

(III-4) 応力振幅のメンブレンペネトレーション補正法 への 影響

中央大学 学生員 ○岩澤 大
同 上 正会員 國生 剛治
学生員 原 忠 黒田 友紀

1 目的

今日、砂礫層も液状化するという事実が明らかになりこの動的強度を精度よく把握することは重要である。礫を多く含んだゆるい飽和供試体では地震時を想定した非排水繰返し試験により動的強度を求める場合、システムコンプライアンスの影響により液状化強度が実際よりも強く出てしまう恐れがある。その原因としてはチューブ、間隙水圧計などの間隙水圧測定システムが十分な剛性を持っていないためなどもあるが、なかでも供試体を包むゴム膜の凹凸に伴う体積変化(メンブレンペネトレーション、以下メンペメと略称)が供試体内の過剰間隙水圧の上昇を抑制することがある。本研究では、時松らのメンペネ補正法²⁾に着目し均等係数の異なる粒状材料である利根川砂礫を用いて液状化に至るまでの正確な繰返し回数 N_0 を求めるための繰返し回数に関する補正量 C_N 与える応力振幅の影響について検討した。

2 方法

時松らによる補正法²⁾では図-1(a)に示すように三軸液状化試験の途中段階での間隙水圧の両振幅 Δu_d を用いて軸応力の両振幅 $\Delta \sigma_a$ との比の値 $D = \Delta u_d / \Delta \sigma_a$ を計算する。それよりメンブレンコンプライアンス C_{RM} を $C_{RM} = B/3D - 1$ により計算し、一方別途実験的に求めた関係 $\log_{10} C_N = 0.77 C_{RM}$ により補正係数 C_N を算出する。この C_N を用いて、液状化までの正弦波応力の繰返し回数の実験値 N_C を $N_0 = N_C / C_N$ により補正し、メンペネ補正後の繰返し回数 N_0 を求める。この方法は基本的に土を等方弾性体と仮定することにより得られるが、実際の土は歪み振幅(または応力振幅)が大きくなるほど非弾性的性質が顕著となる。一方、田中ら²⁾は液状化試験に先立って微少の軸応力振幅により非排水載荷し、その時の微少な間隙水圧振幅を用いて補正することを提案している。

ここでは図-1(b)に示すように軸応力を微少レベルから液状化するレベルまで段階的に増加されながら、上記の補正係数 C_N がどのように変化するかを検討する。用いた試料は均等係数が異なる利根川砂礫で、その粒径加積曲線を図-2に示す。試料No.1,2はそれぞれ均等係数が1.2の貧配合、12.9の良配合である。試料の相対密度は $Dr=14,38,50\%$ の3段階に変化させて試料を作成し、各試料について非排水状態で2波ずつ軸応力を加えた。なお、3段階の相対密度 Dr の平均値は14,38,50%でそれぞれのばらつきの範囲は $Dr=\text{平均値} \pm 5\%$ 以内である。また、相対密度の基準となる最大・最小密度は文献(3)に示す方法で求めた。

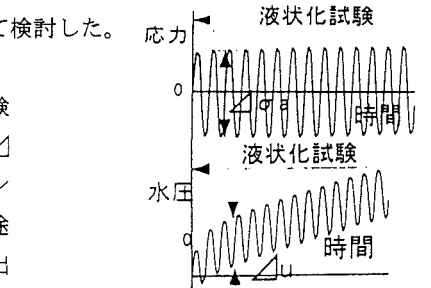


図-1(a)液状化試験での Δu の測定

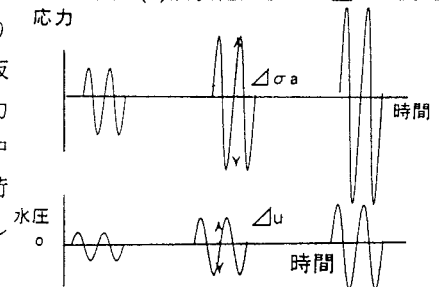


図-1(b)応力振幅を段階的に増加

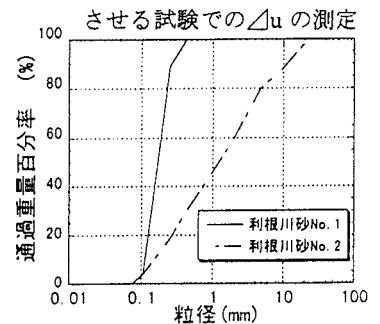


図-2 粒径加積曲線

キーワード 相対密度、均等係数、繰返し回数に関する補正係数 C_N

メンブレンコンプライアンス C_{RM} 、メンブレンペネトレーション

連絡先: 〒112 文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科土質研究室 TEL 03-3817-1799

3 試験結果

繰り返し応力比 $\sigma_d/2\sigma'_c$ と補正係数 C_N の関係を示したものが図-2(a),(b)である。ここに通常の液状化試験での表現法にあわせて $\sigma_d = \Delta\sigma_d/2$ としている。この図より試料 No.1,2 とともに相対密度の違いにより補正係数 C_N と応力比との関係に違いがみられ、 $Dr=14\%$ ではやや右上がりに増加し、 $Dr=37\%$ ではほぼ一定値をとる。そして、 $Dr=50\%$ ではやや減少傾向を示している。データのばらつきは大きい C_N と応力比の関係を直線近似すると図中の 3 本の直線のようにになる。また、試料 No.1 と No.2 の比較より良配合の No.2 の方が補正係数 C_N が多少高い値となっている。これは均等係数が大きい No.2 の方が礫分が多く含まれているため、メンブレンペネトレーションが顕著に生じたためと考えられる。しかし、試料の違いにかかわらず $C_N=1.5\sim 2.5$ の範囲にあり、同じ相対密度でみた補正係数 C_N の変化はどちらも同じ傾向を示していることは興味深い。

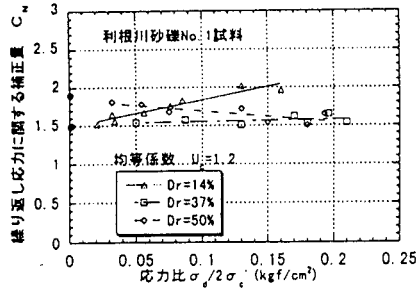


図-2(a) 応力比と補正係数 C_N の関係

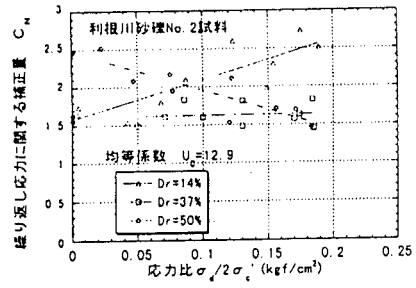


図-2(b) 応力比と補正係数 C_N の関係

土の弾性的性質は応力振幅が小さくなるほど顕著となると考えられるため、図-2 においてデータを近似した直線を外挿して応力比=0の軸と交わった点(図中の黒丸印)で得られる $C_N=C_{N0}$ が土のダイレタンシー特性などの非弾性的性質を最も排除した補正係数と考える。この C_{N0} は試料の相対密度によって異なり、 $Dr=14\%$ と 37% の場合は $C_{N0} \approx 1.5$ であるが、 $Dr=50\%$ の場合はそれより大きい値をとる。この C_{N0} の値が密度によって異なる理由は今のところ不明であるが、供試体の側面の平坦度が密度により異なるためと推察される。図-3ではこのような考えに基づき、応力振幅がゼロでの C_{N0} に対する C_N の変化率 C_N/C_{N0} を応力比に対して整理しなおして示している。これより、 $Dr=37\%$ を境界にして応力比が大きくなると共に、それにより得られる補正係数 C_N が過大評価あるいは過小評価される傾向があることがわかる。また、この傾向は粒度分布の違いにもかかわらず相対密度によりほぼ統一的に評価できることもわかる。

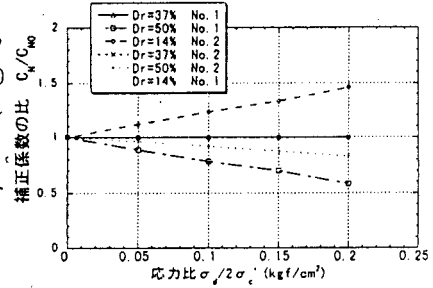


図-3 $C_N=C_{N0}$ と応力比の関係

4 まとめ

- 三軸試験機を用いた液状化強度のメンベネ補正法としては軸応力振幅に対する間隙水圧振幅の比に基づいて補正係数 C_N を算定する方法がある。この C_N の応力振幅依存性を実験的に検討し、以下の結果を得た。
- (1) 今回用いた粒度分布の範囲では、 $C_N=1.5\sim 2.5$ であり、メンベネの影響はそれほど大きくない。
 - (2) C_N にはあきらかに応力振幅依存性が見られ、その変化傾向は試料の相対密度の大きさにより逆転する。
 - (3) 液状化試験での途中段階の大きな応力振幅で算定した C_N は $Dr=50\%$ 程度以上の試料については、微小応力振幅の土の弾性的物性に対応した C_N に比べて過小評価している可能性がある。

<<参考文献>> (1) 田中幸久、國生剛治、吉田保夫、工藤康二(1988):「システムコンプライアンスによる砂礫の動的強度測定誤差の評価方法」電力中央研究所報告 (2) 時松孝次、田中敬三(1986):「液状化試験に対する Membrane Penetration の簡便な評価方法」土の非排水繰り返し試験に関するシンポジウム (3) 國生剛治、原 忠(1997):「礫質土の最大最小密度試験法」土木学会