

長周期地震動作用時の連続高架橋 RC 橋脚の挙動に関する研究

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員

○松井 宏樹

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員

富 健一

名古屋工業大学大学院 フェロー会員

梅原 秀哲

1. 研究の背景と目的

2003年に発生した十勝沖地震は長周期成分が卓越する地震動であり、比較的固有周期の長い長大橋において鉄筋コンクリート橋脚が損傷したことが報告されている。また、近年東海地方では海溝型地震で長周期成分の卓越する東海、東南海地震の発生が危惧されている。そこで、本研究では、RC橋脚を有する多径間連続高架橋に長周期成分が卓越する地震動が作用し、RC橋脚が塑性化し振動特性が変化していく時に、地震動の振動特性との関係がRC橋脚の挙動にどのような影響を与えるのかを検証することを目的として、橋梁と地震動の振動特性を比較した。

2. 解析手法

解析対象橋梁の概要を表1に示すが、道路橋示方書¹⁾によって設計されたRC橋脚を有する5径間連続高架橋を対象とした。(以下、TB橋と称す。)TB橋の一般図を図1に、橋脚の形状図、断面図を図2に示す。橋脚柱部はファイバー要素、支承部はバネ要素、その他の部材は弾性梁要素としてモデル化し、ファイバー要素に用いる材料構成則は、COM3モデルとした。支承形式としては水平反力分散ゴム支承(RB)を用いている。

本研究で用いた入力地震動²⁾の概要を表2に示す。解析に用いた地震動は、2003年に発生した十勝沖地震の際に観測された地震動の内、最大加速度が比較的大きく、長周期成分が卓越している地震動を選定した。

3. 解析結果及び考察

TB橋に地震動を作用させたときのP2橋脚の解析結果を表3に示す。解析結果を考察すると、橋脚基部のコンクリートひずみが終局ひずみを大きく超えている。本稿では、RC橋脚に地震動が作用する過程で挙動が変化することと、地震動の卓越周期との関係を考察するために、地震動と橋脚天端の時刻歴応答を図3に示すようにコンクリートひずみの状態に応じて場合分けした。各状態におけるフーリエ変換した結果を図4～7に示す。

健全状態におけるフーリエ変換結果を図4に示す。橋脚基部コ

表1 対象橋梁の概要

TB橋		
橋種	5径間連続PC箱桁橋	
橋長	50+50+55+50+50=255m	
地盤種別	Ⅲ種地盤	
支承条件	水平反力分散ゴム支承	
橋脚形式	円柱橋脚	
基礎形式	場所打ち杭φ1500	
下部工	使用材料	コンクリート
	鉄筋	SD345

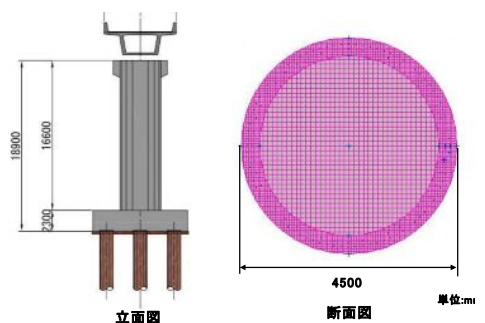


図2 橋脚の形式

表2 設計地震動の概要

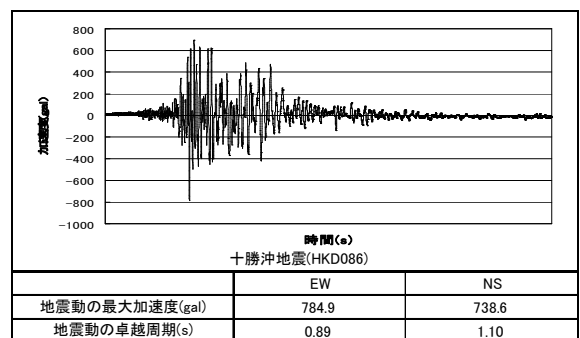


表3 解析結果一覧表

	EW	NS
橋梁の固有周期(s)	0.98	1.06
最大せん断力(kN)	7702.9	6529.0
最大曲げモーメント(kN・m)	107638.7	106658.1
コンクリートの最大圧縮ひずみ(μ)	6047<許容圧縮ひずみ 2180>	

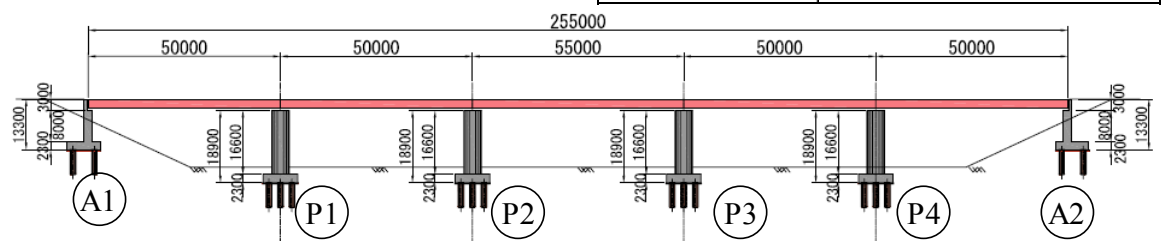


図1 TB橋(5径間連続PC箱桁橋)

キーワード:3次元非線形解析,地震動,共振現象
連絡先:〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町

電話:052-735-5502

ンクリートが健全な時に作用している地震動の卓越周期は 0.36 秒であるが、橋脚天端変位の周期は 0.95~1.03 秒が卓越している。よって、地震動の卓越周期の影響はなく、橋脚本来の固有周期の応答をしたことがわかる。

コンクリートがひび割れ状態におけるフーリエ変換結果を図 5 に示す。橋脚基部コンクリートにひび割れが入った後に作用している地震動の卓越周期は 0.61 秒となっているが、橋脚天端変位の卓越周期は 1.07 秒となった。橋脚の応答特性は健全なときよりも長い卓越周期になっており、橋脚基部のコンクリートにひび割れが入ることで卓越周期が長周期化したと考えられる。

最大圧縮応力到達後のフーリエ変換結果を図 6 に示すが、橋脚基部コンクリートが最大圧縮応力到達後の橋脚の卓越周期は 0.90 から 1.47 秒となっており、橋脚の固有周期が長周期化したことがわかる。

終局後のフーリエ変換結果を図 7 に示すが、橋脚基部コンクリートひずみが終局ひずみを超えた後では、橋脚天端変位と地震動の卓越周期は 1.31 秒付近であるがわかる。このとき橋脚基部コンクリートが健全なときの橋梁の固有周期である 0.98 秒付近の応答スペクトルは、地震動のフーリエスペクトルと比較して小さくなっており、橋脚基部のコンクリートひずみが大きくなり、塑性化したことで橋梁の固有周期が長くなったと考えられる。

ここまでの結果より、橋脚基部のコンクリートひずみが大きくなり塑性化すると、橋梁の固有周期が長周期化し、橋脚が長周期の地震波と共振を起こしてコンクリートの最大圧縮応力を超えるような大きな応答を示すことがわかった。

4. 結論

橋脚基部のコンクリートの状態に応じて地震動と橋脚天端変位のフーリエ変換を行うと、共振現象によって地震動のどのような周期が橋脚の挙動に影響を及ぼしているのかをより細かく把握できることが明らかとなった。今後においても、十勝沖地震のような長周期地震動作用時の地震動の周期特性と、塑性化することで長周期化する橋脚の振動特性との関係について解析的研究を行っていくことが重要であると考えられる。

参考文献:

- 1) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編,2002.3
- 2) 防災科学研究所:k-net, <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>

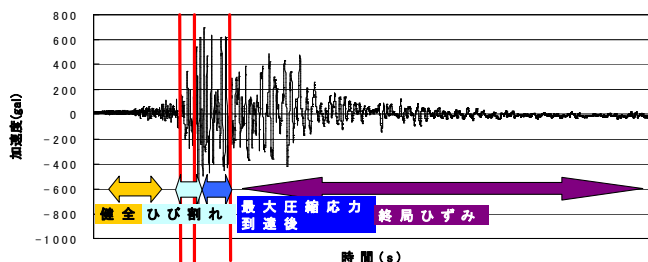


図 3 コンクリートの状態別場合わけ

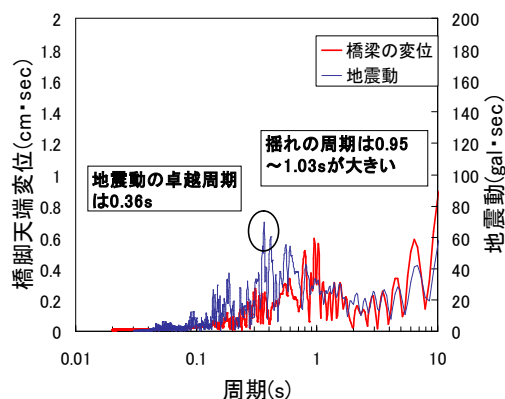


図 4 フーリエ変換結果(健全状態)

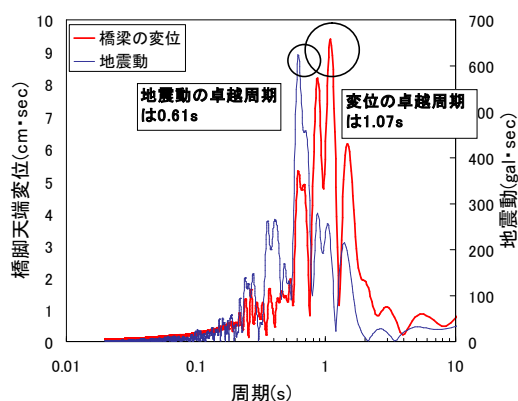


図 5 フーリエ変換結果(ひび割れ)

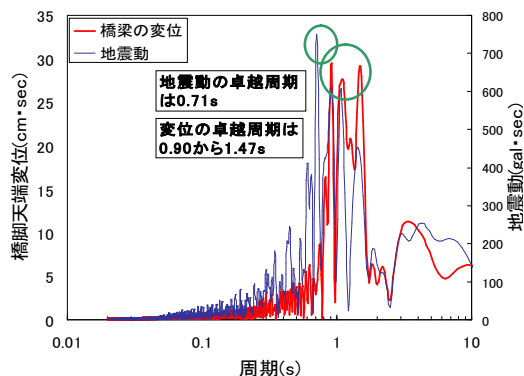


図 6 フーリエ変換結果(最大圧縮応力)

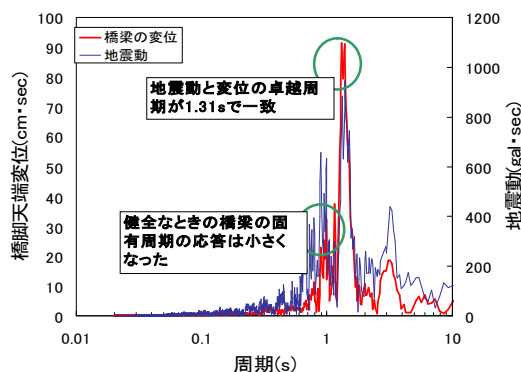


図 7 フーリエ変換結果(終局ひずみ)