

## 地震応答解析に考慮する粘性減衰の影響

応用地質 正会員 ○竹島 康人  
 応用地質 正会員 吉田 望  
 京都大学 正会員 澤田 純男

## 1. はじめに

地盤の地震応答解析では、数値積分を安定的に行うため、人為的に高振動数成分で大きくなる減衰（剛性比例減衰）を考慮することが多い。筆者ら<sup>1)</sup>は、自由に減衰を設定できるモード比例減衰を用いた検討を行い、剛性比例減衰が地盤の最大ひずみをかなり過小評価することを示した。本報ではひずみへの影響をより詳細に検討する。

## 2. 解析手法および解析モデル

前報<sup>1)</sup>と同じくモード比例減衰を用いる。モード比例減衰は、減衰項があっても多自由度の系が離散化できるという仮定の下で導かれる減衰で、次式で定義される。

$$[C] = [M][\xi][2h_j\omega_j][1/m_j][\xi]^T[M] \quad (1)$$

ここに、 $[\xi]$ は固有ベクトルで構成されるマトリックス、 $[2h_j\omega_j]$ は  $2h_j\omega_j$  を対角項にもつマトリックス、 $[1/m_j]$ は一般化質量の逆数を対角項にもつマトリックスである。

解析は、文献2)で示した地盤を対象とする。減衰は、図1に示すようにある固有モードの周波数より高次のモードで一定とし、低次のモードでは0%とする。境界となる固有周波数と減衰の最大値の組み合わせを種々に変えて最大ひずみへの影響をみる。

検討ケース名は、例えば全周波数領域で5%の減衰を与える場合はM1-H5とし、2次の周波数より高次で15%の減衰を与える場合はM2-H15とした。

解析に用いる地震波は模擬地震波であり、時間増分 $\Delta t$ は0.04秒で通常地震応答解析に用いる値よりやや大きい。そこで、時間増分を1/4 ( $\Delta t=0.01$ )に細分して用いた。

## 3. 検討結果および考察

全周波数領域で一定の減衰を与えたときの最大応答値の深度分布を図2に、代表的な深度での加速度時刻歴を図3に示す。減衰0%では最大加速度、最大ひずみともに異常に大きく図2のスケールでは表示できない。減衰2%で応答は安定してくるが、GL-2.5mとGL-15.5mの加速度波形にパルスがみられる。加速度波形のパルスを抑制するには10%程度の減衰を考慮する必要があるが、一方で最大ひずみは約75%も過小評価される。なお、時間増分を1/40 ( $\Delta t=0.001$ )とした解析も併せて行い、加速度波形のパルスがひずみにあまり影響しないことを確認している(図4)。

種々の固有周波数と減衰の組み合わせに対して得られる地盤の最大ひずみをコンターにして図5に示す。横軸は一定減衰を与える境界周波数を、縦軸は最大減衰(一定値)である。同図を描く際には、前述のように異常な応答の解析結果は考慮していない。

減衰の最大ひずみへの影響は高次の周波数ほど鈍くなり、例えば1次の周波数で減衰を3%から10%にすると最大ひずみは約70%も低下するのに対し、5次の周波数(17.24Hz)では約20%の低下になる。

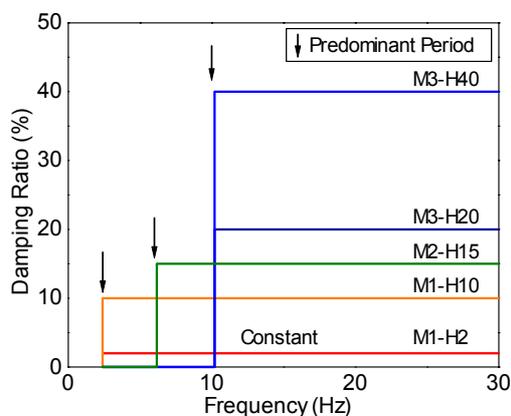


図1 減衰の設定方法

キーワード 地震応答解析, 減衰, 最大ひずみ

連絡先 〒532-0021 大阪市淀川区田川北 2-4-66 大阪深田ビル TEL 06-6885-6357

### 4. おわりに

自由に減衰を考慮できるモード比例減衰を用いて、減衰の最大ひずみへの影響を検討した。その結果、加速度波形に現れるパルスを抑制するためにはかなり大きめの減衰を与える必要があるとわかった。ただし、その減衰はひずみを過小評価する方に作用するため、むしろ時間増分を細分し減衰はできるだけ小さくすることが適切と考えられる。また、減衰のひずみへの影響は高周波数ほど鈍くなることがわかった。

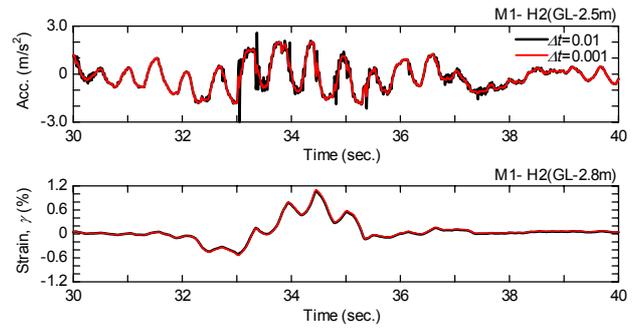


図4 時間増分間隔の影響 (M1-H10)

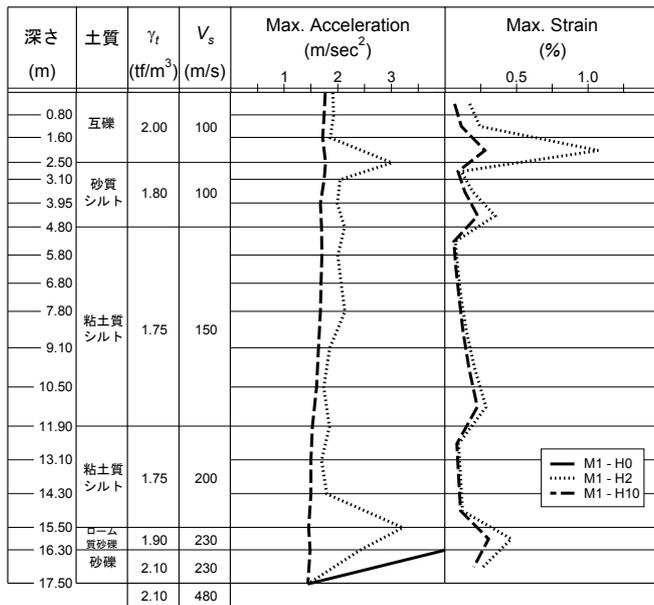


図2 M1シリーズの解析結果

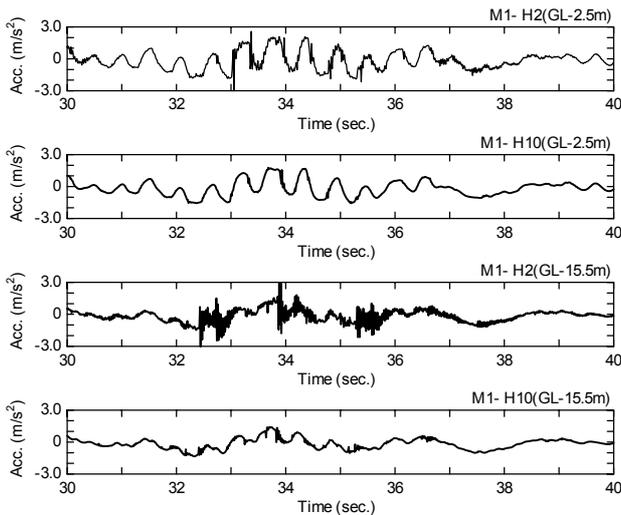


図3 M1シリーズの加速度時刻歴

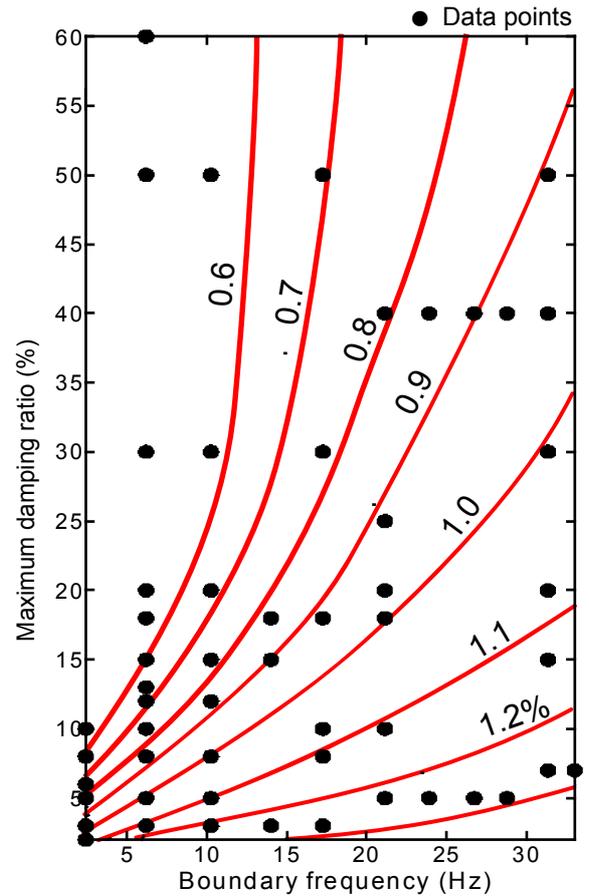


図5 最大ひずみのコンター

### 参考文献

- 1) 竹島康人, 吉田望, 澤田純男, 中村晋 (2004): 地震時の地盤変位予測に与える減衰の影響 その2, 第39回地盤工学研究発表会講演集
- 2) Yoshida, N., Sawada, S., and Nakamura, S. (2004): Accuracy of Dynamic Response Analysis of Ground by Means of Damping and Nonlinear Characteristics, Proc. The 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering and The 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Berkeley, USA, Vol.1, pp.126-133