

エネルギー伝達境界とはり要素モデルを用いた半無限連続橋におけるパラメトリック地震応答解析

東北学院大学工学部 環境建設工学科 学生会員 ○首藤 達哉
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。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¹⁾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、同じ形式が長く連続する高架橋構造物について、解析対象となる構造物をはり要素モデルに、その両端をエネルギー伝達境界と設定し様々な解析条件について地震応答解析を行う。

2. 3自由度はり要素モデルを用いたエネルギー伝達境界の定式化¹⁾

解析領域 Ω における節点外力および地動を考慮し、また、波動エネルギーの伝達を考慮した全体の運動方程式は、次のように表すことができる

$$[\bar{K}]_{\Omega}\{U\}_{\Omega} = \{P\}_{\Omega} + ([R]_R - [L]_R)\{U\}_R^L + ([L]_L - [R]_L)\{U\}_L^R \quad (1)$$

ここに、 $[K]_{\Omega} = [K]_{\Omega} + i\omega[C] - \omega^2[M]_{\Omega} + [R]_R + [L]_L$
 $\{U\}_{\Omega}$ は複素変位振幅を表し、上付文字は波動の伝播方向を、下付文字は領域を表す。 $[M]_{\Omega}$ 、 $[C]_{\Omega}$ 、 $[K]_{\Omega}$ は各々解析領域 Ω における質量マトリクス、減衰マトリクス、剛性マトリクスである。

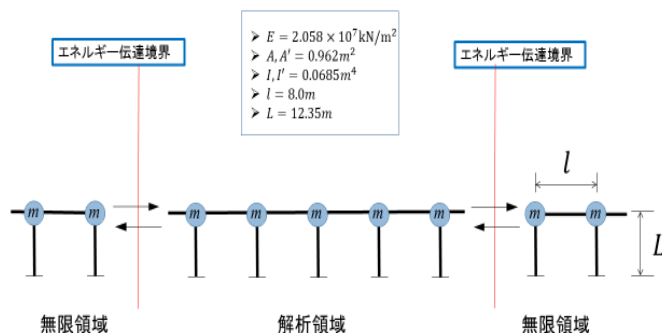


図-1 はり要素モデル

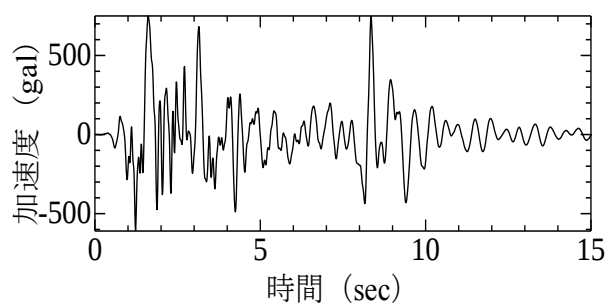


図-2 レベル2地振動内陸型I



図-3 基本モデル（model-0）



図-4 橋脚の高さが変化したモデル（model-1）



図-5 橋脚の幅が変化したモデル（model-2）



図-6 橋脚の高さが左右で違うモデル（model-3）



図-7 橋脚の幅が左右で違うモデル（model-4）

キーワード：エネルギー伝達境界 エネルギー入射 地震応答解析 高架橋構造物

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

また、 $\{P\}_\Omega$ は複素節点外力振幅を表し、 $\{a\}_\Omega$ は地動による地盤からの入射加速度振幅を表す。 $[R]_R$ 、 $[L]_R$ 、 $[L]_L$ 、 $[R]_L$ は解析領域 Ω に接する領域の境界面における、波動が右または左方向に伝播するときの複素節点外力振幅と複素節点変位振幅の関係式における変換マトリクスである。

3. 解析領域の構造形式変化に対する地震応答解析

高架橋構造物の橋脚の間隔や上部構造物の剛性などを变化させながら、各種地震動に対する両端の境界条件の影響について自由境界の結果と比較し検討する。基本となる解析モデルは図1に示すはり要素モデルを用い、 $m = 36.0\text{ton}$ 、 $E = 2.058 \times 10^7 \text{kN/m}^2$ 、 $A = 0.962\text{m}^2$ 、 $I = 0.0685\text{m}^4$ 、 $l = 8.0\text{m}$ 、 $L = 12.35\text{m}$ とした。解析モデルの波動伝播条件は $15.36 < \omega < 806.37$ である。減衰はレーリー減衰を用い、減衰定数 h は2%とした。解析領域の質点数100の場合に対して、入力地震動は土木学会示方書のレベル2地震動内陸型I（図-2）、エル・セントロ地震波、1978年宮城県沖地震波、ノースリッジ地震波、兵庫県南部地震波の計5種類を用いて図-3～図-7のように構造物を変化させ解析をおこなった。

図-8～図-12にレベル2地震動内陸型I（図-2）の解析結果をまとめる。橋脚の高さや幅を変化させたとところ振幅に変化が見られたが、地震動によって変化は様々であり、エネルギー伝達境界が自由境界を越える場合もあれば、越えない場合も見られた。注目すべき点は、エネルギー伝達境界の地震応答が自由境界よりも大きくなったmodel-2とmodel-4の共通点が中央部の橋脚の間隔が左右の構造物より広いことである。

4. 結論

実構造物を想定し高架橋構造物の橋脚の間隔や上部構造物の剛性などを变化させながら、各種地震動に対する両端の境界条件の影響について地震応答解析をし、比較検討した結果を以下にまとめる。

橋脚の高さや幅を変化させたとところ振幅に変化が見られたが、その影響は地震動によって様々であった。

レベル2地震動内陸型I（図-2）の結果によると、橋脚の高さの変化より橋脚の幅を変化させた場合にエネルギー伝達境界が自由境界よりも大きくなった現象が顕著に表われた。

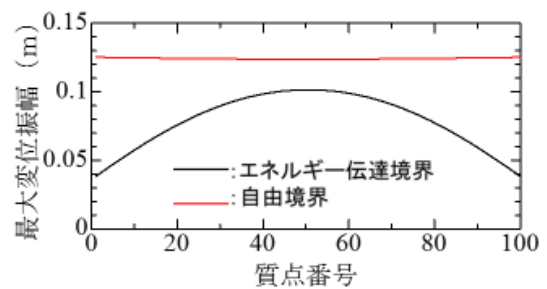


図-8 各質点における最大変位振幅（基本 model-0）

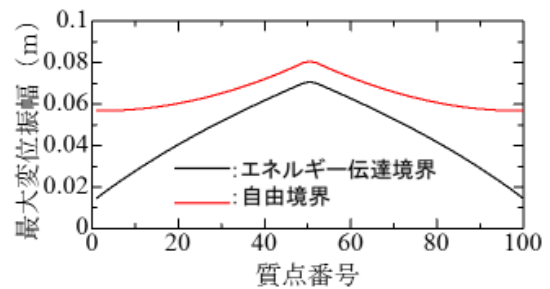


図-9 各質点における最大変位振幅（model-1）

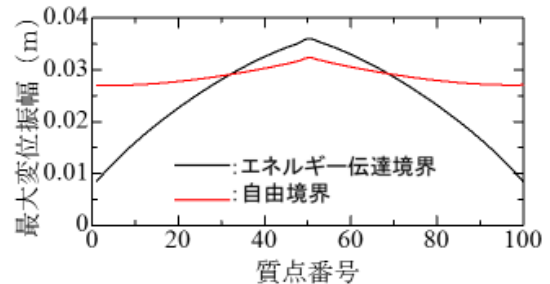


図-10 各質点における最大変位振幅（model-2）

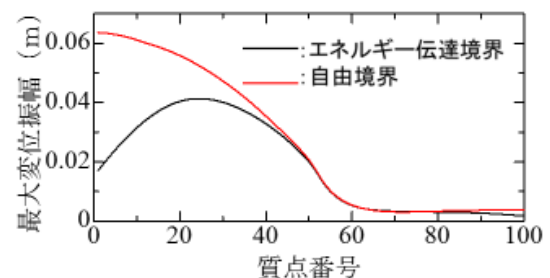


図-11 各質点における最大変位振幅（model-3）

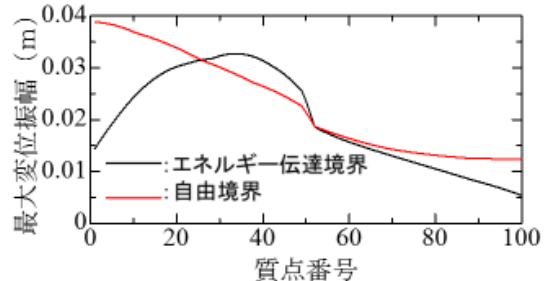


図-12 各質点における最大変位振幅（model-4）

5. 参考文献

- 1) 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