

中部大学 正会員 平澤 征夫
 中部大学 正会員 伊藤 和幸
 中部大学大学院○学生員 古澤 誠司

1. まえがき

ヨーロッパなど諸外国では、すでに高橋脚や斜張橋の塔のような長大構造物を、鉄筋コンクリート（以下 RC と略記）で施工している例が数多くある。今後我国でこのような長大 RC 構造物を造る場合、地震による構造物の動的挙動および振動性状を明確化し、それに基づく厳密な耐震設計を行う必要がある。

そこで本研究では、その基礎的研究として RC 高橋脚モデルを 8 体作製し、モデルの損傷が増大していく過程での振動性状の変化について調べるとともに、計算値との比較および得られた振動数の変化によるモデルの損傷程度の判定を試みてみた。

2. 実験概要

実験は、表 1 に示すように 8 体の供試体について、おもり (200kg)・方向・回数
 の要因を変えて行った。各供試体の形状・寸法は、図 1 に示す通りである。なお柱部を予め水平方向に打設しその後底部を打設した。載荷方法は供試体を、図 2 に示す方向へ水平 Actuator を使って正負交番履歴を変位制御で段階的に行った。そしてそれぞれの段階ごとに微振動を起し、加速度計による波形をラピコダに記録し、波形から自由振動数および減衰定数を求めた。

3. 振動数・減衰定数の計算

振動数は、供試体を図 3 に示す振動モデルと考え式 (1) により求めた。¹⁾ なお供試体の断面剛性は、次の 2 つの方法によって求めた。

- 中立軸の位置を計算で求めることにより、曲げ剛性を求める。
- 実験で測定した引き抜き押し込み変位より曲率を求め、求めた曲率から曲げ剛性を計算する。

$$\omega = \omega_0 / 2\pi \quad (1) \quad \omega; \text{振動数}$$

$$\omega_0 = \sqrt{k / (m + 0.23ms)} \quad \omega_0; \text{円振動数}$$

$$k = 3EI / \ell^3$$

減衰定数の計算とし

ては、等価減衰定数を計算した。²⁾ 具体的な計算方法を図 4 に示す。

4. 実験結果と考察

(1) 自由振動数

図 5 に自由振動数の変化を示す。この図より供試体の損傷によって振動数が変化していることがわかる。

次に図 6 に振動数を無次元化したものを示す。図 6 は縦軸に損傷を与えられる前の振動数を 100 % として振動数率の変化の様子を示したものである（ただし、A I - 11 と B V - 11 は載荷前にひびわれが認められたので、A I - 1 と B V - 1 の無載荷時の振動数を 100 % として用いた。）。図より振動数率の変化には、11 回繰り返しの影響は設計時の値で約 5 ~ 10 % 程度の低下が認められるがおもりの有無による影響はほとんどみられない。

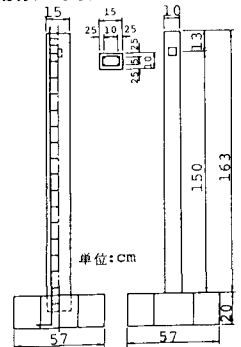


図 1 供試体の形状・寸法

表 1 供試体種類

供試体名	おもり	方向	回数
A-I-1	無	I	1
A-I-11	無	I	11
A-V-1	無	V	1
A-V-11	無	V	11
B-I-1	有	I	1
B-I-11	有	I	11
B-V-1	有	V	1
B-V-11	有	V	11

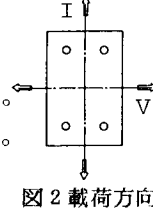


図 2 載荷方向

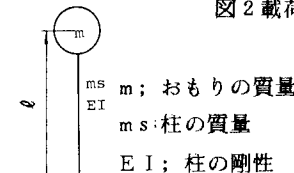


図 3 振動モデル

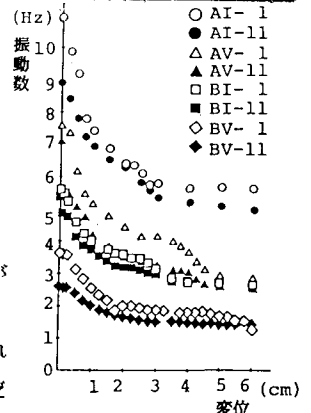
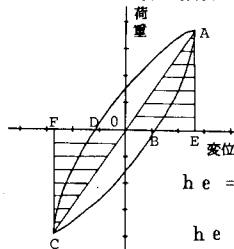


図 5 振動数の変化

(2) 減衰定数

図7に減衰定数の変化を示す。図7は縦軸に減衰定数をとり横軸には水平変位をとったものである。この図より減衰定数は、ひびわれ発生後増加の傾向を示すことがわかる。減衰定数の変化の様子は方向によって異なりI方向では設計荷重以後低下するが、V方向では低下が少ない。また図よりI方向、V方向ともひびわれ発生後2～6%の範囲で変化した。振動方向による違いは、強軸方向と弱軸方向とでは弱軸方向のほうが大きな減衰定数を示している。

(3) 損傷度の判定

表2に図6より得た供試体の損傷程度と振動数率の関係を示す。表より損傷を受ける前の自由振動数を100%とした場合ひびわれ荷重時で99～75%，設計荷重時で72～61%，鉄筋降伏時で60～49%，終局強度計算値到達時で55～38%であった。このことより振動数率から逆にその供試体の損傷程度を判断することが可能であると考えられるすなわち、振動数率が75，60，50，40%に低下しているものとすれば、それぞれ、ひびわれ荷重，設計荷重，鉄筋降伏荷重，終局荷重計算値に達した損傷を受けたものと判断できる。

(4) 計算結果とその適合性

振動数の実測値と計算値の比較を図8に示す。図中の白丸は実測の振動数率の変化であり、黒丸は実測の曲率から計算した振動数率、点線は断面の曲げ剛性を計算で求めその値から計算した振動数率である。図より曲率から計算した振動数率は実測値とよく合致しているが、計算でもとめた曲げ剛性から計算した振動数率はひびわれ荷重時と鉄筋降伏時の2点のみで一致するがそれらの中間では適合していない。これは鉄筋の引き抜け・押し込みの影響がでているものと思われる。次に測定した減衰定数と等価減衰定数の比較を図9に示す。図中、実線は減衰定数であり点線は等価減衰定数である。この図より、得られた等価減衰定数は実測値より2～3%程度大きめの値を与えているが、定性的には減衰定数の変化の傾向を比較的良好に表していると言える。

5. まとめ

本研究より、振動数の低下割合から損傷程度を判定することが可能であると考えられる。また、固定端近傍の曲げ剛性の変化を正確に求めることができたなら振動数も精度よく推定できると考えられる。減衰定数は、ひびわれ後2～6%の範囲で変化した、実際の設計で使われている減衰定数とほぼ一致した。等価減衰定数は、減衰定数の変化の傾向はよく表しているが定量的に一致させるためには今後の検討が必要である。

表2 振動数率

供試体名	ひびわれ荷重時	設計荷重時	鉄筋降伏荷重時	終局計算荷重時
AI-1	76	69	60	51
AI-11	76	65	59	44
AV-1	99	68	55	53
AV-11	75	61	49	38
BI-1	98	72	60	51
BI-11	89	70	57	53
BV-1	97	69	50	43
BV-11	84	68	59	55
BV-11	61	53	42	39

＊BV-1の無載荷重時を100%とした場合

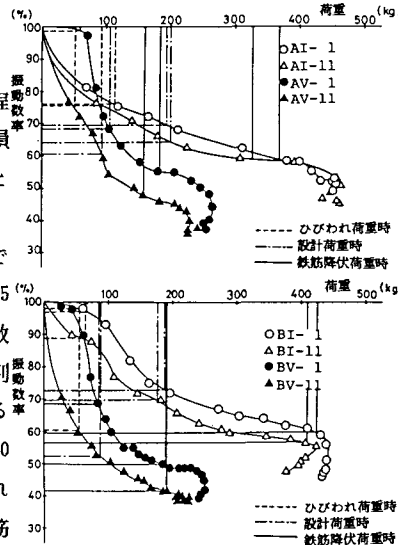


図6 振動数率の変化

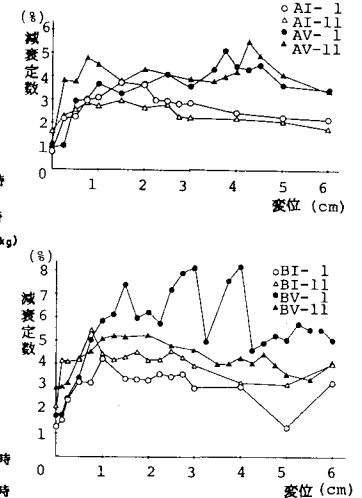


図7 減衰定数の変化

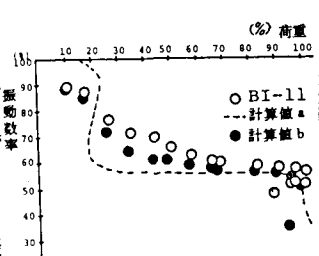


図8 振動数率と計算値

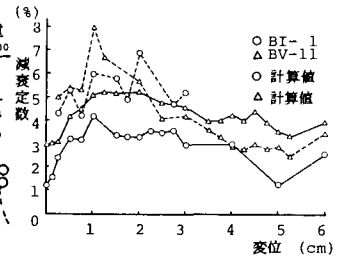


図9 減衰定数と等価減衰定数

<参考文献>

- 1) 巨理厚著：機械振動学 共立出版
- 2) 大沢，柴田：構造物の履歴特性と振動減衰性，日本建築学会論文報告集第66号