

## 直下型地震でRC橋脚に生じた 衝撃引張破壊のメカニズムに関する一考察

防衛大学校土木工学科	正員	○藤掛一典
同 上	正員	大野友則
大林組技術研究所	正員	井元勝慶
竹中工務店技術研究所	正員	上田眞稔

### 1. はじめに

阪神大震災では、異常に大きい縦揺れと横揺れにより道路橋橋脚などの鉄筋コンクリート構造物に倒壊を含む多くの被害が生じた。震災後の調査・被害分析によって、その原因やメカニズムが逐次明らかにされている。これまでの調査から、RC構造物に常識を超えた被害をもたらした今回の地震は「直下型特有の高速の縦揺れで衝撃的に破壊を与えた」いわば「衝撃地震」であったことが一般的な認識となりつつある。本研究では、RC橋脚に生じた円周方向のひびわれあるいは破断現象が衝撃引張力に起因するのではないかという観点から、この破壊メカニズムについて考察したものである。

### 2. 神戸海洋気象台の地震記録特性およびRC橋脚モデルの応答特性

(1) 周波数特性：図-1に、加速度と速度の上下方向記録(UD成分)のパワースペクトルを示す。図から、加速度は0.3~0.5秒と0.9~1.1秒、速度は1.0~1.1秒が卓越していることがわかる。

(2) 地震計の特性：記録に用いられた地震計は87型電磁式強震計<sup>1)</sup>である。この地震計は計測にサーボ型加速度変換器(固有振動数450Hz)が用いられ、従来の機械式に比べ高い感度と広い測定範囲の性能を有すると言われている。測定範囲は、加速度が10~1000gal、変位は0.1mm~1mとなっている。波形データのサンプリングは50Hz(0.02秒)であり、対応する周波数の計測範囲は0.01~10Hz(0.1~100秒)である。すなわち、0.1秒以下の短周期(10Hz以上の高周波)成分は濾波される(フィルタリング)ことになる。

(3) RC橋脚モデルの上下方向の応答特性：図-2に、解析例に用いた地盤から上のRC橋脚の概要(円形断面で直径2m、高さ7m)およびそれを7質点系にモデル化したものを示す。モデルの諸元を表-1に示す。橋脚上部の質量 $m_7$ は、橋脚に $20\text{kgf/cm}^2$ の軸応力を与える大きさのものを想定した。このモデルは、橋脚の軸方向1次固有周期が0.04秒、7次固有周期は0.001秒となる。

a. 神戸海洋気象台の地震記録を入力した場合の各質点の変位応答から、バネに生じる最大引張応力を求めると最大 $5\text{kgf/cm}^2$ 程度であり、最上部質量による軸方向圧縮応力 $20\text{kgf/cm}^2$ の存在を考慮すると引張破断に至ることはない。これは、橋脚の固有周期が0.04~0.001秒であるのに対して入力(速度)の最小周期が0.1秒でフィルタリングされた地震記録を用いても橋脚は地盤と同じ振動を行うだけで橋脚内部には変形が生じないこ

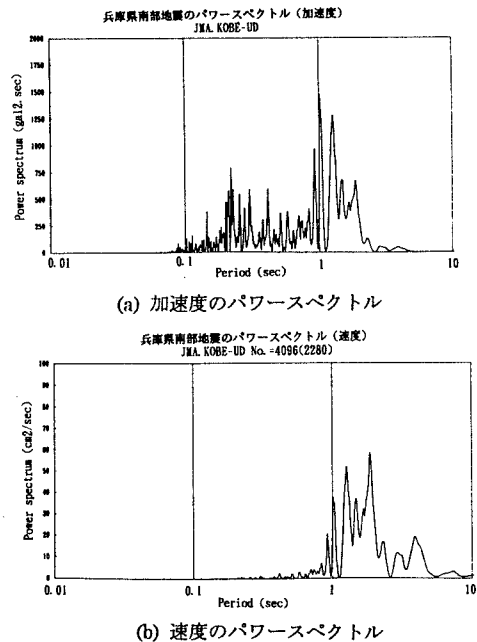


図-1 上下方向のスペクトル解析

となる。衝撃的な力の作用は、極めて短時間に起きる物体の移動または衝突の結果であり、それによって生じる力も極めて大きい。一般的な衝撃力の作用時間は数十 msec（数十秒/1000）のオーダーであり、このような現象は現在使用されている地震計では恐らく計測できないものと考えられる。

b. 衝撃波入力による7質点系モデルの応答：図-3に、入力波形を示す。入力は、地盤が瞬間的に速度40cm/secで上側に変位し、橋脚に強制変位が与えられるものとした。波形は長方形パルスとし、地震速度記録で得られた最大40kineを振幅、弾性応力波が橋脚下部から入力して1往復する時間に相当する0.04秒（40 msec）を継続時間とした。各質点に付属するバネに生じる応力応答を図-4に示す。また、各バネに生じた最大引張・圧縮応力を表-2に示す。各バネに生じる最大引張応力はほぼ同じ値であるが、この例では最上部の7質点（柱頭部）に生じる応力が最大約61kgf/cm<sup>2</sup>となっており、引張破断する可能性がある。

### 3. まとめ

橋脚に生じた引張破断の破壊現象は、地震計の測定範囲を超えた高周波の大きな衝撃波によると考えられ、地震記録を用いた解析では説明できない。今後は、鉛直方向だけでなく水平方向も含めた解析および実験から、どのような衝撃力が作用したのかを特定していく必要がある。

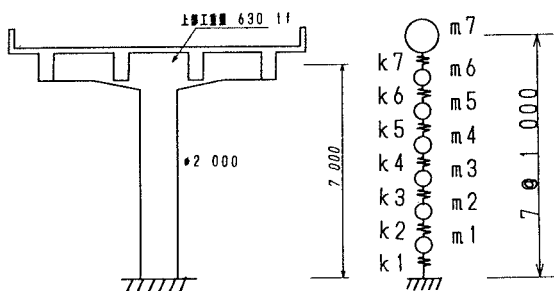


図-2 RC橋脚のモデル図



図-3 7質点モデルへの入力波形

表-1 7質点モデルの諸元

質量 m1~m6	0.008 tf.sec <sup>2</sup> /cm
質量 m7	0.643 tf.sec <sup>2</sup> /cm
バネ定数 k1~k7	78,540 tf/cm

表-2 発生応力度の最大値 (kgf/cm<sup>2</sup>)

位置	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7
引張応力	58.6	57.0	59.4	53.3	59.6	58.0	60.6
圧縮応力	109.0	97.7	94.8	93.4	97.3	91.4	103.9

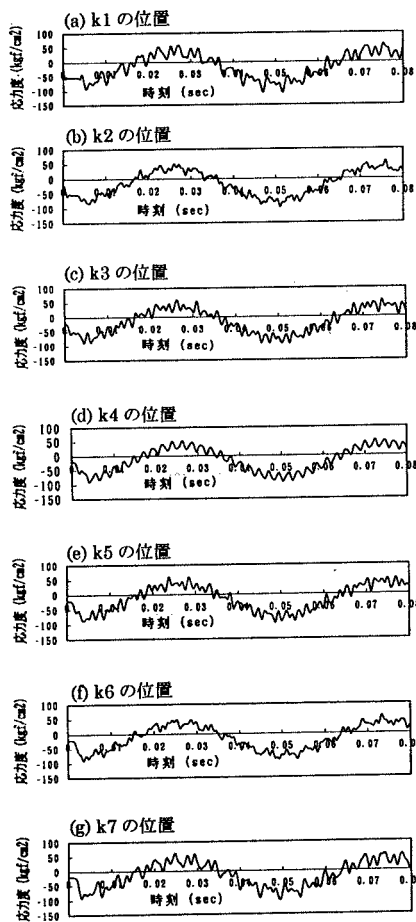


図-4 応力度の時刻歴

参考文献 1) 中村浩二, 電磁式地震計の原理と87型電磁式強震計, 気象, 37. 9.