

### 免制震すべりシステムを用いた多径間連続桁（今切川橋）の耐震設計

(株)IHI インフラシステム 正会員○坪田 慎一 正会員 對馬 大輔  
西日本高速道路(株) 上田 卓司 和田 吉憲 川田工業(株) 正会員 吉田 賢二

#### 1. はじめに

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システム」と定義されている。

免制震すべりシステムを多径間連続桁に適用することにより、期待される効果は以下のとおりである。

- 1) 免震構造や地震時水平力分散構造に比べ、温度変化やクリープの影響が低減できる。
- 2) 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がなく、同時に橋脚の耐震性の向上や橋脚規模を縮小することができる。
- 3) 免震支承の設置基数が削減でき、経済性に優れる。
- 4) 免震支承に使用する鉛プラグ入り積層ゴムの鉛プラグ、摩擦履歴型のビンガムダンパー、すべり支承の何れもがバネ要素を有していないため、共振する要素を免震支承の積層ゴムのみとすることができる。

本稿では、文献 1)での免制震すべりシステムを採用した橋梁下部構造の設計に続き、橋梁上部構造の耐震設計結果を報告する。

#### 2. 今切川橋における落橋防止システム

免制震すべりシステムを採用した今切川橋の断面図を図-1に、側面図および各デバイスの適用箇所を図-2に示す。

通常、すべり支承はタイプA支承に分類されるが、本橋のすべり支承は橋軸方向、橋軸直角方向ともにレベル2地震時の移動量を満足するように上沓形状を設定しており、レベル2地震時の変位に対しては耐震性能を有する構造としている。そのため、本橋のすべり支承はタイプBの支承と位置付け、文献2)に従い落橋防止システムを図-3のように設置した。

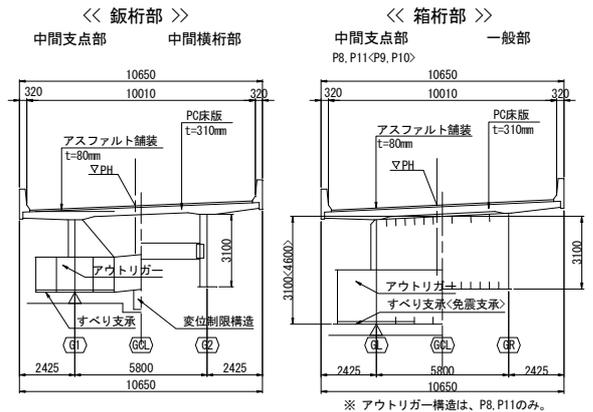


図-1 断面図

両橋台の橋軸直角方向には、桁の落橋が起きないように、コンクリートブロックによる「固定装置(反力壁)」を設置し、レベル1、レベル2地震時とも橋軸直角方向を固定とした。

本橋の動的特性を勘案した場合、すべり支承のみを設置した中間橋脚(P1~P8、P11~P17)の上部構造の変位量は大きく、相対的に橋脚の橋軸直角方向の幅が狭いことが懸念されるため、図-1に示す位置に橋軸直角方向の「変位制限構造」を設置した。中間橋脚(P1~P8、P11~P17)の中間支点部をアウトリガー(横梁)構造としているのは、すべり支承のどの位置に支点が移動しても上部工を支持できるようにするためである。

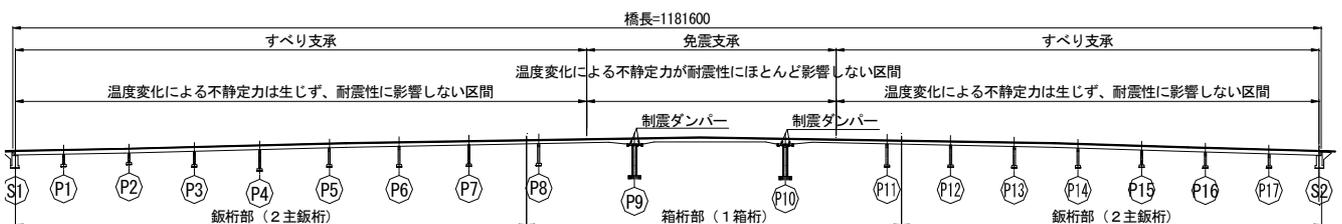


図-2 側面図および各デバイスの適用箇所

キーワード 免震支承, すべり支承, 制震ダンパー, 多径間連続桁, 落橋防止システム

連絡先 〒590-0977 大阪府堺市南区大浜西町3番地 (株)IHI インフラシステム TEL: 072-223-2691

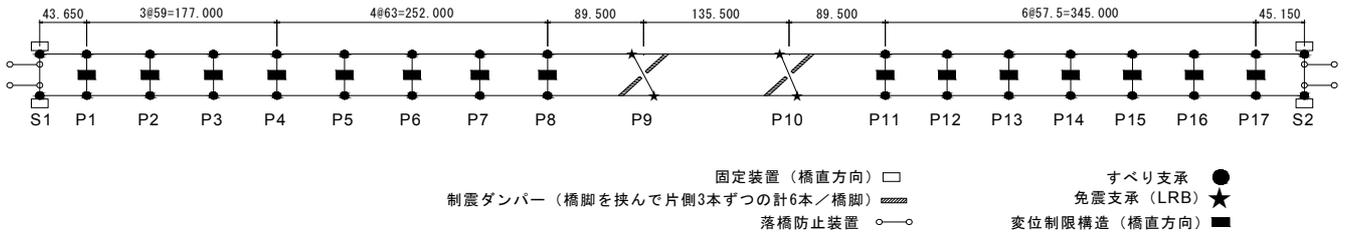


図-3 落橋防止システムの配置

3. 時刻歴応答解析

(1)各デバイスのモデル化

- 1)免震支承：文献2) に従い、図-4 に示すバイリニアモデルとした。
- 2)すべり支承：1 橋脚上の左右ウェブ直下それぞれに設置するが、解析モデルは桁中心線上 1 箇所を集約してモデル化し、図-5 に示すように降伏変位 (=2.5mm)，一次剛性  $k_1$ =鉛直反力/2.5mm，二次剛性  $k_2$ =一次剛性 $\times 10^{-6}$  としてバイリニアモデルとした。  
抵抗力は死荷重反力 $\times$ 静摩擦係数 (0.05) と定義する。
- 3)制震ダンパー：P9, P10 橋脚の両側に取り付け、桁中心線に対する設置角度は 45 度とした。図-6 に示すとおり、復元力特性は速度依存型モデルを用いた。

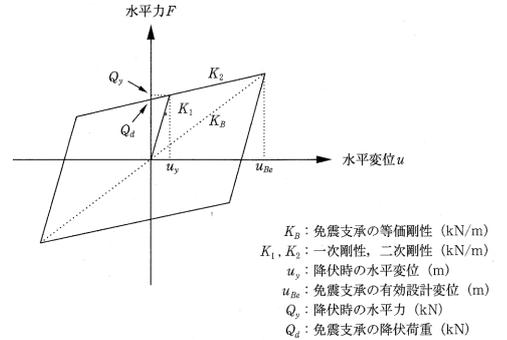


図-4 免震支承の履歴特性

- 4)変位制限構造：上部構造と下部構造間の変位制限構造の遊間量を超える変位に対して、衝突を考慮する非線形弾性モデルとした。

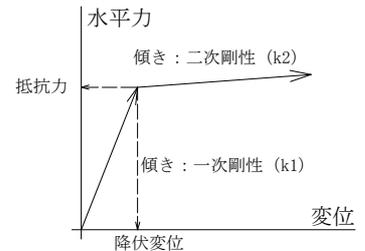


図-5 すべり支承の履歴特性

(2)入力地震動

入力地震動は文献2) に規定される標準波形を用い、入力方向角は 30 度ピッチ+制震ダンパー設置角度 (45, 135 度) の計 8 方向とした。

(3)解析結果 (すべり支承の移動量)

レベル 2/タイプ I のケースにおけるすべり支承の移動量を図-7 に示す。このケースにおいてのみ、上部構造と下部構造の変位制限が接触することが判明したが、これは解析に用いた標準波形の 50 秒以降に含まれる長周期成分と本橋が共振現象を起こすために大きな応答変位が生じ、接触したものである。

このため、地震時に接触する橋脚は限定されるが、想定以上の地震により桁が落橋することを防ぐため、すべり支承を有する全ての中間橋脚において、解析結果に基づく接触の有無に関わらず、橋軸直角方向の変位制限構造を設置することとした。

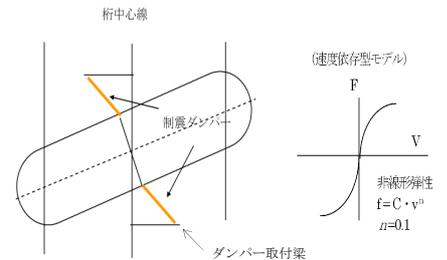


図-6 制震ダンパーのモデル化

4. まとめ

18 径間連続桁である今切川橋の耐震設計を行うことにより、多径間連続桁に免震すべりシステムを適用した場合の動的挙動や効果を確認することができた。

参考文献

- 1) 福岡、松田、大内、松井、中谷、松田、宇野：免制震すべりシステムの開発(3)：ケーススタディ、第 65 回土木学会年次学術講演会講演概要集第 I 部門、2010.9.

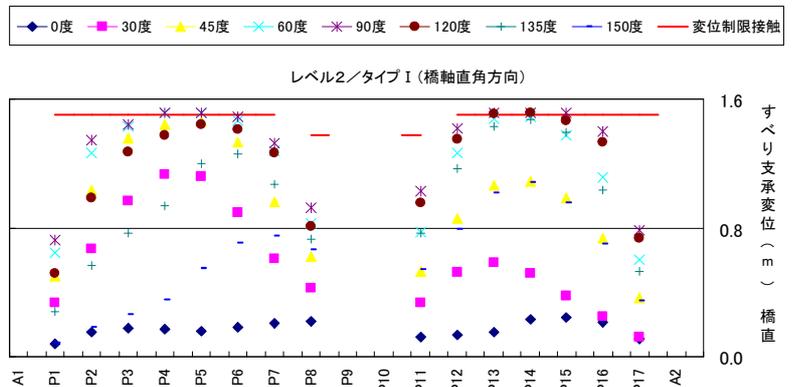


図-7 すべり支承の移動量

- 2) (社)日本道路協会：道路橋仕方書・同解説 V 耐震設計編、平成 14 年 3 月