

積層ゴム支承に生じる地震応答の繰り返し回数に関する一検討

土木研究所 正会員 ○横川 英彰
 土木研究所 正会員 塚 淳一
 土木研究所 正会員 星隈 順一

1. 目的

支承は、地震時に上部構造の慣性力を下部構造に伝達する非常に重要な部位であり、橋の耐震性能を確保するためには、地震による繰り返し作用に対して安定した挙動を示すことが求められる。従って、支承の性能検証実験においては、安定した挙動を評価する上で考慮すべき繰返し回数を適切に設定する必要がある。道路橋示方書では、従来から免震支承に対してこれを求めており、考慮すべき繰返し回数はタイプⅠの地震動に対しては50回、タイプⅡの地震動に対しては15回とされていた¹⁾。これは、地震動の主要動の繰返し回数をもとに設定されたものである²⁾が、地震応答時に実際に支承に作用する力は橋の地震応答によるものであるため、橋の地震応答の繰返し回数から設定する方が合理的であると考えられる。一方、平成23年東北地方太平洋沖地震では、従来に比べて継続時間が非常に長い地震動が観測されており、こうした地震動による橋の地震応答の繰返し回数についても検討しておく必要がある。以上のことから、本研究では、免震支承又は弾性支承で支持された橋を対象に、橋の地震応答における積層ゴム支承の繰返し回数に着目した検討を行った。

2. 解析条件

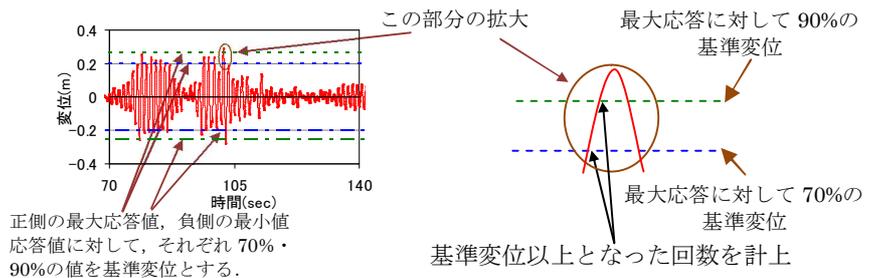
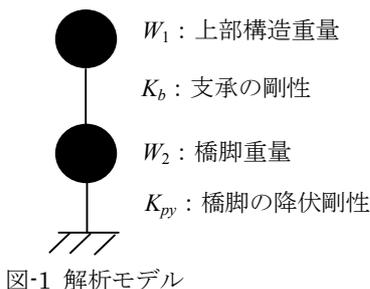
解析モデルは図-1に示すような、上部構造-支承-橋脚を模した2質点系モデルとし、基礎は固定条件としている。このモデルは、都市高架橋を想定し、支承を固定条件とする場合の下部構造の降伏剛性に基づく周期として0.33秒となる構造とした。下部構造の非線形性は武田型バイリニアモデルによりモデル化した。弾性支承は線形モデルとし、免震支承はバイリニアモデルとした。支承の剛性や非線形特性のモデル化を行う上で必要となる支承の形状寸法は、せん断ひずみが220%~250%程度となるように時刻歴応答解析に基づき地盤種別ごとに設定した。このとき、支承の2次形状係数は5程度としている。

時刻歴応答解析に用いる粘性減衰には、基本的にRayleigh型減衰モデルを用いたが、免震支承については当該部分の減衰マトリックスの値を0とした。ここで、Rayleigh型減衰モデルを設定する際には、橋脚に5%、弾性支承には3%の減衰定数を考慮している。支承の変形が卓越する1次モードの周期は、弾性支承では1.2秒~1.3秒、免震支承では等価剛性で1.3秒~1.5秒である。

本解析では、平成24年に改定された道路橋示方書・同解説に示される標準加速度応答スペクトルにスペクトル特性が合うように振幅調整された地震動を用いた。レベル2地震動(タイプⅠ)³⁾には、継続時間が非常に長い東北地方太平洋沖地震において観測された地震動をもとに作成された地震波も含まれている。地震波の数は、タイプⅠ、タイプⅡともに、全ての地盤種別ごとにそれぞれ3波とした。

3. 時刻歴応答解析結果に基づく応答の繰返し回数の計上方法

時刻歴応答解析によって得られた支承の応答変位をもとに、応答の繰返し回数を計上する方法を図-2に示す。すなわち、正側、負側それぞれで基準変位を設定し、基準変位以上となった回数を正側と負側でそれぞれで計上し、その平均値に対して小数点以下1桁を切り上げて回数を計上することにした。



キーワード 弾性支承, 免震支承, 橋の地震応答, 繰返し回数

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 独立行政法人土木研究所 構造物メンテナンスセンター TEL 029-879-6773

4. 積層ゴム支承の応答の繰返し回数

図-3, 4にタイプ I の地震動 (I 種地盤 2 波目) とタイプ II の地震動 (I 種地盤 2 波目) に対する支承の応答変位の例をそれぞれ示す. タイプ I の地震動に対しては, 弾性支承の場合には免震支承の場合よりも, 減衰効果が小さいために大きな振幅での繰返し回数が多いことが分かる. 一方, タイプ II の地震動では, タイプ I の地震動に対する結果ほどの影響が生じていない. その理由として, タイプ II 地震動の主要動は継続時間が短いためと考えられる. これらの結果に基づき, 本研究で対象とした検討ケースに対する応答の繰返し回数をまとめた結果が表-1 である. 本来, 地震応答における支承の安定した挙動という観点から, 支承の形状寸法を決定した時のせん断ひずみ相当の変位 (最大応答) を基準変位として回数を計上するのがよいが, その変位に達するのは一般には 1 回だけとなるため, ここでは, 最大応答の 90% に相当する変位を基準変位として回数を計上することにした. また, 併せて履歴減衰の有無による繰返し回数の差を比較するため, 最大応答の 70% に相当する変位を基準変位として計上した回数も示している. この結果から, 最大応答の 90% に相当する変位に達する回数としては, タイプ I の地震動を入力する方が地震動の継続時間が長いため, タイプ II の地震動を入力する場合よりも繰返し回数は多い傾向にあるが, 最大でも 3 回程度である. また, 免震支承と弾性支承の応答の繰返し回数を比較すると, 弾性支承の方が, わずかに回数が多い程度で顕著な差はない. すなわち, 支承の性能に影響する最大せん断ひずみの繰返し回数は, 弾性支承も免震支承も顕著な差が無いと考えられる. 一方, 最大応答の 70% に相当する変位に対する繰返し回数では, タイプ I の地震動において弾性支承の方が, 回数が増える傾向が明確である. ここから弾性支承と免震支承の履歴減衰の有無による応答の違いが分かる.

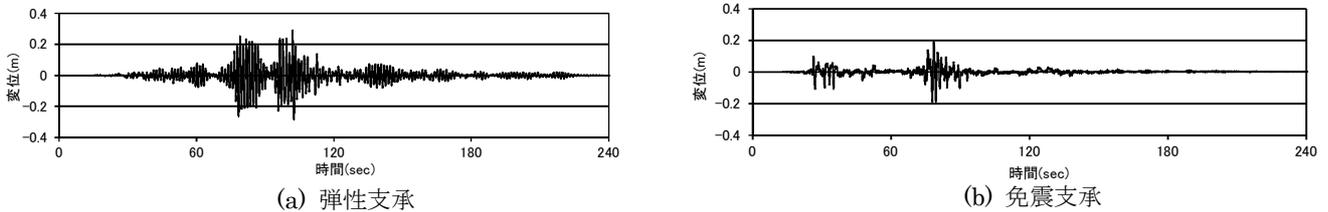


図-3 タイプ I の地震動 (I 種地盤 2 波目) の支承の応答変位

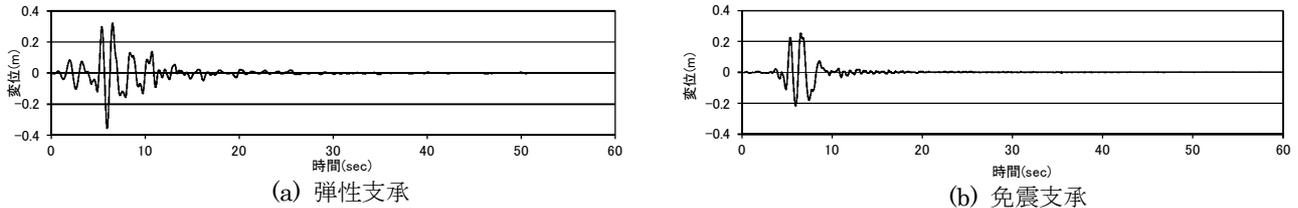


図-4 タイプ II の地震動 (III 種地盤 2 波目) の支承の応答変位

表-1 最大応答の 90% に相当する変位に達する回数 (応答の繰返し回数)
(表中の括弧内は, 最大応答の 70% に相当する変位に達する回数を示す)

(a) 弾性支承					(b) 免震支承				
地震動タイプ	地盤種別	1波目	2波目	3波目	地震動タイプ	地盤種別	1波目	2波目	3波目
タイプ I	I 種	2 (3)	1 (2)	2 (8)	タイプ I	I 種	1 (2)	2 (2)	1 (2)
	II 種	1 (3)	2 (7)	3 (6)		II 種	1 (2)	2 (4)	1 (2)
	III 種	2 (4)	2 (2)	1 (3)		III 種	2 (2)	1 (2)	2 (3)
タイプ II	I 種	1 (3)	1 (2)	2 (3)	タイプ II	I 種	1(2)	2(5)	1(2)
	II 種	1 (2)	1 (3)	1 (2)		II 種	1(1)	2(2)	1(1)
	III 種	1 (1)	2 (2)	1 (2)		III 種	1(1)	1(2)	1(1)

5. まとめ

本文ではレベル II 地震動に対して積層ゴム支承に生じる応答の繰返し回数を検討した. 支承の安定した挙動に影響がある最大応答に達する回数は, タイプ I の地震動で, 弾性支承の方が, 回数が増える傾向があるが, その差は顕著ではなかった. また, 最大応答の 70% を基準変位として見ると, タイプ I 地震動で, 弾性支承の方が, 免震支承よりも応答の繰返し回数が多い傾向となり履歴減衰の有無による違いが生じた. この検討では, 特定の構造条件での検討であったが, 今後, 更に検討ケースを増やし繰返し回数の特性について検討を進める予定である.

参考文献:1) (社) 日本道路協会: 道路橋示方書 (V 耐震設計編)・同解説, 2002. 3 ; 2) (財) 土木研究センター: 道路橋の免震設計法マニュアル (案), 1992. 12 ; 3) (社) 日本道路協会ホームページ: <http://www.road.or.jp/dl/waveform.html>.