

マスーバネ系モデルにおける粘性境界設定の簡便法と減衰の影響

東北学院大学工学部 学生会員○小笠原 敦樹

東北学院大学工学部 正会員 李 相勲

1 序論

連続高架橋のように同形式の構造が非常に長く連続している構造物の応答を解析する際、波動エネルギーを吸収する仮想境界の一つとして、簡便で時間領域の解析に適用可能な粘性境界¹⁾が取り上げられているが、その粘性境界においてエネルギー吸収能を左右する伝播速度の求め方²⁾についてはあまり検討されていない。そこで、本研究では連続高架橋をマスーバネ系モデルに置き換え、質量 m 、バネ係数 k 、地盤連結バネ係数 k' を変化させたパラメトリック解析を行い、無次元化したグラフから簡便に伝播速度を求める公式を提案する。

一方、粘性境界の伝播速度はその設定方法から減衰定数に何らかの影響を受けることが予想される。そこで、減衰定数 h を変化させるパラメトリック解析を行い、各減衰定数ごとの公式を提案するとともに、それらの結果をもとに減衰定数の影響について論議する。

2 粘性境界における伝播速度の影響

図-1に示すマスーバネ系モデルにおいて有限の解析領域を取り出した場合、その両端に次式で表される力 f を運用することで粘性境界の設定をすることになる。

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

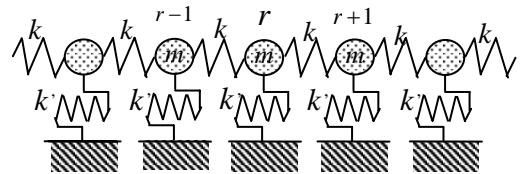


図-1 マスーバネ系モデル

ここで、 m は質量、 V は縦波速度(橋軸方向の伝播速度)、質点の速度である。

本節では異なる速度で設定された粘性境界を設け、衝撃による応答波形を比較することで粘性境界における速度の影響をパラメトリック解析で検討する。検討方法は 201 質点モデルの応答波形(正解)と各伝播速度で粘性境界を設定した 51 質点モデルの応答波形を比較することである。波形の比較には WCC³⁾による方法を利用する。201 質点において波動が衝撃作用後、有意すべき時間(201 質点において、正解波形が中央から境界面に達し、それが反射して 76, 126 質点に到達するまでの時間。図-2 参照)が経過した時点において、2つの波形の勾配差と曲率差を求める。その数値が小さいほど基準の正解波形に近い、すなわちエネルギー吸収能がよいことになる。ここでは一例として、解析条件が $h=0.01$ 、 $m=2.0\text{ton}$ 、 $k=5000\text{kN/m}$ 、 $k'=0.0\text{kN/m}$ の場合について議論する。解析結果から、伝播速度 V の値は、WCC の勾配差と曲率差より $V=50.0\text{EA/sec}$ を最適値と見なす。正解波形との比較として $V=0.0$ 、 50.0EA/sec の時の時間と応答変位の関係を図-3に示す。伝播速度 V を 50EA/sec に設定した場合が、一定のエネルギー吸収能を示すのに対し、 $V=0$ の場合は全く吸収されないことが分かる。

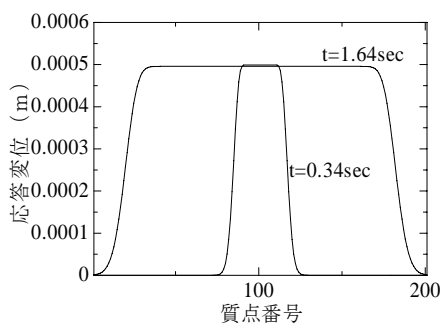


図-2 各質点の応答変位($h=0.01$)

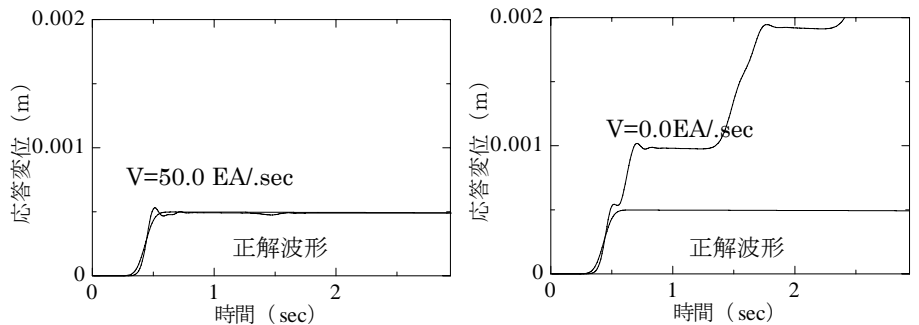


図-3 応答変位の時刻歴波形($h=0.01$)

3 粘性境界における伝播速度の提案式と減衰の影響

全体として、解析条件を質量 m (2,5ton) 2 ケース軸方向バネ係数 k (5000,10000kN/m) 2 ケース,地盤連結バネ係数 k' を (0,10,20,50,100,250,500,750,1000,2000,3000kN/m) の 11 ケース,減衰定数 h の 3 ケース(0.01,0.02,0.05)で変化させながら、以上 132 ケースについてパラメトリック解析を行い、伝播速度におけるエネルギー吸収能について検討した。

解析の結果をまとめ、縦軸に V/V_0 、横軸に k'/k とし、最小 2 乗法により近似式を導入したものを減衰定数ごとに図-4 に示す。また、減衰定数ごとのをまとめた近似式を図-5 に示す。

図-5 より減衰定数の値により曲線がそれぞれ異なっているのがわかる。減衰定数と伝播速度を求める簡便式の間には何らかの関係があることが分かった。

4 結論

本研究では、高架橋構造物を置き換えたマス-バネ系モデルに粘性境界を設け、さまざまな解析条件に対するパラメトリック解析を行った粘性境界の設定速度とそのエネルギー吸収能を求め、WCC の方法を利用し、最適速度を取り出した。

- 1) 同じ剛性の条件において一部異なっているが減衰定数が大きいほど、伝播速度の値は小さいという傾向が見受けられる。しかし、その比例関係が線形的に一定の値で増減しているわけではない。
- 2) また、減衰定数がある値以上になると一定の値に収束しているようにも見受けられる。

今回ではデータの数が多かったため、その関連性を明確に述べるまでには至らなかった。

参考文献

- 1)李相勲, 中沢正利, 遠藤孝夫, 石川雅美: 半無限連続高架橋における粘性境界の設定, 土木学会応用力学論文集, Vol8, pp.189-198, 2005.
- 2)岡本 健一,東北学院大学工学部,高架橋構造物における伝播速度に関する一考察,2006
- 3)Samman, M.J. and Biswas, M. : Vibration testing for nondestructive evaluation of bridges. I : Theory, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.120, pp.269-289, 1994

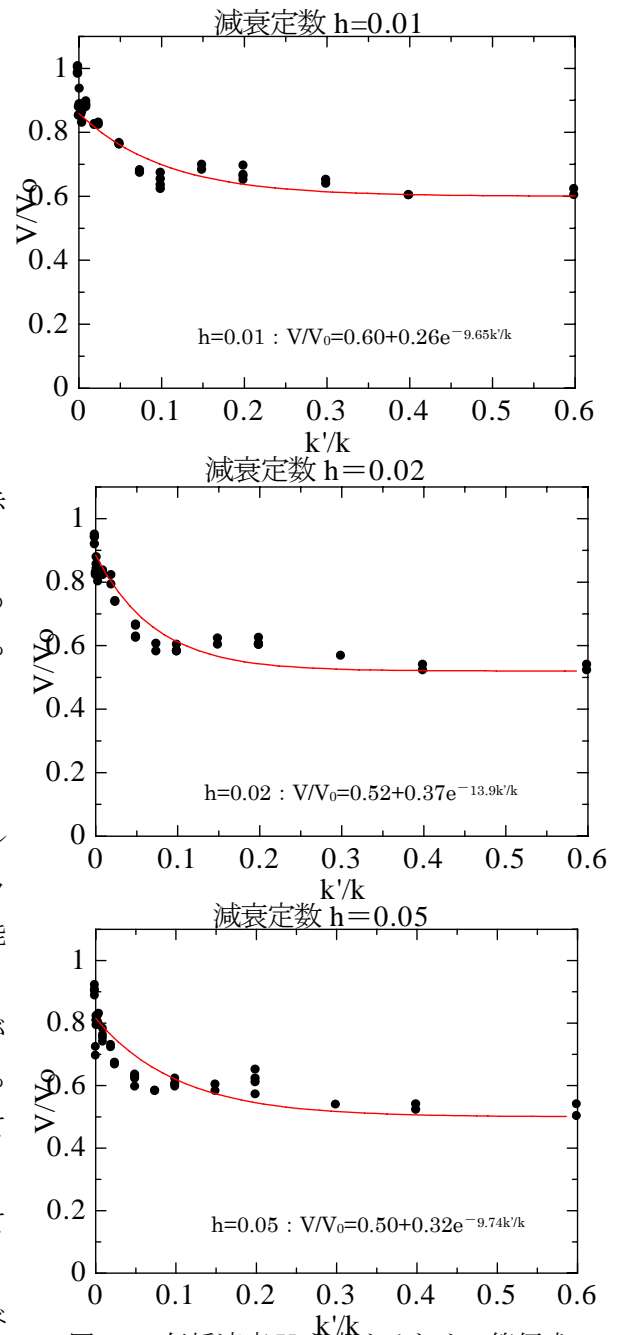


図-4 伝播速度 V を求めるための簡便式

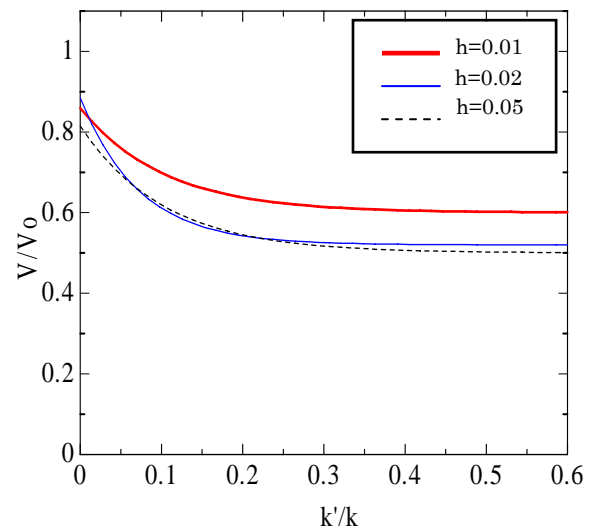


図-5 減衰定数別の簡便式