

ICSS を適用した橋梁のサイト特性を考慮した 2 方向同時入力による動的解析

(株)ドュー大地 正会員 ○松田 宏 正会員 中谷 隆生
 京都大学 正会員 五十嵐 晃 正会員 古川 愛子
 西日本高速道路(株) 和田 吉憲 上田 卓司
 西日本高速道路エンジニアリング九州(株) 正会員 松田 哲夫
 オイレス工業(株) 正会員 宇野 裕恵 正会員 宮崎 貞義

1. 目的

免制震すべりシステム (ICSS)¹⁾ を適用した橋梁に対する耐震性能の照査を目的として、建設地点の地盤特性を考慮した地表面におけるサイト波形を用いて、制震ダンパー等の挙動特性の把握を行った。検討対象橋は、図-1 に示すとおりで、最大支間長は 135.5m (P9~P10 橋脚間)、その他の区間の支間長は 40~90m 程度の鋼 18 径間連続桁形式の曲線橋で、橋長は約 1200m である。

2. 入力地震動

レベル 2 タイプ II 地震動の照査に対し、内陸直下型地震を想定した工学的基盤面($V_s=300\text{m/s}$ 程度)の入力地震動として、平成 7 年兵庫県南部地震により観測された加速度強震記録に基づき、旧建設省土木研究所より暫定的に提案された模擬地震動(土研暫定波、図-2)を基盤波形に選定した。さらに、文献 2) に示す手法を用いて土研暫定波から 2 方向同時入力用地震動を作成した。土研暫定波と組み合わせられる直交成分(以下、ヒルベルト変換波)を図-3 に、2 方向同時入力のオービットを図-4 に示す。

3. 地盤応答解析

ボーリングデータをもとに、SHAKE による地盤応答解析を行い、図-1 に示す全体系モデルに入力する波形を算出した。基盤面での入力波形と併せて図-2~図-4 に地表面位置での加速度応答波形およびオービットを示す。また、土研暫定波およびヒルベルト変換波の基盤および地表面の加速度応答スペクトルを図-5 に示す。基盤波は概ね道示の I 種地盤の標準加速度応答スペクトルに近似している。また、建設地点は III 種地盤であり、地表面の加速度応答スペクトルは、0.1~0.5 秒間と 3 秒以上の周期帯では標準加速度応答スペクトル値を下回っているが、0.5~2.0 秒区間は標準加速度応答スペクトル値とほぼ同値となっており、土研暫定波、ヒルベルト変換波ともに H14 道示における III 種地盤タイプ II 地震動に概ね対応する加速度波形となっていることがわかる。

4. 橋梁全体系モデルによる非線形動的解析

P9 および P10 橋脚に制震ダンパー、免震支承を設置し、その

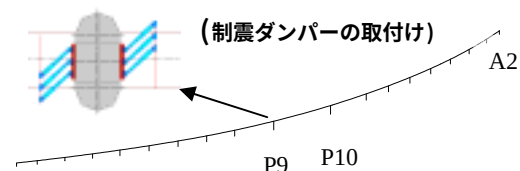


図-1 検討対象橋梁

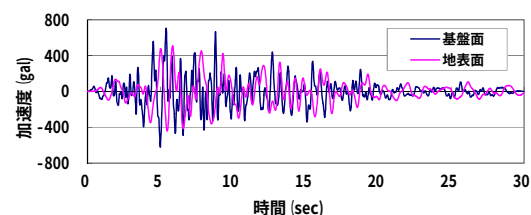


図-2 土研暫定波形

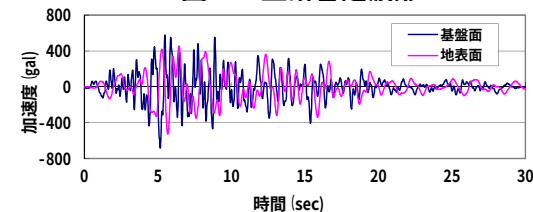


図-3 ヒルベルト変換波

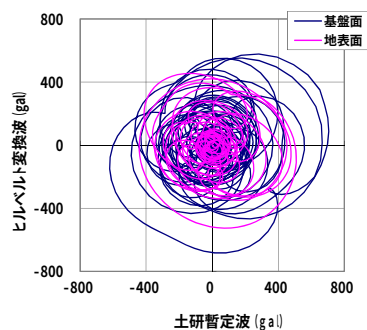


図-4 入力波形のオービット

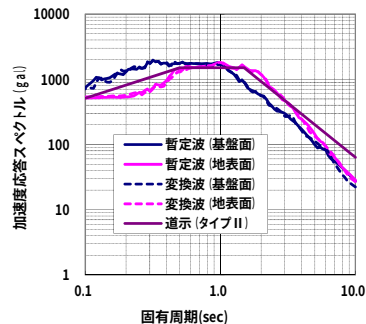


図-5 加速度応答スペクトル曲線

キーワード 免制震すべりシステム, ICSS, 2 方向同時入力, 長多径間橋梁, サイト波形, ヒルベルト変換
 連絡先 〒359-0021 埼玉県所沢市東所沢 2-27-12 TEL 04-2945-5500

他の橋脚、橋台にはすべり支承を設置した。制震ダンパーの抵抗力は速度の0.1乗に比例し、50kineの速度で抵抗力が1,500kNとなる仕様で1橋脚あたり6基(9,000kN)設置した。設置角度は図-1に示すとおり桁中心線に対して45度方向とした。免震支承およびすべり支承はバイリニア型の復元力特性を設けた。ただし、橋台の橋軸直角方向は固定とした。橋脚はトリリニア型武田モデルを用いて復元力特性を設定した¹⁾。入力波形は、A1橋台からA2橋台方向をX方向とし、X方向に対して、0、45、90、135度の4方向とし、土研暫定波とヒルベルト変換波の入力する軸を表-1に示すとおり入れ替えて8ケースの2方向同時入力による非線形動的解析を行った。図-6に制震ダンパーの応答変位、図-7に免震支承の応答せん断ひずみを示す。また、図-8には制震ダンパーの桁側取付け点(P9橋脚P8側)における応答変位のオービットをケース1、3、5、7の4ケースについて示す。図-6および図-7から、制震ダンパーの応答変位が大きくなり作用力が増大すると免震支承への水平力の分担は減少する傾向にあり、トレードオフの関係があることがわかる。また、入力角度の違いによる各応答の差異は小さい。図-4で示す入力波形のオービットがほぼ円形型であり、入力角度を同位相で回転させても、入力角度の違いによる影響は小さいことがわかる。一方、ケース1~4とケース5~8ではx軸とy軸の入力波形が入れ替わるにより、2方向成分の位相にずれが生じ、応答変位に大きな差が生じる。図-8に示すとおり、ケース1、3は主要動が概ね全体系X方向に平行であり、制震ダンパーの軸方向の伸縮が生じやすい。一方、ケース5、7は入力波形の位相がずれることにより、2方向成分の主要な加震方向が桁中心線から約60度時計周りに回転し制震ダンパーの設置方向に対してほぼ直角方向に主要動が生じるため、制震ダンパーの剛体回転変形が生じて、軸方向の伸縮量が減ることになる。

5. まとめ

免制震すべりシステムを用いた橋梁に対する耐震性能の照査を目的として、サイト波形を用いて時刻歴応答解析を行った結果、2方向同時入力に用いる波形に位相差を考慮することで、制震ダンパーの剛体回転運動の程度の違いにより軸方向の伸縮量が大きく異なる場合があることがわかった。また、制震ダンパーの変位が減少すると、免震支承への作用力が増大する傾向にある。なお、本検討により、サイト特性を考慮し2方向同時入力した場合に許容値以内の応答であることが確認できた。

参考文献

- 1) 松田, 五十嵐, 上田, 宮崎, 松田: 免制震システムを適用した橋梁における支承デバイス機能に関する一考察, 土木学会論文集 A1, Vol.67, No.4 (掲載予定)
- 2) 五十嵐, 井上, 古川, 宇野, 松田: 標準波一相補直交成分波の組合わせによる橋梁の耐震照査用水平2方向入力地震動, 土木学会論文集 A1, Vol.67, No.4 (掲載予定)

表-1 解析ケース

No.	入力波形		入力角度 (X軸の方向) (度)
	X	Y	
1	土研暫定波	変換波	0
2	土研暫定波	変換波	45
3	土研暫定波	変換波	90
4	土研暫定波	変換波	135
5	変換波	土研暫定波	0
6	変換波	土研暫定波	45
7	変換波	土研暫定波	90
8	変換波	土研暫定波	135

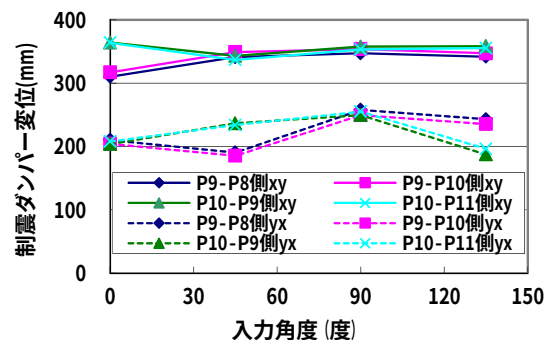


図-6 制震ダンパー応答変位

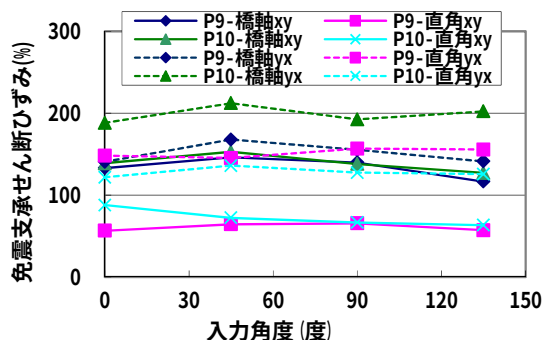


図-7 免震支承応答せん断ひずみ

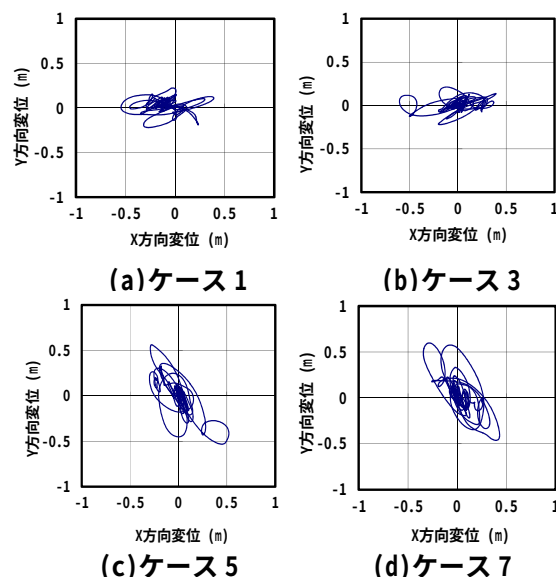


図-8 制震ダンパー取付け点桁側
オービット (P9橋脚P8側)