

Ⅲ-A101

土槽貫入実験によるまさ土の液状化強度の評価

中央大学	正会員	國生剛治
(株)シー・アール・エス	正会員	吉田保夫
中央大学	学生会員	○平岡良介
(社)電力土木技術協会	正会員	桑原弘昌
東電設計(株)	正会員	瀬下雄一

1. はじめに 標準貫入試験のN値は既に、砂質地盤についての液状化強度を推定する目的で頻繁に用いられている。1995年に阪神・淡路地方に甚大な被害を及ぼした兵庫県南部地震では、従来、液状化強度が高いとされてきた礫質地盤が液状化し、礫質地盤についても液状化強度を推定することが必要とされてきている。そこで本研究では、N値と液状化強度の関係やS波速度の関係について明らかにすることを目的とし、土槽中に礫質土層を作成し、種々の鉛直圧並びに地盤密度の条件で、標準貫入試験、S波速度試験を行うとともにこの地盤から採取した凍結サンプリング試料の三軸液状化試験を行った。

2. 試験概要 実験に用いた東灘まさ土は、50.8mmふるいを通したもののみとした。採取した試料の粒径加積曲線を図-1に示す。 $\rho_s=2.608\text{g/cm}^3$, $D_{50}=1.173\text{mm}$, $e_{\max}=0.538$, $e_{\min}=0.280$, $U_c=46.4$ である。ただし、今回の試料は2mm以上の礫分も含んでいるので、中型モールドを使用した最大・最小密度試験法¹⁾により最大・最小間隙比を求めた。均等係数 U_c は大きな値を示し、礫分、砂分、細粒分を含む一般的には良配合の材料であると言える。また、0.425mm以下の土について求めた塑性指数は、ほぼN.P.であり、非粘性土であると言える。

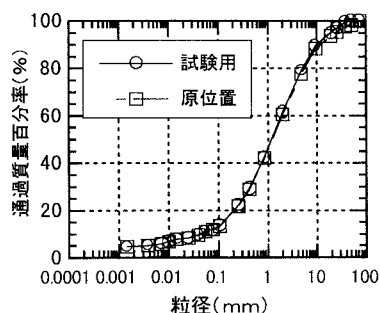


図-1 まさ土の粒度分布

実験に用いた土槽を図-2に示す。土槽は内径800mm、深さ700mmの円筒形で、上蓋の裏及び土槽底面に設けてあるゴム袋を介して地盤に対して鉛直方向の圧力を加えられるようになっている。また水平方向の土圧は土槽壁面に土圧計を設置して測定することにする。鉛直圧は49, 98, 196, 294 kPaの4段階を行った。地盤作成に関しては試料を湿潤状態にし、締め固め方法を工夫して所定の相対密度($Dr=20, 40, 60, 80\%$ 付近)の地盤になるようにした。標準貫入試験はJIS A 1219に従って試験を行った。また、S波速度の測定については予め振源棒や速度計を埋設しておき、振源棒を水平方向に打撃して地盤内にS波速度を発生させる。速度計間の距離をS波の一波目のピークの時間差で除すことによってS波速度を求めた。尚、発生した波がS波であることを確認するために、打撃は相対する方向をそれぞれ行った。

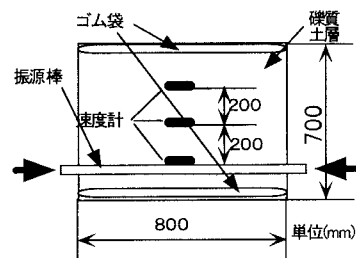


図-2 実験に用いた土槽

貫入試験終了後鉛直圧をかけたまま、予め土槽側壁に埋設しておいた凍結管に液化窒素を循環させ地盤側壁近傍を凍結させる。凍結後、凍結土を掘り出し凍土用成形機で、直径10cm高さ20cmの円柱状の供試体を作成する。供試体側面に凹凸があった場合には細粒分を張り付け、メンブレンペネトレーション発生を軽減をはかる。6シリーズの地盤に対して、各々供試体4～5本の、繰り返し応力比を変化させた液状化試験を行った。

キーワード：N値、S波速度、相対密度、液状化

連絡先：〒112 文京区春日1-17-23 中央大学理工学部土木工学科 TEL 03-3817-1799 FAX 03-3817-1803

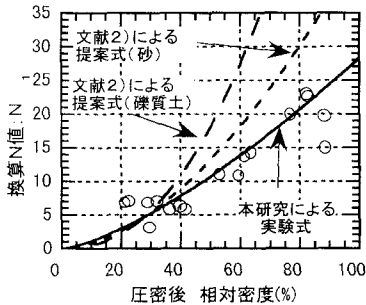


図-3 相対密度と換算N値

表-1 基準化N値換算式

相対密度	換算式	相関係数
$Dr=22.0 \sim 28.8\%$	$N_1 = N / (P_v / P_{v0})^{0.424}$	$R=0.98066$
$Dr=32.4 \sim 41.4\%$	$N_1 = N / (P_v / P_{v0})^{0.504}$	$R=0.97017$
$Dr=53.2 \sim 63.9\%$	$N_1 = N / (P_v / P_{v0})^{0.767}$	$R=0.71339$
$Dr=77.0 \sim 88.7\%$	$N_1 = N / (P_v / P_{v0})^{0.146}$	$R=0.78174$

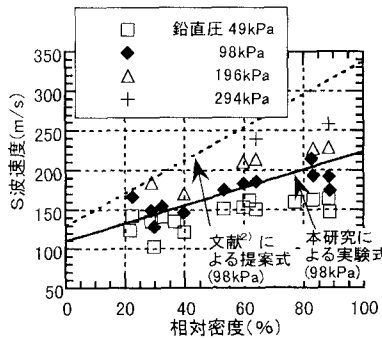


図-4 相対密度とS波速度

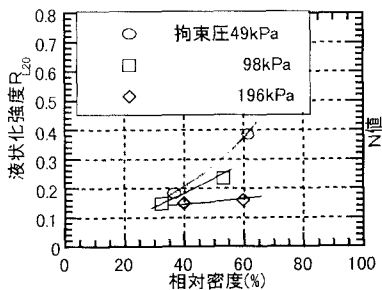


図-5 相対密度と液状化強度

3. 試験結果と考察 図-3はN値と相対密度 Dr の関係を示したものである。ここでのN値は有効鉛直圧 $P_{v0}'=98\text{kPa}$ (1.0kgf/cm^2)とした場合であり、表-1に示す式を用いて換算したN値を N_1 値として示している。比較するため同図中に文献²⁾で報告されている利根川砂礫（礫分含有率 50%）の提案式と利根川砂（礫分なし）の提案式を示した。なお、この利根川の砂礫や砂は細粒分を含まない、堅硬な試料である。まさ土の換算N値は利根川砂礫より低く、砂と同程度または相対密度 30%以上では砂よりも低い値を示している。これはまさ土がもろい試料であること、また細粒分が 12%程度含まれていることが換算N値を低くしている一因と考えられる。図-4は相対密度 Dr とS波速度 V_s の関係を示したものである。同図中に文献²⁾で報告されている利根川砂礫（礫分含有率 50%）の提案式（鉛直圧 $P_0'=98\text{kPa}$ ）を示すが、まさ土のS波速度は利根川砂礫より低いことが分かる。図-5に相対密度 Dr と液状化強度 R_{L20} の関係を示す。ここで両振幅ひずみ $DA=5\%$ に至るまでの繰返し回数 N_c が 20 回の時の繰返し応力比 R_{L20} をその地盤の液状化強度とした。相対密度 60%付近の液状化強度は与えた拘束圧が大きいほど強度が低い値を示し、液状化応力比が鉛直圧に依存することを示している。図-6はN値とS波速度 V_s の関係を示したものであるが、鉛直圧をパラメータとして変化する様子が分かる。図-7は、液状化強度 R_{L20} と換算N値の関係を道路橋示方書で提示している方法と比較して示したものである。ただし換算N値は、道路橋示方書で提示している換算方法を使用した。これよりまさ土は $N_1 \leq 17$ の範囲では道路橋示方書で示している方法ではほぼ妥当な強度を与えるものと考えられる。

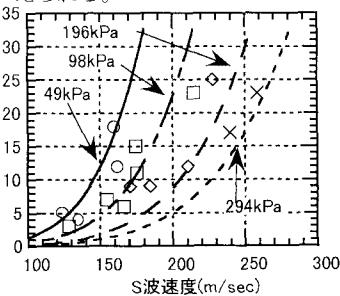


図-6 N値とS波速度

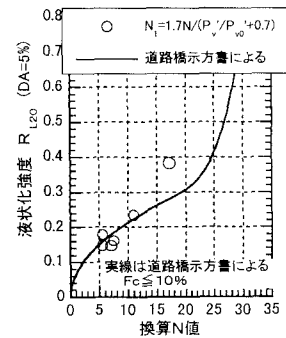


図-7 N値と液状化強度

4. まとめ 以上の結果から東灘まさ土について次のことが分かった。(1) 相対密度 Dr 、鉛直圧 P_0' が同程度の他の堅硬な試料に比べてまさ土のN値は低い値をとる。これは破砕性や細粒分含有率が高いことが一因と考えられる。またS波速度も他の堅硬な試料に比べて低い値を示した。(2) 更にデータの集積が必要ではあるが、東灘まさ土は今回調べたN値の範囲では道路橋示方書で示している方法で、液状化強度を評価できるものと考えられる。

参考文献 1) 池見元宣、工藤康二、國生剛治(1984)「砂礫材料の相対密度試験について」土質工学会第 19 回研究講演概要集、pp. 20-21 2) 吉田保夫、國生剛治(1988)「砂礫地盤への貫入試験の適応法の提案」電力中央研究所報告 研究報告：U87080