

清水建設大崎研究室 正員 ○ 今津 雅 紀  
 " 正員 山崎 文 雄  
 " 正員 黒田 英 高

### 1. はじめに

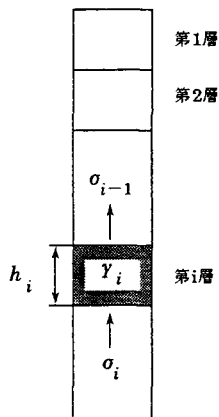
原子力施設等の重要構造物周辺地盤の地震時安定性を検討する場合、水平動に関しては、一般に、動的応答解析が行われる。一方、上下動に関しては、均一な震度として考慮する場合が多く、この均一震度には、地盤の応答性状が考慮されていない。よって、本報告では、水平震度に関して近年導入されつつある等価震度\*1),\*2)の概念を鉛直震度に拡張することを試みた。また、実際に、P波速度・入力地震動をパラメータとする1次元波動解析を実施し、鉛直等価震度の特性について検討した。

### 2. 等価震度の鉛直成分への適用

鉛直等価震度は、動的最大鉛直応力を静的に再現する震度と考えると、図-1を参照として次式で表される。

$$K_{V,i} = \frac{|\sigma_i|_{\max} - |\sigma_{i-1}|_{\max}}{\gamma_i \cdot h_i}$$

ただし  $K_{V,i}$  : 第*i*層の鉛直等価震度  
 $|\sigma_i|_{\max}$  : 第*i*層底面に作用する最大鉛直応力の最大値  
 $|\sigma_{i-1}|_{\max}$  : 第*i*層上面に作用する最大鉛直応力の最大値  
 $\gamma_i$  : 第*i*層の単位体積重量  
 $h_i$  : 第*i*層の層厚



なお、ここで最大鉛直応力とは、1次元動的応答解析で求めた鉛直応力の時刻歴での最大値の意味である。地盤の各層における最大鉛直応力の発生時刻は

図-1 鉛直等価震度概念

一致するとは限らないが、上式で定義した等価震度は各層における最大鉛直応力を同時に再現することとなり、鉛直応力の時刻歴を直接に用いて安定解析を行うのに比べて安全側の結果を与えることになる。

### 3. 解析条件

1次元波動解析プログラム(SHAKE)を用いて、鉛直等価震度について検討を行った。解析モデルは、沖積層・洪積層を対象にして表-1に示す通りとし、P波速度 $V_p$ は1000,1500,2000m/secの3ケースを設定した。また、基準地

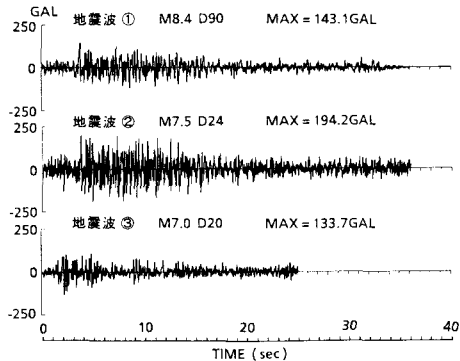


表-1 解析に用いた地盤条件

| 地層    | 地層厚<br>$H(m)$ | 単位体積重量<br>$\gamma(tf/m^3)$ | P波速度<br>$V_p(m/sec)$    | 減衰定数<br>$h$ |
|-------|---------------|----------------------------|-------------------------|-------------|
| モデル地盤 | 100           | 2.0                        | 1,000<br>1,500<br>2,000 | 0.02        |
| 基盤    | —             | 2.4                        | 3,000                   | 0.01        |

□ は基本検討ケースの条件

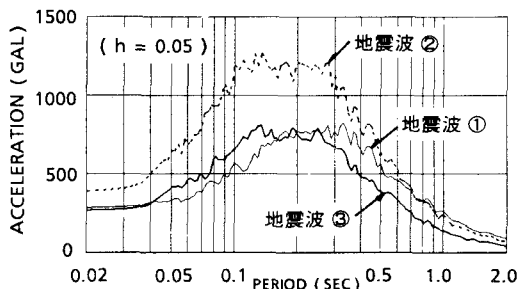


図-2 基準地震動

震動についても、図-2に示す3波として、この1/2を入射波として基盤に入力し応答を求めた。なお、上下基準地震動は、水平基準地震動の1/2と仮定して作成したものである。また、応答解析は線形解析とし、鉛直応力は5mごとに評価した。

4. 等価震度の検討

まず、P波速度1500m/sec、地震波②の組み合わせを基本検討ケースとし、等価震度と最大応答加速度による震度、及び基準地震動の最大加速度を均一震度としたものを図-3に比較する。これより、等価震度は他の震度に比べ深度方向に低減傾向が顕著に見られる。しかし、水平等価震度の場合\*2) に比べると低減傾向は緩やかで、これは $V_p$ が $V_s$ よりかなり大きいので剛体振動に近づくためと考えられる。

次に、P波速度・入力地震動をパラメータとして検討を行った。地盤の $V_p$ を1000,1500,2000m/secと変化させた場合のSHAKEによる最大鉛直応力を図-4に、それから得られる鉛直等価震度を図-5に示す。 $V_p=1500$ m/secの場合の最大鉛直応力及び鉛直等価震度は、 $V_p=1000,2000$ m/secのケースに比べて、やや小さくなっている。これは、地震波②の加速度応答スペクトルが、地盤( $V_p=1500$ m/secの場合)の1次固有周期( $T=4H/V_p$ )0.27秒のとき、3ケースの中で最も大きいためである。次に、基準地震動の違いによる鉛直等価震度を図-6に示す。図より、地盤の1次固有周期0.27秒付近で加速度応答スペクトルが最大となる地震波②のケースにおいて、鉛直等価震度は大きくなることがわかる。

5. まとめ

本報告では、地盤の地震時安定性における上下動の評価方法として、鉛直等価震度を提案し、1次元波動解析による最大鉛直応力の地盤内分布から、鉛直等価震度が深度方向に低減するという傾向が得られた。上下動の解析には、P波の伝播解析で充分か、剛性及び減衰の決め方、水平動との同時性などの問題点も残されているが、成層地盤の場合、本報告のような鉛直等価震度を考えるのも一法であろう。

6. 参考文献

- \*1) T.Okabe,K.Kishi,H.Ohtsuki; "Evaluation of Seismic Stability of Non-Homogeneous Soft Bed Rock", ISRM, Tokyo, Sept., 1981
- \*2) 山崎,今津,黒田; "地盤の地震時安定解析に用いる等価震度", 第18回土質工学研究発表会,1983.6

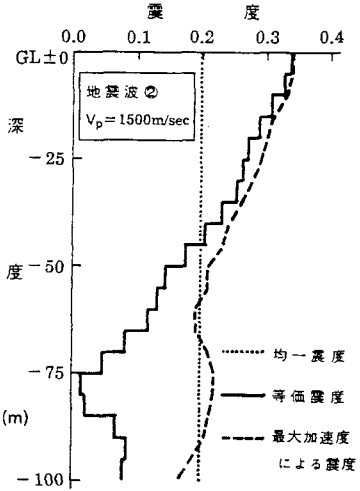


図-3 等価震度と最大加速度による震度の比較

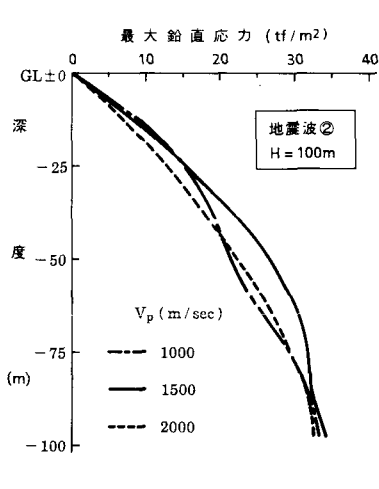


図-4 最大鉛直応力分布

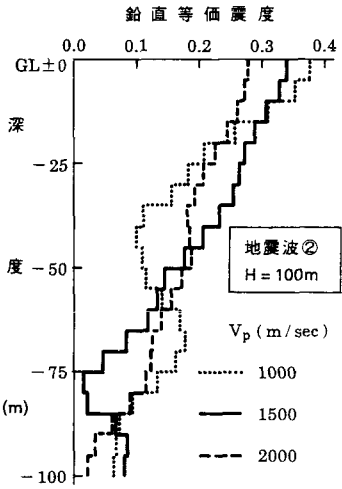


図-5  $V_p$ による鉛直等価震度の比較

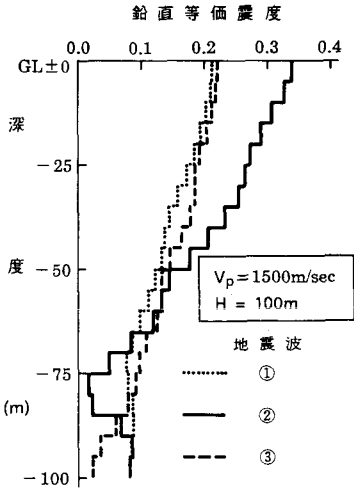


図-6 地震波による鉛直等価震度の比較