

粘性境界を用いた半無限連続高架橋の地震応答解析 における継続時間の影響と地震応答スペクトル

東北学院大学大学院 工学研究科 環境建設工学専攻 学生会員 ○ 三浦 大輝
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

同形式の構造が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、解析対象を一部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¹⁾。その背景には、自由境界とした場合の地震応答解析による応答が何らかの境界条件を設けた場合よりも同程度または大きくなるという仮定がその前提条件にある。しかし、3自由度はり要素モデルを用いて行った長大高架橋構造物に対する地震応答解析²⁾の結果によれば、一定の条件を満足した場合には伝達境界を設定すれば自由境界に設定した場合よりその応答が大きくなるということが確認された。

そこで本研究では、半無限連続高架橋をマス・バネ系モデルを用いて単純化し、解析領域の両端に振動エネルギーを吸収できる粘性境界を設けた場合と自由境界とした場合のそれぞれについて地震応答変位解析を行い、地震動継続時間が最大応答変位振幅と超過応答エネルギーに及ぼす影響について検討した。

また、地震応答解析において、解析領域の質点数が粘性境界を設けた場合の応答に及ぼす影響について検討し、一定以上の質点数の場合のみその応答が自由境界としたときの応答より大きくなることを明らかにした。この結果に基づいて連続高架橋構造物に粘性境界を設けた場合と自由境界を設けた場合について、耐震設計のための地震応答変位スペクトルを作成し設計実務に使用できるようにした。

2. 粘性境界考慮時の地震動継続時間が及ぼす影響

粘性境界を設けた半無限連続高架橋モデルにおいて地震動の継続時間が構造物の地震応答に及ぼす影響について検討するための数値実験をおこなう。解析対象は阪水地区の新幹線高架橋の橋脚の部材特性を梁部材にも適用し単純化したものとした。解析モデルには図-

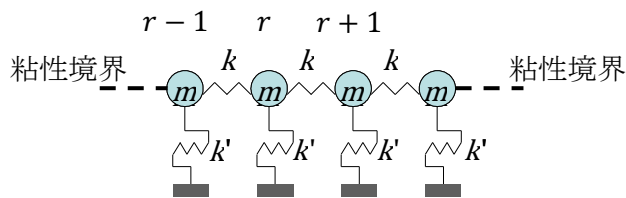


図-1 マス・バネ系モデル

表-1 使用地震波

地震波	地震波の入手先
レベル2地震動内陸型	道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編
エル・セントロ地震	○ 新・地震動のスペクトル解析入門 大崎 順彦
ノースリッジ地震	○ 1994, Northridge, Sylmar County Hosp. 90 Deg
兵庫県南部地震	○ T2-I-1(1995, HYOGOKEN South, NS)
宮城県沖地震1978年	○ T1-I-1(1978, MIYAGI-Coast, LG)
サンフェルナンド地震	○ K-NET
日本海中部地震1983年	K-NET
北海道東方沖地震1994年	K-NET
新潟県中越沖地震2007年	K-NET
スマトラ島沖地震2004年	K-NET
福井地震	K-NET
能登半島沖地震	K-NET
岩手・宮城内陸地震(余震)	K-NET
十勝沖地震	K-NET
鳥取県西部地震	K-NET
宮城県沖地震2003年	K-NET
熊本地震	K-NET
新潟県中越地震2004年	K-NET
東北地方太平洋沖地震	K-NET
岩手・宮城内陸地震	K-NET

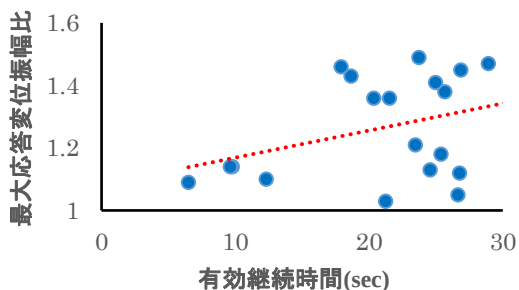


図-2 有効継続時間と最大応答変位振幅比

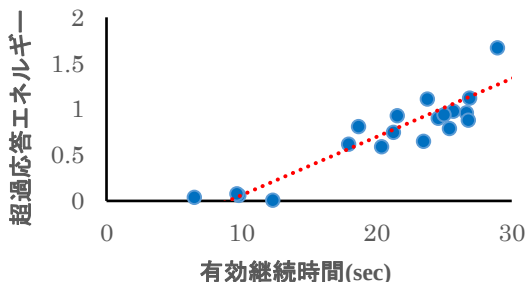


図-3 有効継続時間と超過応答エネルギー

1 に示すマス-バネ系モデルを用いる。解析対象をマス-バネ系モデルに置き換えたときの諸量は質点数 $n=300$ 、各質点の質量 $m=25.15(t)$ 、軸方向バネ係数 $k=2200000.0(kN/m)$ 、地盤連結バネ係数 $k'=18858.0(kN/m)$ である。表-1 に示す各地震動に対して、解析領域の両端を自由境界としたときの最大応答変位振幅を 1 とし、粘性境界を設けた場合の最大応答変位振幅比を有効継続時間に対して表した結果を図-2 に同じく有効継続時間と超過応答エネルギーとの関係を図-3 に示す。ここで、有効継続時間とは加速度が 50gal 以上の範囲内の時間をいい、超過応答エネルギーは粘性境界が自由境界を越えている部分の面積をいう。図-2 より、本解析条件では全ての地震動に対して粘性境界を設けた場合の最大応答変位振幅が自由境界の場合よりも大きくなっているが、有効継続時間と最大応答変位振幅比にはほとんど相関性はないことが分かる。また、図-3 より、有効継続時間が大きくなるほど超過応答エネルギーは大きくなり、分散も小さく高い相関性を有していることが分かる。

3. 粘性境界を考慮した地震応答スペクトル

連続高架橋の耐震設計に用いられるよう、粘性境界を設けたマス-バネ系モデルを用いて式(1)で計算される周期 T の変化値に対する構造物の最大応答を求めることで粘性境界考慮時の地震応答スペクトルを作成した。

$$T = \sqrt{\frac{m}{k'}} \quad (1)$$

固有周期 T を 0~5(sec) まで変化させながら $k=1885815, 18858150, 188581500(kN/m)$ の 3 ケースについて解析をおこなった。

解析領域の質点数は 151 とし、入力地震動は 5 種類(表-1, ○付け)を用い質点に橋軸方向の慣性力として与えた。減衰は $h=0, 0.02, 0.05$ を使用した。

一例として、エル・セントロ地震の減衰が $h=0\%$ のときの地震応答スペクトル(加速度、変位)を図-4, 5 に示す。このスペクトルは自由境界での応答と粘性境界での最大応答の中で大きい方を取った合成スペクトルである。図-4, 5 より、概ね $T=2(sec)$ 以下の場合では k/k' の値が小さくなるにつれて地震応答スペクトルが大きくなっており、その関係は規則的であることが分かる。

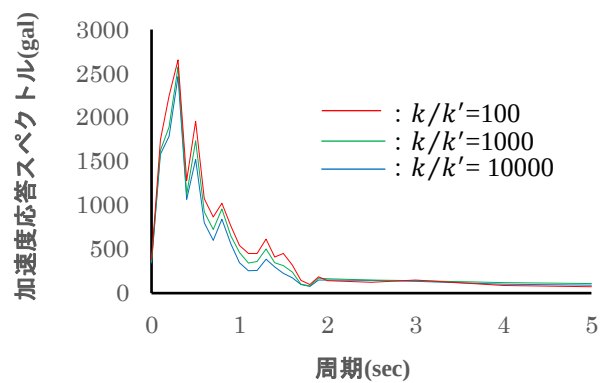


図-4 加速度応答スペクトル
(エル・セントロ地震波: $h=0\%$)

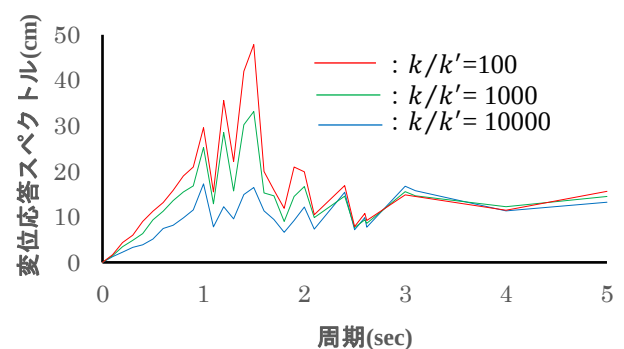


図-5 変位応答スペクトル
(エル・セントロ地震波: $h=0\%$)

4. 結論

半無限連続高架橋構造物の両端に粘性境界を設けた場合と自由境界とした場合のそれぞれについての地震応答解析を行い得た結果を以下にまとめる。

有効継続時間と最大応答変位振幅比とは相関性が低い、有効継続時間が長くなるにつれ超過応答エネルギーは大きくなり、比較的分散も小さく、超過応答エネルギーとは高い相関性を有している。地震応答スペクトルでは概ね $T=2(sec)$ 以下で k/k' の値が小さくなるにつれ地震応答スペクトルが大きくなり、その関係は規則的である。これらの地震応答スペクトルは連続高架橋構造物の設計実務に用いることが可能である。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編, pp.97-98, 1999.10
- 2) 李相勲, 田邊忠顕: 3 自由度はり要素モデルを用いた離散系における伝達境界の定式化, 土木学会論文集, No. 745/1-65, pp.25-38, 2003.10