

慣性力と断層変位を同時に受けるラーメン高架橋の地震時挙動に関する基礎的検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 小野寺 周 坂井 公俊 豊岡 亮洋

1. はじめに

内陸活断層による地震では、断層近傍に位置する構造物に慣性力と断層変位が同時に作用するため、両者の影響を適切に考慮して構造物の挙動を評価する必要がある。このとき、慣性力と断層変位の影響を個別に扱い、それぞれの作用に対して応答値を算定している事例もある<sup>例え</sup>が、両者の同時作用を考慮した場合には、個別の作用のみを考慮する場合と挙動が異なる可能性がある。そこで本検討では、ラーメン高架橋を模擬した構造に対して慣性力と断層変位を同時に作用させた解析を行い、同時作用下と個別作用下での応答を比較した。

2. 慣性力と断層変位を同時に作用させる解析手法の概要

本検討では、ラージマス法を用いて慣性力と断層変位を同時に構造物に作用させた。ラージマス法とは、構造物応答の影響を受けない程度の大質量  $M$  の質点 (ラージマス) に対して、力  $F(t)$  を動的に作用させる解析手法である。ラージマスには運動方程式  $Ma=F$  を満たす加速度  $a(t)$  が生じ、構造物には  $a(t)$  による慣性力が作用する。本検討では、慣性力と断層変位の影響を模擬した加速度波形をそれぞれ作成し、それらに質量  $M$  を掛けることでラージマスにする力波形を作成した。また、両者の力波形を合成してすることで、慣性力と断層変位の影響を足し合

3. 解析モデル

図1に示す柱と梁部材からなるラーメン構造モデルを構築した。固有周期は0.58秒、降伏震度は0.5であり、一般的な鉄道ラーメン高架橋と同程度となるように部材断面および質量を設定した。また、いずれの部材にもバイリニア型の骨格曲線を有する非線形特性を設定している。図1中の1-2列目の柱はラージマスAに、3-4列目の柱はラージマスBに剛結し、4章で示す波形をそれぞれした。なお、本検討では部材を線形とした条件についても解析を行った。

4. 作用条件

構造物への作用条件として、表1に示す3ケースを設定した。また、各条件におけるラージマスの加速度、速度、変位波形を図2に示す。なお、解析上は図2の波形となるような力波形をしている。

Case1 は慣性力のみが作用する条件であり、周期1秒、振幅300gal、継続時間20秒の加速度波形(図2青線)がラージマスA、Bに生じる。Case2 は断層変位のみが作用する条件であり、時刻10秒から周期5秒で8cmの永久変位が生じる変位波形(図2緑線)がラージマスAのみに生じる。Case3 は慣性力と断層変位が同時に作用する条件であり、Case1、Case2を合成した波形(図2赤線)がラージマスAに、Case1の波形がラージマスBに生じる。

それぞれの波形について、図2より、断層変位の作用(橙色線)は慣性力の作用(青線)と比較して加速度振幅が十分小さい。その結果、図3に示す弾性応答スペクトルにおいても、慣性力の作用と同時作用で加速度応答スペクトルはほぼ一致しており、断層変位に伴う慣性力の影響は十分小さい条件となっている。

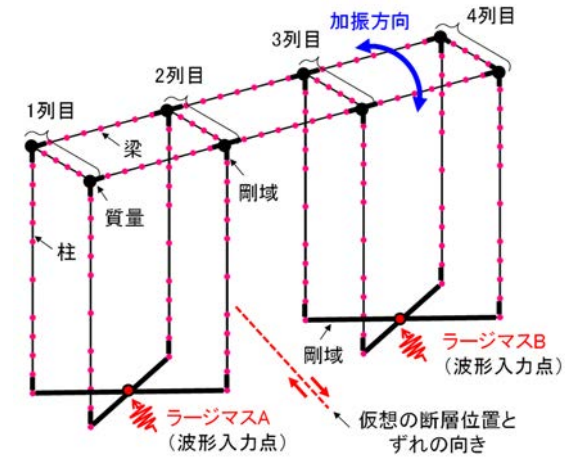


図1 構造モデル

表1 作用条件

|       |                |
|-------|----------------|
| Case1 | 慣性力のみが作用       |
| Case2 | 断層変位のみが作用      |
| Case3 | 慣性力と断層変位が同時に作用 |

キーワード 断層変位, 慣性力, ラージマス法, 鉄道ラーメン高架橋

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

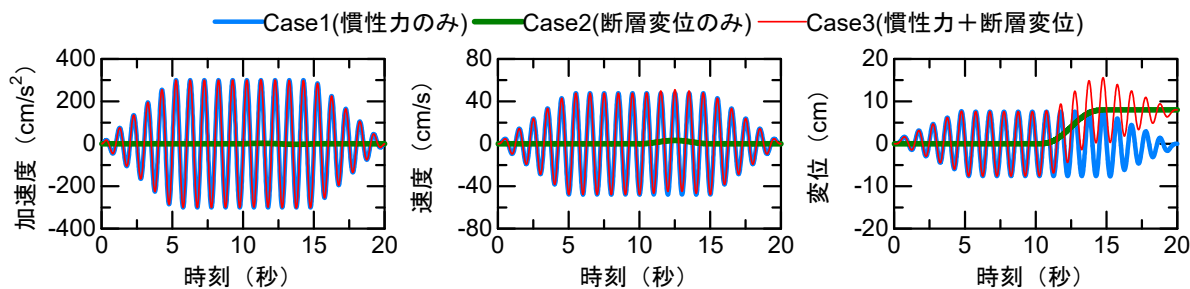


図2 各作用の時刻歴波形

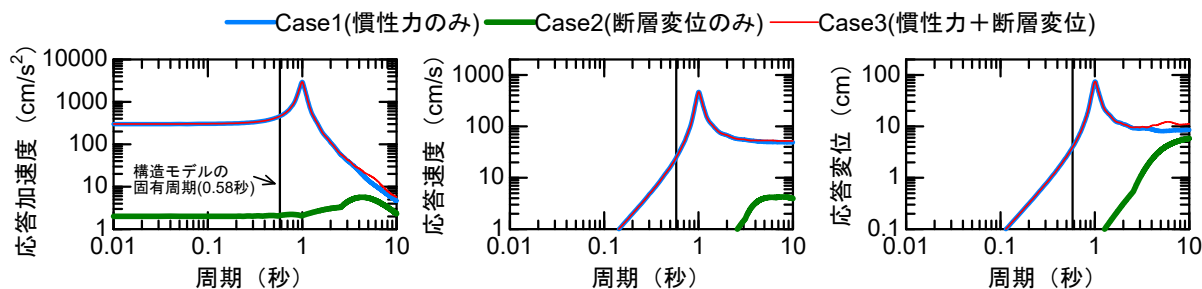


図3 弾性応答スペクトル (減衰定数 5%)

## 5. 解析結果

### (1) 部材を線形とした場合の応答値の比較

部材を線形として解析を実施し、各作用条件での応答値を比較する。図1の2列目の柱天端における応答変位波形を図4に示す。図には断層変位が生じ始める時刻10秒以降の結果を示すとともに、Case1とCase2の応答値を足し合わせた波形(Case1+Case2)も合わせて示している。図4より、慣性力と断層変位を同時作用させたCase3では、個別作用のCase1、Case2より最大応答が大きい。また、Case3とCase1+Case2の波形は一致しており、線形状態では重ね合わせの原理が成り立っていることが確認できる。

### (2) 部材を非線形とした場合の応答値の比較

部材を非線形とした場合の柱天端の応答変位波形を図5に、柱上端のモーメントー曲率関係を図6に示す。図5より、(1)と同様にCase3の応答はCase1、Case2よりも大きい。一方、Case3とCase1+Case2の波形は一致せず、Case3の方がわずかに大きい。これは図6に示すように、個別作用のCase1、Case2では柱は降伏しないが、同時作用のCase3では降伏しているためである。

## 6. まとめ

慣性力と断層変位が同時に作用した場合、個別の作用よりも応答は増大し、部材の塑性化が生じる可能性があることが示された。そのため、断層変位の影響が想定される場合には、慣性力と断層変位の作用を同時に考慮して挙動を評価する必要があると考えられる。なお、本検討で示した解析手法を用いることで、両者の同時作用を考慮した挙動評価が可能であると考えられる。

今後、慣性力と断層変位の同時作用を模擬した加振実験を実施し、解析手法の妥当性や同時作用下における構造物挙動の把握を行う。

参考文献 1) 日野篤志, 室野剛隆: 縦ずれ断層の影響を受けにくい新しいラーメン高架橋形式の提案, 鉄道総研報告, Vol.31, No.7, pp.47-52, 2017.

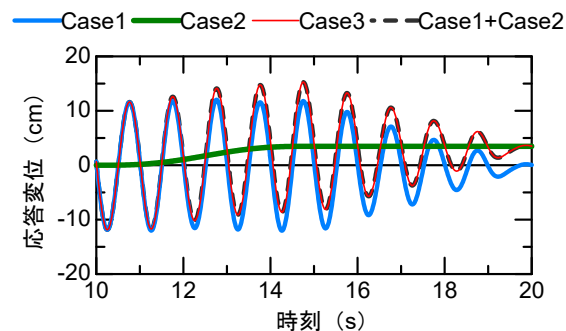


図4 応答変位の比較 (線形)

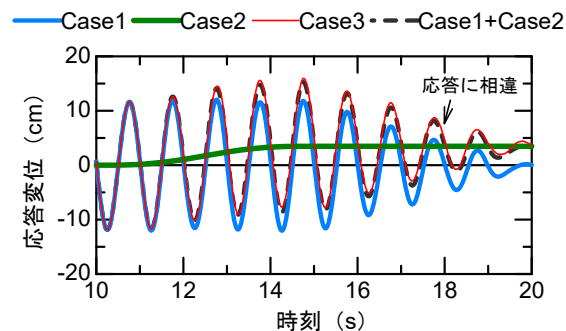


図5 応答変位の比較 (非線形)

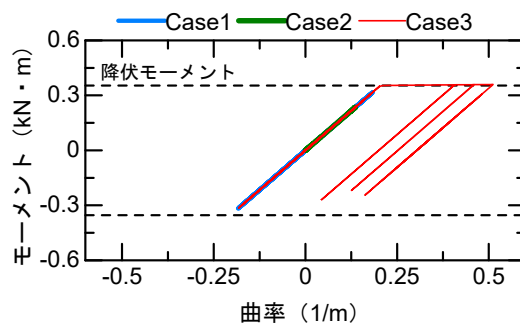


図6 柱のモーメントー曲率関係