

## 衝撃的動的載荷法による鋼管橋脚模型実験

(株) 日本製鋼所	正 員 熱海 明彦
開発土木研究所	正 員 佐藤 昌志
(財) 北海道道路管理技術者センター	正 員 小山田欣裕
室蘭工業大学	正 員 岸 徳光
(株) 日本製鋼所	正 員 佐藤 和則

## 1 はじめに

鋼管橋脚は、耐震性に関してねばり（じん性）に富むといわれている他、工場製作がほとんどで現場架設が容易なことから、都市内高架等に今後の架設需要が見込まれるものと考えられる。しかしながら、反面では工費が一般のRC橋脚等と比較して高いことから、製作工数および材料重量をいかに下げて、かつ安全性を保つかが大きな課題といえる。

一方、鋼管橋脚または柱構造に関する耐震性を扱った実験は比較的少ないと思われる中で、特に動的載荷時の実験についてはほとんど報告されていないのが実情と考えられる。基本的には動的載荷模型実験である限り相似則が適用せねばならないが、破壊挙動を把握する意味ではこれを考慮する必要が無く、比較的容易に実験が可能である。

本論文では、鋼管模型を用い破壊挙動に着目した実験を行ったのでこれを報告するものである。

## 2 実験概要

## 2.1 加振方法

加振方法は、油圧サーボアクチュエータを用いてSIN波を入力し共振させて破壊に至らせるのが一般的と考えられるが、最近収集した加速度記録においては強制変位を加えるような記録も得られていることから、SIN波一波を入力することとした。具体的には、共振周波数で、用いた試験機の限界まで強制変位を加えることとした。

## 2.2 供試体

供試体は、SGP90A（ガス管）を1.9mmまで削りだして製作した。重錘重量は、強制変位を使用試験機の限界能力にて供試体を破壊させる必要があることから、1tfとした。その時の供試体の固有周期は、0.36secである。製作した供試体を図-1に試験機（実験状況）を図-2に示した。

## 2.3 計測項目

実験における鋼管の破壊は、基本的に基部の座屈であることから図-1の供試体一般図の→方向にゲージを貼り計測を行っているとともに、入力変位、入力加速度、応答加速度を測っている。加速計は、入力測5G、応答測1Gである。入力測を5GとしたのはSIN一波を入力した場合、過度応答が入り波形が衝撃的に発生するためである。

---

Dynamic loading test of Steel tube pier

Akihiko ATUMI, Masasi SATO, Yoshihiro OYAMADA, Norimitu KISI, Kazunori SATO

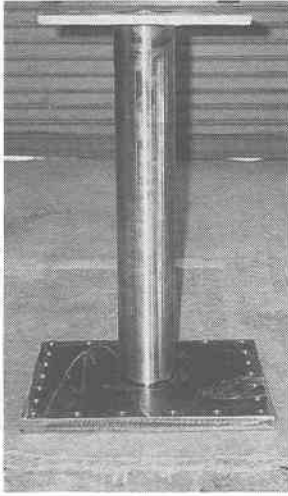


図-1 製作した供試体

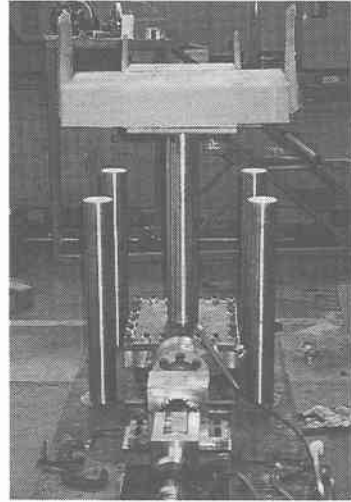


図-2 試験機 (実験状況)

### 3 実験にあたっての準備解析

入力周波数 (sec)	応答値 (gal)
0.1	40
0.2	150
0.3	250
0.4	290
0.5	250
0.6	230

表-1 計算値の応答加速度 (入力加速度100gal)

#### 3.1 加速度応答スペクトル

事前に最大応答加速度を調べておく必要があることから、固有周期0.36secの供試体に0.1~0.6secで0.1sec毎に入力加速度を100galとした場合の応答スペクトルを作成している。計算値を表-1に示した。

#### 3.2 減衰常数

図-3に供試体の減衰波形を示した。微小振幅で自由振動させていることと、鋼材という材料特性から、減衰常数は約2%比較的小さい値となっている。

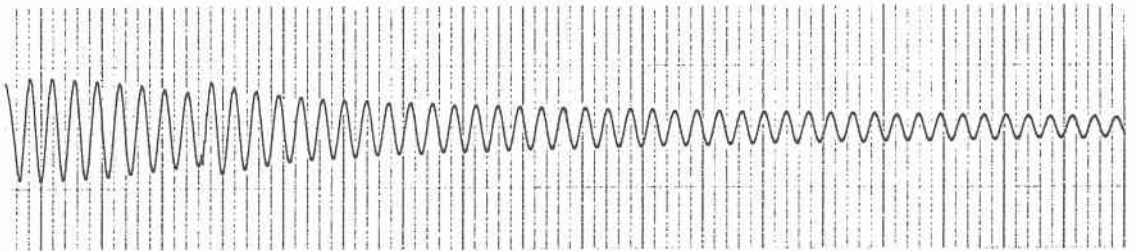


図-3 供試体の減衰波形

### 3.3 静的座屈試験

応答加速度がどの程度で座屈が生じるか静的試験を行い、事前に座屈荷重と圧縮ひずみを測っている。供試体の都合から高さが45cmのものを用いている。座屈荷重は、約9.5tfで圧縮歪みは4000～5000μで荷重が下がり座屈状態となっている。この荷重を高さ1mの供試体に換算すると、約550kgf(550gal)で座屈する計算となる。

## 4 実験結果と考察

### 4.1 固有周期0.36secに合わせ変位を増大した場合(SIN一波)

サーボ試験機の特性を考慮した中で、0.1mm～120mmまで0.36secのSIN一波の応答を表-2に示した。上から順に、設定変位、応答加速度、入力加速度、基部軸歪み、計測変位、の順で示した。

表-2 SIN一波の応答

入力周期(sec)	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
入力変位(mm)	0.10	0.50	1.00	5.0	10.0	21.0	30.0
実変位(mm)			1.25	1.6	1.75	3.05	3.9
入力加速度(gal)			16.0	17.0	16.0	29.6	47.5
応答加速度(gal)			40	51.5	93	155	205
ひずみ(μ)	26	87	113	188	275	480	690

入力周期(sec)	0.36	0.36	0.374	0.374	0.7	0.5	0.53
入力変位(mm)	40	70	100	120	120	120	120
実変位(mm)	5.25	20.0	25.0	30.0	15.0	15.0	20.0
入力加速度(gal)	55.0	85.0	100.0	145.0	100.0	125.0	105.0
応答加速度(gal)	265	400	525	605	455	605	650
ひずみ(μ)	850	1000	1250	1300	1500	7000	7500

設定変位120mmで入力加速度が145galでその時の応答加速度が605gal、基部圧縮ひずみは1300μとなっているが目視上座屈は生じていなかった。なお、この時点で自由振動試験を行いFFTで固有周期が0.36secからずれていないことを確認している。

このことから、SIN一波の共振よりも強制変位を大きく設定した方が応答加速度が大きくなると判断し、0.53secでのSIN一波載荷を行った結果が表-1の最右端の結果である。応答加速度は、650galで0.36secの加振より大きくなり、基部のひずみは7500μに達したとともに写真-1のと通りの座屈が生じた。

0.36secで座屈が生じないで、固有周期と異なった周期で座屈が生じたのは実験時の振動モードにおいて、大変形時に上の重錘のロッキングモードも表れ固有周期が0.53secに伸びたためと推測される。

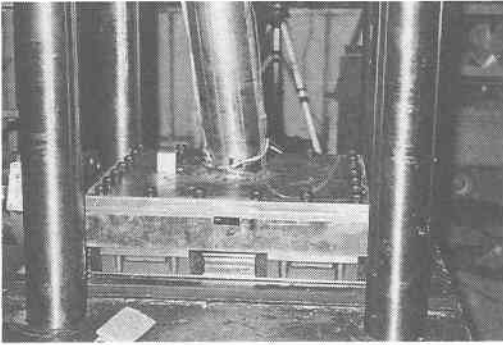


写真-1

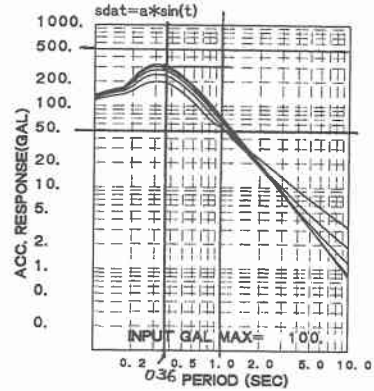


図-5 加速度応答スペクトル

#### 4. 2 固有周期0.36 sec SIN波 (連続)

0.36 secの周期で連続的に変位量を大きくしたときの応答を図-6に示した。一波と異なり入力エネルギーが大きくなる(共振状態)ことから加振後、約2 secで転倒する座屈が生じている。この実験は、一波加振で微小座屈を生じさせた後に行っていることから方揺れで転倒状態となっている。しかしながら、一度微小座屈を起こすと座屈した方向に方揺れで転倒状態に達し、測定固有周期が1.0 secになっていることから円形上に座屈形状をつくるためには、図-5の加速度応答スペクトルからすれば約1000 galの入力が必要になり、動的加振実験でこれを再現するのは難しいことがわかる。

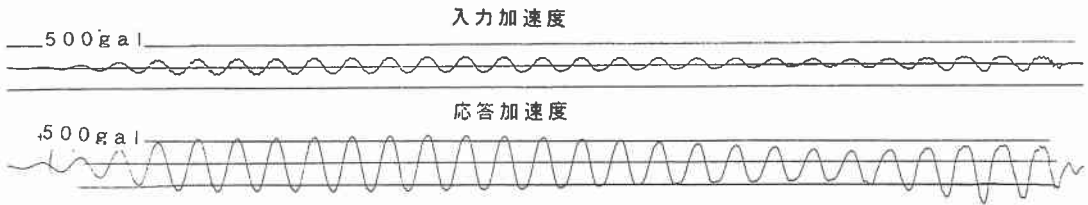


図-6 変位量を大きくしていく応答加速度波形

### 5 まとめ

鋼管橋脚の合理的設計を目指して、本論文ではその基礎実験と位置付け近年得られた加速度の大きい一波形を選びこれを入力した。その結果

- ①サーボ型アクチュエータの能力不足から明瞭なSIN波は入力できなかったが応答は減衰定数を考慮すれば理論値とほぼ同じ結果を得られた。
- ②実験ではロッキングモードが生じ計算との固有周期がずれたが比較的簡単に座屈が生じた。
- ③連続SIN波を入れた場合、微小な座屈が生じれば片倒れで転倒に至ることが解った。

来年度はこの基礎実験を基に1/3モデル模型で実験を行う予定である。