

粘性境界を考慮したマス-バネ系モデルを用いた非線形応答解析

東北学院大学工学部 環境建設工学科 学生会員 ○ 伊藤 彰 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、線形解析において解析領域から外側へのエネルギー逸散が起こる波動伝播条件下で各振動数成分の調和応答及び地震応答が自由境界のときより大きくなることを見出した上で、その現象が非線形解析の場合でも適用するかについて数値実験を用い検討し、その結果を報告する。

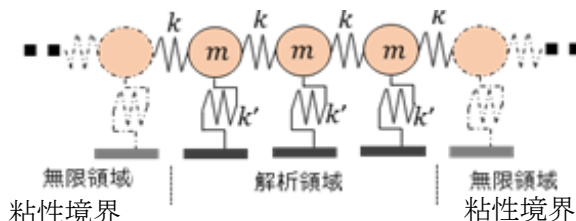


図1 解析モデル

2. 調和地動に対する粘性境界の影響

異なる調和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る。各質点の質量は25.15ton、バネ係数 $k = 2.20 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ 、地動バネ係数 $k' = 18858.0 \text{ kN/m}^2$ とする。調和地動は振幅 100 m/s^2 の場合と振幅 1000 m/s^2 の場合の2種類で、減衰としてはレーリー減衰を用い、減衰定数 h は2%とした。この解析モデルに対し解析領域の質点の数を150とし、調和地動の角振動数が $\omega=20$ 、 $\omega=30$ 、 $\omega=40$ の場合に対して解析を行った。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。また、この構造物の伝播条件は $27.38 < \omega < 592.15$ であり、この範囲内の角振動数のみが伝播し、それ以外の振動数を持つ波は伝播せず減少していく¹⁾。

振幅 1000 m/s^2 の調和地動の場合、角振動数ごとの粘性境界の有無に対する節点番号と変位振幅の関係を図2に示す。振幅 100 m/s^2 の調和地動の場合は線形解析と

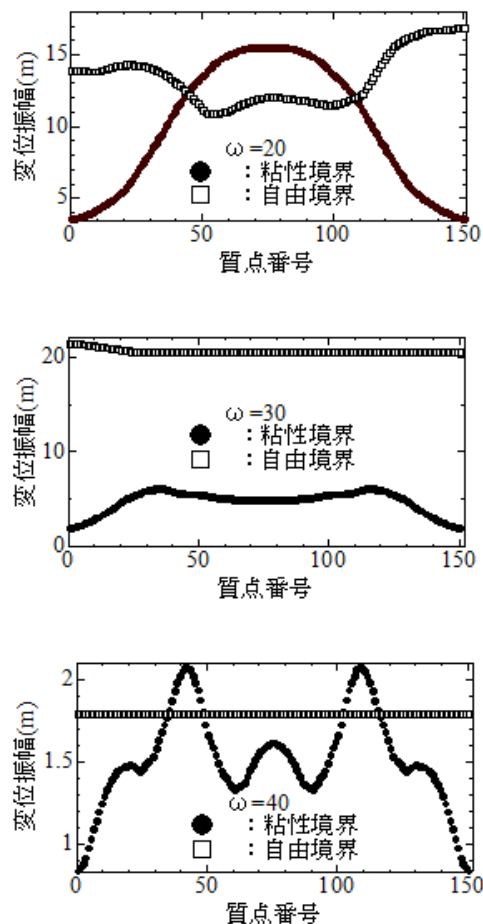


図2 振幅 1000 m/s^2 の調和地動に対する応答変位振幅

キーワード：離散系 粘性境界 マスバネ系モデル

地震応答解析 エネルギー逸散

連絡先 (多賀城市中央 1-13-1 Tel&FAX 022-351-6532)

同様に、調和地動の角振動数が伝播条件の範囲外の条件では粘性境界を設けた場合の応答振幅が全節点にわたって自由境界のときより小さくなっているのに対し、伝播条件範囲内の場合では粘性境界を設けた場合の応答振幅が自由境界の場合より大きくなるという結果が得られたため図示を省略する²⁾。振幅 1000m/s^2 の場合では材料に降伏が生じ、伝播条件による変位の規則性は見られなかった。原因は材料の降伏により波動の伝播が妨げられたためと考えられる。

3. 地震動に対する粘性境界の影響

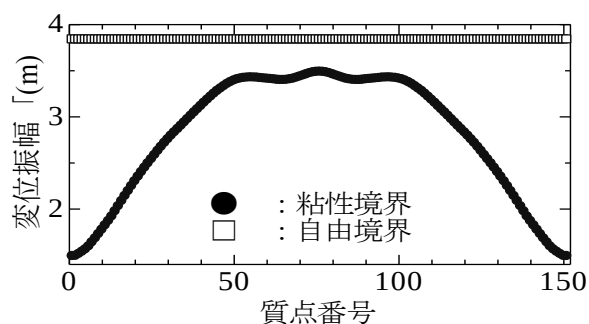
前章では材料に降伏が生じると線形解析と異なる結果が得られることがわかった。ここでは、種々な地震動に対する粘性境界の影響を検討するための数値実験を行う。解析モデルは前章と同様であり、固有振動数は $\omega_p = 27.38$ 、鋼の剛性をもった鉄筋コンクリート構造物として降伏強度を 28000kN/m^2 とする。入力地震動として土木学会示方書のレベル2地震動内陸型1とエル・セントロの地震波を使用し解析を行った。各地震動ごとの粘性境界の有無に対する節点番号と変位振幅の関係を図3と図4に示す。さらに同様の解析を各質点の質量を大きくすることでモデルの固有振動数を変化させて行った。その中から $\omega_p = 17.00$ の場合の節点番号と変位振幅の関係を、図5と図6に示す。 $\omega_p = 27.38$ の場合はどちらの地震動に対しても粘性境界の変位が全質点において自由境界のときより小さくなっているのに対し、 $\omega_p = 17.00$ の場合はどちらの地震動も粘性境界の変位が自由境界より大きくなる部分が存在した。

4. 結論

調和地動のみならず、地震動においても伝播条件によって各振動数成分が粘性境界を考慮した場合、自由境界の場合より大きくなる場合があるので耐震設計では十分注意を払うべきである。

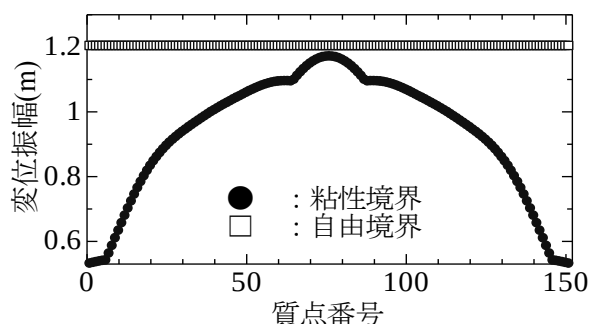
参考文献

- 1) 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
- 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



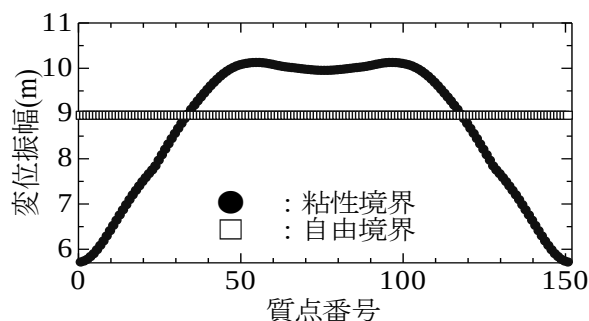
$\omega_p = 27.38$ レベル2地震動内陸型1

図3 地震動に対する応答変位振幅



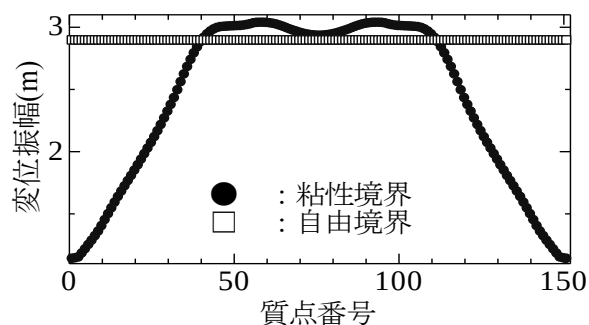
$\omega_p = 27.38$ エル・セントロ地震波

図4 地震動に対する応答変位振幅



$\omega_p = 17.00$ レベル2地震動内陸型1

図5 地震動に対する応答変位振幅



$\omega_p = 17.00$ エル・セントロ地震波

図6 地震動に対する応答変位振幅