

北海道大学工学部 正員 三浦 清一

谷澤 房郎

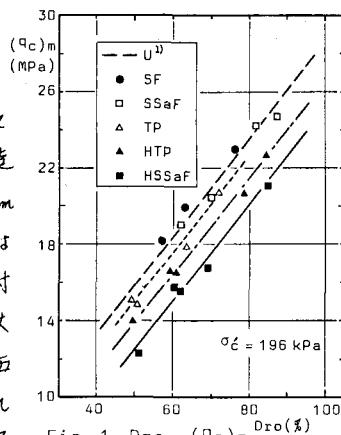
土岐 祥介

1. まえがき 振動三軸試験による鉋和砂の液状化特性は、供試体の構造特性の違いによって大きく異なることが一般に認められている。一方、静的ユーン貫入抵抗も構造特性に依存するが、液状化強度とユーン貫入抵抗の相関を考える際には両者を単独に結びつけることはできず、供試体の構造特性を考慮した形で考えていく必要があることを筆者らは前報¹⁾で指摘している。本報告はこの結果をさらに明確にするため、同一の方法で作製した砂層において水平方向および鉛直方向からサンプリングを行って堆積構造が異なる供試体を作製し、それらの液状化特性とユーン貫入特性の相関について考察したものである。

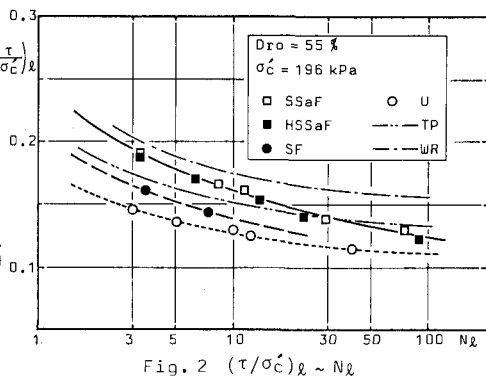
2. 試料および供試体作製法 試験に用いた試料は豊浦標準砂 ($G_s = 2.65$, $e_{max} = 0.992$, $e_{min} = 0.625$) である。供試体 ($D = 70\text{ mm}$, $H = 170\text{ mm}$) は MSP 法²⁾, TP 法および WR 法³⁾ によって作製した。以下の議論では、砂の堆積方向と供試体の軸方向が一致するものを V 供試体、 90° 異なるものを H 供試体と称することにする。本報告では、通常の作製法による供試体の他に凍結あるいはサンプリングという手法を用いた SF, SSaF 供試体³⁾ (V 供試体), HSSaF 供試体³⁾ および HTP 供試体⁴⁾ (H 供試体) に対しても試験を行なった。

3. 試験結果と考察

3-1 ユーン貫入特性 図-1 に圧密終了時の相対密度 D_{ro} と平均ユーン貫入抵抗値 $(q_c)_m$ の関係を示す。 $D_{ro} = 50\%$ では、いずれの供試体においても D_{ro} と $(q_c)_m$ の間にはほぼ直線関係が見られる。一方、V 供試体すなわち構造特性が等しい供試体 (通常の MSP 供試体) と SF および SSaF 供試体の $D_{ro} \sim (q_c)_m$ 関係はほぼ一致しており、貫入抵抗に及ぼすサンプリングおよび凍結の影響は無視できるものと言える。したがって、図-1 に見られる各供試体の同一相対密度における貫入抵抗の差は構造特性に起因していることになる。また、H 供試体の貫入抵抗は同一作製法による V 供試体の水平方向からの貫入抵抗と等価であり、V 供試体との差の大小は異方性の程度を反映しているものと考えられる。すなわち、静的ユーン貫入試験は堆積構造の差を明確に捉え、異方性の程度によ、 γ 貫入抵抗は異なる値を示すと言えよう。

Fig. 1 $D_{ro} \sim (q_c)_m$

3-2 液状化特性 種々の供試体に対する液状化試験 $(\frac{\tau}{\sigma'_c})_L$ の結果を図-2 に示す。ここで、液状化強度は初期液状化の判定標準に基づいている。MSP 法による V 供試体についてみると、SF あるいは SSaF 供試体の液状化強度は U 供試体のそれよりも高く、液状化強度に及ぼすサンプリングおよび凍結の影響は無視できない。これは、凍結あるいはサンプリングが V 供試体の伸張側のグレイテンシー特性に強い影響を与える³⁾ こと、またそれらが異方性を弱める方向に作用する³⁾ ことを反映していると考えられる。供試体の凍結が液状化強度に及ぼす影響に関する報告^{5,6)} では凍結と非凍結の間に差はないとされているが、MSP 供試体のように強い異方性を有する供試体では、上述の理由から凍結によ、 γ 液状化強度が高くなるものと思われる。

Fig. 2 $(\tau/\sigma'_c)_L \sim N_L$

次にSSaF供試体とHSSaF供試体についてみると、両者の疲状化強度にはほとんど差が見られないという興味ある事実が示されている。両者ともサンプリングおよび凍結という過程を経て作製された供試体であり、H供試体の場合もV供試体と同様にその影響を受けていると考えられる。しかし、図-3(a),(b)に示した疲状化試験の記録例に見られるように、繰返し応力範囲過程における両者の挙動には明白な差が見られ、V供試体は伸張側、H供試体は圧縮側で変形が卓越している。また、静的試験におけるダイレイタンスー特性においても同様傾向⁹⁾を示しており、サンプリングおよび凍結という過程を経ても両供試体の初期構造の差はほとんど保持されていると言える。したがって、SSaF供試体(V)とHSSaF供試体(H)の疲状化強度の一致は、これらの供試体が主応力の作用方向に対して互いに対称な構造を有していること、また変形が卓越するよう応力状態におけるダイレイタンスー特性が疲状化強度に支配的であることに起因していると考えられる。

3-3 疲状化強度とユーン貫入抵抗の相関

V供試体については、疲状化強度とユーン貫入抵抗の間に良好な直線関係が存在する⁹⁾。しかし、前報⁷⁾で示したように堆積構造が異なる供試体間には相関が見られず、V供試体と疲状化強度が等しいH供試体の貫入抵抗もV供試体のそれとは大きく異なっている。そこで、H供試体の貫入抵抗と疲状化強度の関係を示したのが図-4である。縦軸は載荷回数 $N_f=20$ 回のときの応力比であり、3-2で述べた結果よりそれぞれに対応するV供試体の値を用いている。また、WR供試体に関してはH供試体に対する貫入試験は行っていないが、その構造特性から推察してV供試体とH供試体の貫入抵抗はほとんど等しいと考えられる。

図-4より、H供試体に関しては疲状化強度と貫入抵抗の間に良い直線関係が存在し、構造特性によらず貫入抵抗から直接疲状化強度を求めることが可能である。一方、V供試体に関しても水平方向からの貫入抵抗を用いれば疲状化強度を推定することができると言える。すなわち、

鉛直方向と水平方向の貫入抵抗の小さい方を用いれば、振動三軸試験の疲状化強度と貫入抵抗を結びつけることが可能となる。言い換えれば、疲状化強度をより積極的に支配する応力状態の最大主応力方向とユーン貫入方向とが一致する際の貫入抵抗と疲状化強度は良い相関を示すと言える。したがって、原位置において単純に鉛直方向の貫入抵抗のみによって疲状化強度を推定することは、誤ま、に結論や予測を導く可能性があると言えよう。

4. あとがき 振動三軸試験における疲状化強度は、異方性の程度が同じであれば構造特性が全く異なっても一致することが認められた。また、構造異方性によって鉛直方向と水平方向の貫入抵抗は大きく異なり、両者の小さい方と疲状化強度の間に良い相関が見られる。最後に、本研究について御教示頂いた本学北郷 繁教授並びに実験に協力を得た本学大学院中垣 健、江幡 敦司、今日出 人君に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 土岐・三浦・谷澤 (1981): 第16回土工学会研究発表会講演集
- 2) Miura, S. and Toki, S. (1982): Soils and Foundations, Vol. 22, No. 1
- 3) 三浦・土岐・三浦 (1982): 第17回土工学会研究発表会講演集
- 4) 土岐・三浦・谷澤 (1982): 同 上
- 5) Walberg, F.C. (1978): Proc. ASCE, Vol. 104, No. GT5
- 6) Singh, S. et al. (1978): Report No. UCB/EERC-79/03
- 7) 土岐・三浦・谷澤 (1981): 砂の相対密度～シロシム発表論文集

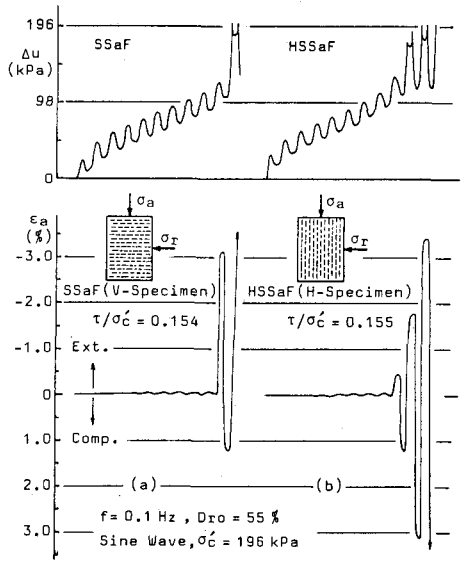


Fig. 3 Typical Records

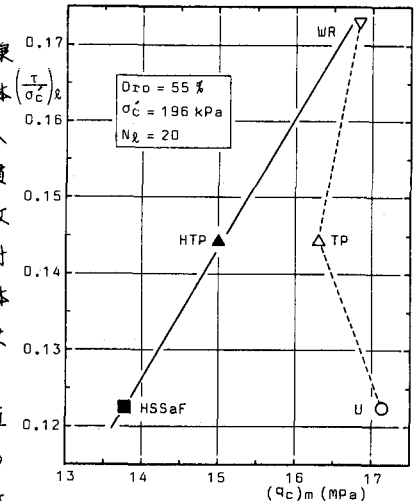


Fig. 4 $(q_c)_m \sim (\tau/\sigma'_c)_0$