

共振現象と構造物被害に関する一考察 ~橋梁を例にとって~

(株) 大林組 正会員 ○江尻 譲嗣
 (株) 大林組 非会員 米澤 健次
 (株) 大林組 正会員 田中 浩一

1. 目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震において、震度7を記録した築館では1995年兵庫県南部地震に比べて3~4倍の大きな加速度が観測されている。それにもかかわらず、築館では構造物の被害が少ないことが学会等から報告されている。そこで著者らは、地震波の応答スペクトルと設計スペクトルの比較による考察を行った。そして橋脚断面寸法が実大の橋梁模型を対象に非線形動的解析を行い、応答変位だけでなくFEM解析の利点を生かして材料損傷の程度を比較した。その解析結果から、築館において構造物被害が少なかった要因を考察する。

2. 応答スペクトルの比較

検討した加速度応答スペクトルは、東北地方太平洋沖地震 K-NET 観測記録から算出したスペクトルである。比較用のための道路橋示方書の L2 設計用地震動スペクトル (内陸型, 海溝型) も示した。検討した地震波の一覧を表-1 に示す。なお、減衰定数はすべて5%とした。

加速度応答スペクトルを図-1 に示す。観測記録は、0.7秒より短周期で内陸型 L2 設計用地震動スペクトルを超過しているが、0.7秒より長周期では海溝型 L2 設計用地震動スペクトルを下回っている。内陸型 L2 設計用地震動スペクトルは、1995年兵庫県南部地震の観測記録を基に策定されており、それらの持つ1秒前後の地震動パワーが構造物に甚大な被害を与えたとされている。今回の地震動の1秒前後のパワーはL2設計用地震動スペクトル以下で、土木構造物に甚大な被害を発生する地震動ではなかったと判断できる。これは被害調査において土木構造物の倒壊といった顕著な被害が見られなかったことと調和的である。ただし、数は少ないものの短周期構造物は今回の地震動により共振現象が発生し、応答が大きくなり被害発生が懸念されるので注意が必要である。

3. 橋梁模型の動的解析

E-Defense 振動台で実験された実物大の RC 橋脚模型¹⁾を対象に、東北地方太平洋沖地震と兵庫県南部地震の地震動の破壊力を比較するため、3次元3方向入力非線形 FEM 地震応答解析 (以下、動的解析) を行った。

解析に用いた地震波は、東北地方太平洋沖地震で震度7を記録した築館 (K-NET築館波) と、兵庫県南部地震で震度6強の JR鷹取駅観測波 (JR鷹取波) とした。解析に用いた地震波の時刻歴波形および加速度応答スペクトルを、それぞれ図-2, 図-3に示す。図-3から、K-NET築館波がJR鷹取波を上回る応答加速度となるのは構造物の周期が約0.5秒以下の短周期の範囲であり、逆に約0.5秒以上ではJR鷹取波のほうが大きいことがわかる。RC橋脚は材料非線形特性を考慮してモデル化し、それ

表-1 地震波一覧

K-NET観測記録	
MYG004築館NS	TCG014茂木EW
TCGH13馬頭EW	MYG012塩竈EW
MYGH10山元NS	IBR002高萩

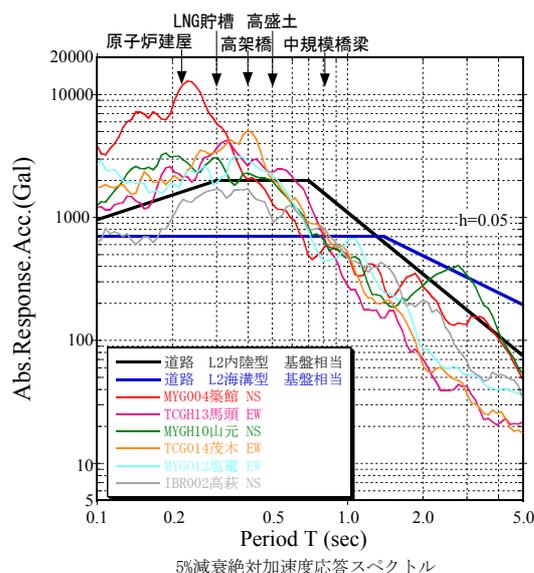


図-1 加速度応答スペクトル

キーワード 東北地方太平洋沖地震, FEM, 動的解析, 耐震設計, 応答スペクトル, 共振
 連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株) 大林組技術研究所 TEL 042-495-1111

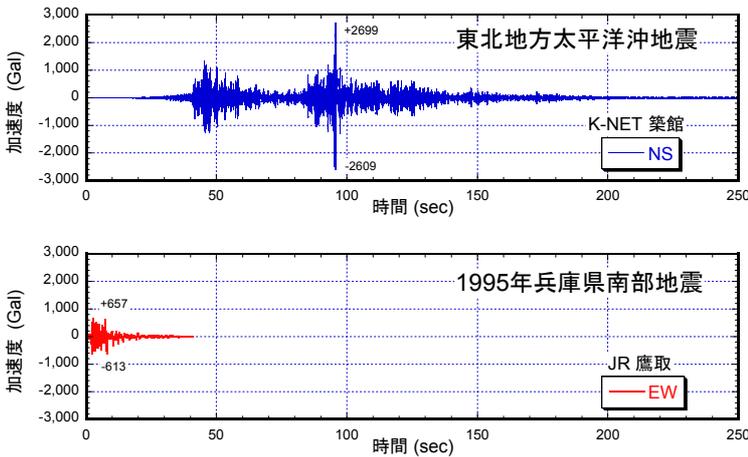


図-2 解析に用いた地震波の時刻歴波形

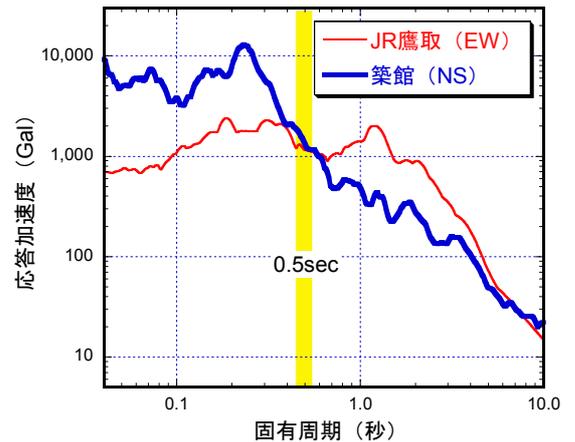


図-3 応答スペクトル

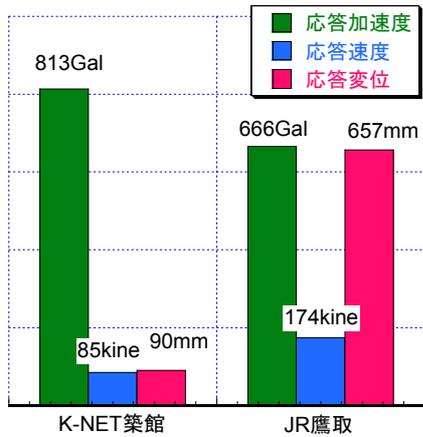


図-4 各種の応答値

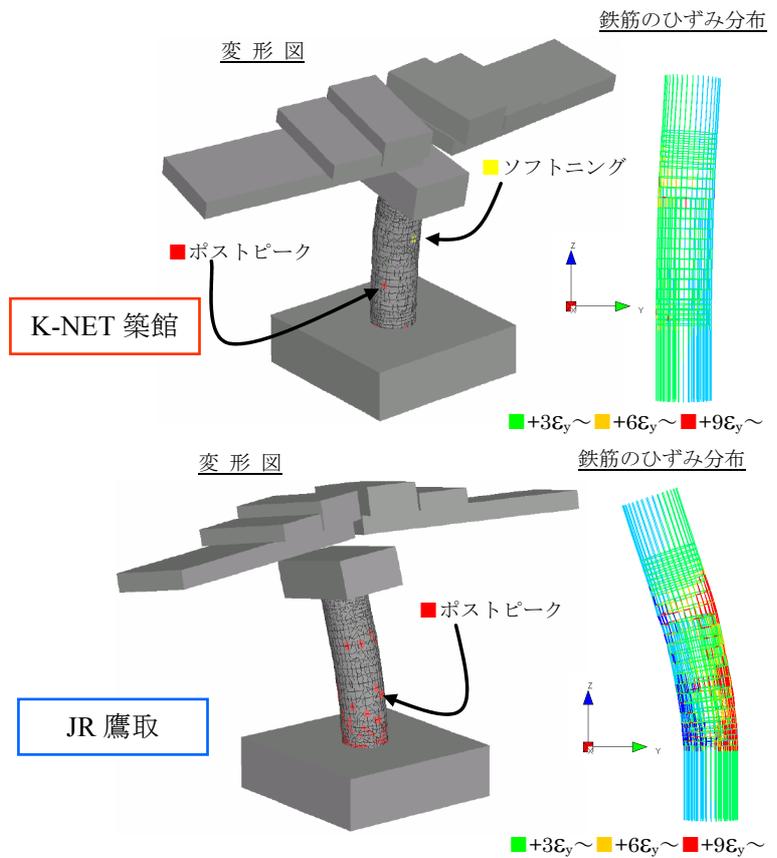


図-5 橋脚の損傷状況

それぞれの地震波で動的解析を行った。固有値解析から、橋軸方向、橋軸直角方向の弾性固有周期は、それぞれ0.37秒(2.67Hz)、0.44秒(2.29Hz)であった。

橋脚天端における応答加速度、応答速度、応答変位の最大値を図-4に、解析結果から得られたコンクリートの損傷、鉄筋のひずみを図-5に示す。橋脚天端における応答加速度は K-NET 築館波の方が若干大きいものの損傷程度は低い。逆に、速度・変位が圧倒的に大きい JR 鷹取波の方が大破するレベルに達している。鉄筋のひずみや降伏範囲も JR 鷹取波の方が圧倒的に大きく広範囲であることがわかる。これらのことから、短周期が卓越する K-NET 築館波よりも、やや長周期の 1.0 秒前後に地震動のパワーがある JR 鷹取波の方が RC 橋梁にとって破壊的な地震動といえる。

4. まとめ

地震動記録における加速度の大小で被害を結び付けることはできず、構造物の振動特性を考慮することが重要であることがわかった。また、今回の検討により、震度7を記録した築館において構造物の被害が少なかった原因を説明できると考えられる。

参考文献

1) 田中浩一, 穴吹拓也, 米澤健次: 段落しを有する実大RC橋脚の振動台実験を対象とした破壊予測解析, 第13回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2010.2.