

Ⅲ-A99 繰返し非排水強度，貫入抵抗値と有効土かぶり圧の関係に関する考察

（財）電力中央研究所 正会員 田中幸久

1. はじめに

現在提案されている砂礫や砂の繰返し非排水せん断強度の簡易推定方法の多くは，換算 N 値 N_1 などの換算貫入抵抗値と繰返し非排水せん断強度との間に土かぶり圧によらないユニークな関係があると仮定している．ところが，砂礫や砂の繰返し非排水せん断強度は，一般に有効拘束圧が大きくなるに従って低下する傾向があることが知られている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾．また，多くの簡易推定方法において N 値から換算 N 値 N_1 を算出する換算式として用いられている Meyerhof の式や Liao の式では， N/N_1 が有効土かぶり圧のみの関数となるが，最近では， N/N_1 の値は有効土かぶり圧のみならず砂の締め具合によっても異なることが明らかになっている⁵⁾⁶⁾．本報告では，これらの影響が繰返し非排水強度， N 値ならびに有効土かぶり圧の関係に及ぼす影響について考察した．

2. 繰返し非排水せん断強度に及ぼす有効拘束圧の影響

田中ら⁷⁾は，繰返し非排水せん断強度に及ぼす有効拘束圧の影響に関する問題を次の2つに分類した．

タイプA：ほぼ同一の深度から採取した不攪乱試料を2種類以上の互いに異なる有効拘束圧 σ'_c ($\geq \sigma'_{v0}$ ：有効土かぶり圧) で圧密し，更に非排水繰返しせん断を行い繰返し非排水せん断強度を求める¹⁾²⁾³⁾．

タイプB：ほぼ同質の試料を2種類以上の深度から採取し，有効土かぶり圧 σ'_{v0} とほぼ等しい有効拘束圧 σ'_c ($\approx \sigma'_{v0}$) で圧密し，更に非排水繰返しせん断を行い繰返し非排水せん断強度を求める⁴⁾⁸⁾．

タイプAは，盛土や建屋の建設により有効土かぶり圧が増大した場合の繰返し非排水せん断強度変化を事前の調査により予測する場合に対応しており，タイプBは，ほぼ同質同密度で比較的厚層の大きい地層の原位置動的強度が一定であると見なせるかどうかを調査することに対応している．

田中らは，繰返し非排水せん断強度に及ぼす有効拘束圧の影響はタイプA,Bによらず次式で表せることを示した⁷⁾．

$$R = 0.15 + (R_1 - 0.15) \cdot \left(\frac{\sigma'_c}{P_1} \right)^{-0.65} \quad (1)$$

ここで R, R_1 は，有効拘束圧がそれぞれ σ'_c および P_1 ($=1.0 \text{ kgf/cm}^2$) のときの繰返し非排水強度を表す．

タイプBの場合にも拘束圧依存性があるということは， N_1 などの換算貫入抵抗値（ここでは，もともとの定義どおり， $\sigma'_{v0}=P_1$ の時の貫入抵抗値を意味しており，単に Meyerhof の式や Liao の式により算出されたものを意味していない．）が同一であっても，深部から採取した試料の液状化強度は浅部から採取した試料の液状化強度に比べて小さいことを意味している．

3. N/N_1 に及ぼす砂の締め具合の影響

前述したように， N/N_1 の値は有効土かぶり圧のみならず砂の締め具合によっても異なることが明らかになっている．Iai らが提案した N 値に及ぼす有効土かぶり圧の影響を表す式⁹⁾は次のように変形できるが，これによれば， N/N_1 の値は有効土かぶり圧のみならず N_1 表される砂の締め具合の影響を考慮できることは明らかである．

$$N = 1.828 \cdot (\sigma'_{v0} - 0.66) + \{ N_1 - 1.828 \cdot (1 - 0.66) \} \cdot \frac{0.399 \cdot (\sigma'_{v0} - 0.66) + 1}{0.399 \cdot (1 - 0.66) + 1}, \quad \text{ただし, } \sigma'_{v0} \text{ の単位は, kgf/cm}^2 \quad (2)$$

4. 繰返し非排水せん断強度に及ぼす有効拘束圧の影響ならびに N/N_1 に及ぼす砂の締め具合の影響を考慮した場合の繰返し非排水強度， N 値ならびに有効土かぶり圧の表示

ここでは，現在提案されている砂礫や砂の繰返し非排水せん断強度の簡易推定方法における換算 N 値 N_1 と繰返し非排水せん

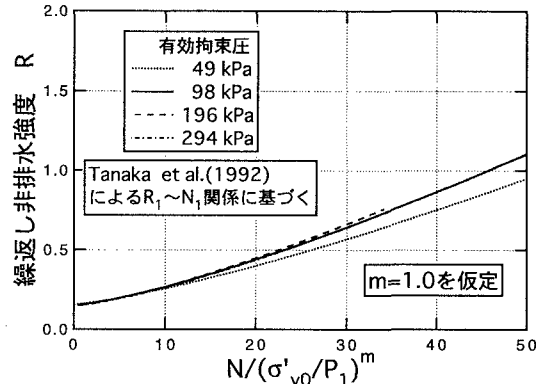
キ-ワート： N 値，繰返し非排水強度，有効土かぶり圧，補正方法

連絡先（〒270-1194，千葉県我孫子市我孫子 1646，TEL:0471-82-1181，FAX:0471-84-2941）

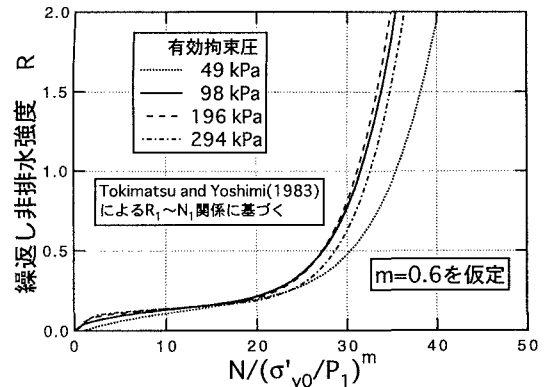
断強度 R_1 が、更に式 (1), 式 (2) を同時に満たすとした場合の繰返し非排水強度 R , N 値ならびに σ'_{v0} の関係の標記方法について考察する。対象とした簡易推定方法は、文献 7, 9, 10 に記載された方法である。ただし、式 (1) ならびに文献 7 の方法においては簡単のために $\sigma'_c = \sigma'_{v0}$ と仮定した。具体的には、 N 値と σ'_{v0} が繰返し非排水強度に及ぼす影響は、パラメータ $N/(\sigma'_{v0}/P_1)^m$ で代表されると仮定し、繰返し非排水強度とパラメータ $N/(\sigma'_{v0}/P_1)^m$ の関係が σ'_{v0} の値にあまり影響を受けない m の値を試探的に求めた。

図 1 (a),(b),(c) は、それぞれ文献 7, 9, 10 に述べられている方法に対する検討結果であるが、 m の値を適切にとれば非排水繰返し強度と $N/(\sigma'_{v0}/P_1)^m$ の間に $\sigma'_{v0}=98\sim 294$ kPa の範囲でほぼ σ'_{v0} によらない関係が得られることがわかる。ところで、 $\sigma'_{v0}=98$ kPa の時の $N/(\sigma'_{v0}/P_1)^m$ の値は、 N_1 の値に等しいので、従来からの繰返し非排水強度と N_1 の関係において N_1 を $N/(\sigma'_{v0}/P_1)^m$ に置き換え、 m を適切な値に定めれば、従来の関係式をほぼそのまま用いるだけで、2. や 3. で述べた影響を考慮し得ることを図 1 は示している。

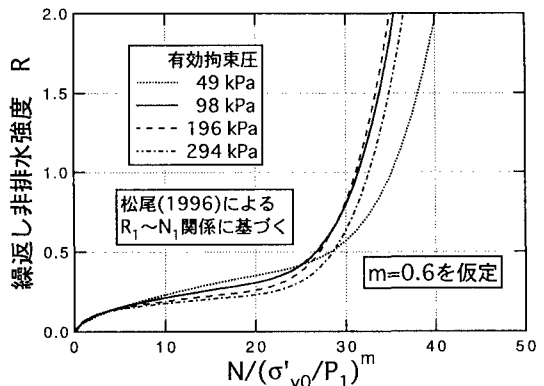
参考文献：1) Tatsuoka, F., Iwasaki, T., Tokida, K. and Kon-no, M. : Cyclic undrained triaxial strength of sampled sand affected by confining pressure, Soils and Foundations, Vol.21, No.2, pp. 115 - 120, 1981. 2) 國生剛治・吉田保夫・西好一・江刺靖行(1983)：密な砂地盤の地震時安定性評価法 (その 1) 密な砂の動的強度特性, 電力中央研究所報告研究報告 383025. 3) Yoshimi, Y., Tokimatsu, K., Kaneko, O. and Makihara, Y. (1984): Undrained cyclic shear strength of a dense Niigata sand, Soils and Foundations, Vol.24, No.4, pp. 131 - 145. 4) 今野政志・古田一郎・沢田俊一・佐久間紀呼(1987)：非排水せん断強度と各種土質定数の関係, 応用地質年報, No.9, pp. 1 - 19 5) Skempton(1986) : Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, aging and over consolidation, Geotechnique, 36, (3), pp. 425 - 447. 6) Iai S., Tsuchida H. and Koizumi K.(1988): A Liquefaction Criterion Based on Field Performances around Seismograph Stations, Soils & Foundations, Vol.29, No.2, pp.52-68. 7) Tanaka,Y., Kudo,K., Yoshida,Y. and Kokusho,T.(1992) : Undrained cyclic strength of gravelly soil and its evaluation by penetration resistance and shear strength, Soils and Foundations, Vol.32, No.4, pp. 128 - 142. 8) 古田一郎・今野政志：非排水繰返しせん断強度と各種土質定数の関係, 第23回土質工学研究発表会発表講演集, pp. 681 - 682. 9) Tokimatsu K. and Yoshimi Y.(1983): Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT N-value and Fines Content, Soils & Foundations, Vol.23, No.4, pp.56-74. 10) 松尾修 (1996) : 種々の砂質土の液状強度について, 第31回地盤工学研究発表会, pp.1035~1036.



(a) 文献 7 における $R_1 \sim N_1$ 関係を用いた場合



(b) 文献 9 における $R_1 \sim N_1$ 関係を用いた場合



(c) 文献 10 における $R_1 \sim N_1$ 関係を用いた場合

図 1 各種液状化判定法における $R_1 \sim N_1$ 関係を用いた場合の $R \sim N/(\sigma'_{v0}/P_1)^m$ 関係