道路高架橋地震時観測波による構造応答解析検証（その１）

東洋技研コンサルタント(株) 正会員 ○長久保成男　コスモ技研(株) 河又 康博
川田工業(株) 正会員 伊藤 剛　(株)IHI インフラシステム 正会員 田嶋 仁志
JFE エンジニアリング(株) 正会員 深谷 道夫　筑波大学大学院 正会員 庄司 学
(株)建設技術研究所 正会員 鵜飼 隼　首都高速道路(株) 正会員 松原 拓朗

1. はじめに

道路高架橋における動的照査法による耐震性能の照査では，既往の検討結果等に基づき，橋を構成する各部材を適切にモデル化して，動的解析を行う必要があるが，解析モデルの作成は，その都度，設計技術者の判断に委ねられる部分が多い．そこで，鋼橋として施工実績の最も多い桁橋を対象に，今後，適切で効率的なモデル化作成の参考となるような解析事例やモデル作成時の留意点等を整理することを目指し，本稿では，まず，過去に地震時観測波が得られている高架橋を対象とした再現解析の結果を報告する．再現解析は，観測値と解析値の振動特性や入力地震波が応答に及ぼす影響を比較することで，地震時において橋の実挙動を捉えた適切な解析モデルとなっていることを検証した．

2. 対象橋梁と観測地震波

本検討で対象とした高架橋は,過去に観測地震波が得られている「首都高速道路(中央環状線)の鋼３径間連続非合成３主箱桁橋」とした.橋梁一般図・地震計の設置位置と現地状況写真を**図-1** と**図-2** に示す.観測地震波は,設置した地震計で得られているデータのうち,最大加速度が最も大きいもの（1992 年 2 月 2 日、東京湾：M5.7）を採用した．観測地震波の加速度波形とフーリエスペクトルを**図-3** に示す．

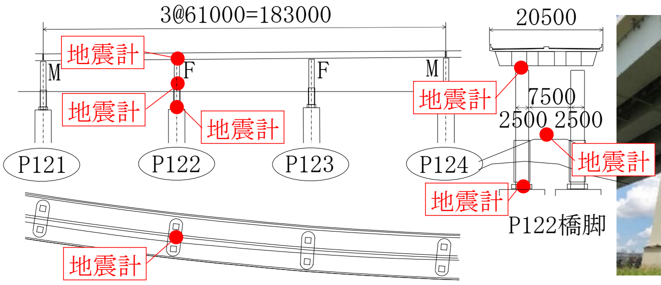


図-1　橋梁一般図・地震計の設置位置

図-2　現地状況写真

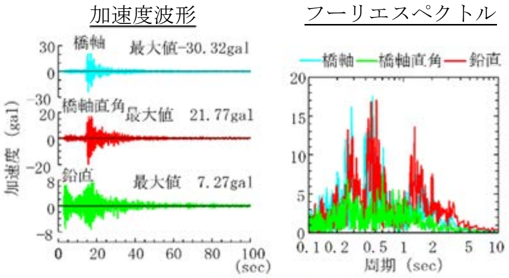


図-3　観測地震波

3. 解析モデルと解析条件

動的解析に用いる解析モデル(**図-4**)は，３次元立体骨組みモデルとし，基礎及び地盤を線形バネ要素，上部工主桁を線形はり要素，鋼製支承をバネ要素とした．橋脚は，軸力変動の影響を評価するためにファイバーモデルを用いて非線形特性を考慮した．節点は，上部工主桁は横桁及び横梁位置，橋脚はダイヤフラム位置に配置した．解析条件(**表-1**)は，直接積分法による非線形時刻歴応答解析とし，積分間隔は⊿t=0.01sec とした．減衰モデルは Rayleigh 減衰とし，各部材の粘性減衰定数は，上部工主桁 0.02，支承 0.03，橋脚鋼断面部 0.01，橋脚コンクリート充填部 0.02 とした．また，隣接橋の慣性力として，掛け違い橋脚の節点に質量(鉛直，橋軸直角)を与えた．

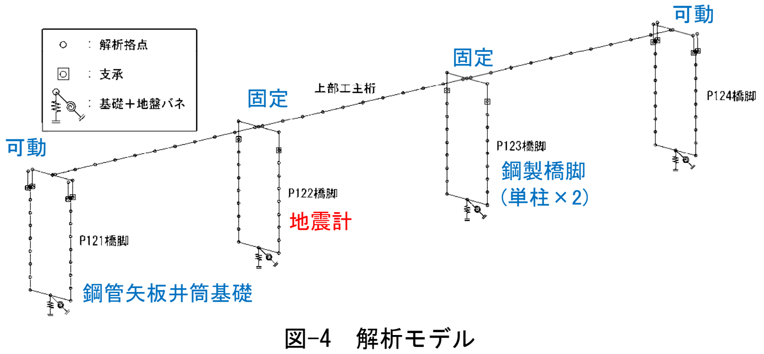


図-4　解析モデル

表-1　解析モデルと解析条件

解析モデル	橋脚	ファイバーモデル （観測波が耐震補強前のため補強は考慮しない）
	基礎	地盤バネを考慮
	支承	鋼製支承（中間支点：橋軸方向固定）
	格点配置	上部工：横桁,横梁位置、 下部工：ダイヤフラム位置
解析条件	入力地震動	現地観測地震波
	積分間隔	⊿t=0.01sec
	減衰モデル	Rayleigh減衰
	減衰定数	上部工0.02、支承0.03、 橋脚0.01(中埋Con未充填部),0.02(中埋Con充填部)
	隣接橋荷重	隣接橋の慣性力を節点荷重(鉛直、橋軸直角)として載荷

キーワード　地震観測，動的解析，桁橋，解析モデル，入力波形
連絡先　〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 1-11-2　東洋技研コンサルタント(株)　TEL03-5640-1439

© Japan Society of Civil Engineers

４.地震応答解析

(1)固有振動特性

地震応答解析に先立ち固有値解析を行い,対象橋梁の固有振動特性の把握と Rayleigh 減衰を設定した.解析上の卓越周期は,橋軸方向 1.762sec,橋軸直角方向 1.065sec に対し,観測値の卓越周期は,橋軸方向,橋軸直角方向ともに 1.5sec 程度(**図-5**)とほぼ一致した.このことから,解析モデルの振動特性は,実挙動を概ね再現できたといえる.

(2)入力地震波が応答に及ぼす影響

地震動の入力位置は一般に耐震設計上の地盤面であり,本橋は鋼管矢板井筒基礎のため基礎天端とするのが一般的である.地震計は,堤体天端及び基礎天端にあるが,基礎天端の加速度波形は,基礎の変形の影響を含む可能性がある.そこで,本検討では,堤体天端と基礎天端で観測された加速度波形を用いて,入力加速度の違いによる影響検証を行った.基礎天端及び堤体天端の観測加速度波形を**図-6** に示す.

５.入力地震波が応答に及ぼす影響の検証結果

P122 橋脚の基礎天端及び橋脚天端の応答加速度波形について,観測値と解析値の対比を**図-7** に示す.入力加速度の相違による橋脚天端の応答加速度に大きな違いみられなかったが,基礎天端の入力加速度を用いた方が観測値と近い傾向であった.また振幅は,観測値に比べ解析値の方が小さい傾向にあった.一方,振動の周期はよく再現できている.これは,入力加速度が最大で 50gal～60gal 程度と非常に小さく構造物の応答が弾性の範囲内であり,Rayleigh 減衰による粘性減衰が過大であったためと思われる.ここでは P122 橋脚について結果を示しているが,P121,P123,P124 橋脚と,全体的に基礎天端の観測値を入力地震波とした方が再現性がよかった.

６.まとめ

観測された地震波を用いて地震時応答解析による再現解析を行った結果,以下の知見が得られた.

・橋脚基礎天端の応答加速度は,解析に用いる入力加速度を基礎天端の観測記録とすることで再現できる.また再現解析により,橋の実挙動を概ね捉えた適切な解析モデルとなっていることが検証できた.

・橋脚天端の応答加速度は,観測値に比べ解析値の応答が小さい傾向も見られ,本解析で用いた小さな加速度を適用する場合は,減衰の設定方法に注意が必要である.

・観測記録を基に工学的基盤面での地震波を用いた地震応答解析による観測記録との整合については今後の検討課題とする.

謝辞

本研究は,鋼橋技術研究会 「耐震・免震・制震デバイス部会（部会長：田嶋仁志）」の活動内容であり,関係各位からご指導いただきましたことを感謝いたします.

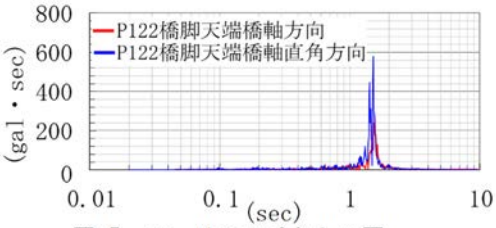


図-5　フーリエスペクトル図

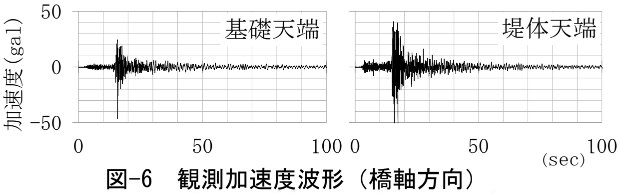
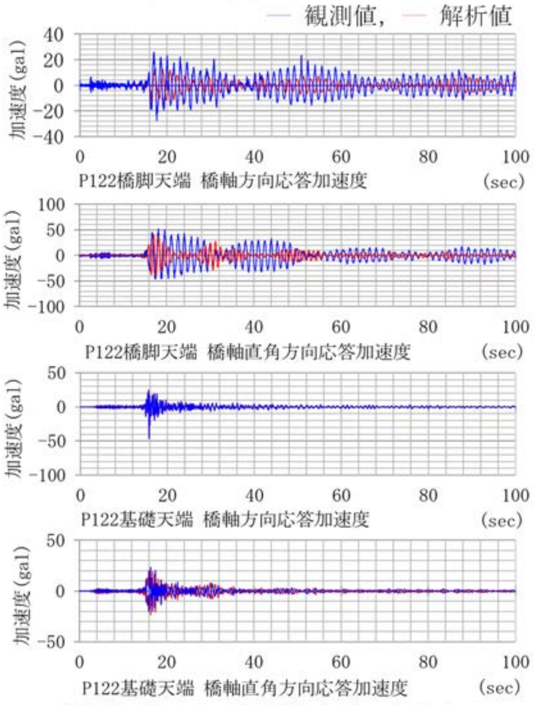
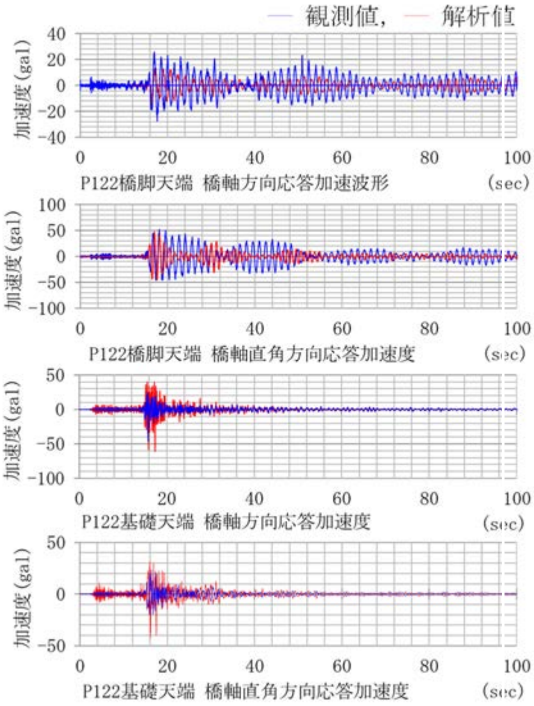


図-6　観測加速度波形（橋軸方向）



a)基礎天端の入力地震波を用いた場合



b)堤体天端の入力地震波を用いた場合

図-7　観測値と解析値の比較

© Japan Society of Civil Engineers