高橋脚を有する連続高架橋の長周期地震動作用時の地震時挙動に関する研究

パシフィックコンサルタンツ㈱　　正会員　○冨　　健一
名古屋工業大学　　フェロー会員　　梅原　秀哲

１．目的

1995年兵庫県南部地震では，単純桁の落橋，鋼製支承の損傷が顕著であったため，近年において道路橋設計を行う際には，可能な限り連続化を図るとともに，ゴム支承を用いることにより地震時水平力を分散させているので，構造物は長周期化する傾向である．一方，長周期成分が卓越していた十勝沖地震では，比較的固有周期の長い十勝河口橋や千代田大橋等の長大橋が損傷したこと[1)]が報告されている．よって，構造物の固有周期と地震動との関係を明らかにし，長周期成分が卓越すると予想される東海地震や東南海地震が発生した場合の挙動を確認しておくことは非常に重要である．

本研究では，道路橋示方書[2)]（以下，道示と記す）により設計された高橋脚を有する多径間連続コンクリート橋に対して，近年発生した大地震の地表面地震波，及び，道示の模擬地震動を用いて動的応答解析を実施し，卓越周期の異なる各地震動と高橋脚を有する連続高架橋の地震挙動の関係について考察する．

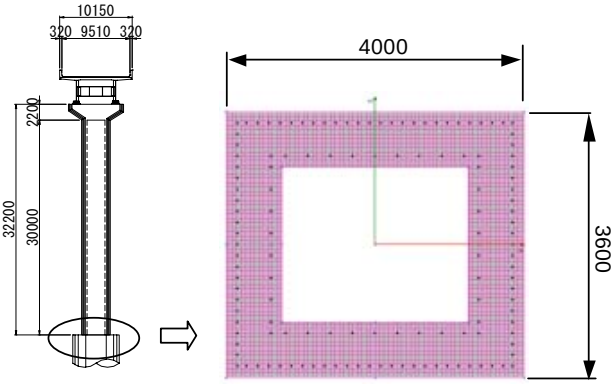
２．対象高架橋および解析手法

(1) 対象高架橋

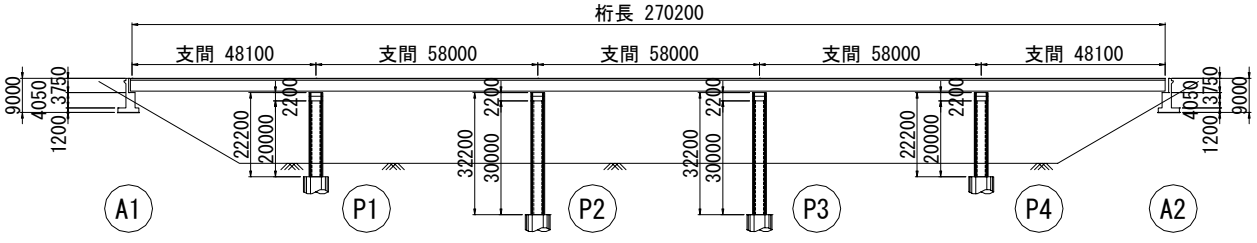
本研究で解析対象とした高架橋の橋梁一般図を**図－1**に示す．解析対象は鋼5径間連続鈑桁橋で，逆Ｔ式橋台（杭基礎），張出式中空橋脚（深礎杭基礎）より構成される．解析対象とした高架橋の形状や配筋量，支承特性は，道示に基づいて設計計算を行い決定した．支承条件は一般的に用いられている水平反力分散ゴム支承とした．橋脚高さが30mを越える高橋脚を有する対象高架橋の固有周期は，橋軸方向で1.933sec，直角方向で1.965secと比較的固有周期の長い橋梁である．

(2) 解析手法

解析手法として材料非線形性を考慮した立体骨組みモデルによる3次元非線形動的解析法を用いた．塑性化すると思われる柱部は，**図－2**に示すようにファイバーモデルで，橋台竪壁部，橋脚梁部，フーチングは弾性梁要素でモデル化した．杭基礎は地盤特性を考慮した連成バネでモデル化し，地盤変形の影響も考慮した．ファイバー要素には，コンクリートおよび鉄筋の材料非線形履歴モデルを考慮する．鉄筋およびコンクリートの材料非線形モデルは，東京大学コンクリート研究室で開発されたであるCOM3モデルを用いる．水平反力分散支承は線形モデルであり，減衰定数は道路橋支承便覧より3%とした．



図－2　橋脚における柱部のモデル



図－1　橋梁一般図

キーワード　長周期地震動　RC 橋脚　ファイバーモデル　高橋脚
連絡先　　〒541-0052　大阪市中央区安土町 2-3-13　大阪国際ビルディング　TEL06-4964-2296

３．入力地震動

本研究で用いた入力地震動および解析結果を**表－1**に示す．1～6地震動は，近年発生した大規模地震動に関するK-NET[3]の地表面加速度データを使用した．なお，これらの地震動は観測地点の2方向地震動であるため，水平2方向を同時入力して解析を行った．7～12地震動である道示の模擬地震動（Ⅱ種地盤）は，橋軸・直角方向に対しそれぞれ解析を実施した．

表－1　入力地震動および解析結果（P2 橋脚・橋軸方向）

地震名	発生日	地点番号	最大加速度(gal)		卓越周期(sec)		解析結果	
							最大せん断力(kN)	最大コンクリートひずみ(μ)
			LG	TR	LG	TR	14260（せん断耐力）	2180（終局ひずみ）
1.三陸南地震	2003/5/26	MYG011	1112	1103	0.14	0.29	3510	609
2.十勝沖地震	2003/9/26	HKD086	739	785	1.41	1.32	3551	**8103**
3.新潟県中越地震	2004/10/23	NIG021	850	1716	0.23	0.22	4292	741
4.福岡県西方沖地震	2005/3/20	NGS001	356	232	0.38	0.23	1014	208
5.能登半島地震	2007/3/25	ISK006	849	717	0.17	0.17	3347	1285
6.新潟県中越沖地震	2007/7/16	NIG018	514	667	2.17	2.33	2290	**47172**
7.タイプⅠ－Ⅱ－1			363	363	2.65	2.65	2990	726
8.タイプⅠ－Ⅱ－2			385	385	5.13	5.13	3152	835
9.タイプⅠ－Ⅱ－3			365	365	2.73	2.73	2930	834
10.タイプⅡ－Ⅱ－1			687	687	2.05	2.05	4124	1039
11.タイプⅡ－Ⅱ－2			673	673	2.16	2.16	4452	1241
12.タイプⅡ－Ⅱ－3			736	736	2.65	2.65	4627	1080

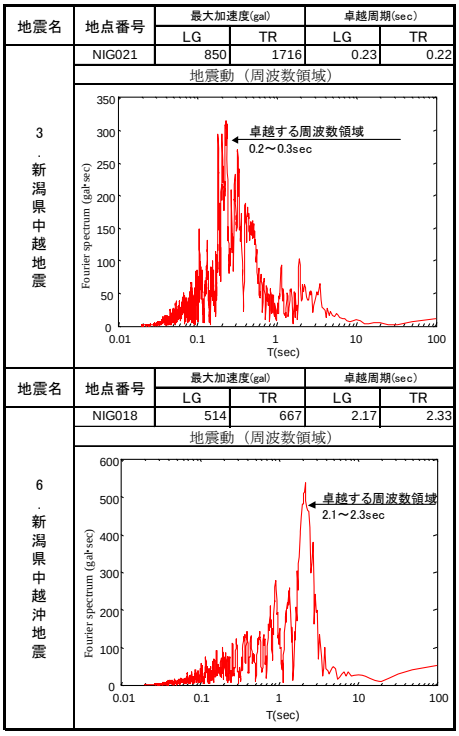
※観測地点は、K-NET観測地点番号

４．解析結果と考察

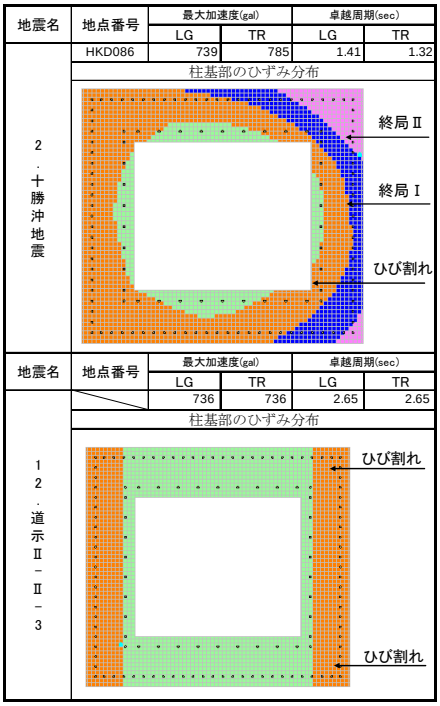
表－1に示す解析結果を考察すると，道示による模擬地震動発生時には終局ひずみを超えるようなコンクリートひずみは発生していないが，2地震動と6地震動発生時には，終局ひずみを大きく超えるコンクリートひずみが発生している．地震動の振動特性の比較例として，3地震動と6地震動のフーリエ解析結果を**表－2**に示すが，3地震動の加速度が卓越する領域が0.2～0.3secに対して，6地震動の加速度が卓越する領域が2.1～2.3secとなっている．橋梁の固有周期が約1.95secであることを考慮すると，3地震動や6地震動作用時には地震動と高架橋が共振現象により非常に大きな応答値になったと考えられる．

また，道示の地震動により解析を行った際に応答が小さくなった影響として，2軸曲げの影響の有無が考えられる．2，12地震動作用時のファイバーモデルにおける柱基部のひずみ分布を**表－3**に示すが，2軸曲げの応力状態となる2地震動作用時は角部で非常に大きなひずみが発生し，12地震動作用時には断面の直角方向に一様にひずみが発生している．この2つの地震動はともに卓越周期が2sec前後の長周期地震動であるが，2軸曲げを考慮した2地震動の場合には応答値が大きくなることが確認できた．実際の地震動作用時にはRC橋脚は2軸曲げの状態になることを考慮すると，ファイバーモデルにより2軸曲げの影響を適切に評価して解析を行うことの重要性が確認できた．

表－2　フーリエ解析結果（3 地震動・6 地震動）



表－3　断面損傷比較表（2 地震動・12 地震動）



５．まとめ

道示で設計された高橋脚を有する多径間連続橋に対して各種地震動で動的解析を実施した結果，高橋脚であることから固有周期が長いので，卓越周期が長い地震動に対して応答値が大きくなること，卓越周期の長い地震動作用時でも2軸曲げの影響の有無で応答値が大きく異なる場合があるという結果が得られた．

＜参考文献＞

1)　土木学会：2003年に発生した地震によるコンクリート構造物の被害分析

2)　日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ～Ⅴ，平成8年12月

3)　防災科学技術研究所K-NETホームページ：http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/