



### 複素応答法における有効ひずみ係数について

#### 等価線形法の有効ひずみ係数の概念

ここでは、有効ひずみ係数に関する検討を行なう。正弦波の場合、有効ひずみ係数は 1.0 であるが、一般の地震波の場合、有効ひずみは最大歪の 0.65 倍が最も頻繁に使用されてきた。ここでは、最も簡単な 1 層モデルを使用して非線形時刻歴解析との比較で有効ひずみ係数を変化させて精度を検討した。入力地震動として複雑な波形の臨海波を使用するとともに、色々と着目点を変化させその影響を非線形時刻歴解析と比較して、最も精度のよい有効ひずみ係数を検討した。

#### 入力動

ここでは比較的多くの振動数を等分に含む地震波として平坦な応答スペクトルを持つ臨海波を使用する。図 1 に臨海波の加速度波形と応答スペクトルを示した。ここでの最大加速度は 300gal である。

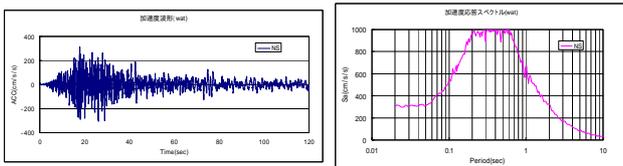


図 1 臨海波の加速度波形と応答スペクトル

#### 解析モデル

要素テストとして 40.0Hz の固有振動数(ケース 1)をもつ高さ 2.5m の 1 層地盤 ( $V_s=400\text{m/s}$ ) と 80.0Hz の固有振動数(ケース 2)をもつ高さ 1.25m の 1 層地盤 ( $V_s=400\text{m/s}$ ) をモデルとして考えた。また等価線形解析に使用した歪依存曲線は砂地盤を想定し図 2 に示し RO モデル(降伏歪  $\epsilon_x=2.0 \times 10^{-4}$ ) を基に作成した(図 2 参照)。

#### 解析ケース

最大加速度は 100gal、500gal、1000gal、1500gal、2000gal、3500gal、7500gal、10000gal、15000gal と

徐々に増加させて 10 段階を考えた。また、等価線形解析には有効ひずみ係数として 0.50、0.65、0.70、0.80、0.90、1.00 の 6 種類を用いた。

解析は割線剛性と最小二乗法による歪曲線をおのの同一条件で使用し応答の相違を検討した。応答結果は全応力の非線形時刻歴解析と比較した。複素応答法は計 240 ケース、全応力時刻歴解析は計 20 ケースになった。

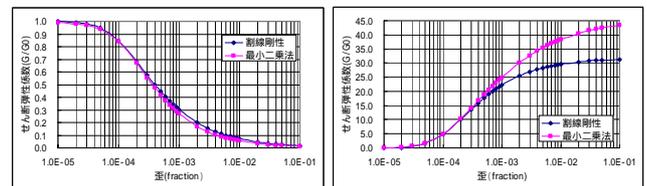


図 2 等価線形法に用いた歪依存曲線

#### 解析結果

非線形全応力解析で得られた歪に着目して解析結果を整理した。歪依存曲線に割線剛性を使用した場合と最小二乗法で得られた剛性を使用した場合の結果の傾向は非常に似かよっていたため、ここでは最小二乗法で求められた解析結果を主に示した。図 3 の a) ~ f) に解析結果を示した。横軸には時刻歴解析で求められた歪、縦軸は図 a) は最大歪の比較、b) は振動数領域での係数の Root Mean Square(RMS または平均二乗偏差)の比較、c) は時刻歴領域での平均二乗偏差の比較である。また、d) は複素剛性を使用した最大応力である。e) は振動数領域での、f) は時刻歴領域での応力の平均二乗偏差の比較である。有効歪係数は (1.0)、(0.9)、(0.8)、(0.7)、(0.65)、(0.5) と色分けした。また、図はすべて全応力の時刻歴解析の応答結果との誤差を % で表した。

なお、参考までに応力の波形の非線形解析との比較を図 4 に示した。解析には割線剛性を使用し、有効ひずみ係数は上から 0.65、0.80、1.0 である。

歪の比較は誤差は比較的大きいが最大値は 1.0 から 0.5、平均二乗偏差では反対に 0.5 ~ 1.0 と精度は反対の傾向を示している。一方、応力も同じような傾向を示しているが誤差はかなり小さいと言える。

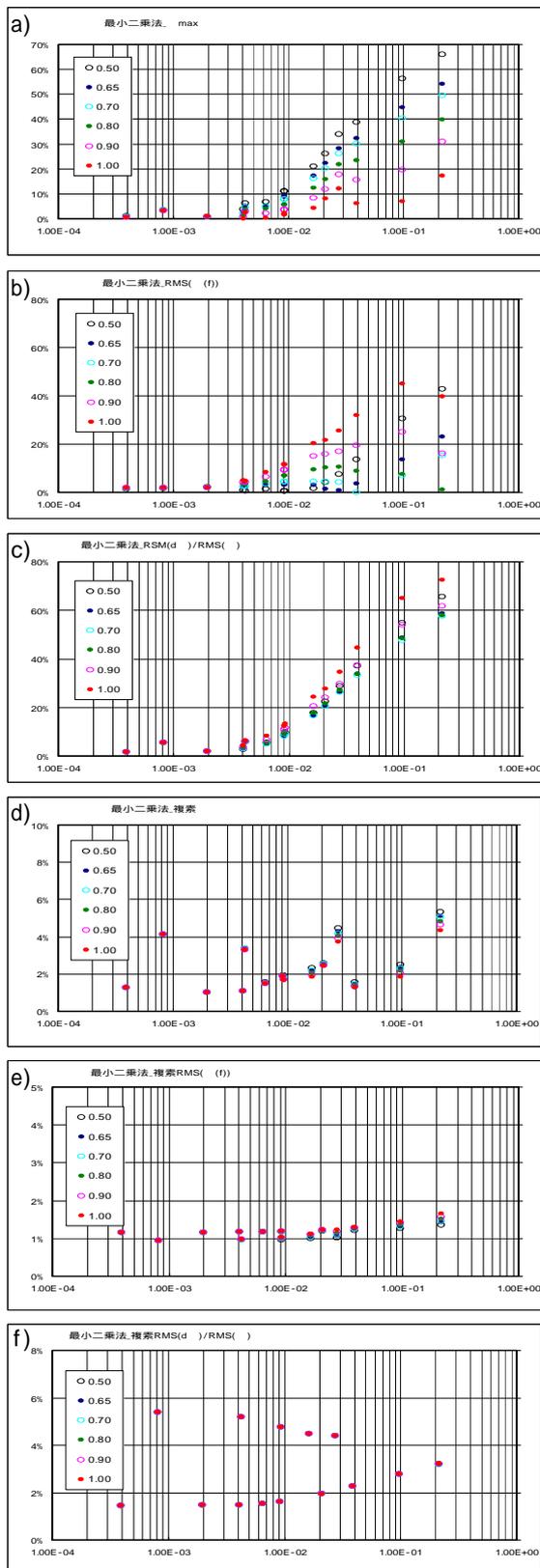


図3 有効歪係数のまとめ

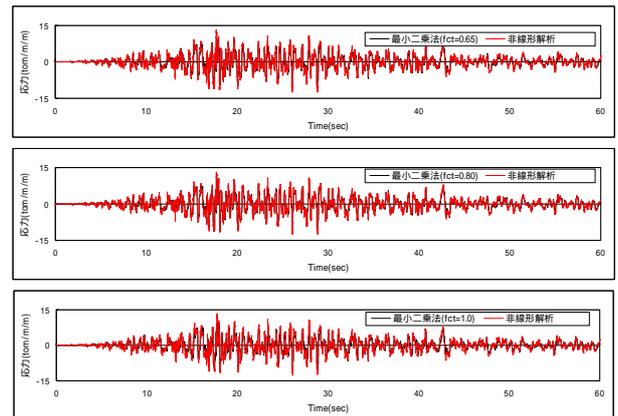


図4 応力波形の比較

## まとめ

### 1) 応力

- 剛性に複素剛性を使用して計算した場合と実数として計算した場合の応力には、大きな相違は認められなかった。
- 有効ひずみ倍率は応力については敏感ではなく、良い精度が得られた。
- 非線形解析との比較において歪に大きな相違は認められたが、最大応力については、有効ひずみ倍率が 0.65 から 1.00 の場合割線剛性でも最小二乗法で求められた剛性でも、非常に良好な一致が得られた。
- 振動数領域と時刻歴での RMS 法での誤差の算定では、有効ひずみ倍率が小さいほうが徐々に精度は良くなっている。

### 2) 歪

- 有効ひずみ倍率が 1.0 の場合のほうが 0.65 よりも歪の最大値については良好な結果が得られる傾向にある。
- 歪の小さいところでは有効ひずみ倍率に対しては敏感ではない。
- 歪の全体の波形を振動数の平均と時刻歴波形の平均から整理したもので明らかに 0.65 から 0.80 が良い傾向が認められた。

総評として、有効ひずみ倍率が 0.65 から 0.80 の場合が最も誤差が少ないと考えられる。

## 株式会社 地震工学研究所

お気軽にお問い合わせ下さい。

〒160-0004 東京都新宿区四谷 4-27-2 新宿 Y ビル 3 階

Tel : 03-3226-8733

Mail : [jkk@flush.co.jp](mailto:jkk@flush.co.jp)

URL : <http://www.flush.co.jp>