

I-B 160 兵庫県南部地震におけるRC高架橋の衝撃的破壊についての数値解析による検討

石川島播磨重工業(株) 正会員 福井 敦史
 大阪市立大学工学部 正会員 小林 治俊
 大阪市立大学工学部 フェロー 園田恵一郎

1.はじめに

兵庫県南部地震により、多くの土木構造物が被害を受けた。安全な構造物を設計するために、まず土木構造物がこれほどの被害を受けた原因を究明することが急務である。被害を受けた土木構造物の中には、鉛直衝撃破壊の影響ではないかと思われる現象がいくつか観察されている。本研究は、その破壊現象の内の一つと思われる道路高架橋のRC橋脚の破壊を取りあげ、鉛直地震衝撃力により破壊に至る過程を応力波の特性を通して考察をしたものである。本研究で用いた解析手法は、8節点要素を用いた三次元アイソパラメトリック有限要素法であり、時間積分法として陽的時間差分法を用いている。

2.高架橋RC橋脚の応力集中現象

まず、図1a)に示す上床板・柱ならびにフーチングの3部から成る高架橋のRC橋脚モデルについて解析を行った。三次元有限要素モデルの構築に際し、そのモデルの境界面は全て自由面とし、対象条件を用いてその1/4について要素分割を施した。解析に用いた材料定数を表1に示す。また、衝撃的荷重による応力に着目して、図1b)に示す周期 T_0 で与えられる正弦半波パルス応力をフーチング部底面全域に入射した。

図2はモデル柱部中央における鉛直方向応力増幅率： α と入射応力波の周期： T_0 の関係を表しており、これによれば周期 $T_0=0.03s$ cc前後において増幅率は最大となり、この付近の周期の波が橋脚に大きな応力応答を与えると考えられる。図中の細線はこのモデルのフーチング部と柱部の断面比を表しており、応力の増幅率はこの断面比に依存していると考えられる。

表1.材料定数

	鉄筋コンクリート
密度(kgf/cm ³)	2.3×10^{-3}
ヤング係数(kgf/cm ²)	3.0×10^5
ポアソン比	0.167

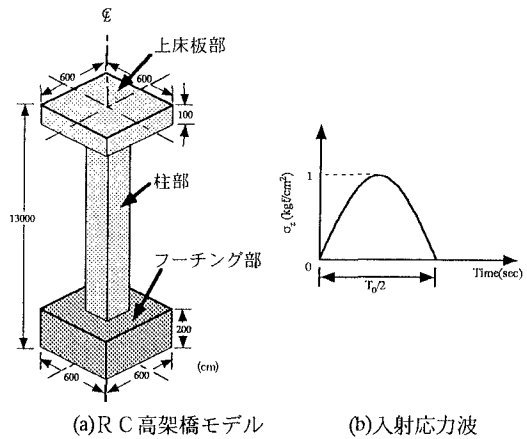


図1.解析モデルと与えた外力

3.上下地動を受ける高架橋RC橋脚の応力伝播解析

次に図3に示す基盤底面全体に余弦変位波(正弦速度波)を受ける三層地盤とその上に架設されたRC高架橋橋脚の解析を行った。このモデルの境界面も全て自由面とし、対象条件を用いて要素分割された1/4モデルを用いた。基盤、洪積地盤、表層地盤は全て弾性体として取り扱っており、表2にそれぞれの材料定数を示す。ただし、鉄筋コンクリートについては、上記表1に示した通りである。図中の入射変位波は、地震による上下

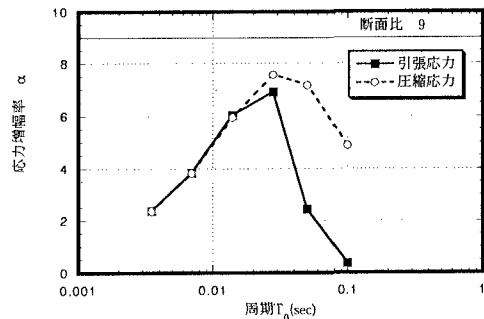


図2.最大増幅率一周期関係図

地動を想定した変位モデルであり，最大変位速度を $v_0=3.24\text{ kine}$ とし，周期 T_0 をパラメータとして解析を行った。

$$v_z = v_0 \sin \frac{2\pi}{T_0} t$$

$$w_z = \frac{T_0}{2\pi} v_0 (1 - \cos \frac{2\pi t}{T_0})$$

橋脚柱部内の上・中央および下部の3点における鉛直応力応答を図4に示す。橋脚中央において特に大きな応答を示し，その値は圧縮応力で 30 kgf/cm^2 ，引張応力で 40 kgf/cm^2 以上であった。これは同条件下の基盤内での鉛直応力応答値が約 2 kgf/cm^2 であったのに対し15~20倍に相当した。

橋脚柱部中央における最大応力応答値と入力変位周期 T_0 の関係を図5に示す。圧縮および引張共に周期 $T_0=0.1\text{ sec}$ なる鉛直変位波の下で最大値を示している。

また図5によれば，本解析で使用した三層地盤モデルの基盤内において，卓越周期が 0.1 sec の上下動の地震波が入射し，その最大変位速度が 3.24 kine と仮定した場合にRC柱部中央に導入される最大圧縮応力は約 32 kgf/cm^2 ，最大引張応力は約 44 kgf/cm^2 となることが分かる。従って，コンクリートの引張強度を約 30 kgf/cm^2 ，自重による圧縮応力を $10\sim 20\text{ kgf/cm}^2$ と考えた場合，RC橋脚柱部に引張破壊を生じさせるには，基盤上で3~4kine程度の変位速度が必要であることが分かる。

4.まとめ

今回の解析結果は，限られたモデルに対する弾性波動解析によるものであり，また兵庫県南部地震によって被害を受けた実際の高架橋の地盤での解析結果ではないが，地震波に 0.1 sec 前後の卓越周期があるならば，柱断面が縦衝撃により引張破壊を呈し，それに起因して様々な破壊形式に至った可能性があることを示唆することができた。

参考文献

園田恵一郎：阪神大震災における土木構造物の衝撃破壊について，土木学会構造工学委員会衝撃問題研究小委員会資料，1995。

表2.材料定数

	基盤層	洪積層	表層
密度 (kgf/cm^3)	1.6×10^{-3}	1.6×10^{-3}	1.6×10^{-3}
ヤング係数 (kgf/cm^2)	1.0×10^5	1.0×10^4	1.0×10^3
ポアソン比	0.4	0.4	0.4

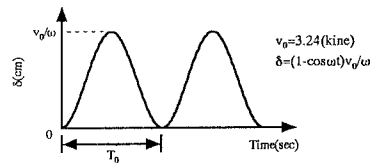
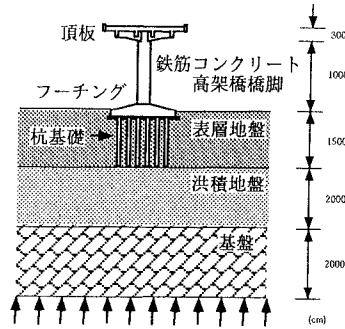


図3.解析対象と鉛直変位波

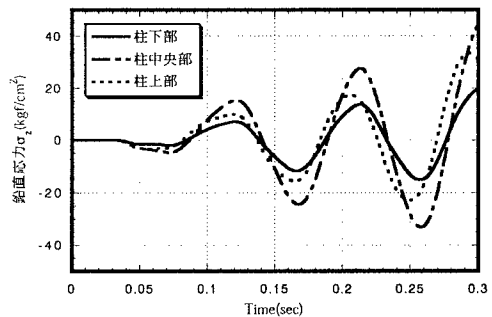


図4.橋脚内の鉛直応力応答($T_0=0.1\text{ sec}$)

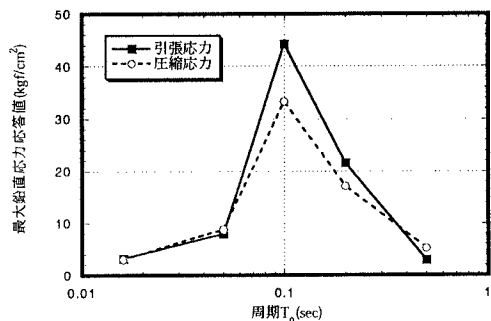


図5.最大鉛直応力一周期関係