

# ( I - 18) RC橋脚の上下地震動による損傷に関する一考察

防衛大学校 学生員 別府万寿博  
防衛大学校 正 員 園田 佳巨  
防衛大学校 フェロー 石川 信隆

## 1. 緒言

1995年1月17日未明に発生した兵庫県南部地震では、数多くのRC橋脚が損傷を受けた。その中には橋脚中央部の輪切り状のひびわれが数多く見られ、衝撃的な上下動がそれらの原因ではないかとの指摘も多い<sup>1),2)</sup>。これらはいずれも柱に作用する軸力が原因であると考えられるもので、主に衝撃的な引張応力による破壊の可能性を示唆している。本研究は、RC橋脚に生じた輪切り状のひびわれ損傷に関して、その原因として軸圧縮力の可能性について検討するもので、まず、橋脚軸方向をばね質点系モデル、次に橋脚断面方向を有限要素モデルにモデル化し2段階解析により考察を行うものである。

## 2. ばね質点系による1次元的考察

RC橋脚に地震動が作用したときの応力分布を詳細に知るには3次元的なモデル化が必要であるが、ここではRC橋脚軸方向の応力状況を概略知るために、図-1に示すような10質点系に離散化したモデルにより検討した。ここでは、杭等の土中構造物は考慮せず、入力には神戸海洋気象台で記録された上下動地震波(最大加速度約320gal、卓越周期約1.0sec)を用いた。解析に用いたばね質点系モデル諸元を表-1に示す。

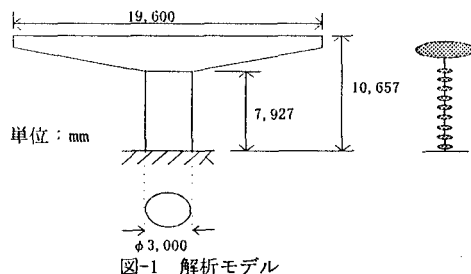
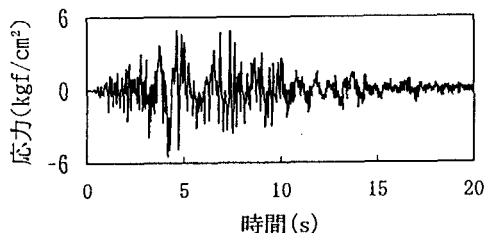


表-1 ばね質点系モデル諸元

橋脚質量	142.9 kgf · sec <sup>2</sup> /cm
上部工質量	1,020 kgf · sec <sup>2</sup> /cm
ばね定数	8.602 × 10 <sup>7</sup> kgf/cm

図-2(a)は、橋脚中央部の応力～時間関係を示したものである。この図より応力振幅は比較的小さく(最大応力約5 kgf/cm<sup>2</sup>)、本計算例で用いた地震波形では、死荷重による圧縮応力20kgf/cm<sup>2</sup>を打ち消すような引張応力は発生しない。したがって、衝撃引張破壊は、園田<sup>1)</sup>、藤掛<sup>2)</sup>らが指摘しているような衝撃的地震波(例えば、パルス波で速度40cm/sec、継続時間4 msec)を与えないと起こり得ない。また図-2(b)は、t=5.0s t=10.0s後の橋脚内の応力分布を示したもので、橋脚軸方向の応力分布に大きな変動が見られないことから応力波の波長自体は橋脚自体の長さに対して十分に長いことが認められた。

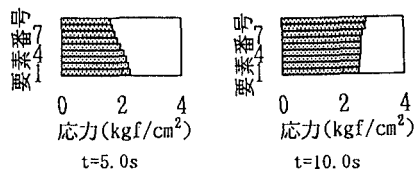


(a) 橋脚中央部の応力～時間関係

## 3. RC橋脚断面内の解析に関する考察

### 3.1 基本的な考え方

次に、2.の計算結果を考慮してRC橋脚断面内の応力分布に関して検討する。すなわち、柱内部を軸方向に伝播する応力の波長が十分に長いことを考慮して、ここでは軸方向に作用するひずみが柱の全域でほぼ一定の値をとりながら時刻歴に変化するものと仮定した。以上の仮



(b) 橋脚内の時刻歴応力分布

図-2 解析結果

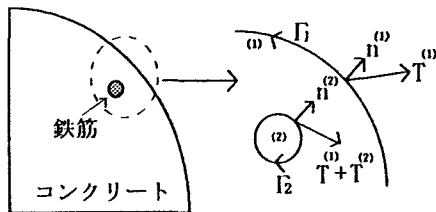
定のもとで、ここでは軸圧縮力の影響に着目し、柱の軸方向に圧縮ひずみ  $\epsilon_0$  が作用したときの橋脚断面内の応力状況について有限要素法による2次元解析を行った。すなわち、RC橋脚断面に作用する軸方向圧縮ひずみ  $\epsilon_0$  を、図-3のように断面内の表面力に関する境界条件に置換して計算を行うものとした。

いま、橋脚断面に軸圧縮力が作用したときの鉄筋周囲の応力分布の傾向を知るために、柱半径 15cm、鉄筋直径 1.5cm の RC橋脚断面 1/4 円内に主鉄筋一本のみを有するような簡易なモデルを対象とした。具体的には図-4に示すような4節点アイソパラメトリック要素による要素分割を行い、Gauss の4点積分法により評価した。解析に用いた材料定数を表-2に示す。

### 3.2 計算結果および考察

図-5は、図-2に示した動的圧縮応力 5 kgf/cm<sup>2</sup> と死荷重 20kgf/cm<sup>2</sup> による最大圧縮応力 25kgf/cm<sup>2</sup> を想定した軸方向ひずみ  $\epsilon_0$  = 約 75  $\mu$  を柱軸方向に作用させたときの鉄筋近傍に発生した応力分布を示したものである。この図より、(a)最大引張応力として主鉄筋近傍に 3.5kgf/cm<sup>2</sup> 程度の値を示すこと (b)引張応力の値は鉄筋から離れるにしたがい、急激に低減していくこと等が認められる。よって主筋相互の影響は小さく、多数の主筋を有する一般のRC断面内の応力集中状況も本解析モデルにより、概略把握されているものと考えられる。

本解析結果より、主筋一本のみの影響で橋脚断面内に限界引張応力 20kgf/cm<sup>2</sup> を上回る応力が生じるためには、柱軸方向に 140 kgf/cm<sup>2</sup> の圧縮応力が必要であることが認められた。したがって、柱軸方向の圧縮力の影響でRC橋脚断面内に引張ひびわれが発生する可能性は小さいものと思われるが、鉄筋の重ね継手部等に衝撃的地震動が作用した場合などについては、今後の検討の余地があるものと考えられる。



(a) 簡易モデル (b) 境界上の表面力  
図-3 断面のモデル化

表-2 材料定数

材料	弾性係数	ポアソン比
コンクリート	$3.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$	0.15
鉄筋	$2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$	0.29

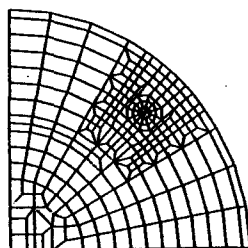
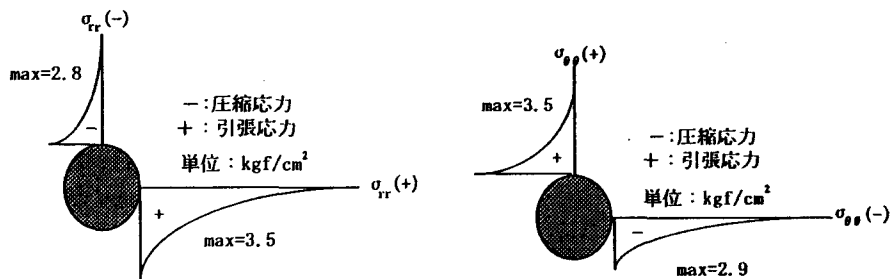


図-4 モデルの要素分割



(a) 橋脚法線方向の応力分布 (b) 橋脚円周方向の応力分布

図-5 鉄筋近傍の応力分布

#### 参考文献

- 1) 園田・小林：地震によるRC橋脚の衝撃破壊についての一考察、土木学会第50回年次学術講演会、1995年9月
- 2) 藤掛・大野・井元・上田：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、土木学会第50回年次学術講演会 1995年9月