

免制震すべりシステム(I): 今切川橋の支承部デバイスの機能評価

オイレス工業(株) 正会員 ○宮崎貞義 西日本高速道路(株) 井置 聡
 西日本高速道路(株) 上田卓司 西日本高速道路(株) 和田吉憲
 京都大学工学研究科 正会員 五十嵐晃 京都大学工学研究科 正会員 古川愛子
 フジエンジオアリング(株) 正会員 松田哲夫 ドーユー大地(株) 正会員 中谷隆生
 オイレス工業(株) 正会員 宇野裕恵 JIPテクノサイエンス(株) 正会員 松田 宏

1. はじめに

今切川橋は、図-1に示すような西日本高速道路四国横断自動車道が一級河川今切川を渡河する橋台間に挟まれた最大支間 135.5m を有する橋長 1,181.6m の鋼 18 径間連続混合桁橋である。本橋の耐震構造に、免制震すべりシステム^{1),2),3)} (Isolation Seismic Controlled Slide System: ICSS と略) を適用することで、耐震性は極めて高い。ICSS 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極力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』と定義している。本論文では、図-2に示すコアとなる橋脚上の支承部デバイスの挙動について考察する。

2. 免震支承と制震ダンパーの機能

本橋に適用する免震支承は、鉛プラグ入り積層ゴム支承であるので、地震時の機能は鉛プラグのせん断力とゴムのせん断力による合成力として表される。鉛プラグは弾塑性でありばね要素を有しないが、ゴムはほぼ線形のばね要素である。制震ダンパーは、抵抗力が速度の 0.1 乗に比例し、完全弾塑性に近い挙動であるので、ばね要素を有していない。また、すべり支承は摩擦履歴として表され、ばね要素を有していない。免制震すべりシステムでは、それぞれのデバイスの機能が重要であるので、非線形時刻歴応答解析による時刻歴応答から、それぞれの性能を考察する。

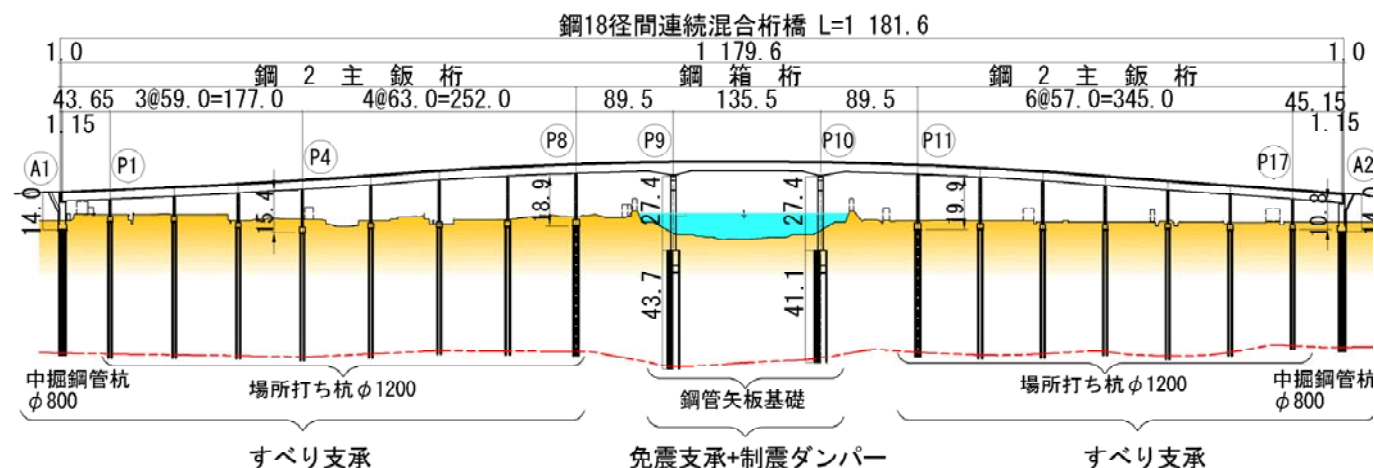


図-1 今切川橋の一般側面図

3. 検討条件

制震ダンパーは速度 50kine で 6,000kN の抵抗力となる仕様とし、P9 および P10 橋脚の斜め 45 度に設置した。鉛プラグ入り積層ゴム支承は $1,600 \times 2,600 \times 25\text{mm}$ -13 層をそれぞれの橋脚に 1 基設置した。すべり支承は、低摩擦係数を有するもので、摩擦係数を 0.05 とする。本論文で用いた地震波は、レベル 2 地震動の II-III-1 であり、橋軸方向に対し、0, 45, 90 および 135 度の方向から一方向に入力した結果より P9 を評価する。

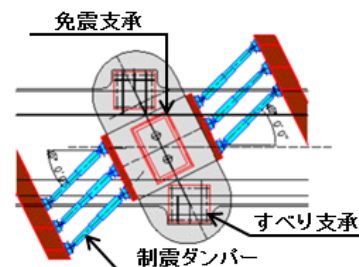
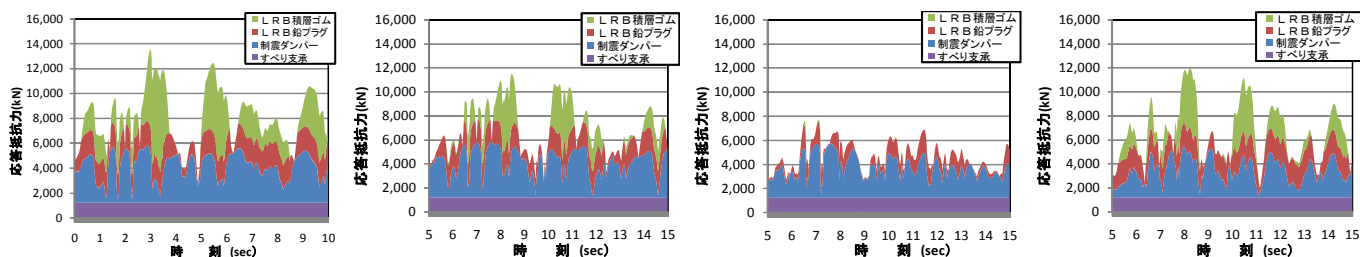


図-2 P9, P10のデバイスの配置

キーワード 免制震すべりシステム, 免震支承, 制震ダンパー, すべり支承, 時刻歴応答解析, 応答抵抗力
 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)

4. 各デバイスの応答結果

非線形時刻歴応答解析の結果より、時刻 5~15sec について各デバイスの橋軸および橋軸直角方向の時刻歴応答抵抗力の推移を図-3 および図-4 に示す。ここで、LRB は鉛プラグと積層ゴムの負担分に分けて示した。また、最大抵抗力となる時刻(T=で表示)での各デバイスの抵抗力比率を図-5 に図-6 に示す。



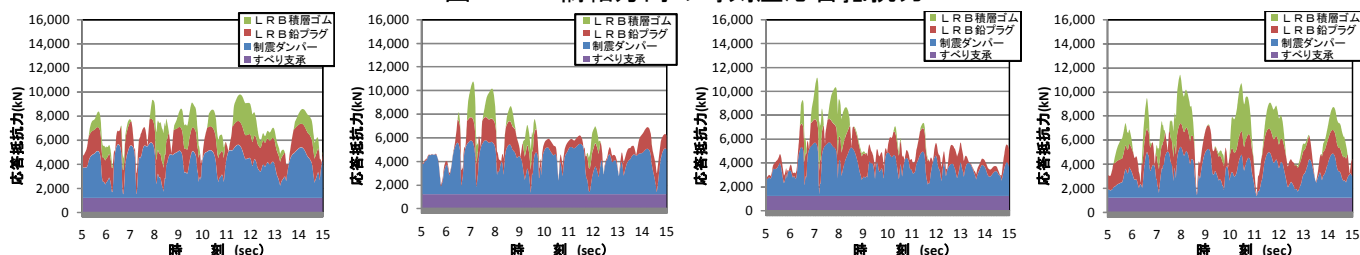
(a) 0度(橋軸) 方向入力

(b) 45度方向入力

(c) 90度方向入力

(d) 135度方向入力

図-3 橋軸方向の時刻歴応答抵抗力



(a) 0度(橋軸) 方向入力

(b) 45度方向入力

(c) 90度方向入力

(d) 135度方向入力

図-4 橋軸直角方向の時刻歴応答抵抗力

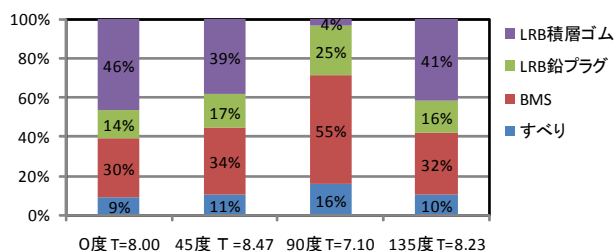


図-5 最大抵抗力時の橋軸方向分担比率

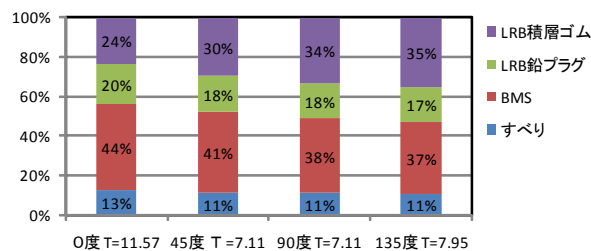


図-6 最大抵抗力時の橋軸方向分担比率

5. 応答評価

図-3 および図-4 から、時刻によって応答が大きくなるデバイスが変化する。橋軸方向の応答抵抗力の方が概して大きい。地震波の入力方向によって応答抵抗力が小さくなる。すべり支承や制震ダンパーおよび免震支承の鉛プラグは応答が小さい状態から機能し、応答が大きくなると免震支承の積層ゴムの抵抗力が大きくなる。制震ダンパーの抵抗力が変化しているのは、抵抗力が応答速度の 0.1 乗に比例するためである。

図-5 および図-6 から、最大抵抗力時の積層ゴムの占める割合は、0 度入力の橋軸方向が最大で 46 % となり、90 度入力の橋軸方向ではほとんど生じていない。免震支承の積層ゴムのみが地震波の周期特性の影響を受けるので、すべり支承と制震ダンパーや免震支承の鉛プラグの寄与率が大きい程、地震波の周期特性の影響を受けにくいことを期待できる。

5. おわりに

免制震すべりシステムは、すべり支承、免震支承および制震ダンパーの異なる特性を有するデバイスを適切に組み合わせることにより、地震波の特性の影響を受けにくい適切な耐震構造を構築することが可能である。ここで示した評価により、それぞれの機能分担を理解できる。

参考文献: 1) 宇野, 松田, 福岡, 大内, 宮崎: 免制震すべりシステムの開発(1): コンセプト, 2) 松田, 松田, 宇野, 福岡, 花田: 免制震すべりシステムの開発(2): 解析方法, 3) 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), 3 編共に土木学会第 65 回年次学術講演会講演概要集, 2010.9