

応答変位を抑制する擬似多点固定構造の提案

オイレス工業(株) ○ 正会員 宇野裕恵

正会員 竹ノ内勇 正会員 横川英彰

正会員 宮崎 充 正会員 河内山 修

1. はじめに

地震時に上部構造応答変位を抑制する方法として多点固定構造がある。しかし、この構造は地震時に橋脚の塑性化を期待して耐震性を満足させるため、免震橋に比べて耐震性のグレードが低いことに加え、地震後の復旧工事が大規模になる。一方、多点固定構造を採用できるのは地盤が比較的軟弱であることや橋脚高さが高いことなどの条件を必要とする。さらに、多点固定構造では温度変化やクリープなどの不静定力が作用した状態で地震力が作用するため、地震時には設計の想定と異なる挙動を呈することも懸念される。そこで、支承部に変形性能を与えることで、常時において大きな拘束力が作用することなく桁の伸縮に追従させ、かつ地震時の応答変位を抑制できる擬似多点固定構造を提案する。

2. 擬似多点固定構造の構造概念

地震時の応答変位を抑制する擬似多点固定構造とは、FPS¹⁾(Friction Pendulum System)が有する曲面上のすべり機能を応用したデバイスを複数の橋脚上の支承部に組込んだものである。FPSとは図-1に示すような上下両側に曲面を有する、あるいは図-2に示すような片側のみに曲面を有するすべり支承である。既往のFPSは長周期化により免震化を図るため、すべり面の曲率を小さくしている。これに対し、擬似多点固定構造では曲率を大きくすることで変位を大きく抑制することを期待している。すなわち、曲面上を移動する物体の抵抗力は図-3に示すように $W \cdot \tan \theta$ で与えられるので、 θ を大きくすると抵抗力が大きくなることを利用している。すべり曲面としては様々な形状に設定することができ、それにより応答変位を任意にコントロールできる。例えば、円、3芯円、放物線などの曲面が考えられる。

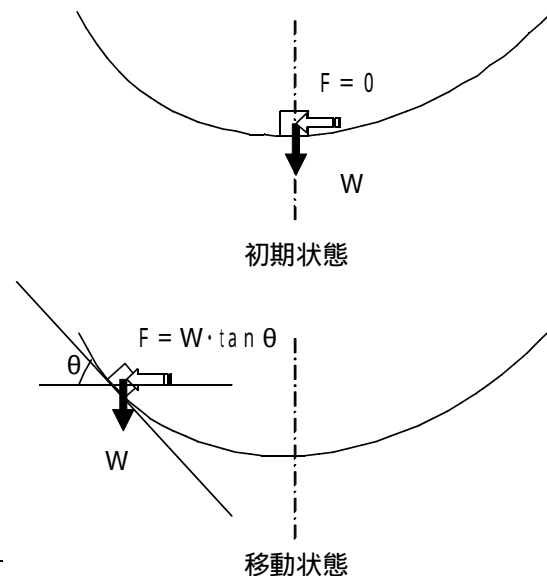
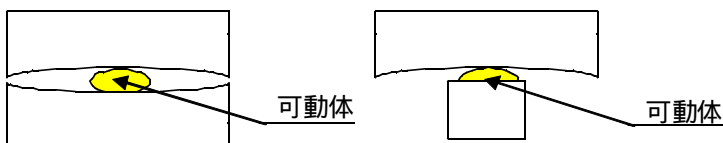


図-1 2曲面すべり構造 図-2 1曲面すべり構造

図-3 擬似多点固定構造の機能概念

3. 解析

橋の解析モデルは既往文献²⁾の鋼5径間連続非合成鈑桁橋より橋脚を一本取り出した橋脚高さ10mの一本柱モデルとした。支承を固定とした橋脚での固有周期は約0.6秒である。デバイスの曲面形状は図-4に示すような片側のみに2次放物線($y = ax^2$)の曲面を有するすべり面を想定し、図-5に示すような線形履歴を設定した。なお、本検討では摩擦の影響を無視した。

解析は非線形時刻歴応答解析とし、土木研究センターより提供されている動的解析簡易ソフト"DYMO"³⁾を用いた。地盤は種地盤であり、レベル2地震動タイプ⁴⁾の道示標準波第一波目で評価した。

キーワード 地震時多点固定構造、耐震構造、応答変位、FPS、応答塑性率、常時移動量
連絡先 〒105-8584 東京都港区浜松町一丁目30番5号 オイレス工業(株) 03-3578-7930

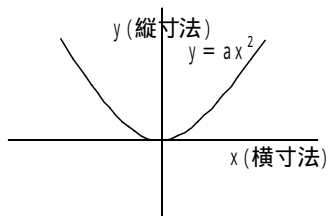


図 - 4 すべり面の形状例 (二次放物線)

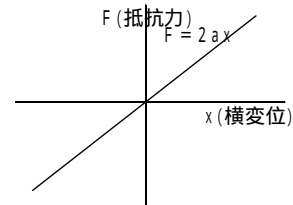


図 - 5 二次放物線の履歴特性

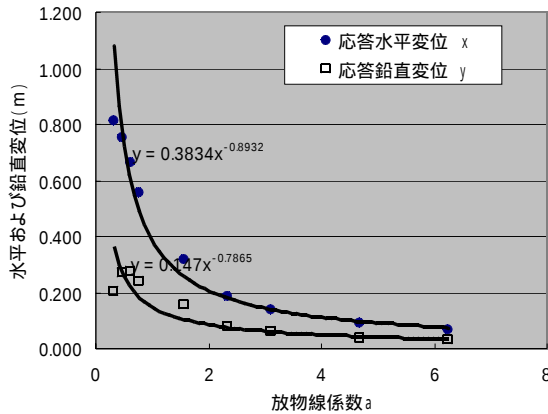


図 - 6 放物線係数 a と応答変位

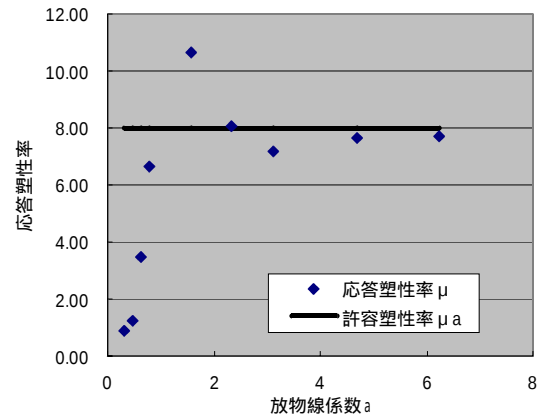


図 - 7 放物線係数 a と応答塑性率

4. 解析結果

放物線係数 a をパラメータとして横軸にとり、水平・鉛直変位および応答塑性率をそれぞれ図 - 6 および図 - 7 に示す。図 - 6 より放物線係数 a を変化させることにより応答変位を任意に調整できる擬似多点固定構造を構築できることがわかる。また、図 - 7 のように変位が小さくなると橋脚の応答塑性率は大きくなっている。本検討では摩擦減衰を無視しているが、それを考慮すれば応答塑性率の低減を期待できる。

5. 適用にあたっての対応

本デバイスでは応答水平変位を任意に抑制することが可能であるが、デバイス自体に鉛直相対変位を伴う。この場合、鉛直変位を拘束する機能を付与することが難しいため、地震時の上向き力に対しては抵抗させないこととする。この構造で両側すべり面とすると可動体が構造体外にはみ出すことが想定されるため、片型のみをすべり曲面とし、可動体を他方に固定するのがよいと考えられる。また、すべり面に雨水や粉塵が溜まらないよう、すべり曲面を上面とするのがよい。

一方、温度変化による桁伸縮によりデバイスが水平移動する際にデバイスが鉛直変位することから、桁端部にこれを用いると伸縮部に相対鉛直変位が生じ、交通振動・騒音を励起することが懸念される。このため、桁端部にはゴム支承を適用することを想定する。また、中間橋脚においても常時における鉛直変位が生じさせたくない場合や、常時での支圧分布の安定性を保全する場合には、温度変化による桁伸縮などの水平移動に対して平坦面をすべらせ、地震時のみに曲面をすべらせるように設定することも可能である。

6. おわりに

本デバイスの曲面を変化させることにより応答変位を任意に制御できる。例えば、レベル 1 地震動で温度変化等の影響がないように設定することも可能である。また、地震時の摩擦の安定性を満足できるよう曲面の曲率について検討する必要がある。実設計においては、伸縮装置の規模や桁遊間量が大きくならないことも考慮して地震時の移動量を設置するのがよい。

参考文献

- 1) 藤田他：球面すべり支承を用いた機器免震装置に関する研究，日本機械学会論文集 59 巻 557 号，1993.1
- 2) (社) 道路協会編：道路橋の耐震設計に関する資料，1999.3
- 3) (財) 土木研究センター編：橋の動的耐震設計法マニュアル，2006.5