによって ω_p を1～100(rad/sec)まで変化させながら $k=1100000, 2200000, 3300000$ (kN/m)の3ケースについて解析をおこなった．解析領域の質点数は151とし，各質点の質量を $m=25.15$ (t)とした．入力地震動としては土木学会示方書のレベル2地震動内陸型1（図-2），エル・セントロ地震波NS方向（図-3）の2種類を用い，地震動は質点に橋軸方向の慣性力として与えた．減衰はレーリー減衰を用い $h_1 = h_2 = 0.02$ とした．構造物の両端の水平方向（橋軸方向）の境界条件は自由境界と粘性境界の2種類である．

それぞれの地震動に対して，各解析ケースの自由境界としたときの最大変位振幅を1とし，粘性境界を設けた場合の最大変位振幅を正規化したものと ω_p の関係図を図-4，5に示す．

図-4，5より，レベル2地震動内陸型1を用いた場合には ω_p がおよそ23(rad/sec)以上で粘性境界を設けた場合の正規化最大変位振幅の方が自由境界としたときの正規化最大変位振幅よりも概ね大きくなっている．エル・セントロ地震波では ω_p がおよそ18(rad/sec)以上で粘性境界を設けた場合の正規化最大変位振幅が自由境界としたときの正規化最大変位振幅よりも概ね大きくなっている．また，両地震動ともに ω_p が前述の値以下の場合では k の値が小さくなるにつれて正規化最大変位振幅が大きくなっており，その関係は規則的であることが分かる．しかし ω_p が前述の値以上の場合では k の値と正規化最大変位振幅の大きさとの関係は不規則的であることが分かる．

3. 結論

半無限連続高架橋構造物の両端に粘性境界を設けた場合と自由境界とした場合のそれぞれについての波動伝播条件に対するパラメトリック解析の結果より次の知見を得た．

レベル2地震動内陸型1を用いた場合は ω_p がおよそ23(rad/sec)以上で，エル・セントロ地震波を用いた場合は ω_p がおよそ18(rad/sec)以上で，粘性境界を設けた場合の最大応答が自由境界としたときの最大応答よりも概ね大きくなっている．すなわち ω_p が一定値以上と

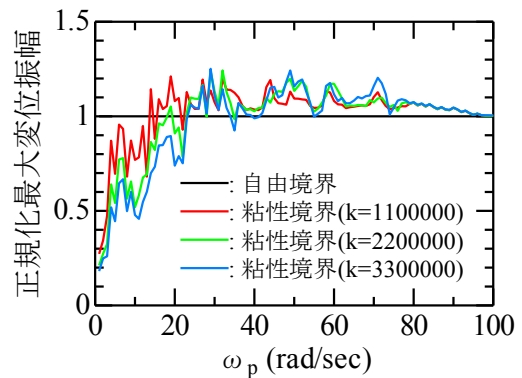


図-4 ω_p と正規化最大変位振幅
(レベル2地震動内陸型1)

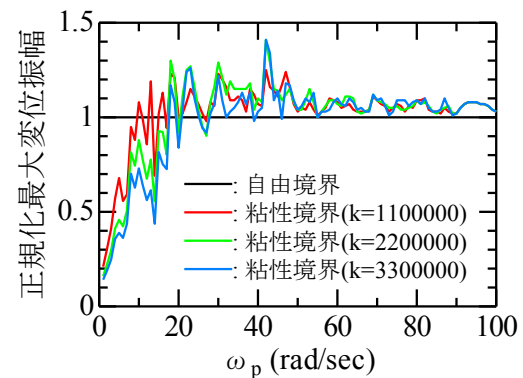


図-5 ω_p と正規化最大変位振幅
(エル・セントロ地震波)

なるとき最大応答の逆転が生じる．また，最大応答の逆転が生じない場合では k と最大応答の関係は規則的である．それに対して最大応答の逆転が生じる場合では k と最大応答の関係は不規則的である．

以上の結果より，地震応答解析において半無限連続高架橋構造物の一部分を切り取りその両端を自由境界として扱うのは ω_p の値によっては必ずしも安全側ではないことを確認した．

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編，pp.97-98，1999.10
- 2) 李相勲，田邊忠顕：3自由度はり要素モデルを用いた離散系における伝達境界の定式化，土木学会論文集，No. 745/1-65，pp.25-38，2003.10
- 3) 李相勲，田邊田顕：連続したマスバネ系モデルを用いた連続高架橋構造物の伝達境界の定式化，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.2，pp.1165-1170，2002.6