

断層上のラーメン高架橋における基礎形式の違いによる地震時挙動の比較

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

1. はじめに

1999年のトルコ・コジャエリ地震や台湾集集地震では地表断層変位による土木構造物へ甚大な被害が確認され、地表断層変位の恐ろしさを改めて認識した。地表断層変位の恐ろしさとは、地表面位置における変位量の予測の難しさ、発生すると構造物に甚大な被害を及ぼすことなどが挙げられ、その対策の難しさから地表断層変位の影響を受けないような構造物の建設が望ましい。しかしながら鉄道構造物の場合には、路線の線形の関係から断層上または断層近傍に構造物を建設せざるを得ない場合がある。そこで、筆者らは鉄道構造物として広く用いられているラーメン高架橋を対象として、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張出し式1径間のラーメン高架橋を提案してきた²⁾³⁾。張出し式1径間のラーメン高架橋を用いることで、そもそも桁が無い場合落橋のリスクをゼロにできることや複数径間のラーメン高架橋と比べて部材の損傷を大幅に軽減できること、被害の局所化による復旧性の向上といったメリットがある。本稿では、これまでの検討が直接基礎形式のラーメン高架橋を用いていたことから、基礎形式を杭基礎に変更したラーメン高架橋について地表断層変位が作用した場合の挙動を確認し、その結果について直接基礎の場合と比較を行なった。なお、紙面の都合上、基礎形式の違いが顕著であった橋軸方向の結果についてのみを示す。

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⁾³⁾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⁴⁾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概念図を図1に示す。

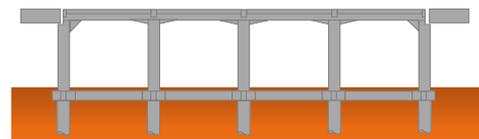
Type1：一層4径間ラーメン高架橋

Type2：一層1径間張出し式ラーメン高架橋

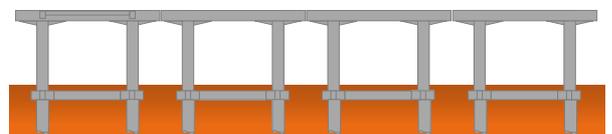
Type1は、現在多く用いられているラーメン高架橋であり高架橋端部にはゲルバー桁が用いられている。Type2は本検討用に考案したラーメン高架橋であり、径間数を短くしたことで発生断面力の低減や、端部を張出し式にすることで桁の落下を防止することを目的としている。なお、杭に関しては20mの場所打ち杭とし、地盤条件としては支持層がN値50の砂礫土、表層がN値15の砂質土の一層地盤を設定した。

(2) 解析条件 2タイプのラーメン高架橋についてモデルの構築を行い、幾何学的非線形性を考慮した二次元の静的非線形解析を行った。

解析モデルは、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、杭といった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。杭と地盤の相互作用ばねには、杭の前面抵抗（水平方向）、周面のせん断（鉛直方向）、先端の鉛直抵抗（鉛直方向）についてそれぞれ鉄道標準（基礎構造物）⁵⁾に準拠してばね定数および上限値の算



(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

表1 地表断層変位の入力ケース

	地表断層変位の 入力幅(m)
CaseL1	0 (1本)
CaseL2	10 (2本)
CaseL3	20 (3本)
CaseL4	30 (4本)
CaseL5	40 (5本)

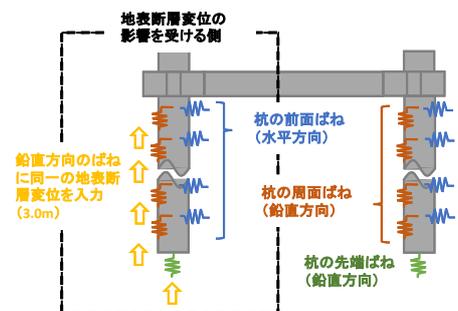


図2 地表断層変位の構造物への入力方法

キーワード 地表断層変位, ラーメン高架橋, 杭基礎

連絡先 〒186-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 鉄道地震工学研究センター

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、それぞれのモデルに対して地表断層変位の入力範囲を表 1 のように変化させて静的非線形解析を実施した。なお、実際に地表断層変位が構造物に作用する場合には、表層付近の地盤の塑性化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、本検討がラーメン高架橋の径間数や基礎形式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構造物への地表断層変位の入力方法については、図 2 に示すように鉛直方向の地盤ばねに対して同一の地表断層変位の値を入力することとした。

3. 静的非線形解析結果

本稿では静的非線形解析結果より、

水平部材の発生断面力について整理を行った。発生断面力の大きさを確認するために、曲げ降伏耐力およびせん断耐力の値をあわせて示す。なお、基礎の回転角についても整理を行ったが基礎形式による大きな挙動違いはなかった。

(1) 上層梁 図 3 に橋軸方向のモデルにおける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、複数径間のラーメン高架橋 (Type 1) は地表断層変位の入力位置を問わずわずかでも地表断層変位が作用すると、曲げ、せん断ともに耐力値を超過する結果となった。1 径間のラーメン高架橋 (Type2) の発生断面力の値は複数径間のラーメン高架橋と比較すると比較すると 1/5~1/10 程度と小さく、地表断層変位 3.0m においても曲げ耐力およびせん断耐力を超過することはなかった。

(2) 地中梁 図 4 に橋軸方向のモデルにおける地表断層変位と地中梁の発生断面力の値を示す。複数径間のラーメン高架橋 (Type 1) については、上層梁同様にわずかでも地表断層変位が作用すると、曲げ、せん断ともに耐力値を超過する結果となっており、その値は上層梁と比べて若干ではあるが大きな値となっている。1 径間のラーメン高架橋 (Type1) についても地表断層変位が 0.4m 程度作用すると曲げ、せん断ともに耐力値を超過し、地表断層変位 3.0m の状態においては複数径間のラーメン高架橋より発生断面力の値は大きな値となった。基礎形式が直接基礎の場合には、1 径間のラーメン高架橋において上限値を超過するような大きな断面力は発生しておらず無損傷であったため、1 径間のラーメン高架橋においても発生断面力が大きくなった要因としては、杭基礎を用いることにより地中梁位置 (杭天端位置) における回転の抵抗が発生したためと考察できる。

4. まとめ

本検討では、径間数の異なる杭基礎形式のラーメン高架橋に地表断層変位が作用した場合の部材の損傷状況を確認するために、2 タイプのラーメン高架橋について静的非線形解析を行った。その結果、1 径間のラーメン高架橋においても地中梁が曲げ、せん断ともに耐力値を超過する結果となり、直接基礎を用いた場合のような 1 径間にすることによる水平部材の損傷の低減は確認できなかった。したがって、鉛直方向の地表断層変位に対しては、直接基礎形式のラーメン高架橋を用いることや、地中梁位置における回転抵抗を低下させる必要がある。

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: 断層を跨ぐ鉄道ラーメン高架橋の地震時挙動に関する基礎的検討, 第19回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム 3) 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 4) 鉄道構造物等設計標準・同解説 設計計算例 RCラーメン高架橋 5) 鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎構造物)

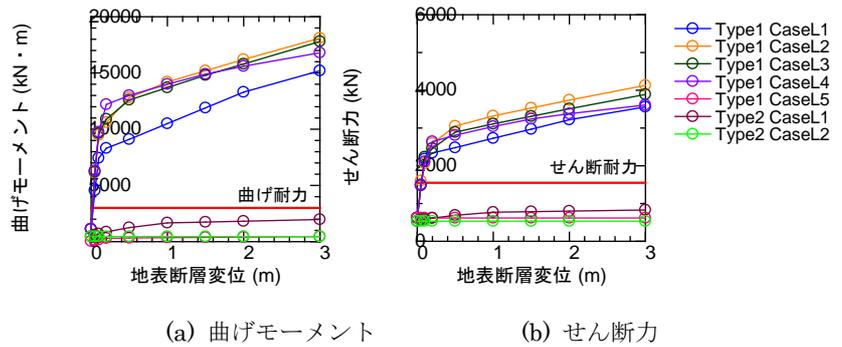


図 3 上層梁の発生断面力の分布 (橋軸方向)

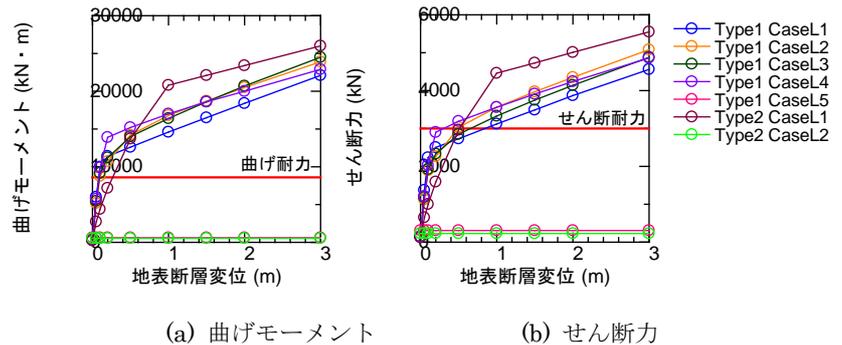


図 4 地中梁の発生断面力の分布 (橋軸方向)