

## 地震波形入力による損傷度の一評価法

中部大学 正会員 平沢征夫

### 1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物のうち、例えば高橋脚のように高くまた長柱部材と考えられる構造物は、地震力の作用により複雑な挙動をし、損傷の度合を定量化するためには多くの問題がある。

本研究は、このような高橋脚の地震による動的損傷度を正確に定量化し、また、評価するための方法を確立することを目的とするものである。本報告では、小型モデルの動的実験結果にもとづいて、損傷度の一評価方法を提案する。

### 2. 実験方法と結果<sup>1)</sup>

地震波形入力方法として3種類の地震波形を2種類の入力方法で実験している。表1に実験計画を示す。3種類の地震波形は、それぞれ、M：宮城県沖地震、H：日向灘沖地震、N：日本海中部地震のものとし、これらをPseudo-Dynamic Test（擬似動的試験、略号：S）およびShaking Table Test（振動台試験、略号：T）の2種類の入力方法で実験を行った。実験および結果の詳細は参考文献1）による。

表-1 供試体の種類

	TEST	Pseudo Dynamic	Shaking Table
SPECIMEN			
MIYAGI		MS89	MT89
HYUUGA		HS89	HT89
NIHONKAI		NS89	NT89

図1は、入力加速度の倍率を順次あげて損傷を増大させた時、各倍率で得られた最大応答変位を横軸にとり、その载荷段階が終了した後に計測した自由振動数を縦軸にとって、応答変位の増大につれて振動数が低下して行く様子を示したものである。この図にはまた、長柱解析によって得られた曲げ剛性に基づいて求めた振動数の計算値をも示している。

この図より、振動台試験と擬似動的試験の結果が大きく異なった結果を与えていることがわかる。とくに、NIHONKAI（日本海中部地震）の場合の入力波形はIII種地盤（軟弱地盤）に対するものであり、周期が大きな部分（0.3秒以上）における加速度応答スペクトルが大きいという特徴を持った形であるために、他の2種の波形の場合よりも大きな違いが見られた。すなわち、応答スペクトル法による標準加速度応答スペクトル  $S_0$  はMIYAGI（宮城県沖地震）で200gal、HYUUGA（日向灘沖地震）で250gal、NIHONKAIで300galとな

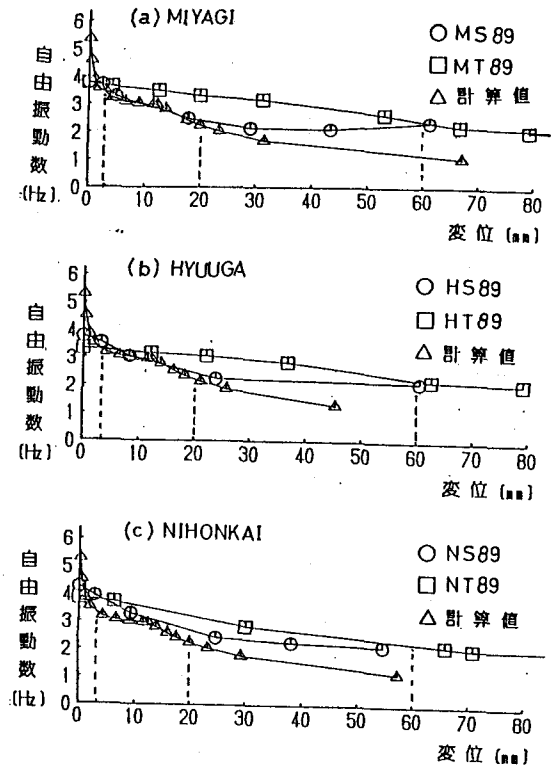


図-1 自由振動数の変化に対する実験値と解析値の比較

る（道路橋示方書・耐震設計編）から、最大応答変位も NIHONKAI の場合が大きくなったものと考えられる。

一方、本実験で用いた供試体の固有振動数は  $4\text{ Hz} \sim 2\text{ Hz}$  に変化するから、固有周期にして  $0.25\text{ 秒} \sim 0.5\text{ 秒}$  となり、とくに、NIHONKAI の場合、 $0.3\text{ 秒}$  以上での影響が現れたものと考えられる。このような波形の特徴により、最大応答変位に差が見られたが、これ以上に入力方法による違いが大きく現れている。すなわち、擬似動的試験と振動台試験による最大応答変位では MIYAGI で  $2.4$  倍、HYUGA で  $2.45$  倍、NIHONKAI で  $3.06$  倍も振動台の方が大きな変位が生じていることがわかった。このように大きな違いが認められた理由として、振動台試験の場合に入力加速度のピーク値がやや大きかったこと、供試体の損傷が進むにつれて、振動数が低下するとともに減衰定数が  $5\%$ （擬似動的試験の場合の仮定）とは異なっていること。さらに、破壊後のひびわれの状況の観察より、擬似動的試験結果は柱基部にひびわれが集中的に生じているのに対し、振動台試験の結果は柱高中央部にも生じたことから、両者の振動のモードが異なったことの影響が考えられる。

### 3. 損傷度の定量化とその評価方法

図1には長柱の影響を考慮した振動数の計算値を示した。この計算値と擬似動的試験結果を比較すれば最大荷重時の変位（約  $20\text{ mm}$ ）までは、計算値と実験値は一致しており損傷度の定量化は可能であると考えられるが、それ以上の変位損傷は評価できないことがわかる。これに対して、計算値は振動台試験の結果とは大幅に異なっている。これは前述の理由により、振動台試験の場合の応答変位が  $2.4$  倍～ $3.06$  倍も大きく現れことと関連があると考えられる。その関連の程度は明かでないが、図1で試験結果と計算値を比較すると、ひびわれ荷重時の計算値（約  $1.0\text{ mm}$ 、振動数  $4\text{ Hz}$ ）の3倍の変位（約  $3.0\text{ mm}$ ）において、実験値の振動数は約  $3.6\text{ Hz}$  であり計算値の振動数とほぼ一致していることがわかる。また、最大荷重時（断面に終局ひずみが生じた時）の計算値（変位約  $20\text{ mm}$ 、振動数  $2.1\text{ Hz}$ ）における変位の3倍の変位（ $60\text{ mm}$ ）での実験値は約  $2.2\text{ Hz}$  であり、ほぼ等しいことがわかる。また、これらの間は振動数の低下は直線的であると仮定することも可能であり、さらに、 $60\text{ mm}$  以上の変位では一定の振動数で推移することがわかる。これらのことから、動的な損傷度を評価する簡便法としては、静的な解析計算で得られたひびわれ時と終局時の振動数はそのままとし、変位のみを  $\alpha$  倍（本実験の場合は  $\alpha = 3$  が妥当と考えられる）した点を直線で結ぶ方法が可能であると考えられる。しかし、 $\alpha$  の値にはまだ多くの究明すべき問題が残されている。

今後、より実際に近い解析モデル（多質点系モデルで、さらに基礎との結合度によるロッキングの影響をも考慮したモデルなど）による時系列で非線形の動的挙動解析を行うことによって、ひびわれ時と終局時の振動数と変位をできるだけ正確に求めることができれば、より合理的な損傷度の評価が可能となるであろう。

### 4. 結論

動的損傷度の簡便な評価方法として、自由振動数の静的な計算結果に基づいた変位損傷度の推定・評価方法を提案した。すなわち、動的な変位損傷度は、ひびわれ時と終局時の振動数に対する静的な計算値をそのままとし、損傷変位のみを  $\alpha$  倍した点を直線で結んだ線で評価が可能であると考えられる。ただし、 $\alpha$  の値の大きさについては今後さらに検討が必要である。