

東日本大震災の本震と余震を用いた既設橋梁の非線形地震時応答解析

岩手大学工学部	正会員	出戸 秀明
岩手大学工学部	正会員	岩崎 正二
(株)建設技術研究所	正会員	青井 裕昭
岩手大学工学部		○三浦 拓海

1. はじめに

近年、構造物の動的応答照査において実際の地震動に対する応答を計算する非線形動的解析手法が多く採用されている。特に実地震動に伴う構造物の3次元挙動の解析方法として、材料非線形履歴モデル（以下ファイバーモデル）を用いた3次元非線形動的解析手法による照査方法が有効である。平成23年3月11日に発生した東日本大震災は、岩手県内陸部においても既設橋梁に大きな被害を与えた。さらに本震で被害を受けずに、4月7日の最大余震により大きな被害を受けた事例も多く見られた。そのため、地震応答解析に際しては本震のみならず、続けて発生する余震についての影響も考慮する必要がある。本研究は、橋脚にファイバーモデルを用いた橋梁全体モデルの解析において、東日本大震災における本震と余震をそれぞれ対象橋梁に単独に入力する場合と、本震と余震を連続的に入力する場合の解析を行い、それらの応答特性等の違いについて比較検討する。

2. ファイバーモデルによる非線形動的解析

対象橋梁は、支間長 27.75 m、全幅 6.20 m、3 本主桁を有する単純合成鋼板桁橋とする。図-1 に単純合成鋼板桁橋の概要を、図-2 に橋脚の概要を示す。平成 23 年東北太平洋沖地震波、道路橋示方書地震波（平成 7 年兵庫県南部地震）、平成 20 年岩手・宮城内陸地震波（宮城県築館）による非線形動的解析を実施し、それらの解析結果を用いた耐震性能照査を行い比較検討する。その際、東日本大震災の本震（3 月 11 日、東北太平洋沖地震、宮城県築館）、余震（4 月 7 日、宮城県築館）を単独に入力する場合と、本震と余震を連続して入力する場合の非線形動的解析を実施し比較検討する。各地震波形は KIK-NET の加速度波形を用いた。解析にあたっては汎用プログラム「UC-Win/FRAME(3D)」を用いる。解析モデルとして、橋脚基部から 1.7 m の位置で段落しを行った橋脚を有する全体骨組みモデルを考えた。鉄筋コンクリート橋脚の橋脚基部はヒンジの形成を期待するため、ファイバー要素でモデル化している。



図-1 対象橋梁概要(単位：mm)

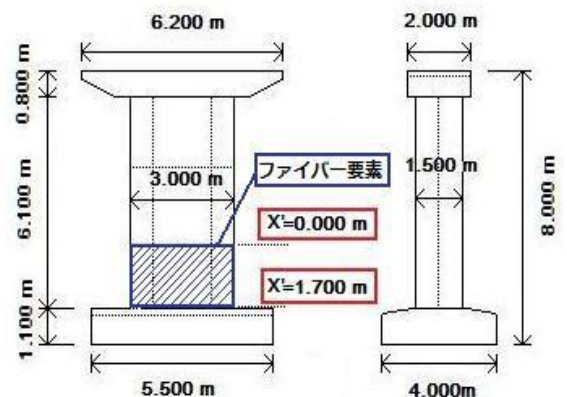


図-2 対象橋脚概要

3. 解析結果と考察

3.1 固有値解析

単純合成鋼板桁橋の固有値解析を実施した結果、固有周期は 0.24 (s) となった。

3.2 地震波による橋脚の耐震性能照査の比較

キーワード 東日本大震災、本震、余震、非線形動的解析

連絡先 〒020-8551 岩手県盛岡市上田三丁目 4-3-5 岩手大学工学部 TEL 019-621-6436

表-1 は、橋脚の各地震波による耐震性能照査結果を比較したものである。表-1 より東北地方太平洋沖地震・本震の橋脚天端の水平変位、応答塑性率、残留変位を他の二つの地震波の結果と比較すると、かなり大きいことがわかった。余震についても、他の二つの地震波と比べてみると、岩手・宮城内陸地震と同程度の値が得られている。本震単独入力の場合と本震と余震を連続させて入力した場合は、結果に変化は見られなかった。

表-1 耐震性能照査の比較

	記号	単位	東北地方太平洋沖地震			兵庫県南部地震	岩手・宮城内陸地震
			本震	余震	本震+余震		
橋脚天端の水平変位	δp	m	0.0888	0.0296	0.0888	0.0286	0.0203
橋脚の降伏変位	δy	m	0.0080	0.0084	0.0080	0.0036	0.0084
応答塑性率	μR		11.1000	3.5238	11.1000	7.9444	2.4167
許容塑性率	μa		32.9185			32.9185	32.9185
応答塑性率の照査	$\mu R < \mu a$		OK	OK	OK	OK	OK
残留変位	δR	m	0.0485	0.0127	0.0485	0.0071	0.0150
許容残留変位	δRa	m	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800
残留変位の照査	$\delta R < \delta Ra$		OK	OK	OK	OK	OK

3.3 本震と余震の連続入力の影響について

図-3 は、本震と余震を連続的に入力した場合と余震単独入力の場合の、橋脚基部(図-2, $x' = 1.7$ m)での y 軸と z 軸周りの曲げモーメントの時刻歴応答を示したものである。比較しやすいように、余震単独の開始時間を連続入力の余震開始時間に合わせた。ファイバー要素を使用しているため、余震以降の応答変化を比較すると、若干応答に違いが見られたが、最大値に大きな差が出るほどの変化は見られなかった。

3.4 地震波の違いによる影響

図-4 は、橋脚基部(図-2, $x' = 1.7$ m)での各地震波による最大曲げモーメントを比較したものである。東北地方太平洋沖地震波は、さらに本震、余震、本震と余震の連続入力の3通りのケースに分けて比較検討した。 y 軸周りの曲げモーメントでは、東北地方太平洋沖地震の本震の結果が最も大きくなり、余震の最大曲げモーメントについても、他の二つの地震波の値よりも大きな値を示した。また、 z 軸周りの曲げモーメントでは、東北地方太平洋沖地震の余震が本震を上回る値を示した。

4. まとめ

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の本震と余震の両方に着目して解析した結果、本震のみならず、余震そのものが、過去に発生した地震よりも既設橋梁に大きな影響を与えることがわかった。また、 z 軸周りの最大曲げモーメントのように本震より余震の方が大きくなる場合も見られた。これらの結果から、今後の大地震時の応答解析には、余震の解析も重要になると思われる。

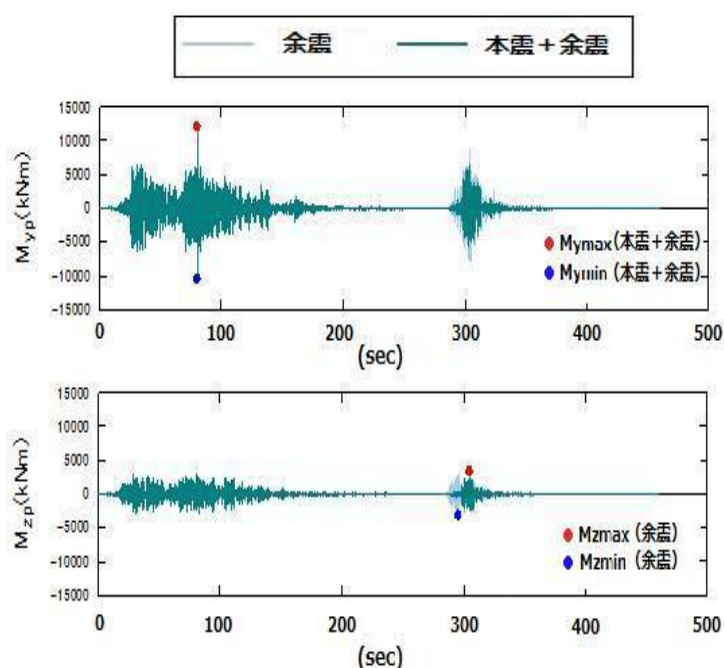


図-3 橋脚基部の曲げモーメント時刻歴応答の比較

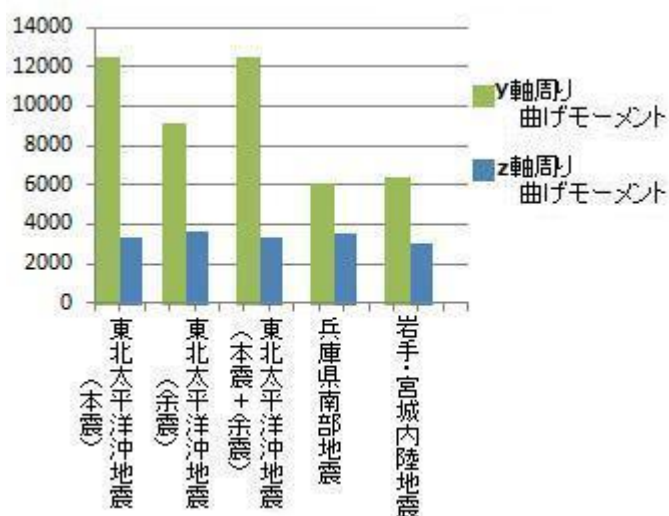


図-4 橋脚基部での最大曲げモーメントの比較
(単位：kN・m)