

東海大学大学院 学生会員 ○佐久間健一
 東海大学大学院 学生会員 鈴木 勝也
 東海大学工学部 正会員 近藤 博

1. はじめに

兵庫県南部地震では多くの土木構造物が被害を受けた。橋脚の破壊に着目すると、今までとは異なる崩壊のメカニズムが見られた。これらの原因として、衝撃的上下動が注目され、多くの研究^{1,2,3)}が行われている。そして、橋脚モデルを用いた実験で上下動による崩壊の可能性を証明できたとしているが、模型サイズや実験方法等に問題があると思われる。

本報告は、一次元波動理論を用いた、シミュレーション計算により、模型サイズや境界条件の影響、さらに、桁が橋脚から離れる場合等の問題について検討したものである。

2. 橋脚モデルと入射波

橋脚モデル：図-1は今回の計算に用いた橋脚モデルである。脚上部（上部構造も含む）、脚部および脚下部のインピーダンスをそれぞれ Z_u 、 Z 、 Z_ℓ とする。また脚上部、脚部の長さを ℓ_u 、 ℓ とした。

計算は表-1に示す各種の組み合わせで行った。ここに、 Z_{ru} を上部インピーダンス比、 Z_{rl} を下部インピーダンス比と定義する。またモデル内の弾性波速度を5000m/sと仮定した。

表-1 計算の組合せ

Z	$\frac{Z_u}{Z} = Z_{ru}$	$\frac{Z_\ell}{Z} = Z_{rl}$	ℓ_u (m)	ℓ (m)
1	3	5	2	1
	5	10		5
	10	16		10

入射波：図-2は入射波の形状（三角応力パルス、大きさ $\sigma=1$ ）を示したものである。周期 T は図に示すように定義する。実線部分を基本入射応力波とし、入射波①、また、点線部を含めた入射波を入射波②、入射波②を3回連続させた場合を入射波②×3と表現する。これらを図-1に示す橋脚モデルの下部から入射した。

3. 計算結果と検討

3.1 脚部の長さの影響：図-3は、 $Z_{ru}=3$ 、 $Z_{rl}=16$ で脚部の長さを変化させ、入射波①（ $T=0.002$ msec）を用いて計算した脚部中央部の応力比（発生応力/入射応力）を示したものである。図から、脚部長により応答性状が異なることがわかる。また、脚部の長さが10mの場合には、応力比は1を超えることはないが、脚部の長さが1mの場合には応力比が2.8になることも分かる。特殊橋脚を想定し、 $Z_{ru}=10$ 、 $\ell=10$ m、で、上記と同様な条件で計算したところ、応力比が1.5となった。これらから、このよう問題を、小さな模型で検討することには、問題があることがわかる。

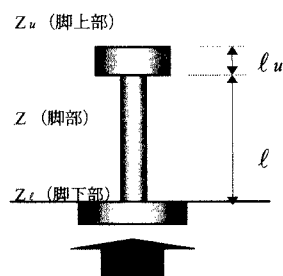


図-1 橋脚モデル

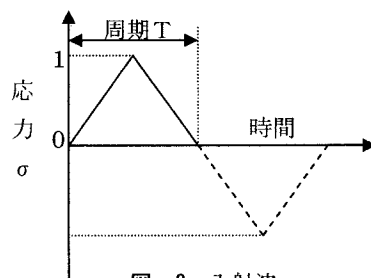


図-2 入射波

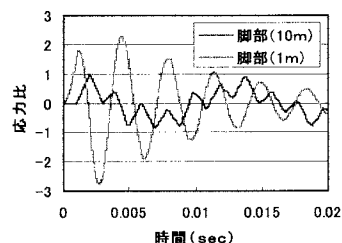


図-3 脚部長と応力比

キーワード：地震、衝撃的上下動、数値解析、模型

東海大学工学部土木工学科 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117 TEL0463-58-1211

3.2 入射応力の周期の影響：図-4 は、 $Z_{ru}=3$ 、 $Z_{rl}=16$ 、 $\ell=10\text{m}$ の橋脚モデルにて、入射波①で T を変化させたときの、脚部に発生する最大応力を応力比で示したものである。図から、 $T=0.014\text{msec}$ で応力比 3.2 と最大になることがわかる。また、最大応力の発生する要素は、周期によって異なり、 $T=0.014\text{msec}$ の場合は、脚下部で発生している。さらに、連続波での検討を行ったところ、入射波② $\times 10$ 、 $T=0.002\text{msec}$ で、応力比が 8 を示した。これらから、地震波が長期的に入射すると崩壊の危険性が高くなることが予想される。

4. 初期圧縮応力の開放

種々の条件でシミュレーション計算を行ったところ、脚上部に引張応力が生じることがわかった。そこで、上部構造(桁等)が打ち上げられ、上部構造の重量によって生じている自重応力が波動に変換される場合について検討した。図-5 に実験装置の概要を示す。脚部モデルは長さ 1m のアルミパイプを用い、図に示すように下端から 10, 30, 50, 70cm の位置に半導体ひずみゲージを貼付してある。脚モデルの上端を固定し、下端にひもを介して約 200kgf/cm^2 の引張り応力を作用させた後、ひもを切断する方法で応力を開放した。そのときの実験波形を図-6(a)、また理論波形を図-6(b)に示した。実験波形はひもの切断速度やモデル長の影響で鈍っているものの、理論値と同様な傾向になっていることがわかる。このような初期応力の波動への変換の影響は特殊橋脚の場合には無視できないものと判断している。また、このような現象は曲げ応力を含めた全ての初期応力が波動に変換されることを示唆するものである。

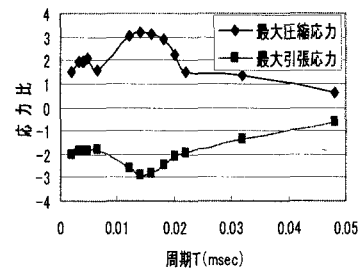


図-4 周期 T と最大応力

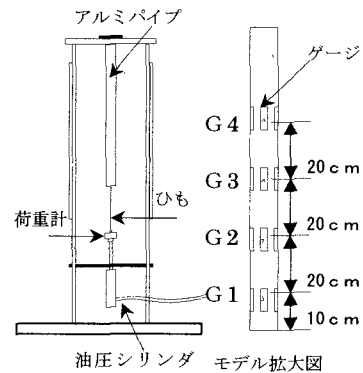


図-5 実験装置の概要

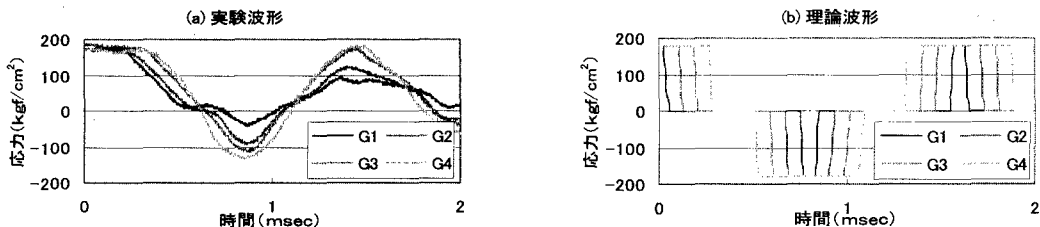


図-6 初期圧縮応力の開放

5. まとめ

衝撃的上下動を受ける橋脚の応答に関して、1次元波動理論を用いたシミュレーション計算と初期圧縮応力の開放に関連した簡単な模型実験から以下のことが明らかになった。

- (1) 小さな橋脚モデルを用いた実験では、衝撃的上下動を受ける橋脚の挙動を解明するのは無理と思われる。
- (2) 橋脚に発生する応力は、単一パルスより繰り返しのほうが大きくなる。
- (3) 衝撃的上下動を受けたときの、橋脚の破壊の問題は、①入射応力の橋脚内部での波動の反射・透過、②橋部の初期応力の開放により発生する波動、③上部構造の自由落下による打撃応力、の3つの重ね合わせで検討する必要がある。

参考文献

- 1) 石丸和宏, 林道廣, 園田恵一郎, 高田直俊: 高架橋RC橋脚の衝撃的破壊について, 土木学会第53回年次学術講演会概要集, pp. 980~981, 1998
- 2) 園田恵一郎, 高田直俊: 水中線爆装置による高架橋RC橋脚モデルの衝撃破壊実験, 第4回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集, pp. 251~256, 1998
- 3) 大野友則, 喜多龍一郎, 後藤一典: 軸方向に衝撃力を受けるRC円柱試験体の圧縮破壊メカニズムに関する実験的研究, 土木学会論文集, No. 584/I-42, pp. 229~242, 1998