

名古屋工業大学 正員 竹田 一夫
松岡 元

一般に土粒子は扁平な形状をしており、その堆積にともなう定方向配列性が異方性の源であると考えられる。そこで一定方向に配列させた扁平なアルミ棒混合体を、異方的な構造を持つ粒状体の2次元モデルとしてせん断試験を行ない、初期構造の異方性が粒状体の強度特性に与える影響を粒子接点角の観点から考察するとともに、同様の2次元モデルから成る異方性地盤の支持力試験、土圧試験を行ない、地盤の配向構造と極限支持力、後働土圧の関係を明らかにした。

1. 扁平粒状体のせん断強度特性

試料は長さ5 cm, $\phi 5$ mmと $\phi 8$ mmの2種径のアルミ丸棒を長短軸長比が1.4程度の楕円になるようにプレスしたものの混合体であり、混合本数比は $\phi 5$ mm : $\phi 8$ mm = 5 : 1とした。供試体寸法は幅約14 cm, 高さ約24 cmである。せん断試験は、このような2次元モデルに鉛直・水平の2主応力を独立に載荷できる二軸圧縮試験機を用いて行なった。

いま、図-1に示すように、堆積面(粒子長軸方向)と最大主応力面とのなす角を δ とする。図-2は δ を種々に変化させた場合のせん断試験より得られたピーク強度時の内部摩擦角 ϕ と δ の関係を示したものである。これより ϕ は

$\delta = 0^\circ$ で最も大きく $\delta = 60^\circ$ 付近で極小値を持つようであるが、同様の傾向は豊満砂の平面ひずみ試験によっても指摘されており興味深い。ここで、最大主応力面と $45^\circ + \phi_{mo}/2$ なる角度($\sin \phi_{mo} = (\sigma_1 - \sigma_3)/(\sigma_1 + \sigma_3)$)をなす面を滑動面(Mobilized Plane)と呼び、土粒子が平均的に最もよく滑動する面と考えている。図-3はピーク強度時における滑動面上の粒子接点角 θ (せん断応力 τ に抵抗しやすい角度を正)の平均値 $\bar{\theta}$ を δ に対して示したものである。同図より $\bar{\theta}$ は $\delta = 60^\circ$ 付近で極小となるが、この傾向は図-2に示した ϕ の傾向と一致している。

そこで、図-4はこれらの ϕ の値と $\bar{\theta}$ の関係を示したものであるが、 $\bar{\theta}$ が大きいほど ϕ の値も大きくなる傾向が認められる。一方、堆積面と滑動面のなす角度 α は、堆積粒子のかみ合いの程度を表わす指標と考えられるが、滑動面の角度をピーク強度時の ϕ_{mo} (= ϕ')

によって代表せうるものとするとき次式で表わされる。

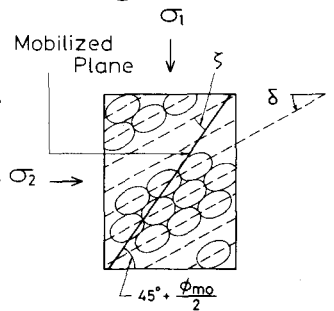


図-1 主応力面と堆積面、滑動面の関係

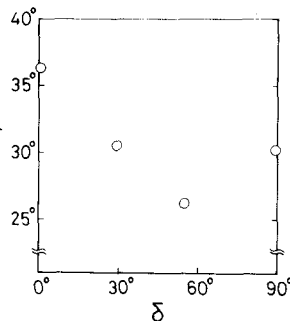


図-2 ϕ と配向角 δ の関係

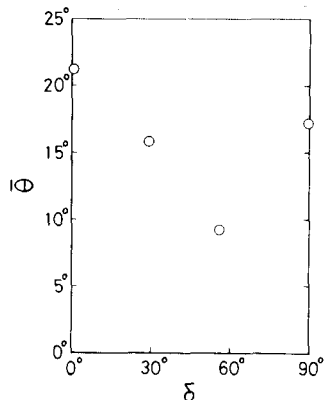


図-3 $\bar{\theta}$ と配向角 δ の関係

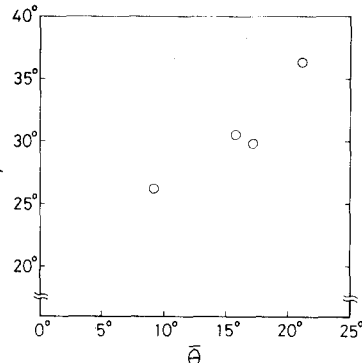


図-4 ϕ と $\bar{\theta}$ の関係

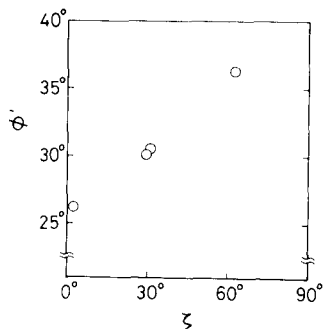


図-5 ϕ と α の関係

$$\gamma = |45^\circ + \phi/2 - \delta|$$

図-5に ϕ の値と角度 γ の関係を示しているが、同図より ϕ の値は γ に対して直線的に増加しているのがみられる。粒子接点角 θ を読み取ることは、2次元モデル以外では不可能であるので、このような角度 γ に着目して整理するのも1つの方法と考えられる。以上より、異方的な構造を持つ粒状体ではその配向構造によって滑動面上の粒子接点角 θ の分布が異なり、その分布形がせん断応力に抵抗しやすい θ が正の領域へ大きく偏っているほど（堆積粒子のかみ合いの程度が大きいほど） ϕ が大きくなることが理解される。

2. 偏平粒状体の支持力・土圧特性

支持力試験は幅40cm、深さ20cmのモデル地盤の地表面中央に幅6cmのフーチングを鉛直下向きに載荷した。フーチングには、その載荷部が上部と一点で接し回転可能な形式（Free）と回転を許さず固定された形式（Rigid）の2種類を使用した。地盤の堆積面と水平面とのなす角を δ とする。図-6は極限支持力 q_u と配向角 δ の関係、図-7はすべり線に沿う粒子接点角の平均値 $\bar{\theta}$ と配向角 δ の関係を示したものである。両図より q_u と $\bar{\theta}$ の間に対応関係が認められる。支持力は本来すべり面上の各点の ϕ と垂直応力 σ_v によって規定されるが、図-4の ϕ と $\bar{\theta}$ の関係を考慮すれば、この場合は ϕ の影響が支配的であることがうかがわれる。図-8は極限支持力に達するまでの沈下量 S_f と $\bar{\theta}$ の関係を示したものであるが、 $\bar{\theta}$ が大きなものほど S_f は小さくなっているのがみられる。

土圧試験は支持力試験と同じモデル地盤において、鉛直壁の上半10cmを水平方向に移動させることにより行なった。図-9は受働全土圧 P_p と配向角 δ の関係を、図-10はすべり線に沿う粒子接点角の平均値 $\bar{\theta}$ と δ の関係を示したものである。両図より P_p と $\bar{\theta}$ の間にも対応関係が認められ、すべり面上の $\bar{\theta}$ に起因する ϕ の大小が受働土圧の値に反映されることが理解される。

謝辞 御指導いただいている本学山内利彦教授、京都大学防災研究所柴田 徹教授、有益な助言をいただいた本学中井照夫助教授、また実験に協力を得た元学部生多田満雄、森正則、奥野直己、河合秀樹の諸氏に謝意を表します。

参考文献 1) 松岡・桑田(1982): 土木学会中部支部研究発表会, III-5. 2) 竹田・多田・森(1983): 第18回土質工学研究発表会, 121. 3) 竹田・奥野・河合(1984): 第19回土質工学研究発表会, 投稿中. 4) 竹田・吉岡・柴田(1982): 土木学会第37回年次学術講演会, III-212. 5) 小田・小石川・樋口(1978): *S & F*, Vol. 18, No. 1.

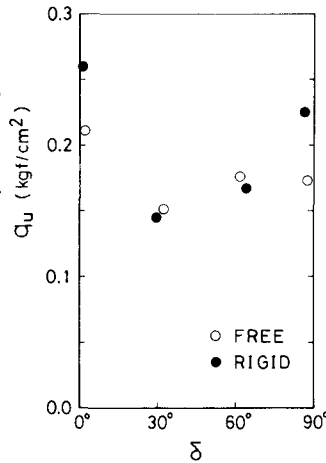


図-6 極限支持力 q_u と配向角 δ の関係

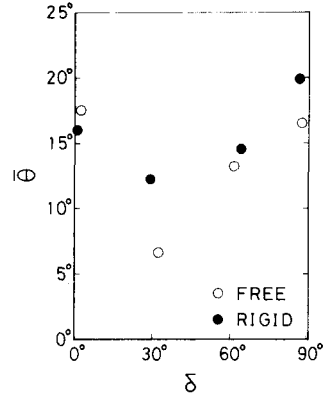


図-7 すべり線に沿う $\bar{\theta}$ と配向角 δ の関係(支持力)

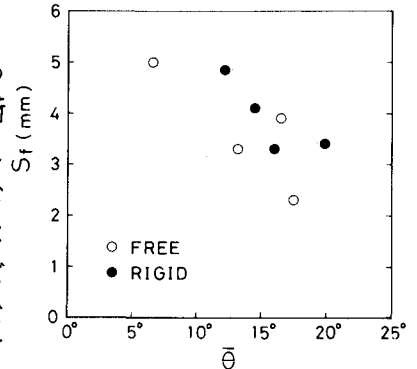


図-8 極限支持力時の沈下量 S_f と $\bar{\theta}$ の関係

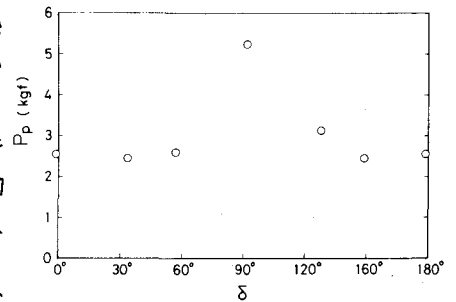


図-9 受働全土圧 P_p と配向角 δ の関係

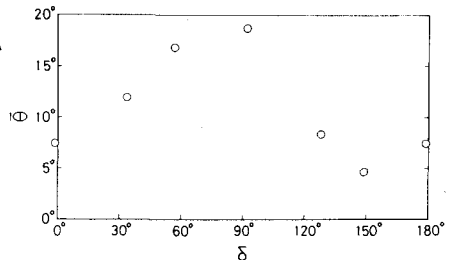


図-10 すべり線に沿う $\bar{\theta}$ と配向角 δ の関係(受働土圧)