

I-647

道路橋における免震設計の基本事項について

建設省土木研究所 正会員 川島 一彦
鹿島建設㈱ 正会員 山本 正明
大成建設㈱ 正会員○尾崎 大輔

1. まえがき

免震設計とは、免震装置を用いて上部構造を柔軟に支え、固有周期の伸長と同時に減衰性能の増大を図り地震力による応答の低減を期待するもので、耐震設計の一部として位置付けることができる。このことは、免震設計を道路橋の設計に適用していく場合において、免震設計自体が現行の道路橋の耐震設計とうまく調和した設計法であるべきことを意味する。これを念頭に置き、当面の免震設計の基本的方向付けを検討したので、報告する。

2. 現状における免震設計の方向付け

一般に、免震設計を橋梁の耐震設計に導入すると下部構造に生じる断面力の応答が低減されることから、特に下部構造の部材寸法や鋼材量の軽減が期待される。この場合、図-1で免震化後の構造物の固有周期によって、応答低減の効果はやや異なった様子を示す。固有周期 T_1 を境にして表-1のような違いがあり、長周期領域では応答が低下する反面、応答変位も大きくなり、免震装置の設計が困難となる。さらに入力地震動には不確定な要素が内在していることを考え合わせれば、特に軟弱地盤における構造物の長周期化は地盤振動との共振により応答変位を増大させる可能性があるのみならず、地盤の液状化や軟弱粘土層のすべり等に伴う影響を受けやすくなり、免震設計を導入していない構造物(非免震橋)よりも耐震安全性をむしろ低下させる可能性すらある。太平洋岸の巨大地震帯、軟弱地盤、都市部における経済活動等の高密度化などのわが国の国情を考慮すると、長周期化に依存した免震設計には解決しなければならない問題点が存在するものと考えられる。

このような実情を鑑み、長周期化を図るだけでなくむしろ高減衰化を目指し、特に共振領域における応答低減を図っていくことが免震設計の方向と考えられる。さらに、将来的にはライフラインとしての橋梁に対する信頼性もより高度化される必要が生じてくとも考えられることから、免震設計による効果は経済性の追及よりも、むしろ耐震安全性のより一層の向上にも向けられるべきであると考えられる。

3. 地震レベルと限界状態

橋梁の被害レベルと構造部材の限界状態との対応付けを行い、中程度の地震をレベル1、関東地震クラスの大規模地震をレベル2として設定し、さらに「落橋」を被害レベルの一つとして考え、地震工学上考えられる最大の地震をレベル3とし、これらをまとめたものを表-2に示す。このうちレベル1とレベル2に用いる入力地震動は、それぞれ図-2及び図-3に示す通りである。作表にあたり、以下の点に留意した。

- ①レベル1、レベル2には具体的に入力地震動を規定したが、レベル3の入力地震動は理念的なものとし数値では規定していない。
- ②レベル1地震動に対しては、従来の設計法によるもの以上の耐震安全性が確保されていることとする。
- ③レベル2地震動に対しても、地震時の耐震安全性と震後の橋梁としての機能は確保されるものとしている。このことは、基本的に免震設計はこのレベル2地震動を対象として行われることを意味する。

表には示されていないが、通常の使用性が確保されているべきことは言うまでもない。

なお、本報告は建設省土木研究所と民間28社との官民連帯共同研究「道路橋の免震構造システムの開発」の一環として行われたものである。

<参考文献> 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編 平成2年2月

2) 土木研究所他29社：「道路橋の免震構造システムの開発に関する共同研究報告書(その1)」土木研究所共同研究報告書第44号 平成2年3月

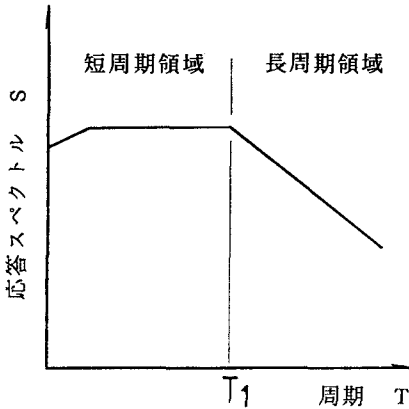


図-1 一般的な応答スペクトル

表-1 固有周期別の免震化の効果

固有周期	短周期領域	長周期領域
機構	減衰の効果による応答の低減	減衰の効果と長周期による応答の低減
応答変位	小さい (10～20 cm程度)	大きい (25～50 cm程度以上)
応答加速度	少し小さくなる (1/1.5程度以上)	かなり小さくなる (1/2程度以下)

表-2 地震レベルと限界状態

設計段階	対象とする地震動	橋梁構造の全体的被害レベル	限界状態		
			下部構造	免震装置	伸縮装置・落橋防止装置
レベル1	耐用期間年に1～2回発生する中程度の地震	損傷は全く生じることなく、橋梁としての機能も当然全て保障される。被災は生じない。	弾性挙動し、許容応力度以下	安定変形内である。終局限界変形に対して十分余裕があり免震装置の支持性能、復元性能、減衰性能を安定して発揮する。	伸縮装置の移動量は、遊間に対して余裕がある。落橋防止装置は機能しない。
レベル2	耐用期間年に比べ、稀に発生する大規模地震	部分的な小被災は生じるが、人命に係わるような被害は生じない。橋梁としての機能は全て保持される。崩壊及び落橋はもたらさない。	弾性～保有水平耐力の範囲	性能保証変形内である。終局限界変形に対して余裕はあり、免震装置の支持性能、復元性能、減衰性能を発揮する。	伸縮装置の移動量は、遊間より大きくなる場合もあるが、上部構造の挙動を著しく阻害はしない。落橋防止装置が機能を始める臨界状態。
レベル3	レベル2の地震動を超える大きさの地震動で、地震工学上考えられる最大の地震動	損傷は大規模なものであるが、崩壊及び落橋は生じない。			伸縮装置の遊間を十分越える。落橋防止装置が十分機能する。

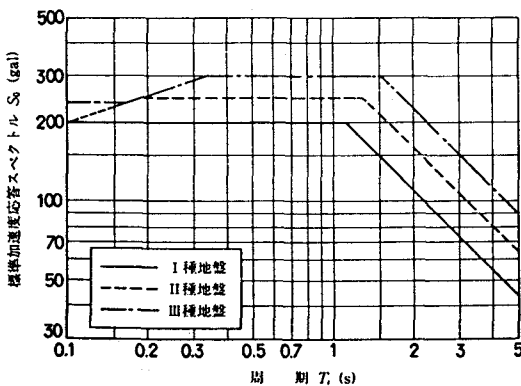


図-2 標準加速度応答スペクトル
(レベル1)

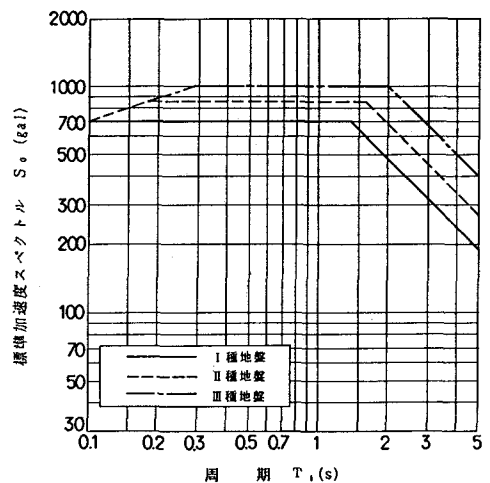


図-3 標準加速度応答スペクトル
(レベル2)