

マスーバネ系モデルのエネルギー伝達境界における 減衰項の影響に関する基礎的研究

東北学院大学工学部 学生会員 ○大沼隆広
東北学院大学工学部 正会員 李 相勲

1. はじめに

新幹線や連続高架橋などのような、半無限高架橋構造物を動的解析する際、その両端の境界の処理としてはエネルギー伝達境界が有効である¹⁾。しかし、エネルギー伝達境界の定式化には減衰項が含まれていないという指摘があった。本研究では、マスーバネ系モデルを用い、有限の解析領域の両端を広くとることで無限領域と見なす。その際、無限領域の減衰定数を変化させることで、無限領域へ波動が入射する際に減衰定数が解析領域に与える影響について調べる。

2. 解析モデル

解析モデルは 301 質点のマスーバネ系モデル (図-2.1) を用いる。解析領域 Ω の両端を無限領域 $R \cdot L$ と仮定し、解析領域 Ω を 126 質点から 176 質点の 51 質点とする。これは、126 質点から 176 質点を解析領域とすることで両端からの反射波の影響を受けないようにするためである。ここで注意することは、両端からの反射波が 126 質点もしくは 176 質点に到達してからの解析結果は使えないということである。この時、無限領域 $R \cdot L$ の減衰の変化による影響が解析領域 Ω にどのように与えているか調べる。

解析領域 Ω の減衰定数を h_{Ω} 、無限領域の減衰定数を $h_R=h_L$ とする。この時の応答変位を波形を基準波形とし、無限領域の減衰定数を変化させ比較していく。

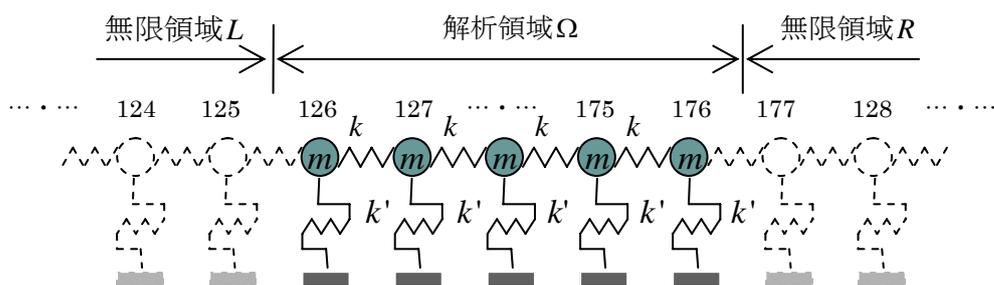


図-2.1 地動を考慮したマスーバネ系モデル

3. 減衰定数の変化が応答に及ぼす影響

基準とする減衰定数は設計に用いられる代表値である、鋼の減衰定数 0.02、コンクリートの減衰定数 0.05、また、比較のために一桁大きい 0.2 を採用した。減衰定数 $h_R=h_L$ を変化させた基準波形との比較は図-3.2 で示す。無限領域の減衰の変化による影響がもっとも判断しやすい、境界点である 126 質点で比較したのが図-3.2 である。図-3.2 を見ると、殆ど影響は見受けられない。しかし、部分的に拡大してみたところ(図-3.2)、減衰定数を減少させていくと、解析領域 Ω の応答変位が増加している。また、減衰定数を増加させていくと、解析領域 Ω の応答変位が減少していることが分かる。

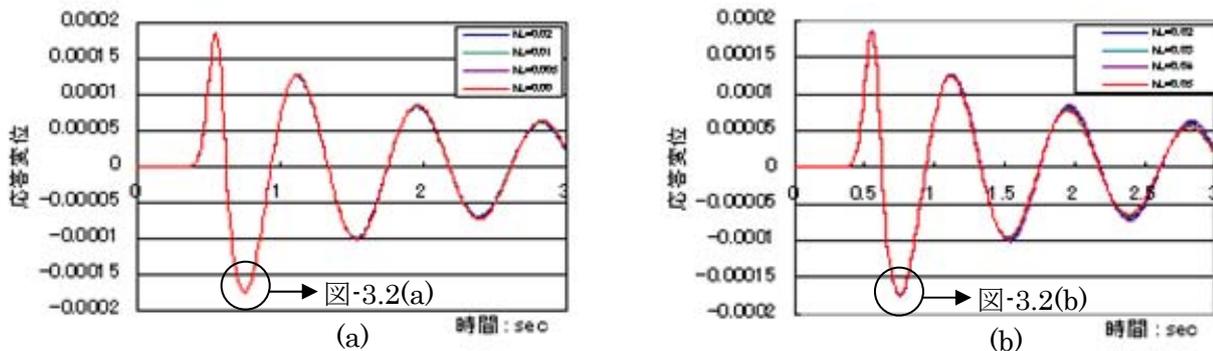


図 3-1 減衰定数を変化させた場合の波形と基準波形との比較

(126 質点、 $h_{\Omega}=0.02$)

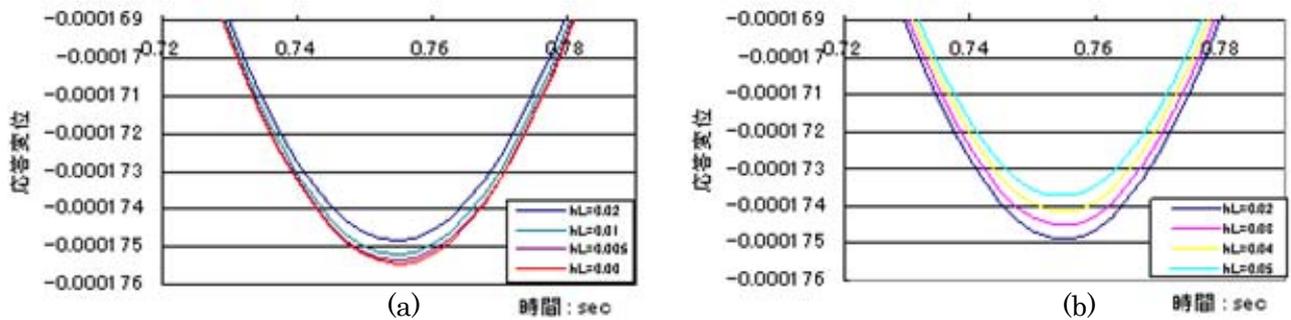


図-3.2 最大変位の拡大図

4. 最大振幅に対する減衰定数の影響

構造物を設計する際に重要な要素である最大応答変位は図-3.3の①である。また、減衰定数 $h_R=h_L$ を減少させていくと解析領域の応答変位が大きくなる。ここで、減衰定数の最大減少値 $h=0$ とすると、基準波形の最大応答変位の極値を 100% とし、 $h_R=h_L=0$ の場合の割合を式(4.1)を用いて減衰の応答に対する影響を求める。この求めた値と基準波形(100%)の差を式(4.2)で求め、表 4.1 に示した。

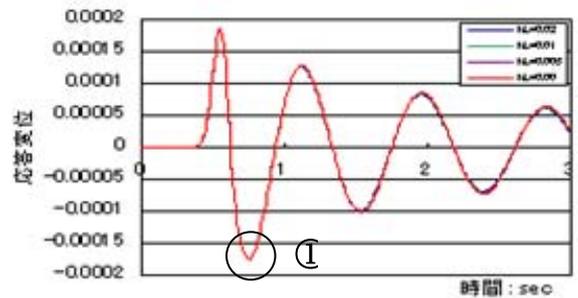


図 4.1 最大応答変位

$$\text{基準波形に対する百分率(\%)} = \frac{h_{L(R)}=0 \text{での最大応答変位}}{\text{基準波形での最大応答変位}} \times 100 \quad \dots \text{式(4.1)}$$

$$\text{差(\%)} = \text{基準波形(100\%)} - \text{基準波形に対する百分率(\%)} \quad \dots \text{式(4.2)}$$

表 4.1 基準波形との差

解析領域の減衰定数	$h_L(R)=0$ の場合の 基準波形に対する百分率 (%)	差 (%)
$h_\Omega=0.02$	100.37%	0.37%
$h_\Omega=0.05$	101.15%	1.15%
$h_\Omega=0.2$	110.01%	10.01%

5. 結論

無限領域の減衰定数を減少させていくと、解析領域の応答変位は増加していく。また、減衰定数を考慮しない場合 ($h_R=h_L=0$)、解析領域の応答変位が最大となる解析結果が得られた。この結果より半無限高架橋構造物を設計する際、エネルギー伝達境界に減衰定数を考慮しないで設計するのが適しているといえる。これまでのエネルギー伝達境界の定式化には減衰項が含まれていないので、従来の解析を用いて構造物を設計して問題ないといえる。

6. 参考文献

- 1) 李 相勲, 田邊忠顕: 無限領域の地動を考慮したマス-バネ系モデルのエネルギー伝達境界, 第 1, 2, 5 章