

北大工学部 正員 谷澤 房郎

" " 土岐 祥介

" " 三浦 清一

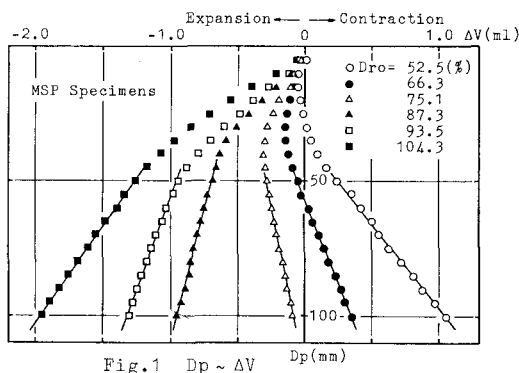
1. まえがき 静的コーン貫入抵抗値 q_c あるいは標準貫入試験のN値などは、砂のせん断抵抗角中あるいは粘土の非排水せん断強度 c_u などと結びつけられ、原地盤の強度推定に広く用いられている。しかし、貫入試験によって砂地盤の表状化強度を推定しようとする場合、単に貫入抵抗値のみを考えるのではなく、貫入に伴って生ずる塑性域内のせん断特性に関する情報が必要であると考えられる。

筆者らは、静的コーン貫入特性を詳細に把握するために、三軸砂供試体に対して貫入試験を行ない、貫入抵抗値に及ぼす種々の因子の影響について研究を進めてきた¹⁾²⁾。本報告は貫入に伴う砂のダイレイタンシー特性および静的三軸せん断特性とコーン貫入特性との関連性について考察したものである。

2. 試料および実験方法 実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、すべて乾燥状態のものをを用いた。供試体はMSP法またはタッピング法(TP法)によって作製し、 CO_2 および脱気水を通して飽和させた後、有効圧密圧力 $\sigma'_v=19.6kPa$ で等方圧密を行ない(圧密終了時の相対密度を D_{ro} とする)、その状態を維持したまま貫入速度 $2.8mm/min$ で静的コーン貫入試験(CPT)を行なった¹⁾²⁾。

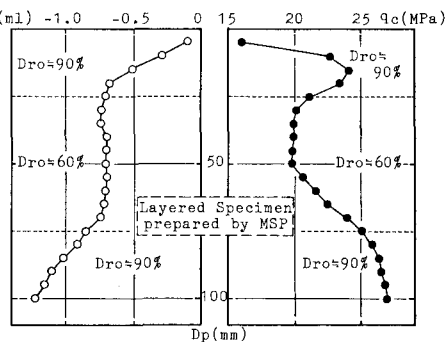
3. 実験結果と考察

3-1 貫入に伴う吸排水 図-1は、種々の相対密度 D_{ro} のMSP供試体の貫入深さ $D_p(mm)$ と排水量 $\Delta V(ml)$ との関係を示したもので、排水量 ΔV はその貫入深さまでの吸排水量(排水を正とする)の総和を表わす。 $D_p=50mm$ 以深では貫入に伴いほぼ一定の割合で吸排水が生じており、この結果は、コーン貫入抵抗値 $q_c(MPa)$ が $D_p=50mm$ 以深ではほぼ一定値となる¹⁾ことに対応していると考えられる。一方図-2は、あらかじめ設定した位置まで砂が堆積した時点でMSP装置のノズルを交換し、再び砂を落下させるという操作を繰返して作製した層状供試体について行なった貫入試験結果を示している。各層の境界の上 $\Delta V(ml)$ -1.0 -0.5 0 15 20 25 $q_c(MPa)$

Fig.1 $D_p \sim \Delta V$

再び砂を落下させるという操作を繰返して作製した層状供試体について行なった貫入試験結果を示している。各層の境界の上 $\Delta V(ml)$ -1.0 -0.5 0 15 20 25 $q_c(MPa)$ 部付近では、下層の影響によって q_c が大きく変化していると考えられ、 ΔV との相関が明確には見られないが、全層を通じて ΔV と q_c の変動の傾向には明らかに相関が見られる。以上のこより、貫入抵抗と吸排水量との間には密接な関係があると言えよう。

次に、 $D_p=50mm$ 以深の ΔV の増分比 $d(\Delta V)/dD_p$ と D_{ro} との関係を図-3に示す。TP供試体ではその不均質性によって、 $D_p=50mm$ 以深においても q_c は必ずしも一定値にはらず²⁾したがって図-2に示した層状供試体と同様に ΔV の増加の割合も一定とはならない。しかし、多少の変動はあっても $D_p=50mm$ から $100mm$ の間ではある一定の傾向を示

Fig.2 $D_p \sim \Delta V, q_c$

しており、MSP供試体の場合と同様に $D_p=50mm$ 以深では ΔV と D_p とが直線関係をなすとし、 $d(\Delta V)/dD_p$ を用いて以下の議論を進める。図-3に示すように、MSP・TP両供試体ともに D_{ro} と $d(\Delta V)/dD_p$ の間には良い直線関係が見られる。また、両供試体ともにある D_{ro} を境にして排水状態から吸水状態へ移行している。ここで、貫入に伴う吸排水を引き起こ

す因子としては、コーン先端部の平均主応力の増加とせん断によるダイレイタンシーが考えられるが、図-3の結果から後者の方が卓越していると思われる。筆者らはすでに、 D_{ro} と平均貫入抵抗値($\bar{q}_c$)_m($D_p=50$ mm 以下)の $\bar{q}_c$ の平均値)との間に直線関係が存在し、供試体作製法の違いによる供試体構造特性の相違によってその関係が異なるという結果²⁾を得ているが、この結果と図-3より、ダイレイタンシーが貫入抵抗に及ぼす影響は明らかであり、他の種々の影響因子の中でダイレイタンシー特性がしめる割合は多大なものであると考えられる。

3-2 貫入に伴うダイレイタンシーと静的せん断特性

コーン貫入時には、コーン周辺に生ずる塑性域で連続的な静的せん断破壊が生じていると考えられる。そこで、コーン貫入時に生ずる体積ひずみを(ϵ_v)_cとし、図-3に示した $d(\Delta V)/dD_p$ を用いて(ϵ_v)_cは次式によって表わされるとする。

$$(\epsilon_v)_c = \frac{d(\Delta V)}{dD_p} \cdot \frac{1}{A_{max}} \cdot 100 \quad (\%) \quad (1) \quad A_{max}: \text{塑性域の最大断面積 (mm}^2\text{)} \quad (\text{図-5の挿入図参照})$$

今、Meyerhofの仮定した2次元問題での塑性域³⁾の形状をそのまま2次元の場合に用いると、 A_{max} は

$$\left. \begin{aligned} A_{max} &= \frac{\pi d^2}{4} \left(\frac{e^{\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\alpha}{2} + \alpha\right) \tan \phi} \cdot \cos \phi}{2 \sin \alpha \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\alpha}{2}\right)} + 1 \right)^2 \quad (\text{Smooth Base}) \\ &= \frac{\pi d^2}{4} \left(\frac{e^{\left(\frac{\pi}{2} + \alpha + \alpha\right) \tan \phi} \cdot \cos \phi}{\sin \alpha} + 1 \right)^2 \quad (\text{Rough Base}) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここで d : コーンの直径 (mm), α : コーン先端角の半角

となる。本研究で用いたコーンは $d=50$ mm, $\alpha=45^\circ$ である。また、貫入抵抗値と排水三軸圧縮試験から得られるせん断抵抗角 ϕ との間に一義的な関係が存在する²⁾ということから、(2)式の中には ϕ を用いる。さらに、 $D_{ro} \sim \phi$ 間の直線関係²⁾と図-3の $D_{ro} \sim d(\Delta V)/dD_p$ 関係を用い、(1),(2)式より(ϵ_v)_cが求まる。このようにして求めた(ϵ_v)_cと D_{ro} との関係を図-4,5に示す。なお、図上の実測点は静的せん断試験の破壊時の体積ひずみ(ϵ_v)_fを表わす。図-4より、 $D_{ro} \sim (\epsilon_v)_c$ 関係は圧縮試験よりも伸張試験の $D_{ro} \sim (\epsilon_v)_f$ 関係に類似していることがわかり、図-5に示すTP供試体の場合も同様である。したがって、コーン貫入によって生ずるせん断のダイレイタンシー特性は、三軸伸張試験のダイレイタンシー特性と何らかの関係を持っていると考えられる。しかし、強度特性および塑性域の広がりに関しては、上記の結果から三軸圧縮試験の ϕ との相関が強いと言えよう。

4. あとがき

コーン貫入時におけるダイレイタンシーが貫入抵抗に影響を及ぼし、その特性は排水三軸伸張試験のそれと関連性があることがわかった。したがって三軸供試体における貫入特性を完全にとらえるためには、三軸圧縮・伸張両試験から得られる特性との関連性および供試体構造特性を考えていく必要があるだろう。

最後に、実験ならびにデータ整理に協力を得た本学卒業生小野(現北浦部)・三浦(現建設省)両君に謝意を表す。

[参考文献] 1) 土岐・三浦・佐々木(1980):第15回土質工學研究発表会 2) 土岐・三浦・谷澤(1981):第16回土質工學研究発表会

3) Meyerhof, G.G. (1961): Proc. of the 5th Int. Conf. on SMFE, Vol. II

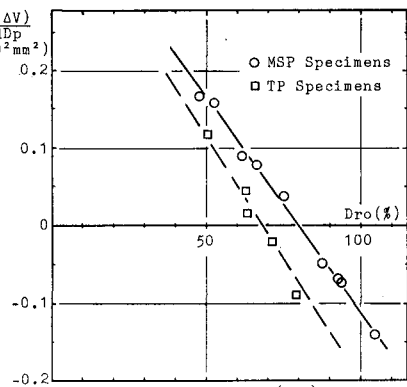


Fig.3 $D_{ro} \sim \frac{d(\Delta V)}{dD_p}$

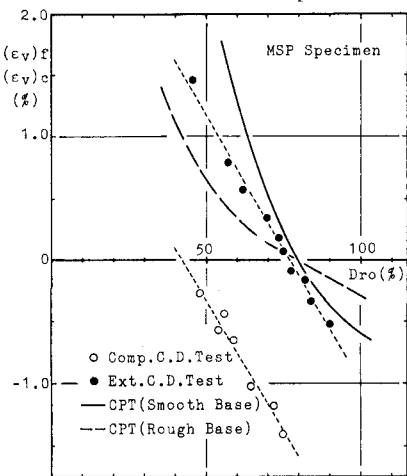


Fig.4 $D_{ro} \sim (\epsilon_v)_f, (\epsilon_v)_c$

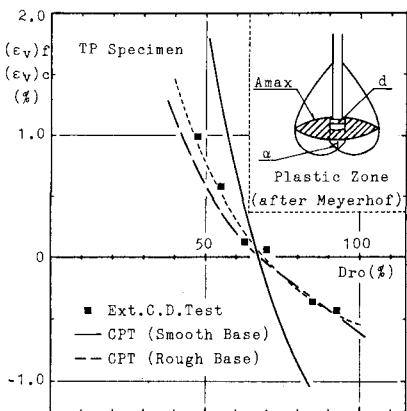


Fig.5 $D_{ro} \sim (\epsilon_v)_f, (\epsilon_v)_c$