

岡垣砂のせん断・摩擦強度特性

九州共立大学工学部 ○学生 中村 文香
九州共立大学工学部 学生 小路 裕之

九州共立大学工学部 正 森 巖
九州共立大学工学部 正 前田 良刀

1. はじめに

本文は、北九州芦屋海岸の岡垣地区から採取される岡垣砂の室内要素試験における力学特性に関して述べたものである。室内試験では、三軸圧縮試験、一面せん断試験から得られるせん断特性のうちピーク時の摩擦強度と限界状態での摩擦強度の関係およびガラス繊維からなる地盤補強材と岡垣砂摩擦特性についても検討を行っている。

2. 三軸圧縮試験結果

岡垣砂を用いて、三軸圧縮試験が行われている¹⁾。表-1 は岡垣砂の芦屋海岸と対岸の間に位置する豊浦標準砂の物理特性の比較であるが、ほぼ同じ性状を示す。なお、試験に用いる岡垣砂は7号珪砂を水洗いして塩分や細粒分を除去した後、約600度のバーナーで不純物を焼却し、市販されている。

図-1 は、乾燥密度 ρ_d とピーク時の内部摩擦角 $\phi_{T,peak}$ および限界状態での摩擦角 $\phi_{T,cv}$ の比較である。ここで、 $\phi_{T,peak}$ は三軸圧縮試験での応力・ひずみ関係から最大応力点での応力状態から、 $\phi_{T,cv}$ はせん断中に体積変化がほぼ生じなくなったと考えられる時点での応力状態から、次式で求めている。

$$\phi_{T,peak,or} \phi_{T,cv} = \sin^{-1}((\sigma_1 - \sigma_3)/(\sigma_1 + \sigma_3)) \cdots (1)$$

これから、 $\phi_{T,peak}$ は豊浦標準砂とほぼ同じ程度の値¹⁾を示すことがわかる。又、 $\phi_{T,cv}$ は密度 ρ_d に依らずほぼ一定値($\phi_{T,cv} \approx 35 \sim 36^\circ$)を示し、材料に固有な値を有する事がわかる。なお、岡垣砂の $\phi_{T,cv}$ は豊浦砂($\phi_{T,cv} \approx 32^\circ$)よりも多少大きい。また、図中の $\rho_d \leq 1.40(g/cm^3)$ 以下ではせん断中の体積変化(収縮)が継続しているため、限界状態での $\phi_{T,cv}$ を求めることができなかった。

3. 一面せん断試験

3-1 岡垣砂のみの場合

同じ岡垣砂を用いて、一面せん断試験を行った。図-2 は試験結果の一例であるが、各ケースともせん断強さは初期密度 ρ_d に依存するが、体積変化が生じ

表-1 物理的特性比較

	岡垣砂	海の中道砂	豊浦砂
比重 G_s	2.63	2.63	2.64
平均粒径 D_{50}	0.26	0.3	0.16
有効粒径 D_{10}	0.16	0.2	0.14
均等係数 U_c	2.2	1.63	1.44
最大間隙比 e_{max}	0.93		0.98
最小間隙比 e_{min}	0.56		0.61

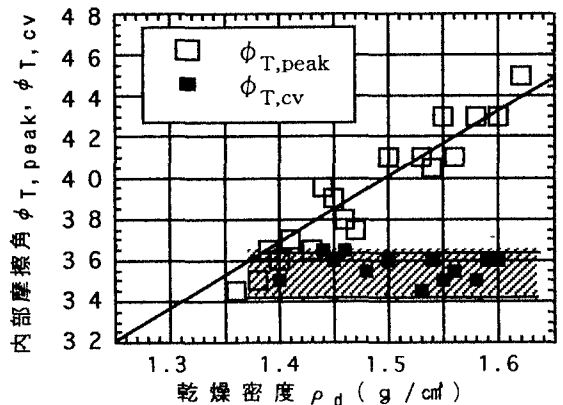


図-1 乾燥密度 ρ_d と内部摩擦角 ϕ の関係(岡垣砂)¹⁾

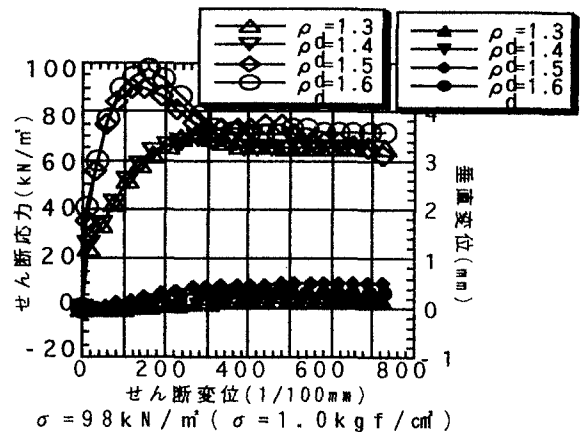


図-2 一面せん断試験結果の例

なくなった時点では、密度 ρ_d に依らずほぼ一定のせん断強さを示すことがわかる。また、三軸試験と同様に、 $\rho_d \leq 1.40(\text{g/c m}^3)$ では、せん断中に正の体積変化（ダイレイタンス）を生じないこともわかる。なお、一面せん断試験でのピーク時の内部摩擦角 $\phi_{D,\text{peak}}$ および限界状態での内部摩擦角 $\phi_{D,\text{cv}}$ は次式で求められる。

$$\phi_{D,\text{peak}}, \text{ or } \phi_{D,\text{cv}} = \tan^{-1}(\tau/\sigma) \cdots (2)$$

図-3 は、一面せん断試験と三軸圧縮試験から得られる内部摩擦角の比較である。内部摩擦角のピーク値に関しては、従来から指摘されているように、 $\phi_{D,\text{peak}} > \phi_{T,\text{peak}}$ であり、次式の関係がある。

$$\phi_{D,\text{peak}} \approx 1.1 \phi_{T,\text{peak}} \cdots (3)$$

なお、限界状態時の内部摩擦角については、現在のところ定説は無いが、本試験では以下の結果が得られた。すなわち、限界状態の摩擦角は一面せん断試験の値が三軸圧縮試験でのほぼ上限に位置する。

$$\phi_{D,\text{cv}} \geq \phi_{T,\text{cv}} \cdots (4)$$

3-2 地盤補強材との摩擦

図-4 にガラス繊維からなる産業用ベルトを一面せん断装置に張り付けた場合の摩擦試験結果を示す。

図-4 (a) に示すように、密度 ρ_d に依らずほぼ一定のせん断抵抗力（摩擦力）を示し、その摩擦角は図-4 (b) に示すように $\delta \approx 29^\circ$ である。今回の試験では $\delta < \phi_{D,\text{cv}}$ のために地盤が正のダイレイタンスを生じる以前に地盤と補強材の間で滑動が生じ、密度 ρ_d が変化しても応力ひずみ曲線に影響を与えないものと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結果は以下のとおりである。

- ① 岡垣砂と豊浦標準砂の力学特性は、ほぼ類似している。
- ② 三軸圧縮試験および一面せん断試験ではピーク時の摩擦角は、初期密度 ρ_d に依存するが、限界状態での摩擦角は固有の一定値である。地盤の限界状態の摩擦角よりも小さい摩擦角の補強材を用いた摩擦抵抗力は地盤の初期密度に無関係である。

参考文献

① 十河、松本、山本：組合せ荷重を受ける杭の支持力機構に関する研究、平成6年度九州共立大学卒業論文 Ⅱ.7.8

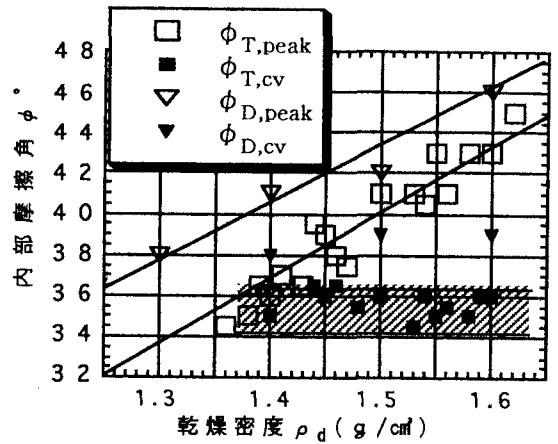
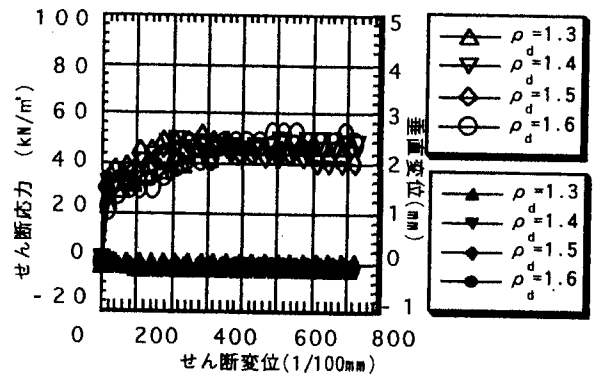
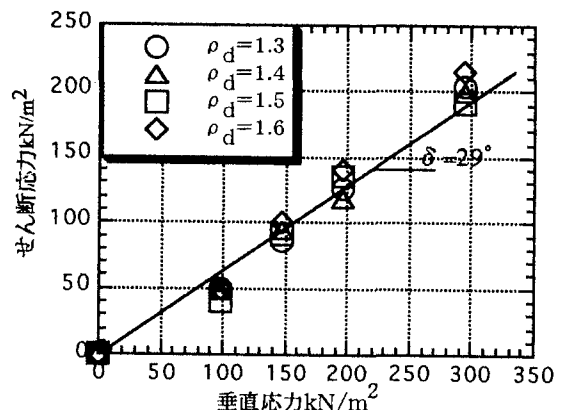


図-3 一面せん断試験と三軸圧縮試験の比較(岡垣砂)



(a) 圧密圧力 $\sigma = 98 \text{ kN/m}^2$ ($\sigma = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$)



(b) 地盤補強材と摩擦角 δ

図-4 地盤補強材との摩擦試験