

I-6 支承

6.1 基本方針

支承の耐震設計では、原則として、上・下部構造の設計に用いた地震動レベルの設計水平震度に基づいて、橋脚ごとに上部構造から橋脚に伝達される水平力分担を算定し、それに対して支承の安全性を照査する。

耐用年限中にまれにしか起こらないようなレベル2 aの地震動に対しても、支承の強度は作用地震力を下回らないものとする。さらに大きなレベル2 bの地震動に対して、支承自身が破壊する可能性のある場合には、上部構造が橋脚から落橋するという最悪の事態は避けられるように、落橋防止装置が確実に働くようにしておくことが必要である。

ただし、地震時の挙動が複雑な橋の支承では、上・下部構造全体系の線形あるいは非線形の動的解析によって支承に作用する水平力を算定し、その安全性を照査するのが望ましい。

「解説」

支承は、地震時には上部構造の地震力を下部構造に伝達する重要な役割を果たす。

従来の震度法による支承の耐震設計¹⁾⁻³⁾に加えて、耐用年限中にまれに遭遇するレベル2 aの地震動に対しても、各タイプの支承とも支承自身が破壊しないように支承のプロポーシオンを決定する必要がある。この際、レベル2 aの地震動に対しては、支承あるいは下部構造の一部の挙動は弾性範囲を超える可能性があるため、図-6.1のような橋脚・基礎の相互作用も考慮できる上・下部構造全体系の適切な解析モデルを用いて、支承に作用する水平力分担を算出し支承の安全性を照査する必要がある。この場合、I-4章に示す橋脚の保有水平耐力照査法と同様の方法を用いることができる。

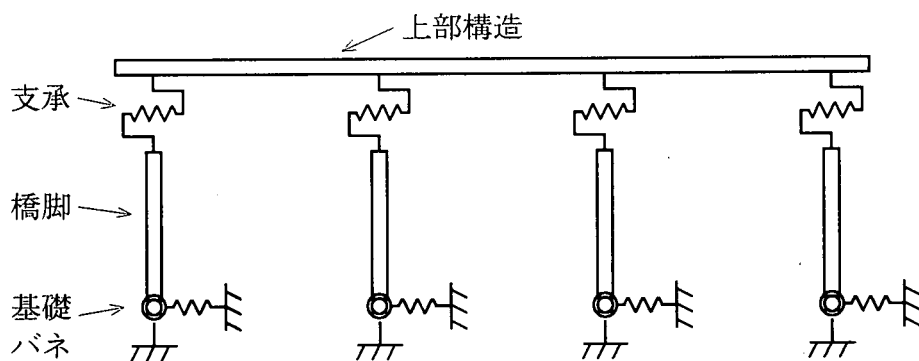


図 - 6.1 上・下部構造全体系解析モデルの例

また、レベル2 bの地震動に対しては、免震支承以外の鋼製支承、ゴム支承は破壊する可能性があるため、少なくとも上部構造が橋脚から落橋するという最悪の事態は避けられるように、落橋防止装置が確実に働くようにしておくことが必要である。特に、高さの高い鋼製支承では、支承破損後に生じる段差が通行の障害となる可能性があるため、このような支承には段差防止装置を設けることが好ましい。

しかし、支承に作用する鉛直地震動の取り扱い、支承を構成する部材各部と支承に附属する移動制限装置の終局強度の大小関係の把握⁴⁾、あるいは3次元的地震作用に対する支承を含めた橋梁全体系のより合理的な耐震設計法の確立などは今後検討されるべき課題である。

6.2 ゴム支承の耐震設計

水平反力分散支承としてのゴム支承の耐震設計では、ゴム支承のせん断剛性をバネにモデル化し、橋脚・基礎の相互作用をも考慮した上・下部構造全体系の解析によって支承に作用する水平力分担を算定し、その安全性の照査を行う。

ただし、常時の温度変化あるいはレベル1の地震動による伸縮装置の破損を防止し、それ以上の地震動に対しては確実に破壊する移動制限装置を設けることが望ましい。

「解説」

ゴム支承を水平反力分散支承として用いる場合には、図-6.1のようなゴムのせん断剛性をバネにモデル化した上・下部構造全体系の解析により支承に作用する水平力分担を求める。

レベル1の地震動に対しては、支承および下部構造を線形バネとした解析モデルにより支承に作用する水平力分担を求めることができるが、レベル2 a、2 bの地震動に対しては、橋脚あるいは基礎の挙動が弾性範囲を超えることが考えられるので、下部構造を表すバネを非線形バネとするなどの適切な解析モデルを用いて支承や下部構造に作用する水平力分担を求め、それらの安全性を照査する必要がある。この際、できる限り動的解析によって支承に作用する水平力分担を求めることが望ましい。

水平反力分散支承としてゴム支承を用いる場合、一般に、水平力に対する支承の剛性が小さいことから、常時の温度変化あるいはレベル1の地震動によって伸縮装置が破壊してしまう恐れがある。しかし、大地震に対して支承の変形を拘束すると、予想以上の地震力が下部構造に伝達されることになる。したがって、伸縮装置の破損を防止し、想定以上の地震力に対しては確実に壊れるような移動制限装置を設けることが望ましい。

また、ゴム支承では、負の反力が生じる場合のような特別の場合を除いて、移動防止装置としてのアンカーバーが上揚力に十分抵抗すると考えられる。しかし、負の反力が生じるような特別な場合には、負反力にも抵抗できるように細部構造を設計する必要がある。

6.3 免震支承の耐震設計

免震支承は、上部構造を水平方向に柔らかく支持して地震力を低減し、さらにエネルギー吸収装置を併用して地震時の過大な変位を低減することが可能な支承である。

したがって、免震支承の耐震設計では、レベル2 bの地震動に対しても、支承および上・下部構造が破壊しないように設計するものとする。

ただし、免震支承を用いる場合、上部構造と下部構造の相対変位は大きくなることから、伸縮装置や落橋防止装置などの細部構造の設計には注意が必要である。

「解説」

「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様および復旧仕様の解説（案）」⁵⁾においても、橋を長周期化することにより地震力を低減するとともに、ダンパーを用いてエネルギーを吸収して水平変位を低減する免震支承は、最も望ましい支承されている。「道路橋の免震設計法マニュアル（案）」⁶⁾では、鉄筋コンクリート橋脚に対して、免震支承を用いる場合の手順が詳細に規定されている。

その手順を簡単にまとめると、

1. 免震装置の選定
2. 震度法レベルにおける免震装置の設計と等価剛性、等価減衰定数の算出
 - (a) 橋の固有周期、減衰定数の算出
 - (b) 震度法に用いる設計水平震度の算出
 - (c) 震度法による下部構造の耐震設計
3. 地震時保有水平耐力法レベルにおける免震装置の設計と等価剛性、等価減衰定数の算出

- (a) 橋の固有周期、減衰定数の算出
- (b) 地震時保有水平耐力法に用いる設計水平震度の算出
- (c) 免震支承の変位の照査（許容値を超えた場合は1.に戻る）
- (d) 地震時保有水平耐力法による鉄筋コンクリート橋脚の安全性照査

4. 構造細目の設計

のようになる。鋼製橋脚上に免震支承を用いる場合には、上述の3.(c)の項を、「地震時保有水平耐力法による鋼製橋脚の安全性照査」とすることによって適用できるものと考えられる。その詳細については、I-4章および「道路橋の免震設計法マニュアル（案）」⁶⁾を参照することとする。

ただし、免震支承を使用する場合、一般に上部構造と下部構造の相対変位は大きくなることから、伸縮装置は破壊する可能性がある。さらに、隣接する桁や橋台との衝突により予想外の地震力が下部構造に作用する可能性のあることに注意が必要である。

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，丸善，1990.2.
- 2) 日本道路協会：道路橋支承便覧，丸善，1991.7.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説II鋼橋編，丸善，1990.2.
- 4) 北田俊行他：阪神・淡路大震災における支承・伸縮継手・桁間連結装置の被害と今後の設計のあり方，土木学会阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集，pp.359-366，1996.1.
- 5) 日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様および復旧仕様の解説（案）」，丸善，1995.6.
- 6) 土木研究センター：道路橋の免震設計法マニュアル（案），丸善，1992.12.