

反重力すべり支承を用いた橋梁の地震時弾塑性応答の制御

東日本旅客鉄道(株)	正会員	○高橋 天平		
京都大学工学研究科	正会員	五十嵐 晃		
阪神高速技術(株)	正会員	足立 幸郎		
阪神高速道路(株)	正会員	加藤 祥久	正会員	篠原 聖二
オイレス工業(株)	正会員	宇野 裕恵	正会員	宮崎 貞義
JIPテクノサイエンス(株)	正会員	佐藤 知明	正会員	松田 宏

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。図1に示す反重力すべり支承は、常時は橋桁の温度変化による伸縮を拘束せず、地震時の桁変位に対しては斜面をすべり上がることで水平方向の反力を生じ、水平変位の抑制を期待するものである。図2に示す道路橋を想定した非線形弾塑性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、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地震応答解析を行い、反重力すべり支承パラメータの効果の検証と設計に関する検討を行った。

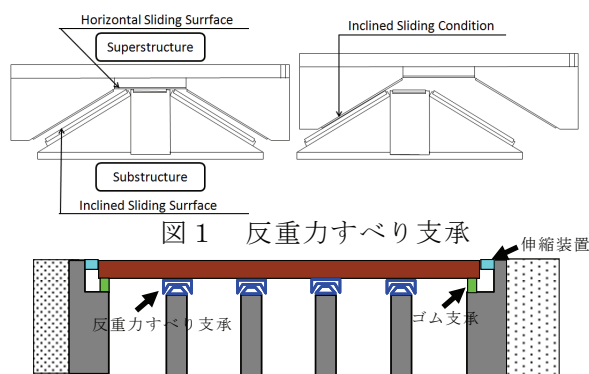


図1 反重力すべり支承

図2 反重力すべり支承の適用を想定する道路橋

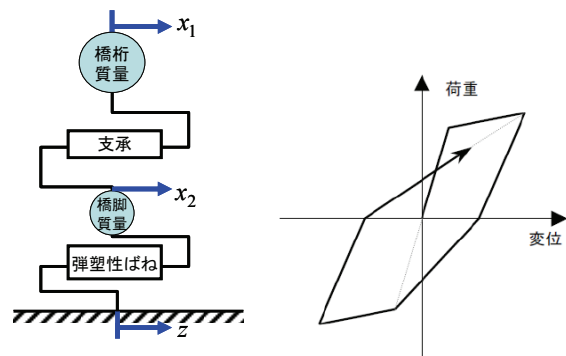


図3 2質点系モデル 図4 橋脚の復元力モデル

2. 解析モデル及び入力波

橋脚の復元力モデルは Clough 型 bilinear を用いた(図4)。橋脚の降伏震度を 2/3、支承固定時固有周期が 0.5sec となる初期剛性を用いた。道路橋示方書 Type2-II-2 波を橋軸方向に入力して解析する。

3. 着目する指標

応答値として支承変位と橋脚の応答塑性率に着目した。支承変位と橋脚応答塑性率が共に小さくなる設計が望ましいが、支承変位と橋脚応答塑性率は一般にトレードオフの関係にあり、一方を下げるためには他方が大きくなる傾向がある。支承変位および橋脚応答塑性率を小さくするには支承の減衰性能の増加が有効であるが、減衰が過度に大きい場合は橋脚塑性率が逆に大きくなることもある(図5)。固定支承は支承変位は最小であるが、常時の温度伸縮による不静定力が問題となる。このような観点から図6に示す橋脚塑性率-支承変位の組み合わせ領域の中での、反重力すべり支承の位置付けを検証する。

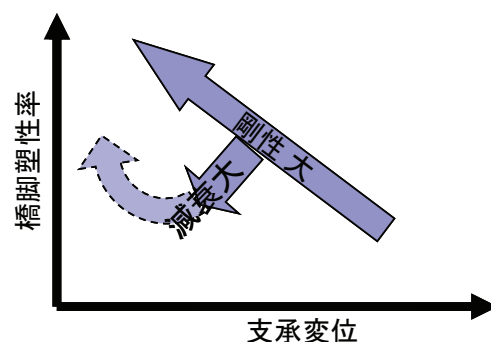


図5 支承変位と橋脚塑性率の関係

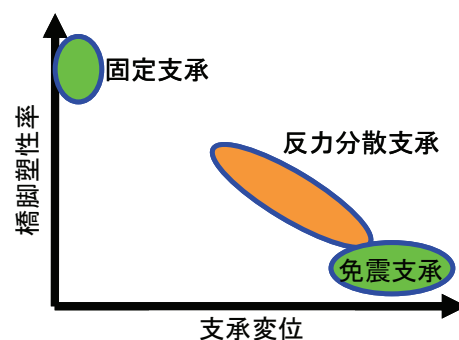


図6 支承の特性の位置付け

キーワード 反重力すべり支承、機能分離型支承、パラメトリック解析、最適設計、必要強度

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学工学研究科都市社会工学専攻 075-383-3245

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に示す分布が得られる．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る．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．

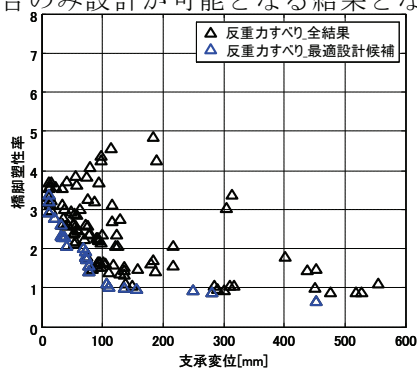


図7 反重力すべり支承の解析結果

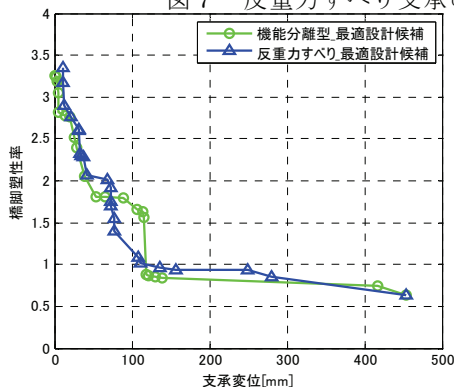


図8a 最適設計候補

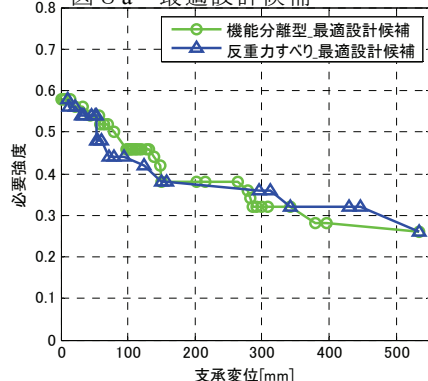


図10a 最適設計候補

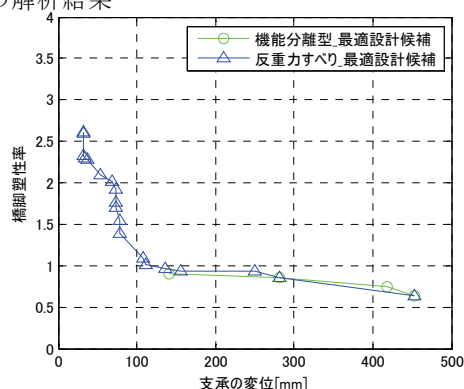


図8b 最適設計候補(不静定力考慮)

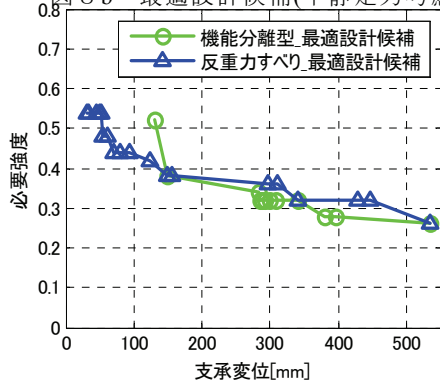


図10b 最適設計候補(不静定力考慮)

5. 許容塑性率に基づく最適設計候補

ある設計パラメータの支承に対して，橋脚の応答塑性率が与えられた特定の値となるような降伏震度を決定することで必要強度が算出できる．必要強度が小さい支承設計パラメータは，コスト的に有利な橋梁設計に対応すると解釈できる．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．さらに，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120mm以下に制限した上で不静定力値を制限すると，反重力すべり支承と異なり機能分離型支承は実現可能な設計がない．支承変位と不静定に同時に制約がある場合，反重力すべり支承の設計上の優位性が発揮されると考えられる．

6. まとめ

従来型の機能分離型支承と比較して，反重力すべり支承には以下の特徴がある事が示された．

- 設計の自由度が高いことから，支承変位および橋脚応答塑性率が共に小さくなる有利な設計ができる場合が存在する．
- 不静定力の値の制限が課された場合でも，橋脚の必要強度がより小さく，かつ支承の変位が小さい設計が可能と考えられる．

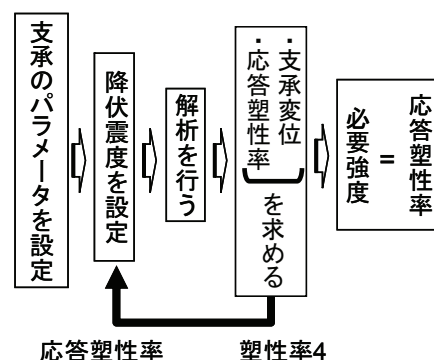


図9 必要強度の求め方