

強震時構造物の弾塑性応答に関する模型実験

東京工業大学工学部 伯野元彦 ○四俣正俊

1 はじめに

現在、大地震を受けた際の構造物の応答に関する研究が数多く行われているが、その際使われている計算法は、いずれも構造物の「カ～変位」関係をヒステリシスを持った適当な関係に仮定して計算機にかけるといふものである。この「カ～変位」関係の仮定が静的載荷試験結果にもとづくものである点に関して我々は疑問をもち、先にそれに関する実験を行った。これは小さな鋼片持梁を地震波状外力によって破壊するものであったが、その「カ～変位」関係は必ずしも従来用いられてきた仮定どおりのヒステリシスループとは言えないようであった。そこで、この実験で実際の「カ～変位」関係を求めながら、それを用いて振動計算を行おうというのが、今回の試みである。

2. 計算方法

一般に構造物の振動を定める運動方程式は次のような釣合式である。

$$[外力] + [慣性力] + [粘性減衰力] + [復元力] = 0$$

本研究では図-1に示すような1自由度の振動系について、アナログ計算機を用いてこの演算を行ったが、その際、[復元力]の項は計算機中で計算を行わず、実験によって置き換えた。すなわち計算のループの中に on-line で実験を組み込んだ実験計算混合解析法である。また外力としては過渡的または定常的な、正弦波またはランダム波を用いた。

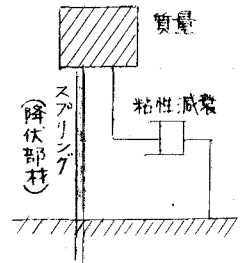


図-1 計算対象の系

このうち過渡的ランダム波は模擬地震波とみなされるべきものである。実験計算のブロック図は、図-2のようになる。

3. 装置

この計算に用いた装置は次のようなものである。

発振器；東京振動研究所特注品

- ・発振部 低周波正弦波 (1~1000ヘルツ) およびランダム波 (10 数ヘルツ以上の成分をカットしたホワイトノイズ)
- ・過渡包絡線発生部 ($e^{At} - e^{Bt}$) なる電圧を発生する。

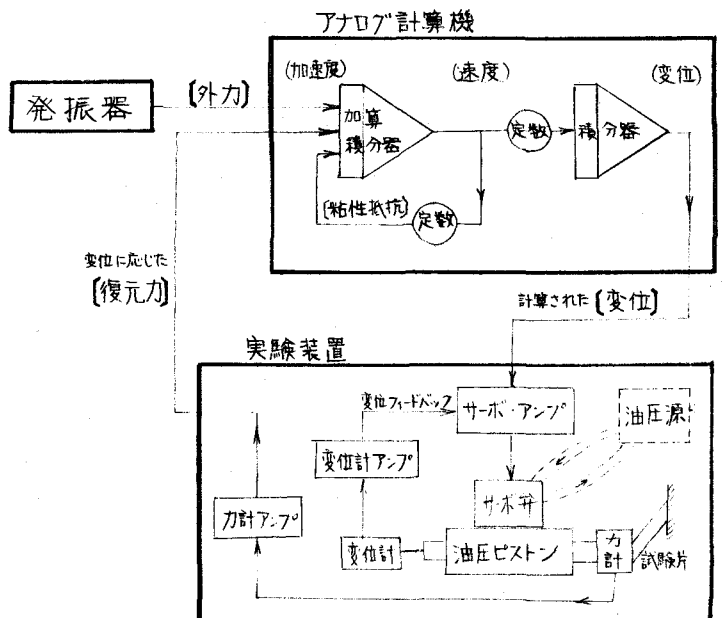


図-2 実験計算混合解析法のブロック図

・乗算部 両者を掛け合せて過渡的振動波形をつくる。定常的にする可。

アナログ計算機；横川電機ト製。低速演算型。加算積分器2台、ポテンショメーターなど。

実験装置；試作品。電気油圧式任意波形動的材試験機。油圧で動、加振機をサーボアンプで制御（変位制御）して、鋼片持梁に動的荷重をかける。鋼片持梁は断面 $5\text{mm} \times 19\text{mm}$ 、スパン 80mm 。材質は冷間圧延したSS41

4. 計算結果および考察

実験計算の一例として、大きな模擬地震波による、て部材が降伏した状態のものを図-3にあげる。

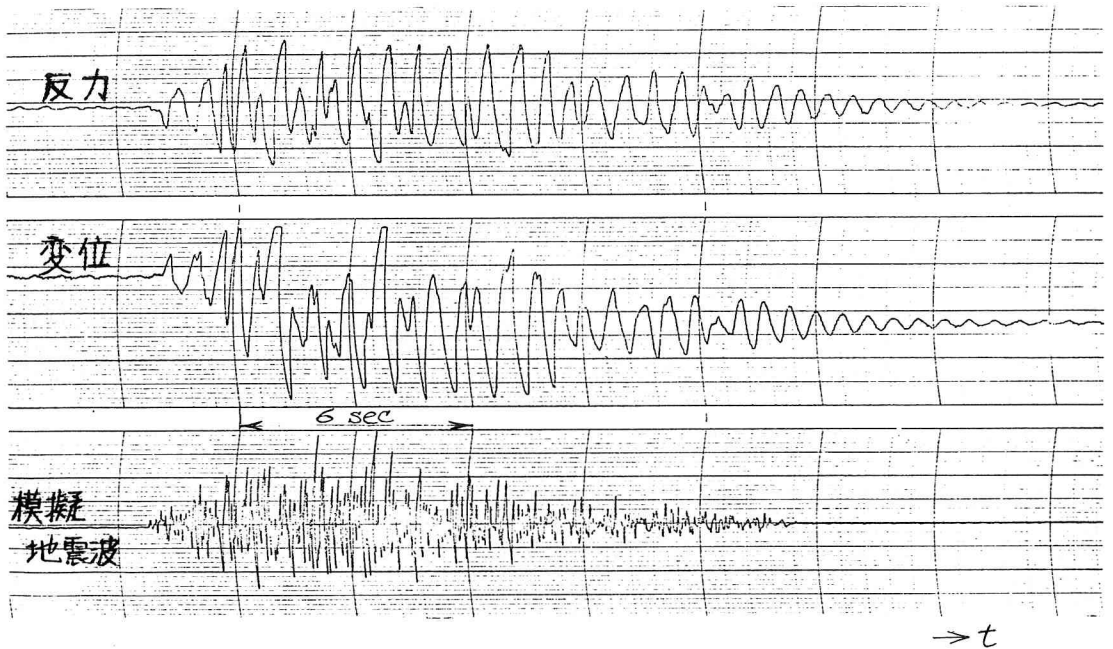


図-3 大きな模擬地震入力を受けた場合の系の変位と反力

また写真-1は、その場合の「力～変位」関係の一部である。図-3から、反力はある値以上は頭打ちの傾向であり、また変位は中立軸が移動して残留変形を生じていることが分る。写真-1から「力～変位」の関係は正弦波外力による降伏の場合に似たゆるいヒステリシスを描きながら破壊してゆく。これは従来から計算に用いられている「力～変位」の関係をほぼ容認する資料となる。う。「はじめに」で述べた「必ずしも従来用いられてきた仮定通りではなかった、

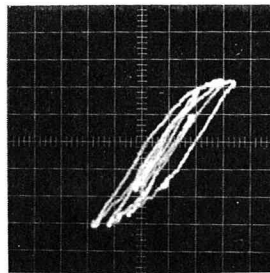


写真-1 図-3の場合の「力～変位」図

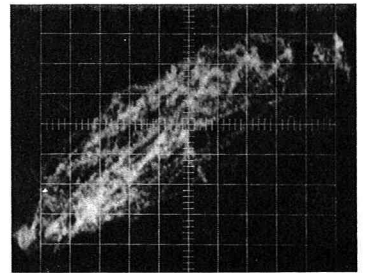


写真-2 直接ランダム大振幅強引変位による「力～変位」図

というのは写真-2のような「力～変位」の関係を述べたものである。

写真-2はランダム振動をそのまま試験片の変位として与えた場合の「カ〜変位」の関係である。今回の実験が、このような複雑な関係を示さないのは、部材が降伏してもやはり構造物の振動は固有周期付近が卓越していて、高い周波数成分は殆んどないためである。

次に定常的正弦波形をこの系の入力として与えて調べた応答曲線の一例を図-4に示す。実験番号

の若い方が、外力が、従って変位が小さい。変位が大となって降伏領域に入ると固有周期が大になってくる。また共振振動時の振幅/外力は大巾に減少している。これはゆがみの減衰定数の増大を示す。このふたつの特徴は従来の種々の研究により理論的に明らかにされてきたことである。

降伏領域に入った場合のこの応答特性の変化に関して模擬地震波をこの系の入力として与えた場合はどうなるのか。もちろんこれは線型でないゆえにチェックしてあげねばならない問題である。図-5がその場合である。これは、出力としての系の変位の周期成分と入力地震波の周期成分の比をとることによって求めた応答曲線である。正弦波外力によって調べた場合と明らかに異なった応答曲線の変化がみられる。つまり降伏した場合の共振倍率の低下は同様にみられるが、固有周期の増大は殆んど認められず、むしろ固有周期の分化とでもいふべき現象を呈する。つまり固有周期よりかなり長周期のところ卓越した周期成分が現われる。これがすべての過渡ランダム非線型振動に共通した現象であるかどうかは不明であるが、今後の興味ある研究課題ではないかと思われる。

さらに定常的ランダム波をこの系の入力として与えた場合には、部材

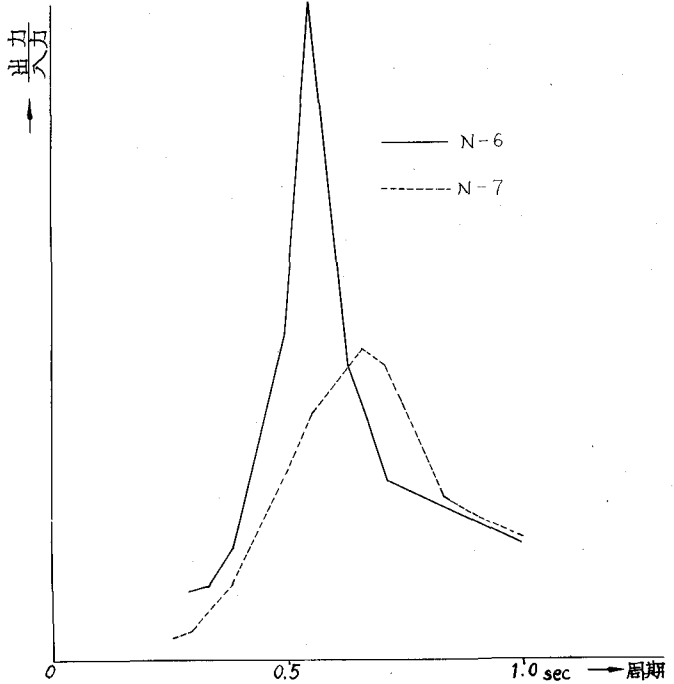


図-4 正弦波入力の場合の応答曲線

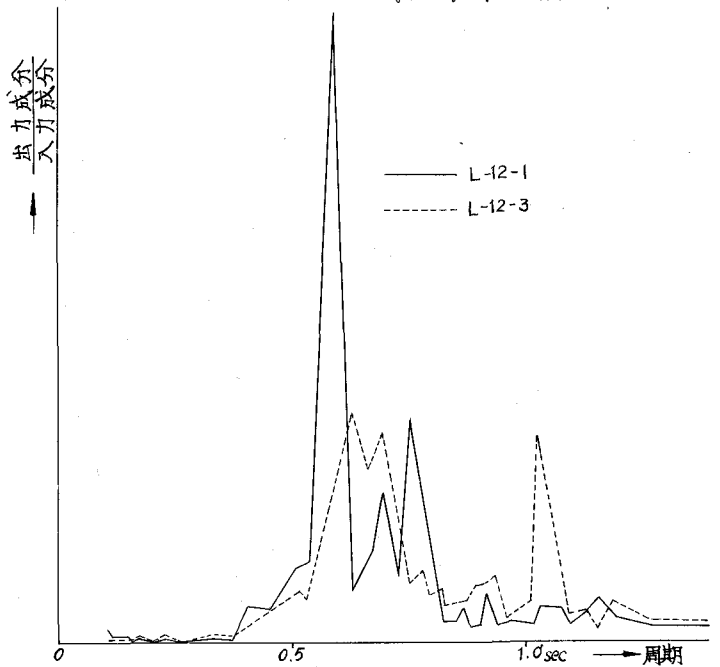


図-5 模擬地震波入力の場合の応答曲線

の降伏が進むにつれて固有周期よりもむしろ短い波がのり、波形が乱れるように見える。

その他、この実験によつて、強震を受けた構造物は一方向に破壊が生じると、その最初、方向に振動破壊を進行させて行くことが推定される。

5. むすび

本研究の段階では精度の点（特に実験装置の追隨の遅れによるもの）、試験片の妥当性の点などでまた問題があるように思われるが、経費を惜しまなければ改善は期待できよう。また実験装置を増やしたり、部材としてコンクリートや土を用いたり、さらには、高速デジタル計算機を *on-line* で使用することができれば、精度あるいは対象とする振動系の範囲の点でもかなりの計算ができるものと考えられる。

なお、この研究に於ける計算は東京大学大型計算機センターによつた。