

CS-3 RC橋脚の上下地震動の過渡応答に関する基礎的研究

株式会社 竹中工務店 正会員 ○上林 厚志*
 阪神高速道路公団 正会員 幸左 賢二**
 京都大学 正会員 小野 紘一***
 株式会社 竹中土木 正会員 平井 卓*

1. はじめに

阪神・淡路大震災におけるRC橋脚の被害は、多くは予想を越える過大な水平地震動を考慮することによって破壊メカニズムを明らかにする事ができると言われている。しかし、これらはいずれも地震動を推定して論じており衝撃的地震動といわれる高周波領域の上下地震動の影響や低周波数領域でも橋脚への波動伝播的な過渡応答による破壊メカニズムへの影響に関しては不明な点が多い。そこで、本研究では上下地震動の正弦波1波によるRC橋脚の過渡応答を入力波の周波数を上下動に関する卓越周波数の周辺で変化させて検討したので報告する。

2. 解析対象と解析モデル

図-1 に、解析の対象としたRC円柱橋脚のFEM解析モデルと実際に損傷の発生した位置を示す。このRC橋脚は兵庫県南部地震において、鉄筋段落とし部分で曲げ破壊を生じたとされている。モデルの各要素は2次元シェル要素を用い、板厚を変化させて円柱をモデル化した。また、上部工は2次元シェル要素を用い総重量が上部工重量と等価となるようにした。表-1 に解析に用いた材料定数と上部工重量を示す。

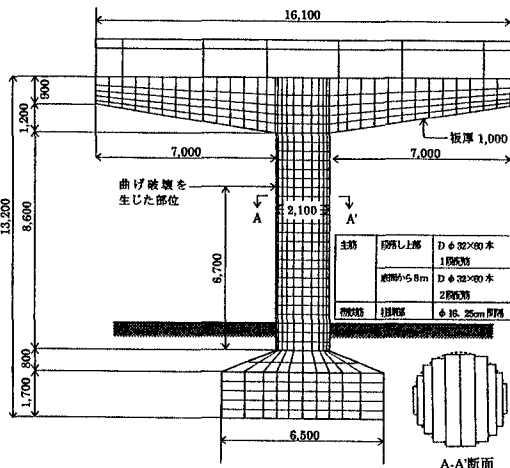


図-1 解析モデル (FEM要素分割)

表-1 材料定数一覧

コンクリートの材料定数		
弾性係数 (kgf/cm ²)	E	2.5 × 10 ⁵
ポアソン比	ν	0.2
密度 (kg/cm ³)	ρ	2.5 × 10 ⁻³
橋脚が支持する上部工		
弾性係数 (kgf/cm ²)	E	2.5 × 10 ⁵
上部工重量 (tf)	W	396

3. 固有値解析結果

図-2 に固有値解析により得られた橋脚の上下方向の伸縮に関する卓越モードを示す。このモードは9次のモードで固有周期は0.0379秒(26.4Hz)である。

4. 上下動入力による解析

解析は、図-3 に示す速度余弦波の1波を上下動として入力して弾性解析を行った。入力速度は、一定として、周波数をパラメータとした。解析ケースは、上記の橋脚の上下方向の固有周波数とその1/2および2倍の周波数の3ケースを行った。解析では基礎の下辺を固定条件とした。表-2 に入力速度 100cm/sec の場合の周波数別の上下方向応力の最大値を示す。応力の最大値は、解析にお

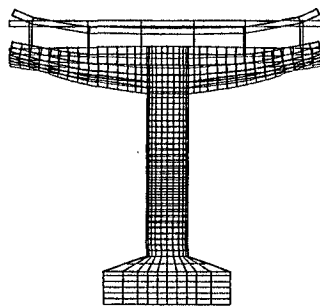


図-2 上下方向卓越モード

(キーワード) 鉄筋コンクリート構造、地震動、過渡応答、弾性解析、有限要素法

*〒270-13 千葉県印西市大塚 1-5-1 TEL. 0476-47-1700 FAX.0476-47-3070
 **〒650 神戸市中央区新港町 16-1 TEL. 078-331-9801 FAX.078-331-9733
 ***〒606-01 京都市左京区吉田本町 TEL. 075-753-4790 FAX.075-753-5129

いて柱の上下端付近の応力分布が角部で変化していたため、柱断面の平均応力値とした。また、図-4に橋脚の下部、破壊部付近、中心部、上部各断面での鉛直方向の応力の時刻歴を示す。ただし、各周波数に対する、入力速度波の振幅は(1)式に示すように着目断面のいずれかが最初にひびわれ応力に達するように調整した。この図より各周波数に対し、1~2周期後に着目断面のいずれかがひびわれ応力に達しており、圧縮側に対し引張側では、断面の違いによる応力差は小さいことがわかる。

5. ひびわれ応力に達する入力速度

本解析は弾性解析であることから最大速度 100cm/sec の入力に対する着目断面の発生応力を求め、この応力がひびわれ応力と等しくなる場合の入力最大速度を次式により求めた。

$$(\text{ひびわれ応力に達する入力速度}) = (\text{入力した最大速度 } 100\text{cm/sec}) \times \{ (\text{上下動入力による応力}) - (\text{自重による応力}) \} / (\text{ひびわれ発生応力}) \quad \text{-----(1)}$$

ここで、ひびわれ発生応力は圧縮強度 240kgf/cm²の平方根をとり、15.5kgf/cm²とした。図-5はこのようにして求めた入力速度を周波数に対して示したものである。この図より卓越周波数においてひびわれ発生最大入力速度が最小となり、過渡応答においても固有周波数成分を含む波動が発生応力に大きく影響することがわかる。また断面位置による差は小さく打ち継ぎ部や鉄筋段落し部など、構造に弱部があればそこからひびわれが発生する可能性があると考えられる。

6. まとめ

本解析により、上下方向振動の卓越周波数 26.4Hz において 17cm/sec 程度の最大速度入力があれば橋脚中にひびわれが生じる可能性があることがわかった。阪神・淡路大震災においてはこの程度の周波数成分を精度良く記録したものがなく実際の被害との直接の関連性については現時点では明らかになっていない。

なお、本報告は日本コンクリート工学協会近畿支部の土木コンクリート構造物の震災対策に関する調査研究委員会(藤井學委員長)での活動の一部であることを付記し、関係者に謝意を表すものである。

参考文献

- 1) 泉 博允: 衝撃的地震動についての考察, 土木学会第 50 回年次学術講演会, pp.1130-1131, 1995 年 9 月
- 2) 小野 紘一: 特集; 阪神・淡路大震災の教訓と今後の耐震技術 2. 代表的な被害例と被災原因「道路橋脚の被害とそのシミュレーション」, コンクリート工学第 34 巻 11 号, pp.53-55, 1996 年 11 月 1 日

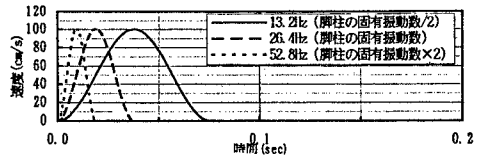


図-3 入力速度波

表-2 鉛直方向最大引張応力 (速度を最大 100cm/secとした時の応力)

	13.2Hz	26.4Hz	52.8Hz	自重
橋脚下部	-84.2	-168.0	-126.8	-17.3
	86.6	193.6	139.7	
橋脚中心部	-83.9	-164.1	-123.8	-16.2
	86.3	188.9	136.7	
橋脚破壊部	-83.6	-160.0	-119.8	-15.7
	85.9	183.9	133.5	
橋脚上部	-83.1	-154.6	-115.0	-15.2
	85.4	177.4	129.2	

単位: kgf/cm²

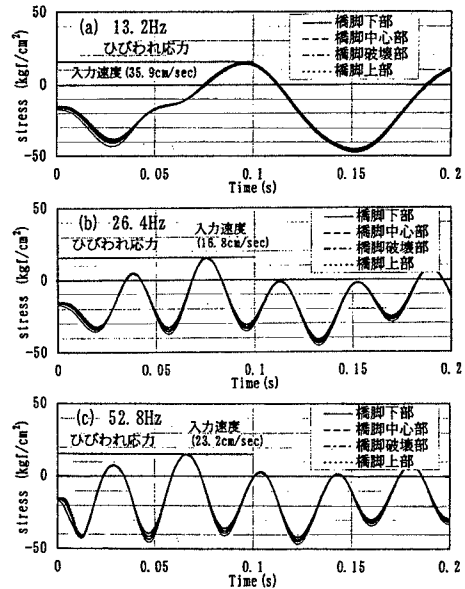


図-4 各部の鉛直方向応力の時刻歴 (ひびわれ応力に達する入力速度を入力した場合)

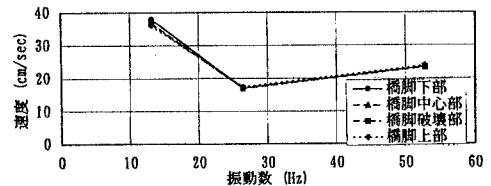


図-5 ひびわれ応力に達する入力速度