

名古屋工業大学(元京都大学大学院) 正員 ○ 竹田 一夫
 京都大学大学院 学生員 吉岡 一郎
 京都大学防災研究所 正員 柴田 徹

土粒子は一般に偏平な形状をしており、その堆積による定方向配列性が地盤の異方性の源であると考えられる。そこで、偏平な楕円断面のアルミ棒混合体を、異方性構造を持つ粒状体の2次元モデルとしてせん断試験¹⁾を行なうとともに、その2次元モデルから成る異方性地盤¹⁾の土圧試験を行ない、地盤の異方性が土圧特性に与える影響およびその解析法について考察を加えた。

1. 2次元偏平粒状体のせん断試験

試料は長さ5cm, φ5mmとφ8mmの2種径のアルミ丸棒を長短軸長比が2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 φ5mm : φ8mm = 5 : 1とした。供試体寸法は幅約14cm, 高さ約24cm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2主応力を独立に載荷できる「2軸圧縮試験機」を用いて行なった。

いま、堆積面(粒子配列方向)と最大主応力面とのなす角をθとする。図-1はθを種々に変化させた場合の応力・ひずみ関係を示している。同図より、土の強度・変形特性は初期配向構造の影響を顕著に受けることが明らかである。図-2はこれらの試験より得られたピーク強度時の主応力比(σ₁/σ₂)φおよび内部摩擦角φとθの関係を示したものである。これよりφはθ=60°付近で極小値を持つようであるが¹⁾、同種の傾向は豊浦砂の平面ひずみ試験によっても指摘されて²⁾おり興味深い。次に、図-3は種々のθにおける2軸圧縮試験結果を主応力比σ₁/σ₂~主ひずみ増分比-dε₂/dε₁関係で整理したものである。同図より、両者の関係はかなりのバラツキはあるがほぼ一定の直線関係が認められるようである。これより、応力比~ひずみ増分比関係は初期構造の異方性によらず成り立つことが理解される。なお、θはせん断開始時に棒の端面を写真撮影し、供試体中央部分の粒子の長軸方向と水平面とのなす角度の平均値として算定している。

2. 異方性モデル地盤の土圧特性

上述の偏平粒状体を試料として、種々の配向方向を持つ地盤を作成し、土圧模型実験を行なった。試料寸法は幅40cm, 高さ20cmであり、鉛直壁面の上部10cmが水平方向に移動可能となっている。写真-1, 2に受働側に変形中の重ね撮り写真を示している。ここで、地盤の堆積面が水平面からなす角をα(反時計回りを正)とする。図-4, 5は主働側および受働側における全土圧P~壁変位δ関係を、αをパラメータとして示したものである。両図より、土圧特性は地盤の初期構造異方性の影響を顕著に受け、図-2に示した材料特性としての応力・変形特性を直接的に反映したものであると考えられる。なお、変形前の静止土圧はαの値によらずほぼ一定のようである。さて、図-5において全土圧が最大となる時を受働状態、その土圧を受働土圧と考える。図-6は受働土圧P₀と地盤の配向方向αの関係を示したものであるが(●印)、受働土圧はαの値によって大き

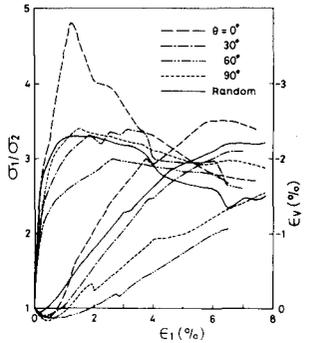


図-1 偏平粒状体の応力ひずみ関係

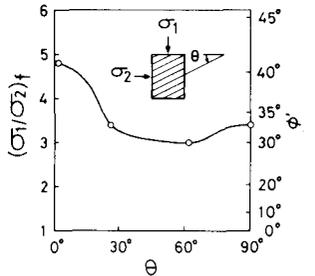


図-2 配向方向による強度の変化

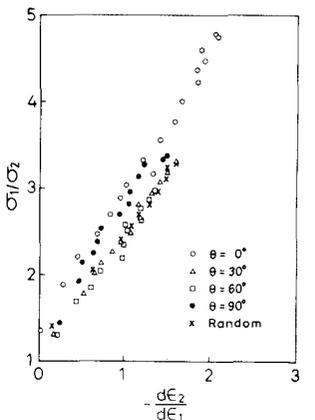


図-3 主応力比~主ひずみ増分比関係

く変化し、鉛直堆積($\alpha = 90^\circ$)の場合に最大となっている。ここで興味深いのは、 $\alpha = 60^\circ$ と $120^\circ(-60^\circ)$ の場合に関して、両者とも堆積面と水平面とのなす角は

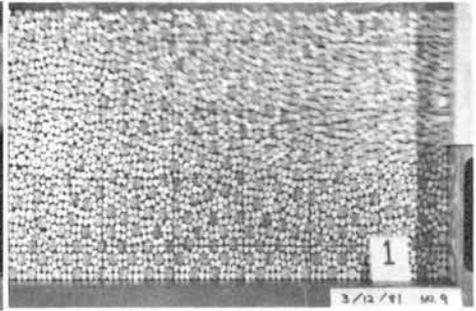
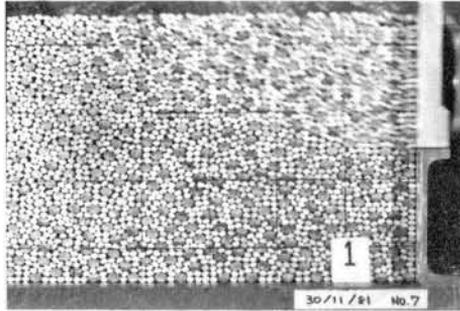


写真-1 偏平粒状体の土圧試験（水平堆積）

写真-2 偏平粒状体の土圧試験（鉛直堆積）

60° であるにもかかわらず、 $\alpha = 120^\circ$ の方がかなり大きな受働土圧の値を示すことである。

3. 地盤の異方性を考慮した土圧解析法

次に、先に示した配向方向による異方的な強度特性を考慮して、異方性地盤における上述の受働土圧特性の説明を試みる。用いた解析方法は摩擦円法を拡張した因解法であり、過渡領域内のすべり線を円弧と仮定し、 θ と ϕ の関係として表わされる強度特性に基づいて、すべり線上での最大主応力方向の変化にともなう ϕ の変化が考慮されている。 θ と ϕ の関係としては先の2軸試験結果から、図-2の実線で示す曲線関係を仮定した。

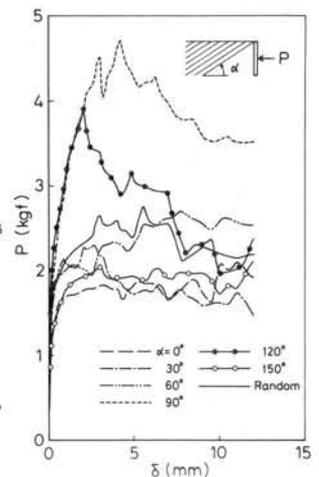
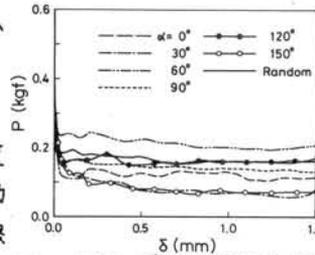


図-5 全土圧～壁変位関係（受働側）

図-4 全土圧～壁変位関係（主動側）
り線を円弧と仮定し、 θ と ϕ の関係として表わされる強度特性に基づいて、すべり線上での最大主応力方向の変化にともなう ϕ の変化が考慮されている。 θ と ϕ の関係としては先の2軸試験結果から、図-2の実線で示す曲線関係を仮定した。図-7において、土の重量を押し上げるに必要な土圧を Q 、MN面上に作用するランキン受働土圧を E_r 、領域MNBA内の土の重量を W 、円弧NB上に働く反力を R とし、地盤の配向方向が与えられた場合についてその解析手順を示すと次のようである。1)円弧すべり線NB上の最大主応力方向を決定する。2)最大主応力方向と堆積面の関係から図-2を用いてNB上各点の ϕ の値を決定する。3)NB間の ϕ の値より0から $r \sin \phi$ なる半径を持つ点の軌跡として曲線nbを描く。4) $\angle OHI = 90^\circ$ となる点Hを曲線nb上に決定しHI方向を近似的に反力 R の作用方向とする。5) Q, E_r, W, R のつり合いから土圧 Q を算定する。6)NをAL上で変えて Q の最小値として受働土圧 Q_p を決定する。なお、 P_p は Q_p の水平方向成分として算定している。

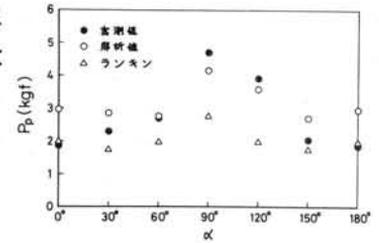


図-6 地盤の配向方向による受働土圧の変化

以上の方法による解析値を図-6に示しているが(○印)、解析値は実測値の傾向をほぼ表現しており、特に上述の $\alpha = 60^\circ$ と 120° における土圧の差を説明できるのは興味深い。また、同図には比較のためにランキン受働土圧による計算値も合わせて示しているが(△印)、 $\alpha = 90^\circ$ を軸とした左右対称な形となっている。以上より、本解析法は近似的な解法ではあるが、円弧すべり線とその上での ϕ の値の変化を考慮することにより、要素試験によって得られる強度特性だけから、任意の配向を持つ異方性地盤の土圧特性を比較的妥当に説明するものと考えられる。

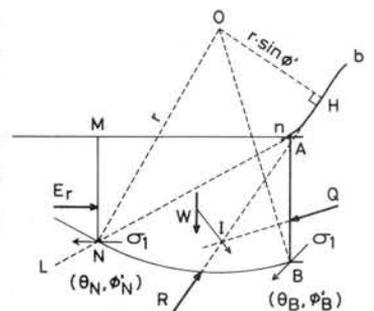


図-7 土圧解析法

謝辞 御援助いただいている名古屋工業大学山内利彦教授に謝意を表します。
参考文献 1)松岡他(1982):土木学会中部支部年次講演会,Ⅲ-5. 2)小田他(1978):S&F, Vol.18, No.1. 3)たとえば山口(1969):土質力学,技報堂。