

III-48

現位置砂地盤の三軸液状化強度の簡易予測法

東急建設(株) 正会員 岡本 正広
同 上 正会員 越智 健三

1. はじめに

本報告は、砂の基本的性質から不攪乱砂の三軸液状化強度を予測する方法について述べたものである。この方法は、今回実施した物理的性質の異なる2種類の砂の非排水繰返し三軸試験結果および文献(1)、(2)、(3)の結果に基づいており、限界繰返し回数 $(N_o)_{cr}$ ¹⁾、余裕間隙比 V_d ⁴⁾という2つのパラメータを基礎にしている。

2. 限界繰返し回数 $(N_o)_{cr}$ と密度との関係について⁵⁾

応力比 $SR=0.23$ を限界応力比 $(SR)_{cr}$ として、この応力比に対する繰返し回数と密度との関係を調べたのが、図1、図2である。図1は、軸ひずみが2%から10%に至るまでの繰返し回数 $[(N_{10})_{cr}-(N_2)_{cr}]$ と間隙比 e_o との関係を示したものである。また、図2は、軸ひずみ2%が生じるまでの繰返し回数 $(N_2)_{cr}$ と土質工学会基準案に基づく最小間隙比 e_{min} を用いた余裕間隙比 $V_d=e_o-e_{min}$ ⁴⁾の関係を示したものである。図1、図2より、各々の物理的性質の異なつた5種類の砂の正のダイレイタンシー領域の液状化抵抗は、限界繰返し回数 $(N_o)_{cr}$ を用いて表わすと、砂の密度そのものに依存するようであり、同様に、負のダイレイタンシー領域の液状化抵抗は、砂の余裕間隙比に依存するようである。これらの関係は、細粒分を多量に含む砂と含まない砂では、明らかに直線の傾きは異なっており、この関係を定式化するための要因として、平均粒径 D_{50} 、細粒分含有率 F_c 、均等係数 U_c を考慮し、正のダイレイタンシー領域、および負のダイレイタンシー領域の液状化抵抗をそれぞれ予測してみた。⁵⁾その結果、正のダイレイタンシー領域の液状化抵抗は、図1に示す(1)式で、負のダイレイタンシー領域の液状化抵抗は、図2に示す(2)式で予測できるようである。

3. 現位置砂地盤の三軸液状化強度の簡易予測法

(2)で述べたように砂の基本的性質から正および負のダイレイタンシー領域の液状化抵抗がそれぞれ(1)および(2)式を用いて予測できれば、限界応力比 $(SR)_{cr}$ を用いて応力比～繰返し回数の関係が予測できる。ここでは、その方法について述べる。

1) 砂の平均粒径 D_{50} 、細粒分含有率 F_c 、均等係数 U_c を粒度試験を行なって求める。

2) 土質工学会基準案に基づいて最小間隙比 e_{min} を求める。

3) 標準貫入試験の N 値より、現位置の砂の相対密度をマイヤホフの式より推定する。

$$D_r = 2.1 \sqrt{N / (\sigma'_v + 0.7)} - 1 \quad (3)$$

4) 砂の平均粒径 D_{50} から間隙比の範囲 $(e_{max}-e_{min})$ を図3に示す関係から推定する。⁴⁾この場合、 D_{50} と $(e_{max}-e_{min})$ との関係は、次式で表わされる。

$$(e_{max}-e_{min}) = 0.035 / D_{50} + 0.25 \quad (4)$$

5) 3) および 4) より余裕間隙比 V_d を次式から求める。

$$V_d = e_o - e_{min} = (1 - D_r) \frac{(e_{max} - e_{min})}{(1 - 0.21 \sqrt{N / (\sigma'_v + 0.7)})} \times (0.035 / D_{50} + 0.25) \quad (5)$$

6) 5) で求めた余裕間隙比 V_d と1) で求めた砂の平均粒径 D_{50} 、細粒分含有率 F_c 、均等係数 U_c から、図1に示す(1)式を用いて負のダイレイタンシー領域の液状化抵抗 $(N_2)_{cr}$ を推定する。

7) 図4に示すように正規化した繰返し回数 $N_o / (N_o)_{cr}$ と同様に、正規化した応力比 $SR / (SR)_{cr}$ の強度曲線を用いて、6) で求めた限界繰返し回数 $(N_2)_{cr}$ と限界応力比 $(SR)_{cr}=0.23$ より、ある応力比に対する繰返し回数を求めれば応力比～繰返し回数の関係が得られる。(ただし図4は、 $DA=10\%$ の場合を示してある。)

つきに、破壊に相当する軸ひずみ $DA=10\%$ の場合の応力比～繰返し回数の関係は以下のようにしてもとまる。

8) 5) で求めた余裕間隙比 V_d と2) で求めた最小間隙比 e_{min} より、現位置の砂地盤の密度を求める。

$$e_o = V_d + e_{min} \quad (6)$$

9) 図2に示す(2)式と8) で求めた e_o を用いて、正のダイレイタンシー領域の液状化抵抗 $[(N_{10})_{cr}-(N_2)_{cr}]$ を求める。

10) 6) で求めた $(N_2)_{cr}$ と9) で求めた $[(N_{10})_{cr}-(N_2)_{cr}]$ より $(N_{10})_{cr}$ を求める。

11) 以下、同様に、図4を用いて、ある応力比に対する繰返し回数を求めれば応力比～繰返し回数関係が得られる。

以上のようにして求めた軸ひずみ2%の場合の応力比～繰返し回数関係と不攪乱砂を用いた試験結果を比較したのが、図5であり、両者はよく一致しているようである。

<謝辞> 本研究を進めるに当たり、東京大学生産技術研究所の龍岡文夫助教授のご指導をいただきました。また、実験は、武蔵工業大学の小川正彦氏(当時)に手伝ってもらいました。末筆ながら、感謝の意を表します。

<参考文献> 1) 越智, 龍岡: 埋立て砂地盤の液状化防止締固め密度の設定方法について, 土質工学シンポジウム, 昭和59年 2) Tatsuoka, F., Ochi, K.: Effect of Sample Preparation on Cyclic Undrained Strength of Sand in Triaxial and Torsional Shear Test, Bulletin of ERS, Inst. of Industrial Science, Univ. of Tokyo, No17 3) 越智, 龍岡: 中国福建標準砂の三軸試験による液状化強度(III) 限界繰返し回数, 余裕間隙比による検討, 生産研究36巻8号, 1984 4) 石原: 土質動力学の基礎, 昭和51年 5) 岡本, 越智: 密な砂の基本的性質と液状化特性, 第22回土質工学研究発表会, 昭和62年

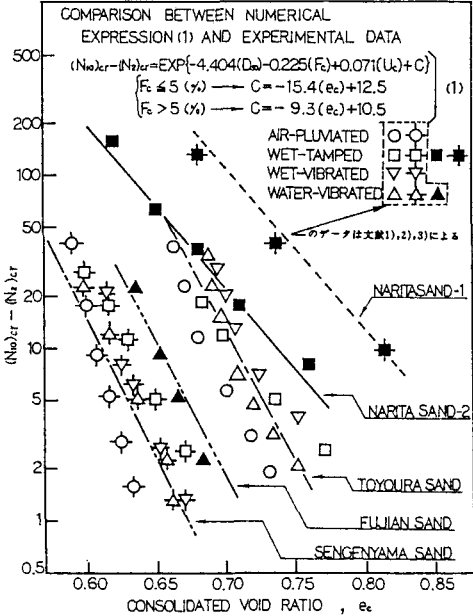


図1 正のダイレイタンス領域の液状化抵抗の実験値と計算値

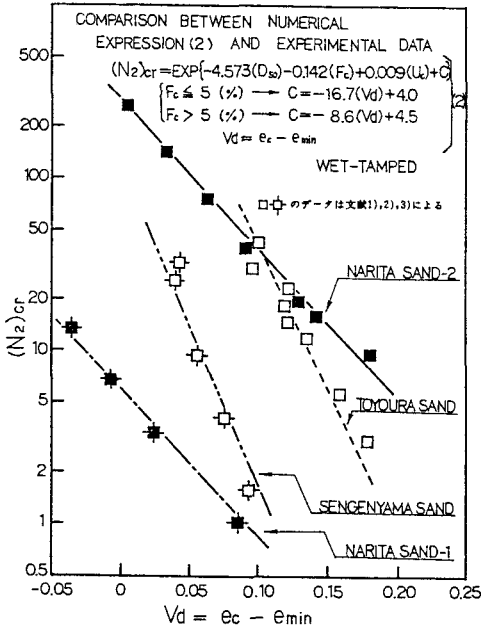


図2 負のダイレイタンス領域の液状化抵抗の実験値と計算値

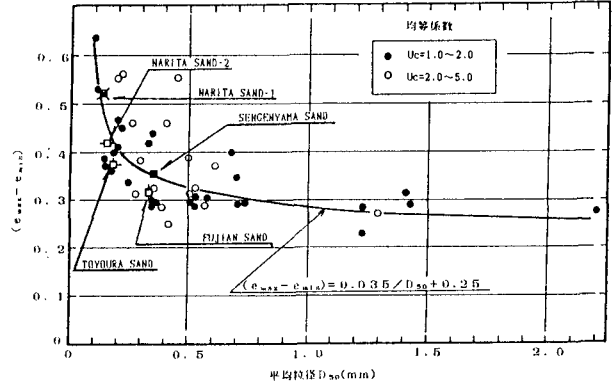


図3 平均粒径 D_{50} と間隙比の範囲 $(e_{max} - e_{min})$ との関係 (4)

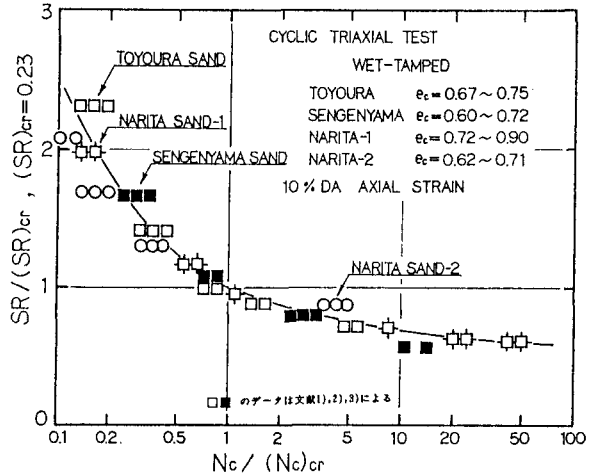


図4 正規化した繰返し回数と応力比の関係

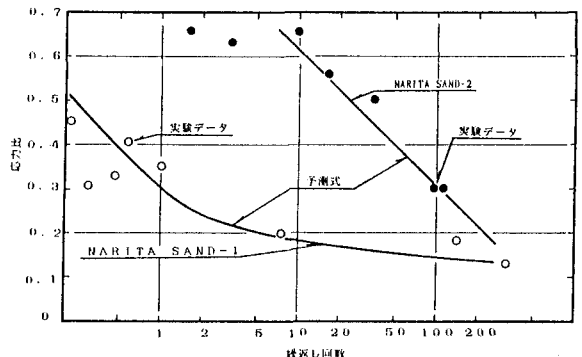


図5 予測値と実験値の比較 (DA = 2% の場合)