

数値解析手法の違いが断層上の鉄道構造物の挙動評価に与える影響

ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 ○日野 篤志
鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆

1. はじめに

一般的な鉄道構造物の耐震設計では、幾何学的非線形性は数値解析に考慮されておらず、その影響は、部材の耐力評価に取り入れられていることや、基礎の変形を一定の範囲内に抑えることで無視することができるものとなっている¹⁾。しかしながら、構造物に断層変位が作用するような場合には数メートル規模の変形が発生する可能性があり、基礎は制限値を超過し大規模な変形が生じる可能性がある。そのような場合には、数値解析において幾何学的非線形性を考慮しないと、挙動を適切に評価できない可能性がある。そこで、本稿では地表断層変位を受ける構造物の挙動評価の基礎的な検討として、一般的な鉄道構造物であるラーメン高架橋を対象に数値解析を実施し、地表断層変位が作用した際の挙動評価における幾何学的非線形性の有無が与える影響について分析を行った。なお、検討には、著者らが地表断層変位に対して有効なラーメン高架橋の構造形式として提案している張出し式1径間のラーメン高架橋²⁾についてもその影響の比較を行うこととした。

2. 検討内容

(1) 対象構造物の設定 本検討では、既往の検討²⁾と同様に現行の耐震基準を満足するように設計された柱高さ約8m、橋軸方向スパン10mの鉄道高架橋をもとに径間数の異なる2タイプのラーメン高架橋を作成し検討に用いることとした。検討に用いる各タイプの概念図を図1に示す。

Type1は、現在多く用いられているラーメン高架橋であり高架橋端部にはゲルバー桁が用いられている。Type2は地表断層変位に対して有効な高架橋形式として提案している1径間張り出し式のラーメン高架橋であり、径間数を短くしたことで発生断面力の低減や、端部を張出し式にすることで桁の落下を防止することが可能となる。

(2) 解析条件 2タイプのラーメン高架橋について解析モデルの構築を行い、二次元の静的非線形解析を行った。

解析モデルは、橋軸方向について鉄道構造物の設計で一般的に用いられている梁ばねモデルとして構築した。非線形性については、柱や梁といったRC部材は線形部材、基礎と地盤の相互作用ばねは非線形部材としてモデル化した。基礎と地盤の相互作用ばねは、鉄道標準（基礎構造物）³⁾に準拠してばね定数および上限値の算出を行った。解析で考慮する地表断層変位の値は、鉛直方向に3.0mとし、地表断層変位の入力位置をパラメータとした既往の検討²⁾において部材の発生断面力が最も大きくなった入力位置として、構造物端部位置のみに入力する条件とした（図2）。なお、実際に地表断層変位が構造物に作用する場合には、表層付近での地盤の塑性化の影響により鉛直方向の変位が深さ方向に変化することが考えられるが、本検討が幾何学的非線形性の違いによる影響を評価することが目的であることから、表層地盤の塑性化の影響やRC部材の非線形化の影響を無視することとした。

3. 静的非線形解析結果

幾何学的非線形性の有無をパラメータとした静的非線形解析結果より、上層梁、地中梁、柱の発生断面力について整理を行った。以降では、部材ごとの発生断面力の最大値について地表断層変位の入力値との関係を示す。

(1) 断面力の比較 図3に地表断層変位と上層梁の発生断面力の値を示す。この結果より、既往の検討と同様に1径間のラーメン高架橋は、複数径間のラーメン高架橋と比べて発生断面力の低減が可能であることがわかる。他

キーワード 地表断層変位、鉄道ラーメン高架橋、幾何学的非線形性、静的非線形解析

連絡先 〒186-0002 東京都国立市東1-4-13 (株)ジェイアール総研エンジニアリング 構造技術部



(a) Type1 複数径間のラーメン高架橋

(b) Type2 1径間張出し式ラーメン高架橋

図1 対象構造物の概念図

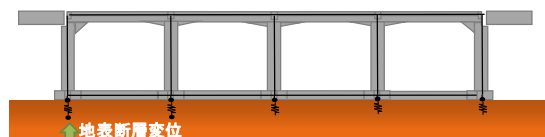


図2 地表断層変位の入力位置

の部材についても同様に発生断面力の値を確認し、幾何学的非線形性の有無による影響について図4に比率（あり/なし）として整理を行った。この結果からも複数径間の場合は、地表断層変位の入力値に対して一定の値となった。なお、1径間の場合には比率としては大きくなるものの、発生断面力の値が非常に小さいため、幾何学的非線形性の有無による影響は小さいものと判断できる。これはいずれの部材でも同様の傾向が確認できる。

(2) 影響の評価 以上の結果より、複数径間モデルの場合には、幾何学的非線形性による影響は小さいことがわかった。1径間モデルの場合には、幾何学的非線形性の考慮による影響は比率としては大きくなるものの、その値としては小さいことがわかった。

これは、図5に示すように上層梁を例にとると地表断層変位によって発生断面力が最も大きくなる位置は、地表断層変位作用位置の逆側の端部であり、その位置には地表断層変位によって時計回りのモーメントが発生する。それに対して、幾何学的非線形性を考慮したことによって、地表断層変位の作用位置から、端部までの質量による反時計まわりのモーメントが作用する。したがって、複数径間の場合には、幾何学的非線形性を考慮することで、地表断層変位によるモーメントと逆向きのモーメントが多く発生することで発生断面力が小さくなったと考察できる。一方で、1径間の場合には、幾何学的非線形性による反時計まわりのモーメントも発生するものの、それと同程度のモーメントが時計まわりに作用するため、幾何学的非線形性の影響による効果が大きくなったと考えられる。

4. まとめ

本検討では、地表断層変位の作用する構造物の挙動評価における幾何学的非線形性の影響について確認するために、静的非線形解析を実施した。その結果、複数径間と1径間において違いはあるものの、本検討ように縦ずれに伴う鉛直方向の地表断層変位が構造物に作用する際には、その影響は小さいことがわかった。したがって、同様の条件において構造物の設計を行う場合には、幾何学的非線形性の影響を無視することが可能と考えられる。

参考文献 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計) 2) 日野, 室野, 澤田: 地表断層変位が直接基礎形式の鉄道ラーメン高架橋に与える影響の評価, 第36回地震工学研究発表会論文集 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎構造物)

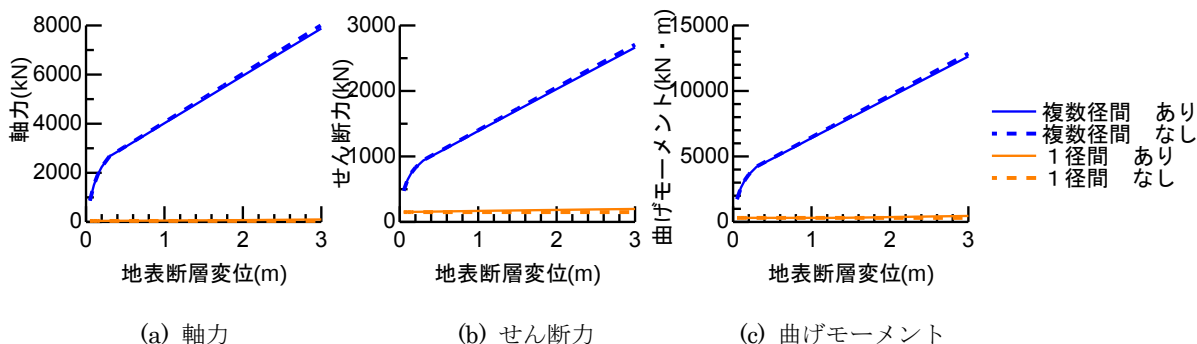


図3 地表断層変位と上層梁の発生断面力の関係

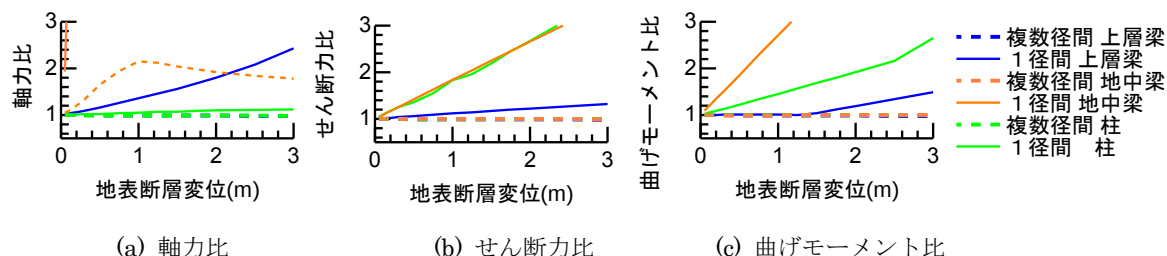


図4 地表断層変位と各部材の発生断面力比の関係

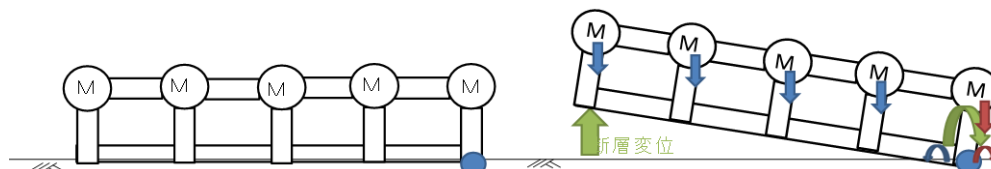


図5 複数径間モデルにおける幾何学的非線形性の影響