

断層近傍地震動が橋梁構造物の地震時衝突力に及ぼす影響とそのばらつきに関する一考察

山口大学大学院 学生会員 ○有本 和央
山口大学大学院 正会員 渡邊 学歩

1. はじめに

熊本地震では、フリングステップと呼ばれる地動の変位を伴い、一方向に卓越した速度を有する強震動が観測された。これにより、橋梁上部構造には大きな変位応答と速度応答が発生し、隣接する橋台との接触に伴う鋼主桁やコンクリート床版の損傷が発生している。本研究では、隣接構造間の衝突現象に着目し、フリングステップ地震動が橋梁の地震時挙動に及ぼす影響について考察を行う。

2. フリングステップの特徴

本研究では、代表的な断層近傍地震動である 1995 年兵庫県南部地震および 2016 年の熊本地震を用いて非線形地震応答解析を行った。図-1 および図-2 には、兵庫県南部地震の際に、神戸海洋気象台で観測された記録を角度補正して求めた断層直交成分（以後、FN 成分と記述）及び、熊本地震の際に西原村小森で観測された断層走向成分（以後、FP 成分と記述）の加速度記録を、時間領域で積分して求めた速度および変位をそれぞれ示す。図-1 に示した様に、西原村小森の強震動では断層走行方向（FP）の速度が負方向に卓越している。またこれより、図-2 に示した変位も同時刻帯（2~5 秒）において基線から大きく偏移している。

3. 1次元モデルによる地震応答解析と衝突現象

図-3 には、対象橋梁及びそのモデル化を示す。上部構造および下部構造は梁要素およびファイバー要素で、支承は線形ばね要素、地盤と基盤の相互作用は地盤ばねと呼ばれるばね要素でそれぞれモデル化している。上部構造はコンクリート床版と鋼主桁からなる 1 径間の単純桁で、重量は 6312.5KN、1 次固有周期は 1.11 秒である。衝突現象を再現するために上部構造と橋台パラペット間には、上部構造と橋台の相対変位量が遊間量（0.3m）より小さくなると剛性を発揮する衝突ばねと呼ばれる非弾性ばね要素を挿入している。なお、本解析では衝突力を過小評価させないことを目的として、橋脚の塑性化に伴う履歴減衰以外に、減衰は考慮していない。

図-4 には地震応答解析に用いた入力地震動の 2016 年熊本地震の西原村小森で観測された FP 成分と FN 成分の加速度時刻歴を示す。また、図-5 には、FP 成分を入力した時の上部構造の相対変位応答の時刻歴を示す。同図の縦軸の正側が橋台から離れる方向、負側が

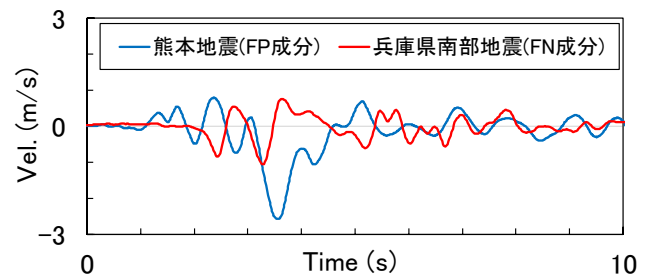


図-1 断層近傍地震動の速度記録

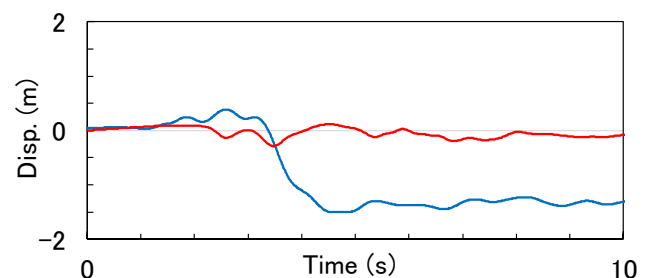


図-2 断層近傍地震動の変位記録

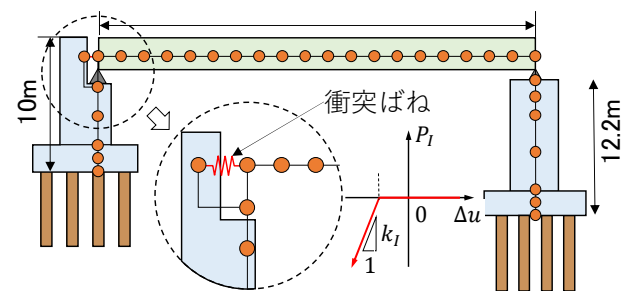


図-3 対象橋梁及びそのモデル化

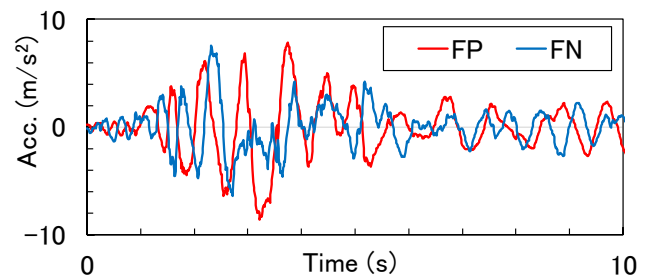


図-4 熊本地震（JMA 西原村小森）

橋台に近づく方向の変位を表している。時刻 4.02 秒において上部構造～橋台間の相対変位が、遊間量に等しい -0.3 m に達しており、これにより上部構造が橋台に衝突する。この後、同図の○で示す時刻において、上部構造は橋台に衝突を繰り返している。衝突力の時刻歴を図-6 に、上部構造の相対速度の時刻歴を図-7 にそれぞれ示すが、衝突によって上部構造は急速に速度を変化させている。また、衝突時の速度が概ね一定であるため、衝突力は同程度である。

4. フリングステップが衝突に及ぼす影響

前述の解析では衝突直前速度が同程度であったために、衝突力は大きな変動がなかった。しかし、衝突直前速度は地震力等の条件で変化するために、衝突力もこれにより変動する可能性が高い。ここでは、西原村小森で観測された強震動記録の FP 成分と FN 成分を用いて、衝突開始距離（遊間量）を変えて解析を行い、衝突直前速度と衝突力を求めた。図-8 には、衝突直前速度と衝突力の関係を求めた結果を示す。西原村小森で観測された強震動記録は、断層走向方向 (FP 方向) に大きな速度応答が発生することから、断層直交方向 (FN 方向) で、衝突直前速度に比例して大きな衝突力が発生している。

同様に、神戸海洋気象台で兵庫県南部地震の際に観測された強震動記録(図-9)を用いて、衝突力の変動や衝突応答の指向性について分析を行った。図-8 と同様に衝突直前速度と最大衝突力の関係を示すと図-10 の通りとなる。熊本地震の場合と同様に、衝突直前速度と最大衝突力には比例関係が認められるが、FP 成分と FN 成分で最大衝突力のレベルに差は無く指向性は認められなかった。また、衝突直前速度及び速度は西原村小森の強震動記録 (FP 成分) の $1/3$ 程度と小さいことが分かった。

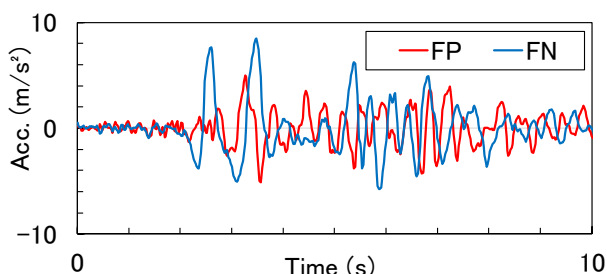


図-9 兵庫県南部地震（神戸海洋気象台記録を補正）

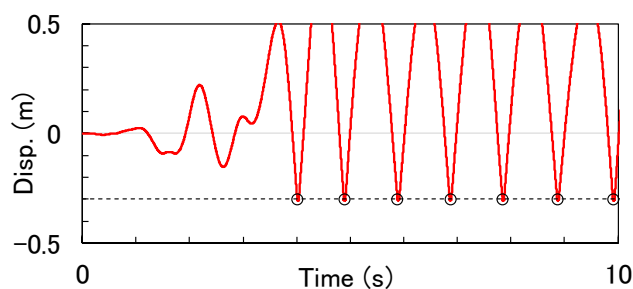


図-5 上部構造～橋台間の相対変位応答

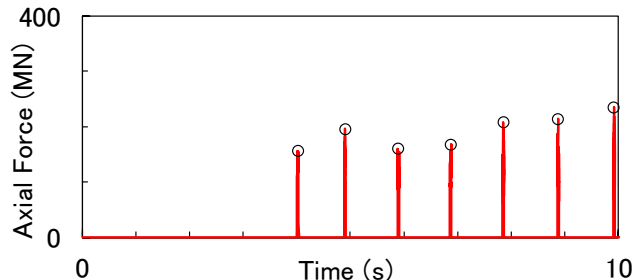


図-6 衝突力の時刻歴応答

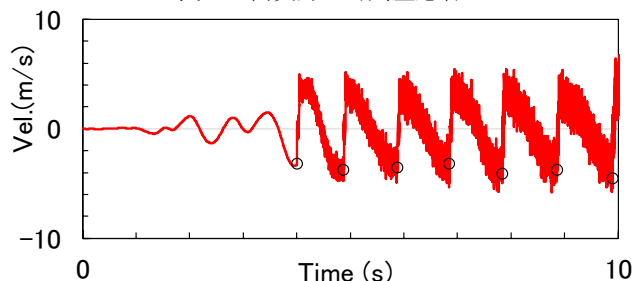


図-7 上部構造の相対速度

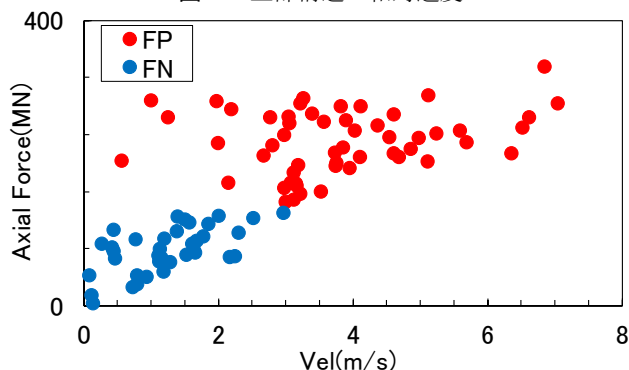


図-8 熊本地震の衝突直前速度と衝突力の関係

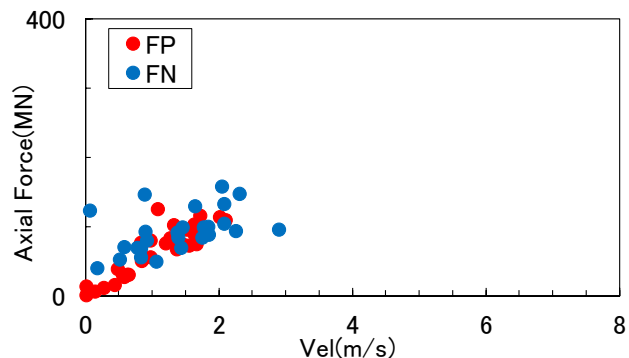


図-10 兵庫県南部地震の直前速度と衝突力の関係

5. 結論

- 1) 同程度の衝突直前速度であっても最大衝突力にばらつきは生じるが、最大衝突力と衝突直前速度には概ね比例関係が認められる。
- 2) フリングステップの影響で熊本地震の方が衝突直前速度は速くなり、最大衝突力も大きくなる。