

京都大学防災研究所(正) 柴田 徹  
(財)大阪土質試験所(正) 岩崎 好規

1) まえがき

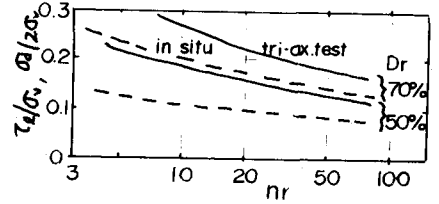
大阪地方における地盤の液状化現象は、安政元年冬の大地震(1854年,  $M=8.4$ , 160km), 丹後地震(1927年,  $M=7.4$ , 震央距離110km), 河内地震(1936年,  $M=6.7$ , 距離10km), 東南海道地震(1944年,  $M=8.3$ , 距離130km)など過去の地震でみられている。したがって浅基礎の構造物, 盛土あるいは地中埋設物などに耐震的配慮を払うためには, 液状化危険区域を設定することが必要と考えられる。ここでは従来の成果をもとにしてSeed流の簡易手法を若干修正したものの電算による解析を行ない, 一応まとめることができたので報告する。

2) 液状化の解析手順

液状化推定の簡易法として, 概略つきのような手順で行なった。

- ① 設計地震の大きさ(Mag.), 震央距離などから砂質地盤内に生じる地震時せん断応力  $\tau_e$  の大きさとその繰返し回数(nc)を設定する。
- ② 現地地盤のN値, 地下水位, 単位体積重量( $\gamma$ )などから, 相対密度( $D_r$ )及び鉛直有効応力( $\sigma_v$ )を求める。
- ③ 相対密度, 鉛直有効応力及びN値からncの繰返し載荷で液状化を起すに必要なせん断応力  $\tau_r$  を求める。
- ④ 地震時せん断応力  $\tau_e$  と, 液状化を起すに必要なせん断応力  $\tau_r$  を比較し地震時せん断応力が大きい場合には, 液状化が起るものと判定する。

図-1 三軸と実地盤での液状化応力比の推定



$$\text{ここに } \tau_e = 0.65 \tau_d r \cdot Z \cdot \alpha / g \quad \text{--- ①}$$

$$\tau_r = \left( \frac{\tau_d}{2\sigma_v'} \right)_{80} \frac{C_r \cdot D_r}{50} \sigma_v \quad \text{--- ②}$$

又,  $\tau_d$  はある深さZの水平面における最大せん断応力と  $\gamma \cdot Z \cdot \alpha / g$  の比で定義され  $\tau_d$  は深さの函数になっている ( $\alpha$ : 地表面最大加速度,  $g$ : 重力の加速度)。

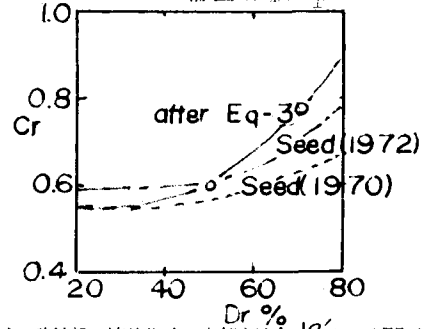
$C_r$  は, 振動三軸試験結果を実地盤に適用する際の補正係数である。これは主として ① 三軸試験での初期圧密応力は, 等方圧密状態に対して実地盤では  $K_0$  状態であること。② せん断中の主応力の回転が実地盤ではあることなどにより, 実地盤での液状化に要する応力レベルは, 三軸試験から求められるものよりかなり低いことに対応しているものである。筆者の一人柴田は正規圧密をうけた砂地盤の液状化時の内部摩擦角  $\phi'_d$  および間隙水圧係数  $a$  の関数として次式のように表現した。

$$n_e = \left\{ \frac{3}{4} - r \left( \frac{\tau_e}{\sigma_v'} \right) \text{ccsc} \phi'_d \right\} / a \left\{ r \left( \frac{\tau_e}{\sigma_v'} \right) - \frac{1}{4} \right\}^2 \quad \text{--- ③}$$

$$r \left( \frac{\tau_e}{\sigma_v'} \right) = \left\{ \left( \frac{\tau_e}{\sigma_v'} \right)^2 + \frac{1}{16} \right\}^{1/2}$$

大阪地方の埋立に使用された海砂の  $D_r = 50\%$ , および70%の試料の繰返し三軸液状化試験の結果と式3から求めた実地盤での液状化応力比を図-1に示した。これから補正係数を計算してみると図-2となる。Seedが1970年に提案した値よりも若干上に位置するが, 最近(1972年)Seed自身も  $C_r$  が提案値よりやや大きくなると補正係数の補正を述べている。

図-2 補正係数  $C_r$



3) 設計地震

液状化の推定に用いる設計地震は, 地震特性として地表面最大加速度 ( $a_{g \max}$ ) と有効地震波数 ( $n$ ) とを主に考える。

大阪地盤の地震応答計算結果によると, 液状化の可能性のあると思われる地区での地表面最大加速度は約  $0.05 \sim 0.30g$  程度

の値で分布している。

そこで地震時地表最大加速度としては0.1および0.2の2種類を仮定した。

有効地震波数は、震動継続時間と密接に関係していると思われ、大阪地盤では比較的長い震動が続くといわれているが、液状化の難易度を推定するための試算として $n=10, 20$ 回の2種類を仮定した。

#### 4) 液状化検討のための大阪地盤モデル

大阪の表層砂質地盤の液状化を検討するために大阪市全域をまず1,000m間隔のメッシュに区切って概略の地盤の検討を行ったのち、地層の複雑な区域ではさらに500m間隔のメッシュに区切って作業を進めて多数のボーリング結果より、N値、地下水位、粒度分布にもとづいてモデル地盤を設定した。これらのモデル地盤に対して前述の4種類の設計地震による液状化を電算によって検討した。

#### 5) 解析結果

液状化し易さに応じて表-1のような5段階に分類した結果は図-3に示した。液状化し易い地盤の傾向としては、住吉の一部を除き、新淀川、神崎川流域および安治川下流部に集中していることが分かる。

さらに液状化が生じる場合と生じない場合との限界を示す指標の一つとしての限界N値の深度分布をプロットすると図-4が得られる。ある深度で同じN値を有するときでも、地下水位の高低によって液状化発生に有無が生ずるが、図-4では、地下水位が常にG.L.-1.0m付近にある場合である。これらのプロットによれば、図中の曲線で示すように地震の種類に応じて、液状化発生の限界N値の分布が著しく異なっていることが分かる。これを用いて地盤のN値と限界N値を比較し、地盤のN値が曲線の左側であれば液状化すると判定することもできる。

#### 参考文献

- 1) Seed, H.B. and I.M. Idriss : "A simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential," Report No. EERC 70-9
- 2) 柴田徹 "飽和砂の液状化現象" 16回土質工学シンポ 昭和46年
- 3) 岩崎好規 "流動化推定簡易法の電算による解析" 16回土質工学シンポ。
- 4) H.B. Seed (1972) "Earthquake Engineering Seminar" における "Lecture," Univ. of Calif. Berkeley.

図-4 限界N値の深度分布

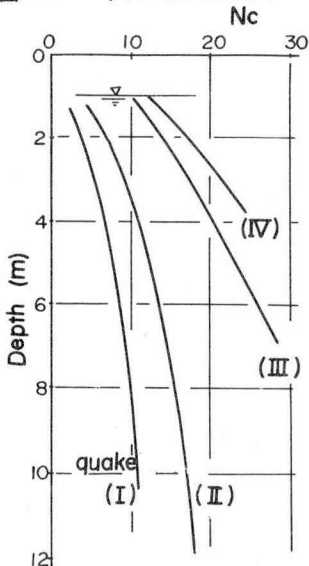


表-1

液状化発生の難易度	地震規模	
I	最大加速度 98ガル,	10回
II	98ガル,	20回
III	196ガル,	10回
IV	196ガル,	20回
V	液状化なし	

