

エネルギー伝達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 工学部 学生会員 ○ 伊藤 賢也
東北学院大学 工学部 正会員 李 相勳

1. はじめに

新幹線の高架橋のように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、自由境界にする場合の地震応答解析が何らかの境界条件を設けた場合よりも大きくなるという仮定がその前提条件である。本研究では、マス-バネ系モデルを用いたエネルギー伝達境界の設定で地震動と質点数に対するパラメトリック解析を行いその結果を粘性境界と比較し考察を行う。

2. 地震動に対する解析

ここでは、地震動に対するエネルギー伝達境界の影響を検討するための数値実験を行う。解析モデルには図1に示す1自由度を持つ質点系マス-バネ系モデルを用いた。各質点の質量は 25.15t、軸方向バネ係数 $k=2.20 \times 10^6 \text{kN/m}$ 、地盤連結バネ係数 $k'=18858.0 \text{kN/m}$ とした。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 151 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 1 を用いて解析をおこなった。質点番号と最大変位振幅の関係を示した図2より、解析領域全区間にわってエネルギー伝達境界より自由境界の応答が大きいことがわかる。その中でエネルギー伝達境界の振幅が最も大きい中央の76質点に対してエネルギー伝達境界と自由境界の両方の時刻歴応答を図3に示す。応答変位が最大の値はエネルギー伝達境界では 3.18s、自由境界では 3.19s で生じることがわかる。図4はそれぞれの境界で設定したときの最大応答変位を示す時刻 3.18s、3.19s おける全質点の応答変位分布を表している。

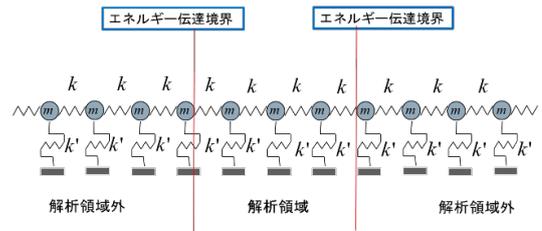


図1 解析モデル

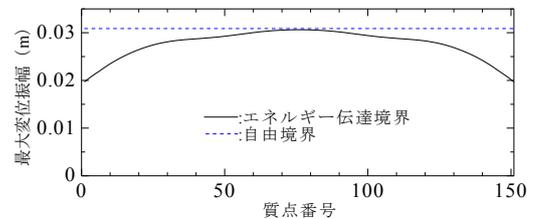


図2 質点番号と最大変位振幅

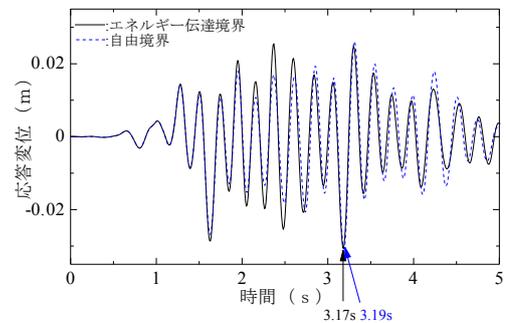


図3 76質点の時間と応答変位

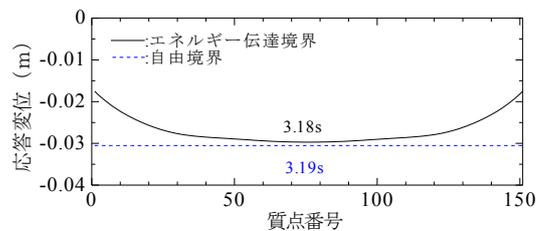


図4 質点番号と応答変位

キーワード:地震応答, 波動伝播, エネルギー伝達境界, エネルギー逸散

連絡先:〒986-8537 多賀城市中央 1-13-1 東北学院大学 環境建設工学科 TEL:022-368-7213

3. 質点数に対する解析

ここでは、前章と同様にマス-バネ系モデルを用い、質点数によるエネルギー伝達境界の影響の検討した。各質点の質量は 25.15t, 軸方向バネ係数 $k=2.20 \times 10^6 \text{ kN/m}$, 地盤連結バネ係数 $k'=18858.0 \text{ kN/m}$ とした。減衰はレーリー減衰を用い、減衰定数 h は 2% とした入力地震動として土木学会示方書のレベル 2 地震動内陸型 1 を使用し質点数を変えてエネルギー伝達境界の解析を行いエネルギー伝達境界、粘性境界、自由境界の影響について比較検討した。質点数を 51, 101, 301, 501 とした場合の質点番号と最大変位振幅の関係図を図 5～図 8 に示す。解析ケースの質点数を 51, 101, 301 とした場合には解析領域の中央部でエネルギー伝達境界及び粘性境界の応答が最大となっているのに対して質点数を 501 とした場合には解析領域の中央部ではなく、その左右で変位振幅が最大となっていることが分かる。また、エネルギー伝達境界、粘性境界ともに質点数 51, 101 の際は最大変位振幅が自由境界を越えないのに対して質点数 301, 501 では越えることがわかる。

4. 結論

エネルギー伝達境界を考慮した際、各質点の最大変位振幅の最大値が出る時点が自由境界と異なる場合があることがわかる。また質点数を変化させおこなった解析結果より領域全体の質点数が一定値を越えるとエネルギー伝達境界を設定したときの最大変位振幅が自由境界よりも大きくなる場合がある。このことから構造物のプロパティや地震動など解析条件が同じであっても質点の数が一定以上になると応答の逆転が起きることがわかる。すなわちエネルギー伝達境界を非考慮で行う設計方法は構造物が一定以上に長い場合には安全な設計であるとは限らないと言える。

参考文献

1) 李相勲, 田邊田頭: 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

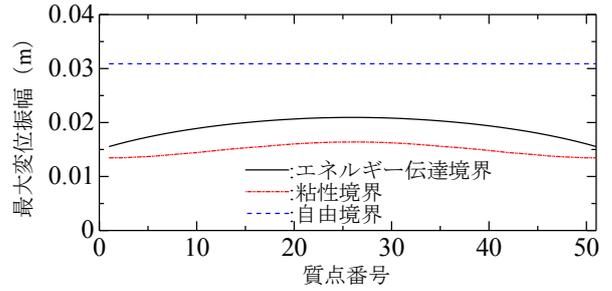


図 5 質点番号と最大変位振幅(質点数 51)

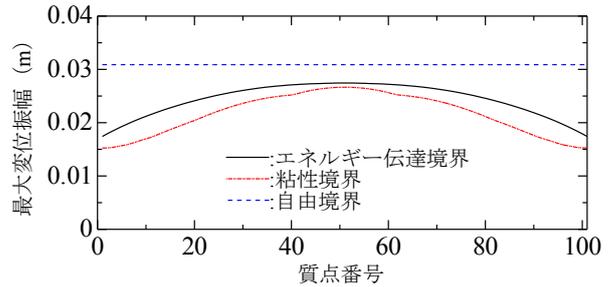


図 6 質点番号と最大変位振幅(質点数 101)

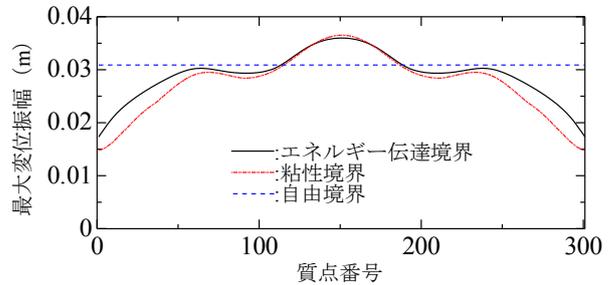


図 7 質点番号と最大変位振幅(質点数 301)

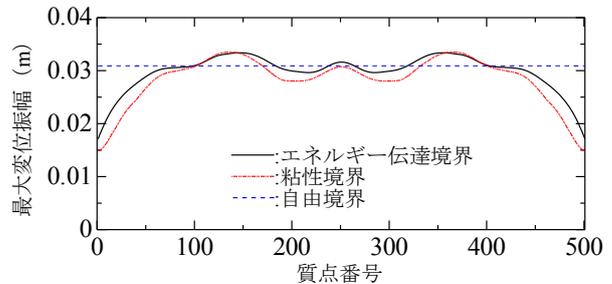


図 8 質点番号と最大変位振幅(質点数 501)