

## 粘性境界を用いた半無限連続橋に対する パラメトリック非線形地震応答解析

東北学院大学工学部 環境建設工学科 学生会員 ○今野 充博  
東北学院大学工学部 環境建設工学科 正社員 李 相勳

### 1. はじめに

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する際に、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は、この場合が何らかの境界条件を設けた場合よりもその応答が大きくなるという仮定がその前提条件である。しかし、連続高架橋構造物に対して適切な境界条件を設定し地震応答解析を行った結果から、解析条件によっては自由境界の場合より大きい地震応答を表すことが確認されている<sup>1),2)</sup>。

本研究では、解析対象となる構造物をマスーバネ系モデルに置き換え、境界条件を自由境界と粘性境界と設定し、様々な解析条件について地震応答解析を行った。解析条件として、解析領域の範囲（質点の数）や地震の種類、解析領域内の構造物分布などを変化させた。また、解析に当たっては橋脚など構造物が降伏した場合を想定した材料非線形として設定し、その影響について検討を行う。

### 2. マスーバネ系モデルにおける粘性境界の設定と非線形解析<sup>3)</sup>

粘性境界の設定については Lysmer-Kuhlemeyer は無限連続体に対し、仮想境界上に与える粘性境界を提案しており、マスーバネ系モデルにおいては仮想境界上に次式で表される力を与える。

$$f = mV_m\dot{u} \quad (1)$$

したがって、粘性境界の設定方法とは式(1)の  $mV_m$  を求めて全体系の減衰マトリックスにおける境界部分に対応して加えることである。

非線形解析の設定については図-1 に示す荷重-変位関係を持つ材料非線形を適用した。ここで  $P_0$  は降伏が開始する降伏荷重で、そのときの変位が  $\delta_0$ 、 $P'$  は完全に降伏に至る荷重で、そのときの変位が  $\delta'$  となる。

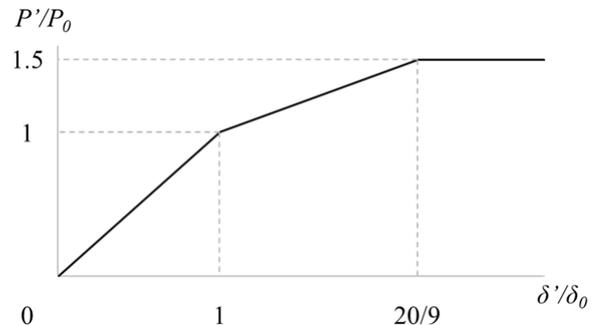


図-1 荷重-変位関係における降伏の影響

### 3. 粘性境界を考慮した地震応答解析

#### 1) 解析条件

異なる地動に対する粘性境界の影響を検討するために数値実験を行う。解析モデルには図-2 に示すマスーバネ系モデルを用いる。質量は  $m=36\text{ton}$ 、軸方向バネ係数  $k=5850000.0\text{ kN/m}$ 、地盤連結バネ  $k'=8494.7\text{ kN/m}$  とする。入力地震動としては兵庫県南部地震波とエル・セントロ地震波の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。この解析モデルに対し解析領域の質点の数を 151, 351 とし、構造物の両端の水平方向の境界条件は自由境界と粘性境界の2種類である。ただし、351 質点モデルは 151 質点モデルに左側に 100 質点、右側に 100 質点を加えたものである。

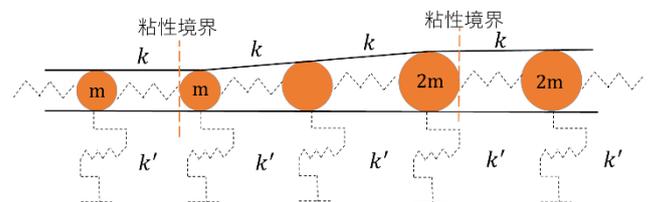


図-2 解析モデル 粘性境界

#### 2) 地震応答解析結果

質点数ごとの質点番号と最大変位振幅を入力地震波ごとに図-3～図-6 に示す。

キーワード：粘性境界、非線形解析、高架橋構造物、地震応答解析

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

兵庫県南部地震波を入力した場合、線形解析の151質点（図-3）においては、粘性境界に比べ自由境界の最大変位振幅の方が全長に渡って大きくなるという結果が得られた。一方、非線形解析の場合（図-4）では151質点、351質点ともに線形解析よりも非線形解析の方が自由境界を粘性境界が上回る区間が多くなるという結果が得られた。

エル・セントロ地震波を入力した場合、線形解析の151質点（図-5、実線）では、粘性境界に比べ自由境界の最大変位振幅の方が全長に渡って大きくなる結果が得られた。しかし、351質点モデルの同じ区間である質点番号101～251においては、全長に渡って最大変位振幅が大きくなる結果が得られた。一方、非線形解析の場合（図-6）では、線形解析の場合と大きな違いは見受けられなかった。その理由は、ほとんどの区間で降伏が生じなかったためと考える。

#### 4. 結論

連続高架橋をマス・バネ系モデルに置き換えた151質点モデル（質量漸増）とその両端に100質点を加えた351質点モデルに対して材料非線形を適用し、その両端を自由境界と粘性境界に設定して地震応答解析を行い、次の知見を得た。

- 1) 兵庫県南部地震波については非線形解析の方が線形解析に比べて粘性境界設定時の応答が自由境界の場合より大きくなる区間が広く現れる。
- 2) エル・セントロ地震波については、線形解析と非線形解析との差はなく、351質点モデルのとき自由境界より粘性境界の応答が大きい区間が広い範囲で見られた。

#### 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
- 2) 川名龍太郎、李相勲：離散系の半無限境界における波動伝播有無が地震応答の及ぼす影響,平成26年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集,I-18
- 3) 半谷泰成、李相勲：粘性境界を用いたマス・バネ系モデルにおける非線形地震応答解析,平成29年度東北学院大学卒業論文集

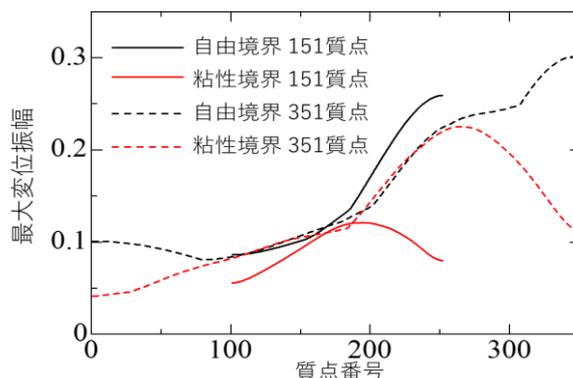


図-3 兵庫県南部地震波 線形解析

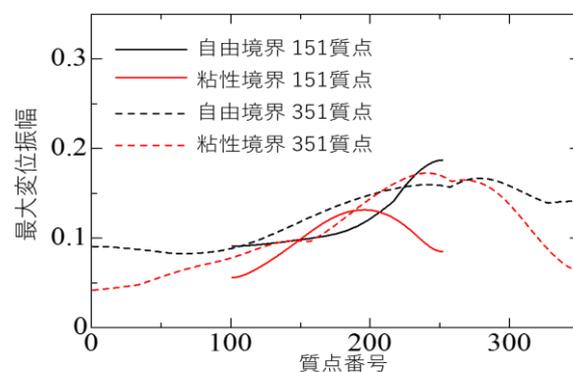


図-4 兵庫県南部地震波 非線形解析

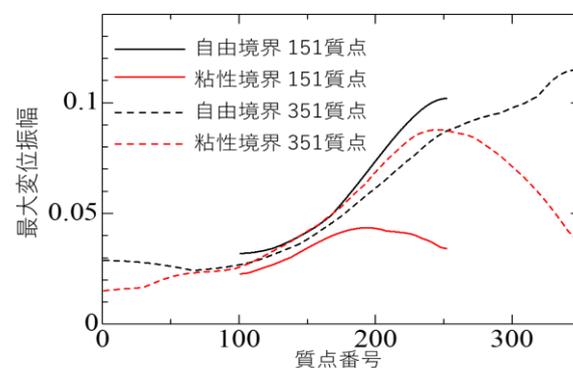


図-5 エル・セントロ地震波 線形解析

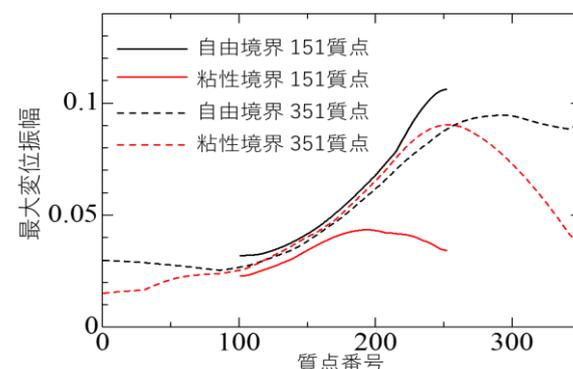


図-6 エル・セントロ地震波 非線形解析