

準動的載荷実験及び振動台実験における ひずみ速度の影響について

横浜国立大学 正会員 山口隆裕
日本道路公団 正会員 滝澤 晶
横浜国立大学 学生員 ○柳井修司
横浜国立大学 正会員 池田尚治

1. はじめに 構造物の地震応答挙動を把握するための実験方法の一つである準動的載荷実験は、実験設備等の関係で振動台実験に比べて、はるかに取り扱いが容易である。しかしながら、準動的載荷実験は本質的には静的載荷であるため載荷速度に起因するひずみ速度と減衰の影響が実験中に含まれないので、種々の

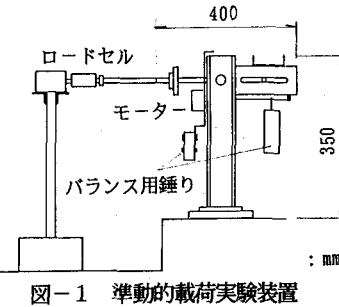


図-1 準動的載荷実験装置

動的特性を把握するには、振動台実験との比較対応をしておくことが必要となる¹⁾。本報告はひずみ速度の影響に関して行った準動的載荷と振動台との比較実験の結果について述べるものである。両実験に使用した供試体は、実験を容易にかつ合理的に行うために、同じ諸元の小型模型柱とし、載荷もそれぞれ本研究室で開発した小型装置により行うこととした。

2. 実験装置と供試体 準動的載荷実験装置の形状を図-1に示す。加力は電動機式モーターで行い、その載荷容量は $\pm 20\text{kgf}$ 、載荷ストロークは $\pm 100\text{mm}$ であり、載荷速度は無負荷時で 0mm/sec. から 5.2mm/sec. まで調整できる。振動台実験装置の形状を図-2に示す。加力は油圧式アクチュエーターで行い、最大載荷ストロークは $\pm 100\text{mm}$ 、最大生起加速度は 150gal である。実験に使用した供試体は鋼柱

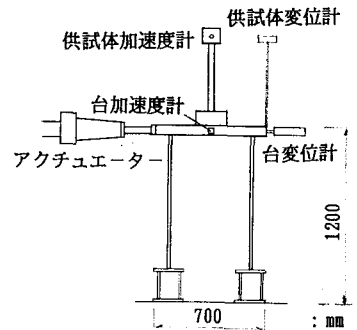


図-2 振動台実験装置

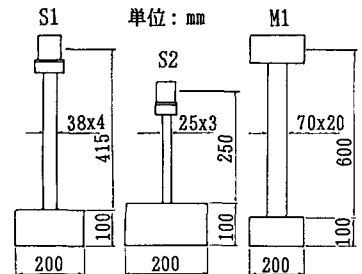


図-3 供試体の形状

2種類（S1及びS2）とモルタル柱1種類（M1）であり、その形状を図-3に、諸元を表-1に示す。

3. 弾性域の挙動の比較 図-4にS1供試体を使用した弾性域内での準動的載荷実験より得られた時刻歴応答変位曲線と計算値の比較を示す。実験に使用した地震波は最大加速度を 150gal に補正したEl Centro 1940 NSの16秒間とした。若干の差はみられるが、全体的に2つの結果はよく一致しており本載荷装置により準動的載荷実験が精度良く行えることが確認できた。諸元が同じで固有周期が若干異なる供試体を用いた振動台実験より得られた時刻歴応答変位曲線と計算値との比較を図-5に示す。振動台実験での値がわずかではあるが、前半では計算値を上回り、後半では下回っている。これは、錘りを供試体に剛結した為に生じる錘りの回転慣性力の影響、振動台実験には高周波の微振動が含まれていること、計算値はバネ-質点系と仮定していること、等が総合的に影響したものと考えられる。これらのことを考慮すると、図-4、5の結果から準動的載荷実験より得られる結果は弾性域内ではひずみ速度による影響は少なく、ほぼ正確に

表-1 供試体の諸元

供試体名	S1	S2	M1
錘り重量(kgf)	3.842	2.176	17.707
初期剛性(kgf/cm)	2.10	1.41	13.08
固有周期(sec.)	0.270	0.248	0.227
柱部材引張強度(kgf/cm ²)	8267	3390	28.9
モルタル圧縮強度(kgf/cm ²)	—	—	267.5

部材の動的応答挙動を示すことが確認された。なお、この時の振動台実験における柱根元部の最大ひずみ速度は約 $8000\mu/\text{sec.}$ であり準動的載荷実験のそれは約 $30\mu/\text{sec.}$ と推定された。

4. 塑性域を含んだ挙動の比較 供試体は振動台実験装置の能力からS2供試体とた。載荷速度を後に行う準動的載荷実験と対応させ、定速時 0.8mm/sec. として静的正負載荷実験を行った結果、ひずみ速度の最大値は降伏前で約 $100\mu/\text{sec.}$ 、変位が降伏変位($1\delta_y$)を超える瞬間には急激に大きくなり約 $1800\mu/\text{sec.}$ が得られた。振動台実験には周期 0.24sec. 、振幅 2mm のSin波を使用した。準動的載荷実験には、実際に振動台に生じた加速度を用いた。両実験により得られた供試体の最大応答変位は、それぞれ $1\delta_y$ をわずかに超える値であった。振動台実験中に生じた最大ひずみ速度は約 $1 \times 10^5 \mu/\text{sec.}$ で静的載荷時の約50倍であった。図-6に両実験より得られた時刻歴応答変位曲線の比較を示すが、応答変位が $1\delta_y$ を超えるあたりから振動台実験値の方が大きい値を示している。また、応答加速度も全く同じ傾向を示していた。部材の降伏後、応答変位、応答加速度とも振動台実験の方が大きい値を示したことは、弾性域の挙動の所で述べた両実験中に含まれる誤差により生じた差と考えられる。従って、今回の供試体を使用した鋼板においては、ひずみ速度の増加に伴う降伏点の上昇は小さく、両実験の誤差範囲内のものと考えられた。

5. モルタルのひずみ速度の影響 M1供試体を使用して準動的載荷実験と同じ載荷速度のレベルで静的正負載荷実験を行った結果、柱部モルタルの引張側の最大ひずみ速度は約 $30\mu/\text{sec.}$ であった。一方、最大加速度を 150gal に補正したEl Centro波を使用した振動台実験でモルタルに生じた最大歪速度は約 $3.2 \times 10^4 \mu/\text{sec.}$ であった。しかしながら、図-7に示すように準動的載荷実験と振動台実験より得られた時刻歴応答変位曲線を比較すると、その差はわずかで、供試体のばらつきやそれぞれの実験誤差等の範囲内のものと思われ、ひずみ速度の影響はわずかなものであると考えられた。

6. まとめ ひずみ速度の範囲が限られたものであるが、本研究の結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 鋼柱供試体を用いて準動的載荷と振動台の比較実験を行った結果、弾性範囲のみならず、降伏変位をわずかに超える域においても、載荷速度に起因するひずみ速度の差が実験結果に与える影響は小さいものであった。
- 2) 地震応答挙動がひび割れの発生により大きく影響を受けるモルタル柱においても、ひずみ速度の差が実験結果に与える影響は小さいものであった。

参考文献 1) 山崎、中島、上之園、井崎、前田：振動台実験と仮動的実験による鉄骨骨組の地震応答、日本建築学会構造系論文報告集364号、pp.23～pp.32、1986年6月

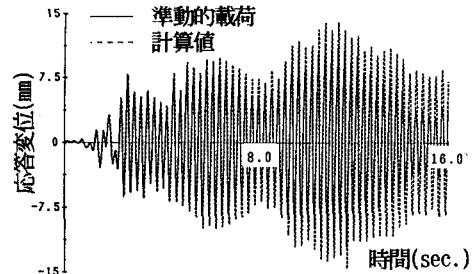


図-4 時刻歴応答変位曲線の比較

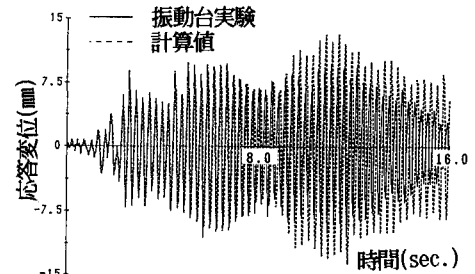


図-5 時刻歴応答変位曲線の比較

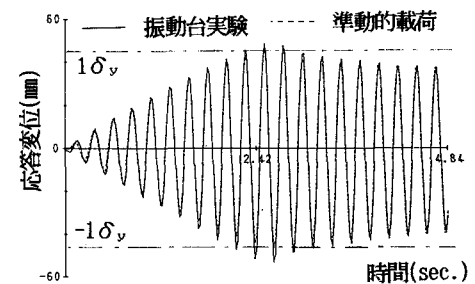


図-6 時刻歴応答変位曲線の比較

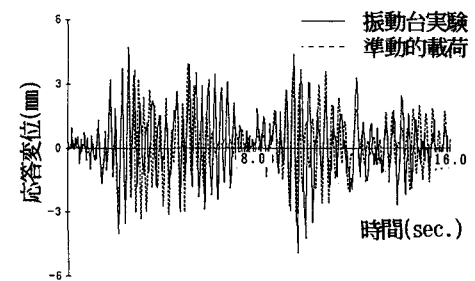


図-7 時刻歴応答変位曲線の比較