

免震橋の設計方法は？

構造研究室

〔問1〕免震設計とは？

〔回答〕わが国のような地震国では、構造物が地震力に耐え得るかどうかが（耐震性）が問題となります。近年、建築の分野において主にビルなどの建設で、「免震設計」といわれる設計が行われています。従来の「耐震設計」が構造物を地震力に耐えるよう強く造るのに対し、「免震設計」は構造物と基礎の間に免震装置と呼ばれる特別な装置を設置して両者を切り離し、地震エネルギーを低減させようというものです。免震装置は、構造物を水平方向に柔らかく支持するための装置（アイソレータ）とエネルギー吸収のための装置（ダンパー）から構成されて

います。橋梁構造物においては、支承部に免震装置を採用することになりますので、コンパクトなものが求められます。このため、アイソレータとダンパーを一体化した免震装置が開発されており、これを特に免震支承と呼んでいます。

免震設計法は、ニュージーランドや米国などで発達したもので、すでに道路橋においても道路橋示方書耐震設計編において「地震の影響の低減を期待する構造」として免震構造が紹介されています。

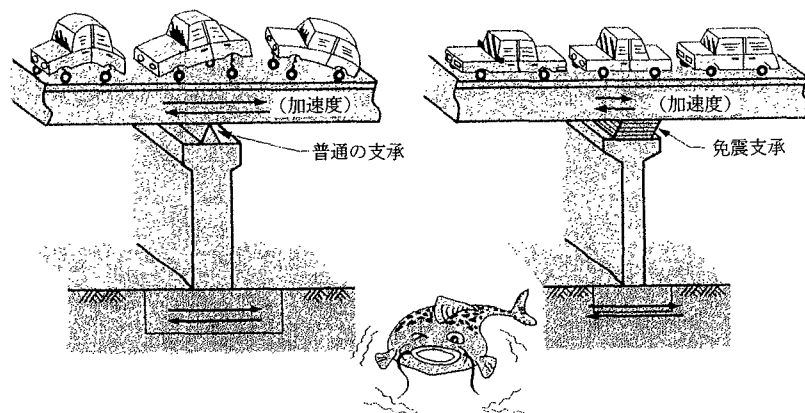


図-1 従来支承と免震支承を用いた橋梁
(温根沼大橋パンフより抜粋)

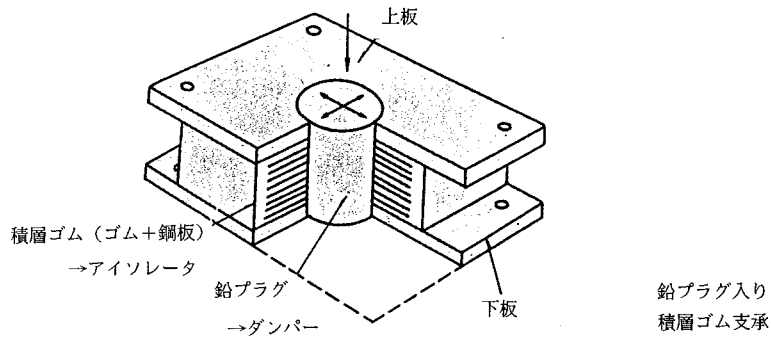


図-2 免震支承の一例

〔問2〕 橋梁の免震設計方法は？

〔回答〕平成元年度より、わが国の道路橋に適した免震設計法および橋梁用の免震装置の開発を目的とした共同研究が、建設省土木研究所と民間グループによって実施され、その成果が平成4年10月に「道路橋の免震設計法マニュアル(案)」¹⁾(以下、マニュアル)としてまとめられました。なお、橋梁の免震設計に関しては、他に首都高速道路公団の「免震設計基準(案)」などがあります。

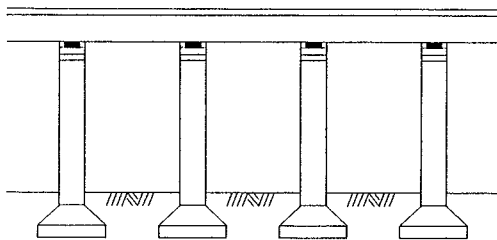
免震装置を用いた構造物の耐震設計には、非常に広範囲のものが含まれますが、マニュアルにおいては以下の3条件をあわせて満足する場

合を対象としています。すなわち、

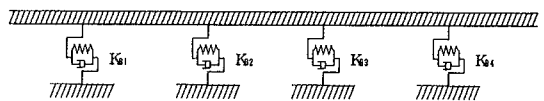
- (1) 地震力がある一定以上になった場合、固有周期を長くし、地震力を低減するためにアイソレーターにより上部工を柔らかく支持する。
- (2) 長周期化するのみでは、地震時の変位が大きくなる可能性があるため、ダンパーを併用して問題にならない程度まで変位を低減させる。
- (3) 風などの常時の作用荷重より橋に有害な振動が生じないように、ある一定の地震力が作用する以前には、アイソレーターまたはダンパーに十分な剛性を持たせることとする。

つまり、以上の3点にあてはまり、免震装置を用いて慣性力の低減をはかる場合の道路橋の耐震設計法にマニュアルを適用することができます。

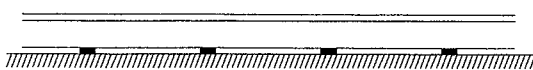
マニュアルでは、設計振動単位ごとに橋梁を



(a) 実際の橋梁と免震装置



(c) (b) の力学的モデル



(b) 免震装置の下面を固定とした状態



(d) (c) を簡単にしたモデル

図-3 免震橋梁の初期検討モデル(震度法)

骨組構造にモデル化して解析することを原則としていますが、より簡単なモデル(図-3(d))を用いて、免震装置の特徴の検討や下部構造の概略形状の設定などを行うのが効率的な方法といえます。こうした初期検討を含めた免震設計の実務的手順を、簡単に説明します。

(1) 免震装置の選定

所要の免震効果を得ることのみならず、温度、クリープおよび乾燥収縮の影響についても留意し、その形状や仕様などを決定します。

(2) 震度法による初期検討

まず、下面を固定条件とした免震装置により上部構造が支持されているとした場合の上部構造-免震装置系のモデル(図-3(b))を用いて、免震装置の設計変位や剛性などを算出します。ここで、両者の算定には繰返し計算を要することになります。

次に、橋脚の断面寸法を仮定し、橋脚基部における曲げモーメントに対して配筋を決定し、応力度を照査します。

(3) 地震時保有水平耐力法による初期検討

免震装置および下部構造の剛性を考慮したモデルを用いて、免震装置の設計変位、剛性などを繰返し計算により算出します。橋脚および橋台の剛性には、道路橋示方書の規定に従い降伏剛性を用います。

次に、道路橋示方書に従って、橋脚の地震時保有水平耐力の照査を行います。

(4) 免震装置の照査

震度法および地震時保有水平耐力法に用いる

免震装置の設計変位に対して、例えば積層ゴム支承であれば、その水平変位や局部せん断ひずみなどの照査を行います。

(5) 震度法による設計

震度法による下部工の設計・照査においては、設計振動単位ごとに橋梁を骨組構造にモデル化し、マニュアルに規定される震度法による設計水平震度により、道路橋示方書に従って下部構造の設計を行います。

また、免震装置に生じる変位が、震度法に用いる設計変位に近似することを確認します。

(6) 地震時保有水平耐力法による照査

地震時保有水平耐力法による下部構造の設計・照査においては、マニュアルに規定される地震時保有水平耐力法に用いる設計水平震度により、道路橋示方書に従って、鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査を行います。

また、同様に免震装置に生じる変位が地震時保有水平耐力法に用いる設計変位に近似することを確認します。

(7) 動的解析による照査

免震橋梁では、免震装置の変位に伴う1次振動モードが卓越するため、静的計算法の適用性が高いのですが、特に動的特性が問題になることが想定される場合には、動的解析を行います。

(8) 構造細目の検討

以上のような手順に従って、免震装置と下部構造に対する安全性が確認された場合には、構造細目の設計を行います。

(文責 西 弘明)

参考文献

- 1) 道路橋の免震設計法マニュアル(案)、道路橋の免震構造システムの開発に関する官民連帯共同研究、平成4年3月。