

水平力分散ゴム支承と粘性ダンパーを用いた鋼鉄道橋の設計

鉄 道 運 輸 機 構

吉原 伸行 小林 幸多

日 本 交 通 技 術 株 式 会 社 正 会 員

植松 寛喜 ○増田 憲治

1. はじめに

本橋りょうは新幹線と在来線が鋭角に交差する箇所に建設される2径間連続合成桁(馬桁付)である。本報告は、各橋脚の位置で土層構成が異なることから、基礎と地盤のモデル化において構造物と練成して振動する周辺地盤がある断面積の土柱としてモデル化する修正 Penzein モデルを採用し、時刻歴動的解析により変位量の抑制に優れた支承構造の検討を行った結果について述べるものである。

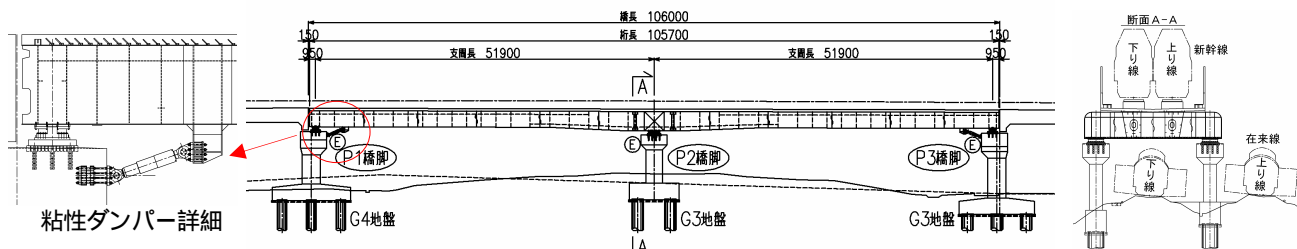


図-1 線路橋概要

2. 構造物の概要

本構造物の概要を図-1に示す。上部工が2径間連続合成桁(馬桁付)、下部工は端支点橋脚(P1, P3)が複線用壁式橋脚、中間支点橋脚(P2)が馬桁支持用単柱橋脚となっている。地質は新第三紀中新世の松山層群の木古内層と厚沢部層が基盤岩となり、第四紀更新世～完新世の海岸段丘堆積物、河岸段丘堆積物と沖積層が基盤岩を被覆している。本構造物は両側を在来線に挟まれた狭隘な箇所に建設され、特にP2橋脚は近接しており、部材寸法に制限を受けることとなる。このためP2橋脚の水平耐力は小さくなり、P1橋脚及びP3橋脚にほとんどの水平力が作用する構造形式となる。

3. 修正 Penzein モデルによる時刻歴動的解析

3.1 解析モデル

解析モデルを図-2、各部材モデル化を表-1に示す。地盤種別はP1橋脚がG4地盤、P2橋脚及びP3橋脚がG3地盤と異なり、なおかつ、土層構成も各橋脚の位置で異なるため、修正 Penzein モデルを採用した。また、土柱面積はフーチング面積の1000倍とした。入力地震波は、鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)に示されるL2地震動スペクトルの時刻歴加速度波形(基盤波)を用いた。なお、支承構造は、連続合成桁で近年使用されている「地震時分散ゴム支承(以下、分散ゴム支承と言う)を用いた分散構造」とした。また、分散ゴム支承はバイリニアモデルを用いた。

3.2 解析結果

図-3に支承部の移動量を示す。解析の結果、各橋脚の各部材は損傷レベルの制限値を及び分散ゴム支承のせん断ひずみ(234% < 250%)を満足するものの、桁間の遊間を越える水平変位量となった(327mm > 185mm)。これはP2橋脚に部材寸法の制約があり、P2橋脚の分散ゴム支承が有効に機能していないためと考えられた。

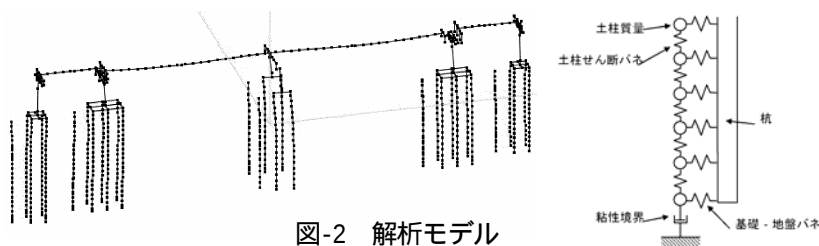


図-2 解析モデル

表-1 部材等のモデル化

大項目	中項目	設定値
モデル化	モデル化の対象	1径間+2径間連続(馬桁)+1径間
	解析モデル	3次元立体 修正Penzeinモデル
	自由度	6自由度(x,y,z, $\theta_x, \theta_y, \theta_z$)
	橋脚	骨格曲線:テトラリニア(C-Y-M-N) M- θ 関係
		履歴特性:鉄道総研RC型
	杭部材	骨格曲線:テトラリニア(C-Y-M-N)
		履歴特性:鉄道総研RC型
	土柱モデル	骨格曲線:ROモデル
		履歴特性:ROモデル
	基礎-地盤	骨格曲線:バイリニア($\delta_y - \delta_{max}$) 履歴特性:原点指向型
質点	構造物	断面高さ程度
	列車	32kN/m
		各方向の慣性力作用高さ別に質点を設定 各方向別に上限値により算定した重量を設定
	地盤	10%
	柱部材	5%
減衰定数	杭部材	5%
	列車	0%
入力地震動	L1地震動(基盤波)	
	G1地盤 L2-スペクトルII	
解析法	時刻歴応答解析	数値解析手法:Newmark- β 法($\beta=0.25$)
		内部減衰の考慮:ひずみエネルギー比例
		時間刻み:0.0001sec

キーワード: 連続合成桁, 修正 Penzein モデル, 時刻歴応答解析, 地震時分散ゴム支承, シリンダー型粘性ダンパー

連絡先: 日本交通技術株式会社 〒110-0005 東京都台東区上野 7-11-1 TEL 03-3842-9170 FAX 03-3842-9177

4. 支承選定

「分散ゴム支承を用いた分散構造」が採用できないことから、「FM構造」に対して検討を行った。しかし、水平力の集中する固定橋脚のフーチングが大きく、在来線に両側を挟まれた狭隘な箇所では設置が困難であった。このように、連続合成桁に通常用いられている「分散構造」、「FM構造」が採用できないことから、「地震時移動制限を有する分散構造」に対して検討を行った。そこで、本橋では、分散ゴム支承とシリンダー型粘性ダンパー（以下、粘性ダンパーと言う）を組み合わせる構造を用いることとした。端支点到分散ゴム支承＋粘性ダンパーを配置し（図-1 参照）、中間支点是分散ゴム支承（直角方向の移動は制限）を配置し、線路方向に対しても橋脚耐力分の分散効果を期待することとした。

5. シリンダー型粘性ダンパーを用いた支承構造

5.1 解析モデル

粘性ダンパーはRC桁で用いられるダンパーストッパーと同様に、端支点を固定として静的非線形解析を行い、L2地震時に作用する水平力以上の耐力を有する粘性ダンパーを配置することとした。（1主桁あたり抵抗力2000kNの粘性ダンパーを3本配置）粘性ダンパーの動的挙動を確認するため時刻歴応答解析を行うこととした。粘性ダンパーは速度依存性の小さいビンガムダンパーを用いることとし、速度依存性を考慮しないバイリニアモデルを用いた。また、端支点到配置した分散ゴム支承は線形モデル、中間支点到配置した分散ゴム支承はバイリニアモデルを用いた。

5.2 解析結果

図-4に粘性ダンパー、図-5に端支点的分散ゴム支承の履歴（L2地震時）を示す。時刻歴応答解析の結果、L1地震時には水平変位は見られなかったが、L2地震時に耐力以上の水平力が作用し、水平変位していることが確認された。水平変位量である粘性ダンパーの最大移動量は175mmであり、遊間（185mm）および移動可能量（200mm）を共に満足することが出来た。また、端支点的分散ゴム支承のせん断ひずみ（175% < 250%）を満足することが出来た。図-6に中間支点的分散ゴム支承の履歴（L2地震時）を示す。中間支点的鉛プラグ入り分散ゴム支承のせん断ひずみ（247% < 250%）が満足していることを確認した。また、地震時水平角折れの照査を行った結果、走行安全性を確認することが出来た。

6. おわりに

本橋は、中間支点橋脚の水平耐力が期待できないことから、鉄道橋では初となる分散ゴム支承と粘性ダンパーを組合せた分散構造を採用した。時刻歴応答解析により、この支承構造が変位量の抑制に優れていることが確認できた。今後、同様の下部工条件や軟弱地盤等において参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物、丸善、平成12年7月
- 2) 鉄道総合技術研究所編 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、丸善、平成11年10月

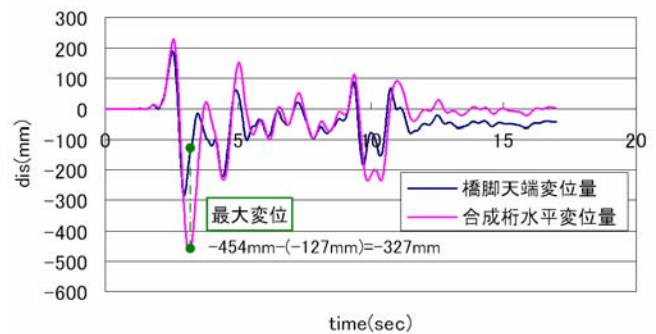


図-3 支承部の移動量

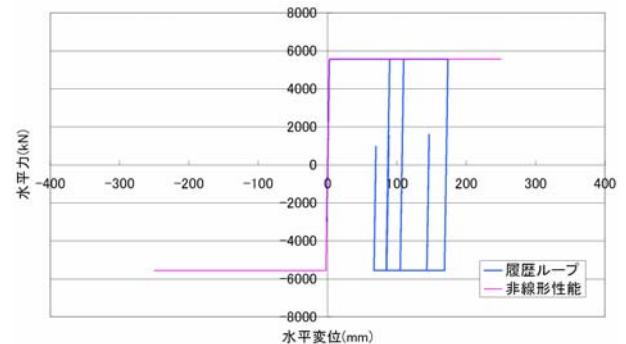


図-4 粘性ダンパーの履歴（L2地震時）

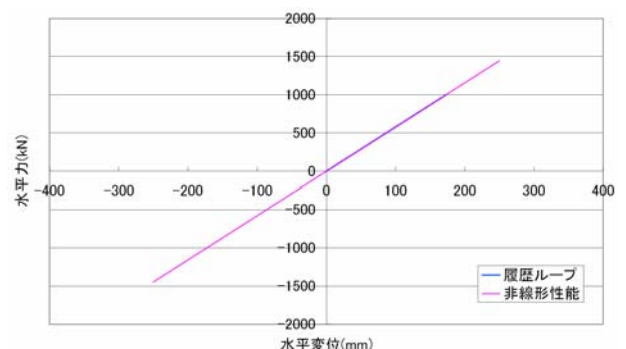


図-5 端支点分散ゴム支承の履歴（L2地震時）

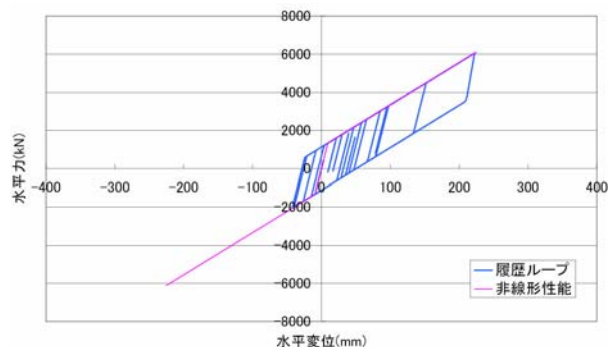


図-6 中間支点分散ゴム支承の履歴（L2地震時）