

I-A6

小型鋼管柱の動的載荷実験と考察

長 大
北海道開発局開発土木研究所
北海道道路管理技術センター
日本製鋼所

正会員 田所 洋一
正会員 佐藤 昌志
正会員 小山田欣裕
正会員 熱海 明彦

1. はじめに

鋼管橋脚は、耐震性に関してねばり（じん性）に富んでいるが、鋼管橋脚または柱構造に関する耐震性を扱った実験は少なく、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。

本実験は基本的に動的載荷による模型実験なので相似則が適用されなければならないが、破壊モードを把握する意味ではこれを考慮する必要はなく、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モード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

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器の限界まで強制変位を加えることとした。（写真－1）

供試体は、SGP90Aを1.9mmまで削りだして製作した。重錘の重量は、強制変位を使用試験器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。供試体の固有周期は、0.36secである。

計測項目は、鋼管ひずみ、入力変位、入力加速度、応答加速度である。加速度計は入力側5G応答側1Gである。入力側を5GとしたのはSIN一波を入力した場合、過度応答が入り衝撃的な波形が発生するためである。

3. 実験にあたっての準備解析

3-1. 加速度応答スペクトル

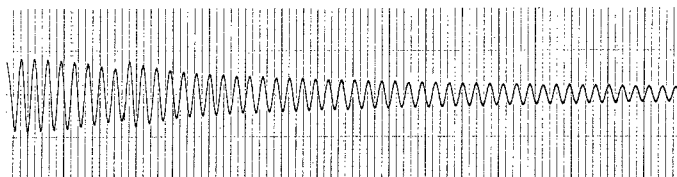
事前に最大応答加速度を調べておく必要があることから、固有周期0.36secの供試体に0.1～0.6sec毎に入力加速度を100galとした場合の応答スペクトルを作成した。（表－1）

3-2. 減衰定数

微小振幅で自由振動させていることと、鋼材としての材料特性から、減衰定数は約2%と比較的小さい値となっている。

3-3. 静的座屈試験

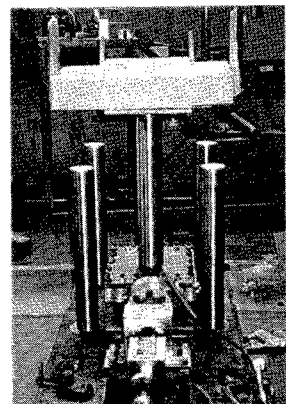
応答加速度がどの程度で座屈が生じるか静的載荷試験を行い、事前に座屈荷重と圧縮ひずみを計測した。供試体の高さは45cmのものを用いている。座屈荷重は、約9.5tfで圧縮ひずみが4000～5000 μ で荷重が下がり座屈状態となっている。この荷重を高さ1mの供試体に換算すると、約550kgf(550gal)で座屈する計算となる。



図－1 供試体の減衰波形

表－1 計算値の応答加速度
(入力加速度100gal)

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



写真－1 実験状況

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）

サーボ試験器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に示す。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1300 μ となっているが目視上座屈は生じなかった。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一波载荷を行った結果が表-2の下段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7500 μ に達するとともに写真-2のとおり座屈が発生した。

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大変形時に重錘のロッキングモードもあらわれ、固有周期が0.53secに長くなったためと推測される。

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
入力加速度(gal)				16.0	17.0	16.0	29.6
応答加速度(gal)				40	51.5	93	155
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

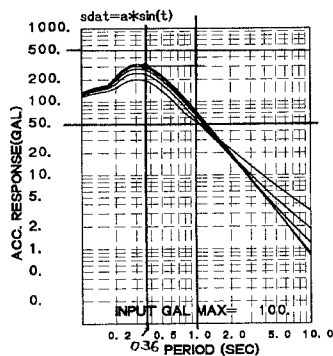


図-2 加速度応答スペクトル

4-2. 固有周期0.36secSIN波（連続）

0.36secの周期で連続的に変位量を大きくしたときの応答を図-3に示す。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2secで転倒する座屈が生じている。この実験は、一波加振で微少座屈を生じさせた後に行っていることから片揺れで転倒状態となっている。しかしながら、一度微少座屈を起こすと座屈した方向に片揺れで転倒状態に達し、測定固有周期が1.0secになっていることから円形状の座屈形状をつくるためには、図-2の加速度応答スペクトルから約1000gal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。

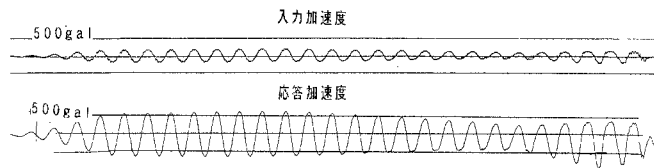


図-3 変位量を大きくしていく応答加速度波形

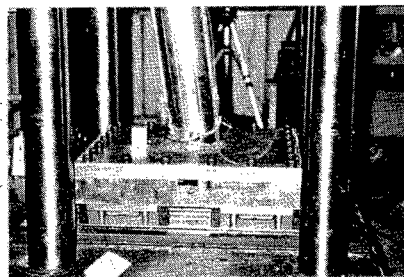


写真-2 破壊モード

5. まとめ

本実験で得られた結果をまとめると次の通りとなる。

- 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が得られた。
- 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、微少な座屈が生じれば片倒れで転倒に至ることがわかった。