免制震すべりシステムの開発(2):解析方法

JIP テクノサイエンス(株) 正会員 松田 宏 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 宇野裕惠 西日本高速道路(株) 正会員 福岡 賢 西日本高速道路(株) 正会員 花田克彦

1.目的

橋台間に挟まれた多径間曲線橋に対して、文献 1)で示した免制震すベリシステムの開発コンセプトの妥当性 を確認するため検証解析を行った.本稿は,検討対象橋梁の解析条件,モデル化および検討した解析結果の一 部を報告するものである.

2. 検討対象橋梁

図 -1 に示す鋼 18 径間連続桁形式の曲線橋(橋長約 1200m, 最小曲率半径 750m)を対象とする.全橋脚に低摩擦係数の摩 擦材を有するすべり支承を設置し,中央部の P9,P10橋脚以外 は下部構造に作用する地震時慣性力の低減を図った.P9,P10 橋脚は橋脚規模を大きくして,すべり支承の他,免震支承およ び制震ダンパーを設置し上部構造全体の応答を制御している が,両橋脚とも副次的な塑性化に留めるよう断面形状の設定・ 配筋等を行っている.なお,P9,P10橋脚間は温度変化等に起 因する桁の伸縮により不静定力が内蔵されるが,両橋脚間の伸 縮桁長が約 135mと短いため,不静定力はごく僅かである.制 震ダンパーは,シリンダー型形状で両端の取付け点で水平面内 方向に自由に回転変形できる製品を用い,P9~P10支間のそれ ぞれ外側に取付けた.また,桁端部の橋台位置での支持条件は, 橋軸直角方向は固定,橋軸方向は可動とした.

3.解析モデル

本解析では、制震ダンパーは図 2 に示すとおり橋脚側から桁 側の取付け位置までの実長を考慮してトラス部材でモデル化 し、回転変形および軸方向変形後の状態を精度よく解析できる よう updated Lagrange 法による有限変形理論を適用した.こ こで、制震ダンパーは取付け角度を桁の中心線から 45 度方向 とし、同時に図 3(a)に示す速度依存性を考慮して履歴特性を 設定した.すべり支承、免震支承、鉄筋コンクリート橋脚およ び変位制限構造の履歴特性をそれぞれ図 3(b)~(e)に示す.こ こで、変位制限構造はすべり支承のみを有する橋脚の橋軸直角 方向に対してフェールセーフとして設けるものである.

4.入力地震波形

入力地震動は,兵庫県南部地震においてポートアイランド内 地盤上で観測されたタイプ 地震動の振幅調整波形 N-S 成分,

キーワード 免震支承, すべり支承, 制震ダンパー, 複合非線形動的解析, 2方向波形同時入力, 特殊橋 連絡先 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 1-2-5 JIP テクノサイエンス(株) TEL 03-5614-3203



E-W 成分波形を用いた²⁾.本稿では, N-S 成分(- -2 波形)を A1 から A2 方向(X 方向)に, E-W 成分 (- -3 波形)をその直角方向(Y 方向)に同時入力した場合(2 方向同時入力)および N-S 成分を A1 から

A2 方向に入力した場合(1 方向入力)の2 ケースについて比較した.解析対象のような特殊橋では,2 方向同時入力とすることでより実態に近い挙動を把握することができると考えられる.2 方向同時入力時の入力加速度のオービットを図4に示す最大振幅はE-W 成分で619gal, N-S 成分で557gal であり,合成すると約1.3 倍の791gal となる.

5.解析結果

複合非線形動的解析法により解析を行った.計算時間間隔は 0.001秒,各ステップで収斂計算を行っている.



図 4 入力加速度波形のオービット

図 5 および図 6 は制震ダンパー両端取付け点のオービットを示す.橋脚側の変形前における取付け点位置 の座標を(0.0,0.0)にシフトし各取付け点の履歴を表示した.初期状態(t=0,両端は 位置),制震ダン パーの引張最大時・圧縮最大時の制震ダンパーの位置を併せてプロットした.また,図 7 および図 8 に各制 震ダンパーに作用する抵抗力と軸方向変位の応答履歴を示す.2 方向同時入力の場合,1方向入力と比較して 制震ダンパーの回転変形量は大きく,1方向入力では軸方向変形量が比較的大きい.また,2方向同時入力, 1方向入力ともに入力加速度の主要動方向と同方向への変形が顕著である.P9 橋脚側とP10 橋脚側の制震ダ ンパーの挙動は概ね逆対称挙動しており,これは制震ダンパーを各橋脚の片側のみに取付けたことによる.図 -4 に示す荷重条件では,2方向同時入力時の軸方向変位量は1方向入力時より小さい.これは,2方向同時入 力時は1方向入力時と比較して剛体回転変形時間が長く,その間の軸方向作用力の変化が少ないためである.

6.まとめ



詳細は省略するが,概ね免制震すべりシステムの開発コンセプトで提案した動的挙動が確認できた.

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,第65回土木学 会年次学術講演会講演概要集第 部門,2010.9. 2)(社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 参 考資料 pp.305-pp.310,平成14年3月