

継続時間の長い長周期地震動作用時の連続高架橋の地震時挙動に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○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 フェロー会員 梅原 秀哲

1. はじめに

2003年に発生した十勝沖地震は典型的な海溝型地震で、長周期地震動であった。そのため、石油タンクのような固有周期の長い巨大構造物で共振現象が発生し、大きな被害¹⁾が発生した。そこで本研究では、道路橋示方書²⁾(以下、道示と記す)により設計された鉄筋コンクリート(RC)橋脚を有する多径間連続高架橋を対象にモデル化し、十勝沖地震の中でも比較的大きな加速度が長時間作用する地表面地震波を作用させて3次元非線形動的解析を実施することで、継続時間の長い長周期地震動が作用した場合に構造物の地震時挙動に及ぼす影響について研究を行った。

2. 解析対象橋梁および入力地震動

解析対象とした高架橋(TB1)の一般図を図-1に示す。塑性化すると思われる橋脚基部は図-2に示すようにファイバー要素とし、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、材料構成則には東京大学コンクリート研究室で開発されたCOM3モデルを用いた。ファイバー要素は主鉄筋の影響範囲はメッシュを50mmと非常に細かくし、解析誤差が出ないように配慮を行った。支承部には鋼製支承(Fix-move)、水平反力分散ゴム支承(RB)、免震支承(LRB)の3種類を設定し、Fix-move、RBには線形モデルを、LRBには対称バイリニアモデルを設定した。

入力地震動は、K-NET³⁾の地表面加速度データを使用した。入力地震動の一覧を表-1に示す。ここで、継続時間とは、地震動の最大加速度が200gal以上となる時間として設定した。

表-1 入力地震動一覧

	地点番号	震央距離 (km)	最大加速度 (gal)	卓越周期(s)		継続時間 (sec)
				LG	TR	
十勝沖地震 2003/9/26	①HKD066	226	591.1	0.604	0.615	76
	②HKD086	120	800.6	0.887	1.307	167
	③HKD092	138	672.7	0.352	0.317	123
	④HKD095	146	202.4	1.325	2.915	85
	⑤HKD100	84	988.4	0.284	0.242	236
	⑥HKD106	154	191.3	1.672	1.063	61
	⑦HKD109	92	661.4	0.843	0.880	44
	⑧HKD126	198	221.7	1.259	1.618	71
	⑨HKD128	216	192.7	0.563	0.676	78
	⑩HKD129	225	89.2	5.102	3.521	69
	⑪HKD130	241	58.6	2.833	5.102	78

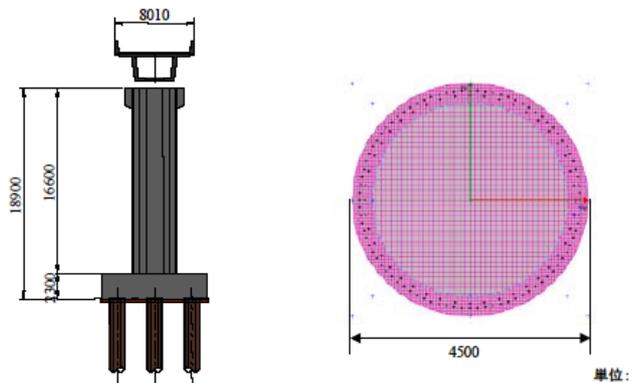


図-2 橋脚断面図

3. 解析結果および考察

(1) 共振現象の確認

一例としてTB1橋(RB適用時)に①, ⑤地震動を作

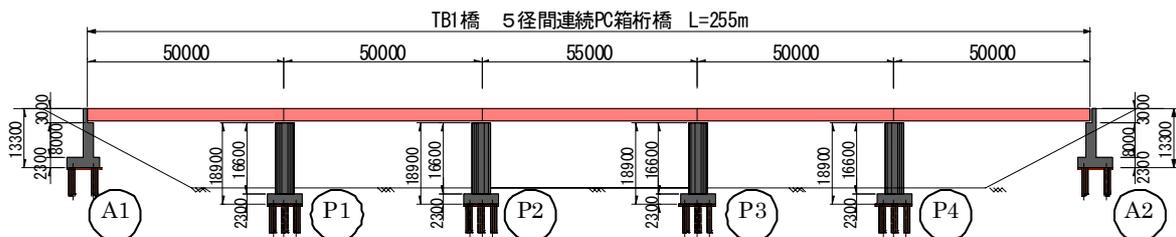


図-1 橋梁一般図

キーワード 連続高架橋, 地震解析, 長周期地震動, 継続時間

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL052(732)2111

用させた場合の解析結果を表-2 に示す。⑤地震動の最大加速度の方が大きい、①地震動の応答値の方が全体的に大きい結果となった。ここで、①地震動のフーリエスペクトル解析結果を図-3 に示すが、①地震動の加速度の大きな周期領域は 0.6sec~1.5sec 付近であり、橋の固有周期である 1.1sec~1.2sec と近似しているため、共振現象により応答値が大きくなったと考えられる。

(2) 地震動の継続時間の違いによる応答値への影響

1 例として TB1 橋(Fix-move 適用時)に③地震動、⑦地震動を作用させた場合の解析結果を表-3 に、フーリエスペクトル解析結果を図-4、5 に示す。⑦地震動の方が加速度の大きな周期領域と橋の固有周期が近似しているため応答値が大きくなると予測されたが、実際には③地震動の方がコンクリートの最大圧縮ひずみが必要な値となった。このとき、③地震動の継続時間が 123sec に対して、⑦地震動の継続時間が 44sec であった。つまり、比較的大きな加速度が長時間作用する地震動の場合、構造物が揺れる時間も長くなるため、地震動の最大加速度や橋梁や地震動の振動特性から考えられる傾向と異なり、継続時間が長い地震動のほうが大きな応答値となる場合があることが明らかとなった。以上より、地震動の継続時間の長さは、橋梁の地震時応答に影響を与えることが確認できた。

表-2 TB1 橋 P2 橋脚の解析結果(①、⑤)

応答値(TB1,P2橋脚)	RB				応答値の比率
	①HKD066		⑤HKD100		
最大加速度(gal)	591.1		988.4		0.60
地震動の卓越周期(sec)	LG	TR	LG	TR	-
	0.60	0.62	0.28	0.24	
橋の固有周期(sec)	LG		TR		-
	1.09		1.24		
橋脚天端の最大応答変位(mm)	351.0		121.7		2.88
柱基部の最大せん断力(kN)	7491.0		15111.3		0.50
柱基部の最大曲げモーメント(kN・m)	118786.3		110027.2		1.08
コンクリートの最大ひずみ(μ)	7039.8		1318.9		5.34
鉄筋の最大ひずみ(μ)	32269.7		4701.2		6.86

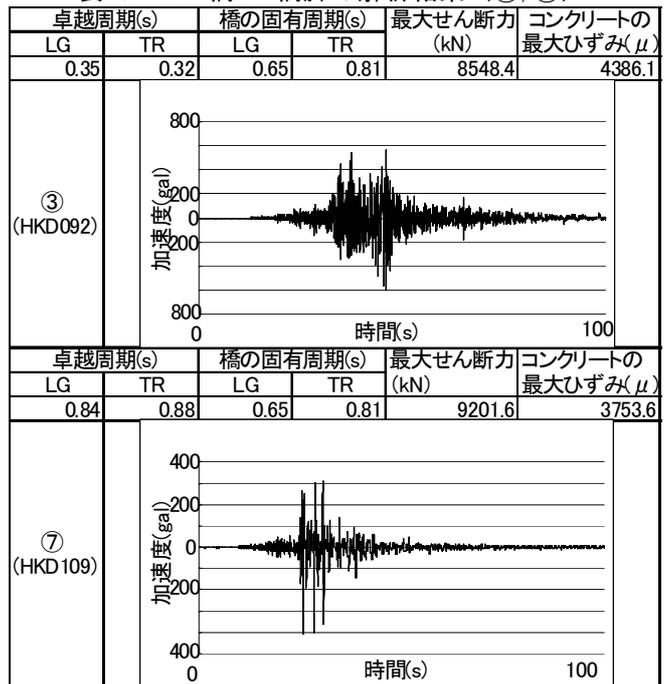
4. まとめ

- (1) 作用地震動の卓越周期と橋の固有周期とが近似する場合、または、作用地震動の加速度が大きな周期領域と橋の固有周期とが近似する場合に、共振現象を確認することができた。
- (2) 比較的大きな加速度の波が長時間作用する地震動の場合、最大加速度や卓越周期から考えられる傾向と異なり、継続時間が長い地震動のほうが大きな応答値となる場合があることが明らかとなった。

表-3 TB1 橋 P2 橋脚の解析結果(③、⑦)

卓越周期(s)		橋の固有周期(s)		最大せん断力(kN)	コンクリートの最大ひずみ(μ)
LG	TR	LG	TR		
0.35	0.32	0.65	0.81	8548.4	4386.1

卓越周期(s)		橋の固有周期(s)		最大せん断力(kN)	コンクリートの最大ひずみ(μ)
LG	TR	LG	TR		
0.84	0.88	0.65	0.81	9201.6	3753.6



<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/>

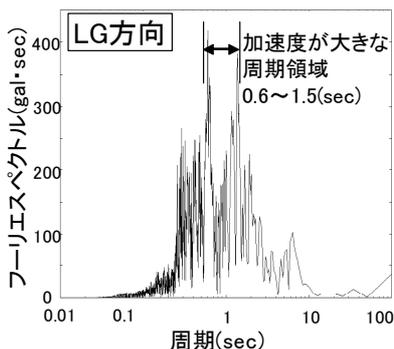


図-3 ①地震動のフーリエスペクトル

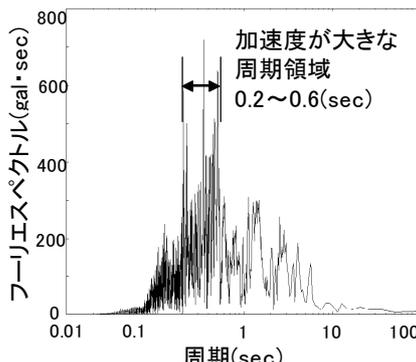


図-4 ③地震動のフーリエスペクトル

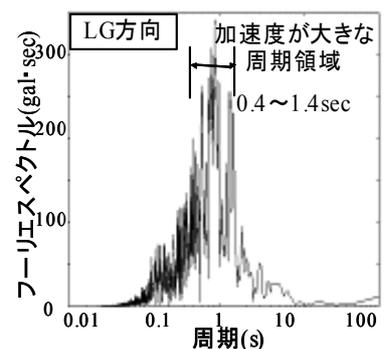


図-5 ⑦地震動のフーリエスペクトル