

第 I 部門 反重力すべり支承による橋梁の地震時弾塑性応答の制御

京都大学工学研究科 学生員 ○高橋 天平
 阪神高速技術(株) 正会員 足立 幸郎
 JIPテクノインス(株) 正会員 佐藤 知明

京都大学工学研究科 正会員 五十嵐 晃
 オイレス工業(株) 正会員 宇野 裕恵

1. はじめに

近年、反力分散支承や免震支承を採用した多径間連続橋が高架橋として多く建設されているが、こうした支承を採用した橋梁は地震時に橋桁の大変位を伴う構造であり、コストや維持管理上の課題となる。新たに開発された反重力すべり支承は、この問題を解決するためすべり支承の両端部に勾配を設けた構造となっており(図1)、常時には支承のすべりは水平すべり面部上に生じ温度伸縮を拘束せず、地震時は両端に設けた勾配による水平復元力により、水平変位を抑制する機能を期待するものである。図2のような道路橋の橋桁一スパン分を取り出し、非線形弾塑性2質点系モデル(図3)に反重力すべり支承のモデルを組み込み、地震応答解析を行った。本研究では、反重力すべり支承の摩擦係数、クリアランス、斜面角度の3つのパラメータの組み合わせを変えた反重力すべり支承を用いた多数の橋梁系の応答を算出し、その効果の検証と設計に関して検討した。

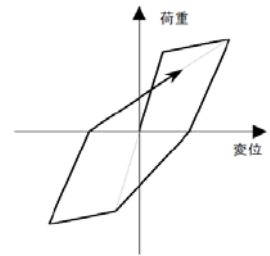
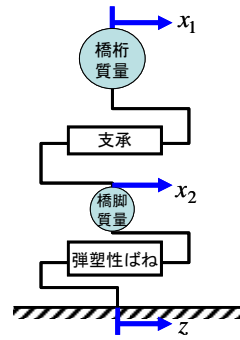
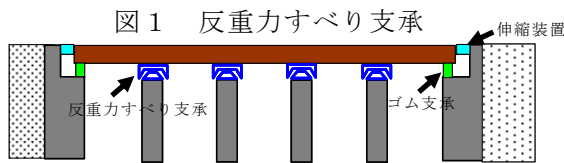
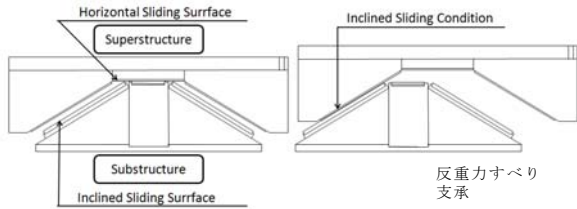


図1 反重力すべり支承

図2 道路橋

図3 2質点系モデル

図4 橋脚の履歴法則

2. 解析モデル及び入力波

橋脚は Clough 型 bilinear を用いた(図4)。橋脚の降伏震度は 2/3、剛性は支承を固定した時の固有周期が 0.5sec になるように決定した。入力波は Type2-II-2 であり、橋軸方向にのみ入力している。

3. 着目する指標

応答特性として支承変位と橋脚塑性率に着目した。目標として、支承変位と橋脚塑性率が両方小さくなる設計が望ましい。しかし、支承変位と橋脚塑性率は一般にトレードオフの関係にあり、支承が剛であるほど支承変位は小さくなり、橋脚塑性率は大きくなる。支承変位と橋脚塑性率を両方下げるためには支承の減衰性能の増加が有効であるが、過度に減衰が大きい場合は橋脚塑性率がかえって大きくなってしまう(図5)。従来の支承の支承変位-橋脚塑性率図における位置付けを示したのが図6である。固定支承は支承変位を抑えるには有効であると考えられるが、常時の温度伸縮による不静定力が問題となる。

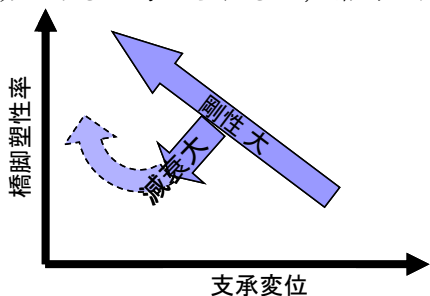


図5 支承変位と橋脚塑性率の関係

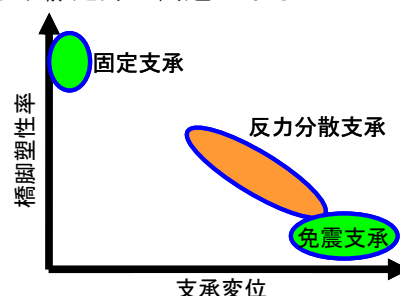


図6 支承の性能の位置付け

4. 最適設計候補

反重力すべり支承の斜面角度，クリアランス，摩擦係数の組み合わせを変えて解析を行い，得られた支承変位および橋脚応答塑性率を座標平面上にプロットすると，図7のような分布が得られる．設計パラメータのあらゆる組み合わせ解析結果の中で，支承変位と橋脚塑性率の双方が小さい他の設計が存在しないような設計を最適設計候補と定義し，青色シンボルで示した．最適設計候補を，従来型の機能分離型支承で同様の計算を行ったものと重ねて示すと図8a のようになり，特定の支承変位領域について反重力すべり支承が有利となった．発生する温度伸縮による不静定力の制限値を設けて制約を満たす設計より最適設計候補を選択したものを図8bに示す．支承変位が140mm以下の制約では機能分離型支承は実現可能な設計が存在せず，反重力すべり支承を使用した場合のみ設計が可能となる結果となった．

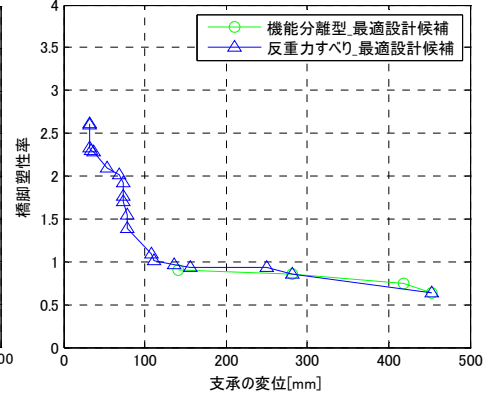
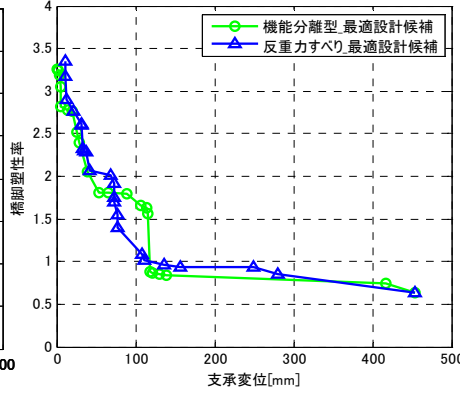
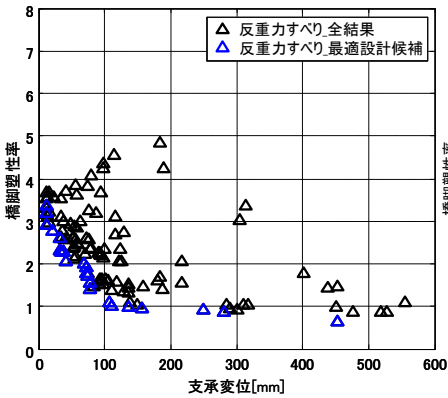


図7 反重力すべり支承の解析結果

図8a 最適設計候補

図8b 最適設計候補(不静定力考慮)

5. 許容塑性率に基づく最適設計候補

図9のように，許容塑性率の値を与え，橋脚の応答塑性率とその値に収まるように決定した．降伏震度を，必要強度と呼ぶ．必要強度が小さい場合，橋脚の断面が小さくコスト的に有利な設計が可能であることを意味する．支承変位と必要強度の座標平面上で同様の最適設計候補を求めたものを図10aに示す．また，不静定力の制限値を設けた場合の最適設計候補を図10bに示す．機能分離型支承との比較では，前項と同様の傾向が見られ，支承変位がある値以下とした場合不静定力の制限を考えると，機能分離型支承は実現可能な設計が存在せず，このような条件の場合における反重力すべり支承の設計上の優位性が示されている．

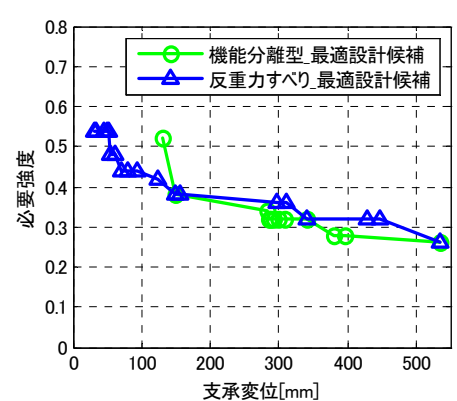
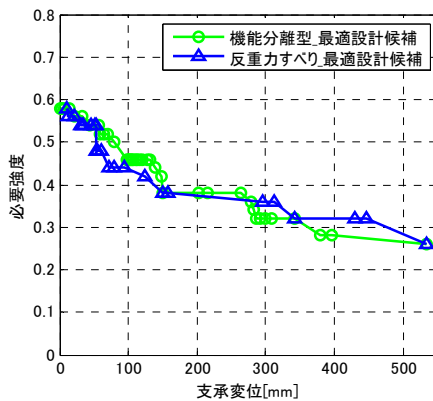
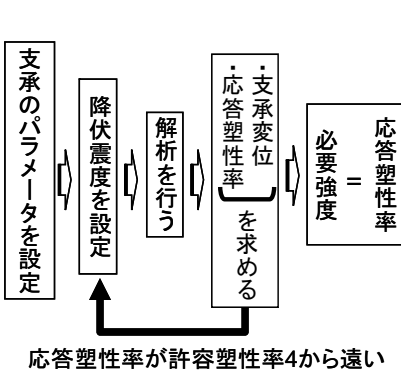


図9 必要強度の求め方

図10a 最適設計候補

図10b 最適設計候補(不静定力考慮)

6. まとめ

反重力すべり支承モデルを作成し，これを組み入れた非線形弾塑性橋梁モデルの地震応答解析を行った．免震支承（機能分離型支承）と比べて，反重力すべり支承の特性として以下の事が分かった．

- 設計の自由度が高く，より有利な設計候補が存在する可能性がある
- 不静定力の許容制限をクリアしつつ弾塑性応答，支承の変位の両方を抑える設計をすることができる（橋脚応答塑性率の制御，橋脚の必要強度の低減）．