

盛土中橋脚の耐震性能評価に用いる解析手法の比較検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○酒井 大央 井澤 淳 室野 剛隆

1. はじめに

一般に橋脚の土被りは 1m 程度であり，既設橋脚の耐震性能評価では，その影響は無視されることが多い．しかし，一部には橋脚の大部分が盛土中に建設されたものもあり，このような場合，地震時に橋脚と盛土という振動特性の異なる系が影響を及ぼしあう．これらの相互作用を考慮し，盛土中橋脚の耐震性能を評価するため，応答変位法により盛土変形の影響を考慮する手法¹⁾(以下，静的解析手法)が提案されている．さらに著者ら²⁾は，地震時挙動をより詳細に評価するため，動的非線形解析による手法(以下，動的解析手法)を提案している．本研究では，動的解析手法と静的解析手法の両手法により試計算を実施し，応答値の比較を行った．

2. 解析手法の概要

両手法の概念図を **図 1** に示す．静的解析手法は，ニューマーク法で求めた盛土の滑動変形が橋脚に与える影響を応答変位法により考慮して，盛土変位，表層地盤変位，慣性力を同時に作用させる静的非線形解析により橋脚の応答値を算定する手法である．

一方，動的解析手法は，橋脚，盛土，表層地盤という 3 つの振動系のモデルをばね要素で接続することで，相互作用を考慮可能な一体型モデルを構築し，動的非線形解析により応答値を算定する手法である．動的解析手法におけるモデル化の概要を **図 2** に示す．特筆すべきは円弧滑りにより橋脚に作用を及ぼす土塊(以下，滑り土塊)のモデル化であり，概要を **図 3** に示すが，2 種類の節点①，②と 2 種類のばね要素③，④で構成される．なお，橋脚や地盤等のモデルは，鉄道橋梁の耐震設計³⁾で推奨されるモデルである．

3. 試計算および応答値の比較

試計算の対象構造物は，G3 地盤³⁾上に建設された杭基礎を有する RC 壁式橋脚と均質な材料で構築された単純な盛土である(**図 4**)．両手法ともに，盛土がある場合とない場合の計算を行っている．

まず，動的解析手法による試計算を行った．本検討では，固有値解析の結果から，橋脚 1 次モード(周期 0.58 秒，モード減衰 0.03)と滑り土塊 1 次モード(周期 0.14 秒，モード減衰 0.03)に合わせたレーリー減衰を用いた．入力地震動は，L2 地震動(スペクトル II，G1 地盤)³⁾とした．**図 5** に，動的解析手法の解析結果を示す．ここに示す変位は，橋脚上端の水平変位が法尻側で最大となる時刻における柱部材各節点の水平変位であり，柱部材下端を基準とした相対値である．また断面力は，全時刻の最大絶対値である．高さ 4.5m において盛土がある場合のせん断力が大きくなるが，これは，橋脚が法肩側に変形する際に，盛土が抵抗要素となるためである．

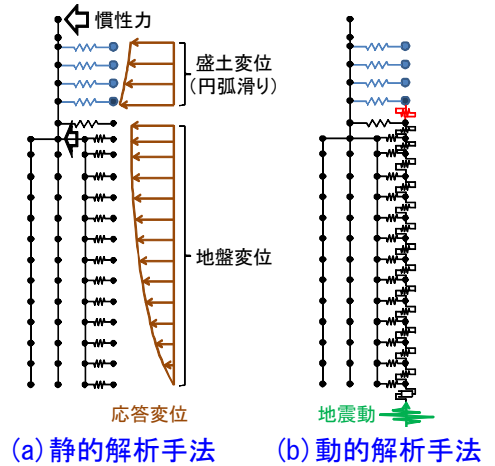


図 1 解析手法の概念図

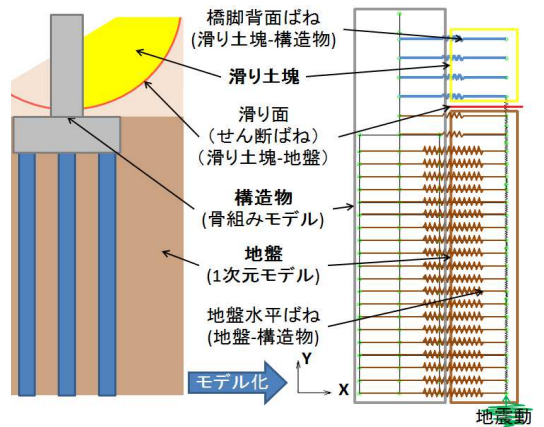


図 2 モデル化の概要

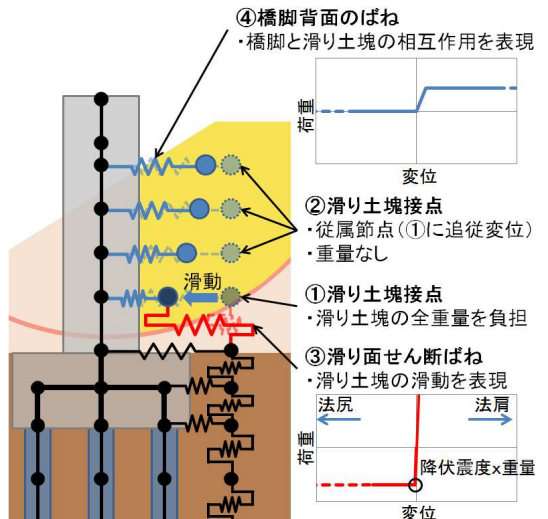


図 3 滑り土塊モデル化の概要

キーワード 盛土中橋脚，相互作用，耐震性能評価

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7336

次に、静的解析手法による試計算を行った。静的解析手法の提案¹⁾では、設計実務を考慮し、慣性力を非線形応答スペクトル法³⁾により算定している。しかし本検討では、動的解析手法との比較という観点から、構造物モデルに地表面地震動を入力した動的解析により求めた最大応答変位と、プッシュオーバー解析により求めた荷重-変位曲線から慣性力を算定した。地盤変位は、先に実施した動的解析の結果から、地表面変位が最大となる時刻の変位分布を抽出して用いる。盛土変位はニューマーク法により求めるが、動的解析手法により算出された変位量の2倍程度であった。本検討では、これらの慣性力、地盤変位、盛土変位を同時に法尻方向に载荷した。図6に、静的解析手法の解析結果を示すが、断面力、変位ともに、盛土がある場合の方が大きくなる事が分かる。

図7には、両手法の解析結果を併記して示す。ここに示す動的解析手法の結果は、橋脚が法尻側に変形する際に生じる最大応答値を抽出したものである。図7(a)は、盛土がない場合の結果である。静的解析手法の変位の方が大きくなっているが、これは、両ケースともに柱基部が降伏して剛性が低下しており、僅かな荷重の差で変形が進んだためである。図7(b)は、盛土がある場合の結果であるが、動的解析手法による応答値の方が小さいことが分かる。このような差が生じる原因として、1)慣性力の影響、2)盛土変位量の影響、3)各荷重の作用する時刻の影響が考えられる。ここで、1)の影響は図7(a)に示す程度であることが確認できている。2)は、ニューマーク法と動的解析という算出方法の違いから生じるものであり、本検討においては先述の通り、両手法の盛土変位量に2倍程度の差が生じた。3)は、静的解析においては慣性力と盛土や地盤の変位が同時に最大となるのに対し、動的解析では必ずしも同時に最大とならないことに起因する。いずれにしても、これらの結果は、動的解析手法を用いることで盛土中橋脚の応答値を合理的に算定できる可能性を示している。

4. おわりに

盛土中橋脚の地震時挙動を評価する手法として、静的解析手法と動的解析手法が提案されており、この2つの手法による試計算を実施し、応答値の比較を行った。結果から、動的解析手法を用いることで、静的解析手法よりも合理的に構造物の応答値を算定できる可能性があることが分かった。

参考文献

- 1) 田上和也,坂井公俊,室野剛隆: 盛土中橋脚の耐震性能評価法の提案,土木学会第65回年次学術講演会,2010.
- 2) 酒井大央,井澤淳,室野剛隆,西村隆義: 盛土中に建設された橋脚の耐震性能評価に関する動的解析手法の提案,第50回地盤工学研究発表会,2015.
- 3) 国土交通省鉄道局監修,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),2012.

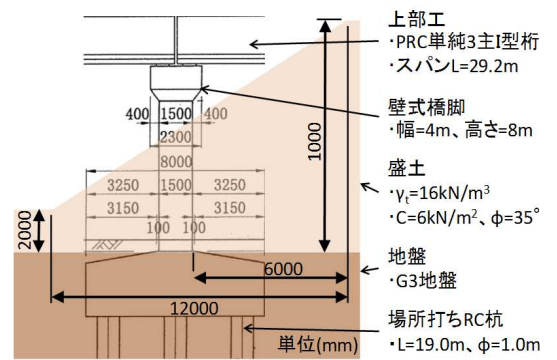


図4 試計算対象構造物

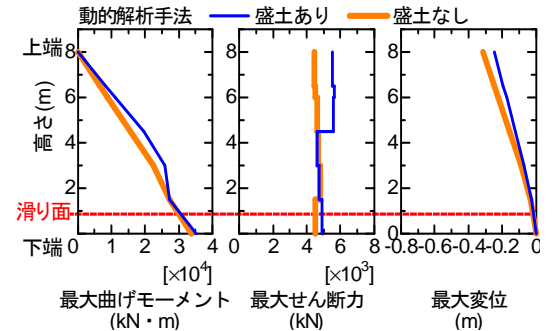


図5 橋脚部材最大応答値(動的解析)

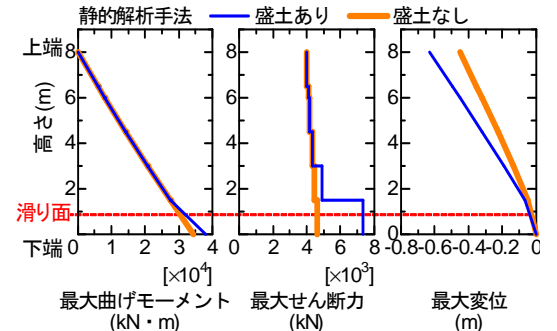
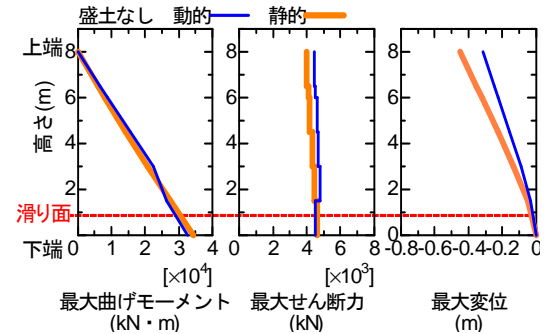
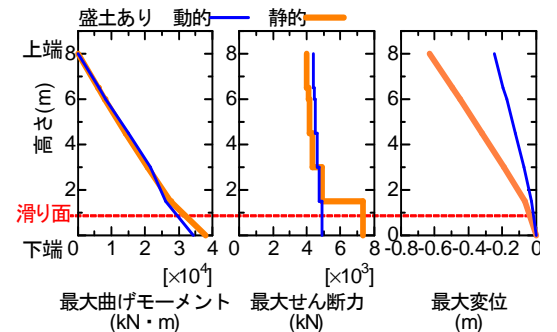


図6 橋脚部材最大応答値(静的解析)



(a) 盛土なし



(b) 盛土あり

図7 橋脚部材最大応答値(両手法併記)