

免制震すべりシステムの開発(1)：コンセプト

オイレス工業(株) 正会員 ○宇野裕恵

西日本高速道路(株) 正会員 松田哲夫

オイレス工業(株) 正会員 宮崎貞義

西日本高速道路(株) 正会員 福岡 賢

西日本高速道路(株)

大内浩之

1. 目的

免制震すべりシステムとは、『橋台間に挟まれた一連の落橋しにくい多径間連続桁橋にすべり支承を設置して上下部構造をアイソレーションさせ、温度変化等に起因する不静定力を振動系に内蔵させない耐震構造とし、特定区間の下部構造に免震支承および制震ダンパーを用いて地震時の挙動を制御する耐震システム』と定義する。橋は免震支承により周期特性を有することになるので、地震波の特性が地震時の応答に影響する。本論文では、免制震すべりシステムに期待する機能のコンセプトについて概述する。

2. すべり支承を基本とする耐震システム

長多径間連続の免震橋や地震時水平力分散橋では温度変化やクリープ等に起因する桁の伸縮により常時状態でゴム支承が大きく変形し、許容せん断ひずみを満足させるためにポストスライド等により強制的に支承変位を調整することがある。また、温度変化に起因する桁の伸縮による不静定力が大きくなると、地震時には橋脚の塑性化が促進されるため、耐震性が損なわれることがある¹⁾。図-1にこの影響範囲のイメージを示す。さらに、橋長が長くなるとゴム支承の構造を構成することができなくなることもある。これに対して、すべり支承を用いた橋脚ではポストスライド等により支承変位を調整する必要はなく、施工の省力化や施工工程の円滑化が得られてコスト縮減を期待でき、施工誤差による不静定力が残存することもない。また、温度変化に起因する桁の伸縮により橋脚に不静定力が内蔵されることがないため、地震時に温度変化が影響することはない。すなわち、すべり支承を用いることで設計で想定する耐震性が損なわれにくい耐震構造とすることができる。

また、すべり支承を設置する下部構造に作用する地震力は摩擦係数に相当する摩擦力であり、低摩擦係数の摩擦材を用いれば摩擦係数のばらつきを考慮しても下部構造に作用する地震力を小さくできる。この結果、橋脚規模が小さくなり、特に基礎構造を小さくできることで大きなコスト低減効果を期待できる。

3. 特定の下部構造に免震支承を設置

すべり支承のみで支持された上部構造は常時状態で活荷重等の影響に対してすべり、上部構造が変位する。加えてすべり支承ではすべり方向によって少なからず性能が異なることを考えると、地震時の挙動を適切に予測することが難しい。そこで、ゴム支承を用いて復元力を与え、常時状態におけるすべり挙動や地震時の挙動を制御する。ここで、広範囲にわたってゴム支承を設置するとゴム支承に及ぼす伸縮桁長が長くなり、

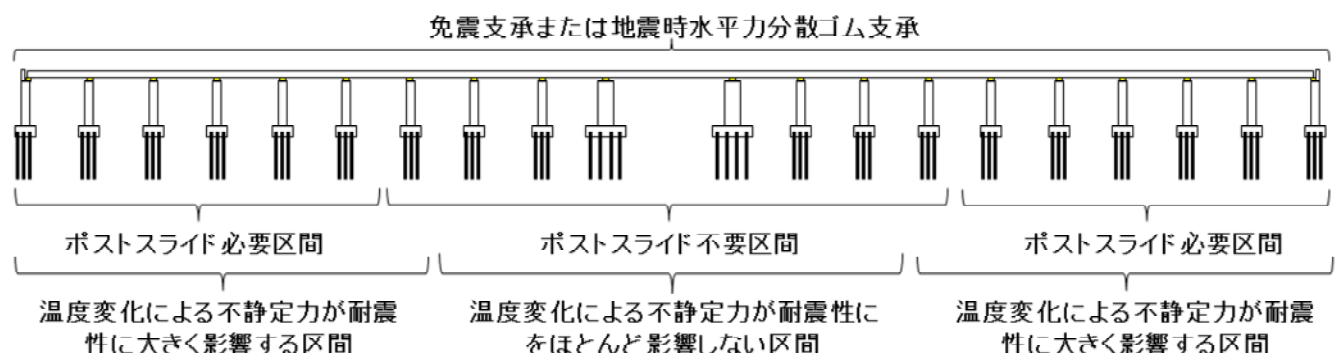
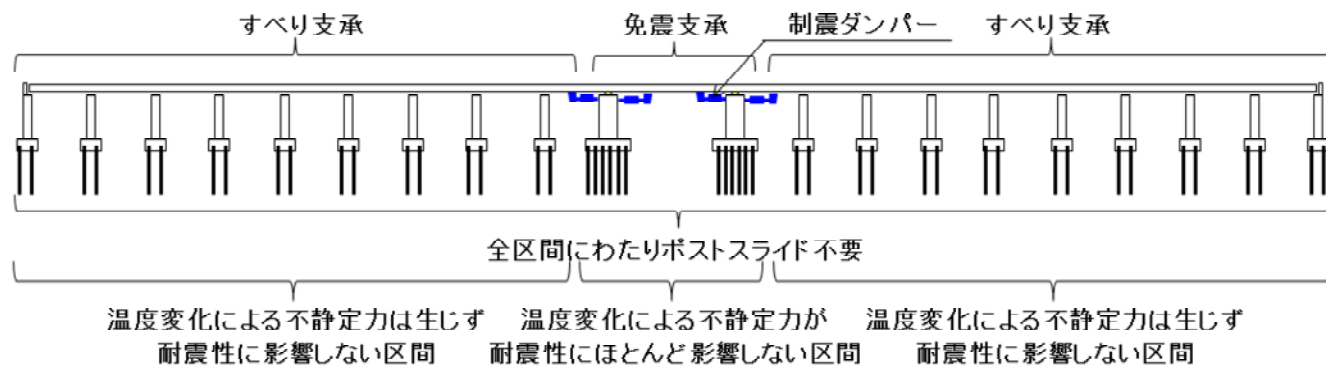


図-1 ポストスライドの必要区間と不静定力による耐震性への影響区間のイメージ

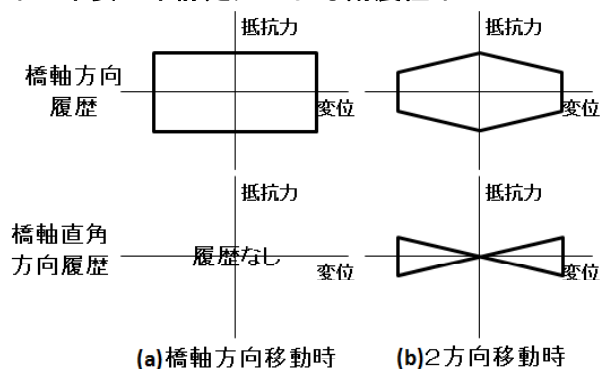
キーワード 免震支承、制震ダンパー、すべり支承、不静定力、ポストスライド、温度

連絡先 (〒108-0075 東京都港区港南一丁目6番34号・TEL.03-5781-0316・FAX.03-5781-0318)



図－2 免制震すべりシステムの適用によるポストスライド不要と不静定力による耐震性イメージ

温度変化等に起因する不静定力の影響が大きくなって耐震性に影響しやすくなる。したがって、限られた特定の区間に免震支承を設置し、不静定力の影響を受けにくくするのがよい。特定の区間とは橋の条件によって異なるが、断面の大きい橋脚、どちらかの橋台近傍、低橋脚、高橋脚、良好な地盤に位置する橋脚、施工性のよい橋脚等が考えられる。図－2では橋長約 1,200m の長多径間連続鋼桁で、中央付近では交差条件により支間長が長くなるため 2 基の橋脚規模が大きくなっている。同図は、その橋脚に免震支承を設置を想定した適用イメージである。ここで、免震支承を用いたのは減衰性能も付与することで橋の制御能力を高め、かつコストも小さくなることを考慮したことによる。



図－3 制震ダンパーの履歴

4. 制震ダンパーの設置

本システムでは長周期系になり、地震時に大きく変位しやすく、常時でも変位しやすい。そこで、制震ダンパーを特定の下部構造に設置することで常時および地震時にトリガー機能を発現させ、減衰性の付与と変位の抑制等により耐震性の向上を期待する。制震ダンパーの移動量には温度変化に起因する桁伸縮による影響を受けるので、制震ダンパーに及ぼす伸縮桁長が長くなると地震時に移動できる距離が制限される。したがって、特定の区間に制震ダンパーを設置することで温度変化による影響を小さくし、地震時の制震ダンパーの移動が阻害されないように設定する。そこで、図－2に示すように免震支承を設置する橋脚に制震ダンパーを設置することとした。ここで、シリンダー型の摩擦履歴型の制震ダンパーを用いると、直橋の橋軸方向移動時には図－3(a)に示すように橋軸方向の履歴はスクエアな履歴を呈するが、橋軸直角方向では履歴を描かない。しかし、曲線橋や地震波が 2 方向に入力するような場合には橋軸方向変位と橋軸直角方向変位が同時に発現するため制震ダンパーは回転し、取付け長にも関係するが(b)のような橋軸および橋軸直角方向の履歴となり、耐震性を向上することも期待できる。

5. 桁端の橋軸直角方向の支持条件

両橋台位置での橋軸直角方向には固定装置を設置し、橋軸方向にのみ変位できる橋とする。さらに、橋台位置の桁かかり長を長くすれば、物理的にも落橋しにくい橋となり、落橋に対する安全性は相当向上する。なお、すべり支承のみ有する橋脚では、フェールセーフの観点から変位制限構造を設置するのがよい。

6. 考察

免制震すべりシステムを採用することにより、耐震性の向上を期待できる。しかし、合理的な解析手法と評価方法や各デバイスの設定方法、長周期地震動の影響等多くの検討すべき課題を残している。

参考文献：1) 松田，宇野，宮本，柚木：温度による桁の伸縮を考慮した橋梁の応答評価に関する一考察，コンクリート工学年次論文，Vol.30，No.3，pp.1039-1044，2008.7.