

III-230 粘土分を混合した砂の変形特性

東京大学工学部 正員 辻野修一
 同上 正員 石原研而
 同上 元学生 篠田 博

1. はじめに

細粒分が砂のせん断変形特性に与える影響を検討するため、細粒分を含まない砂に粘土分を混合し中空ねじり試験機を用いた実験を行っている。ここでは、主応力方向の回転をともなう様々な応力経路に対する塑性ひずみ増分方向が主応力方向および応力増分方向とどの様な関係にあるかについての検討結果を報告する。

2. 試料および試験方法

供試体は、気乾状態の豊浦標準砂 ($G_s=2.653, e_{max}=0.988, e_{min}=0.616$) にカオリン粘土 ($G_s=2.721, I_p=48.6$) を細粒分含有率 (P_c) が10%となるよう混合し、全重量の3%の水を加え1.0m³内で突き固めて作成した。供試体作成時の乾燥密度 (γ_d) は1.450~1.486g/cm³となった。供試体および供試体内の応力状態を図-1に示す。供試体サイズは、供試体内径 $r_i=6$ cm, 外径 $r_o=10$ cm, 高さ $H=19.3$ cmである。

試験は、中空ねじり試験機を用い平均有効応力一定の排水試験を応力制御で行った。供試体を蒸留水で飽和させた後、1.0kg/cm²まで等方圧密した。さらに、せん断時には、所定の応力経路となるよう内圧 (P_i)・外圧 (P_o)・軸力 (F_z)・トルク (T) を同時に加えた。せん断時の荷重増分は、0.04kg/cm²とし、各载荷ステップで変形が落ち着くまで15分程度を要した。また、バック・バックとして1.0kg/cm²を加え、中間主応力係数は $b=0.5$ とした。試験はケースは、偏差応力面 ($(\sigma_z - \sigma_o)/2 - \sigma_o$ 平面) 上 (図-2) で破壊曲面上の一点へ向かう2種類の応力経路を1セットとして3セットの試験を実施した。

3. 試験結果および考察

破壊曲面上の同一の点に向かう2つの応力経路による塑性ひずみ増分方向を図-3(a)~(c)に正規化した矢印で示す。なお、塑性ひずみ増分は試験からもとまる全ひずみ増分から別途実施した試験より得られた弾性定数と応力増分から算定される弾性ひずみ増分を引くことによって求めた。さらに詳細に塑性ひずみ増分方向がどのように変化しているかを見るために、各応力経路での塑性ひずみ増分方向が ($d\epsilon_z - d\epsilon_o$) 軸となす角 ($2\beta d\epsilon$) を図示すると図-4のようになる。なお、この図では、各応力経路のうち破壊点へ向かう直線部分のみについて (例えばPath1の場合B→Cの部分) 図示している。これらの結果より、①原点から半径方向に向かう応力経路では、ひずみ増分方向が主応力方向 (および応力増分方向) とほぼ一致している。②载荷方向が変化するとひずみ増分方向が主応力方向から応力増分方向へずれる。しかし、③せん断が進むにしたがって再びひずみ増分方向が主応力方向に漸近してくる。④図-3(a)~(c)の各ケースで、応力経路が異なるにもかかわらずひずみ増分方向は2つの応力経路でほぼ一致している等のがわかる。さらに図中には、Gutierrezが豊浦砂の試験結果から構築した流れ則¹⁾ (図-2) よりもとまる塑性ひずみ増分方向も示した。モデルから得られるひずみ増分方向は試験結果と比較的よい対応をしているが、 $(\sigma_z - \sigma_o)/2$ 軸の負の方向へ向かうPath1, Path2については、若干差が生じている。

参考文献

M. Gutierrez, K. Ishihara, I. Towhata, A plasticity model for the deformation of sand during rotation of principal stress directions, Proc. 3rd. Int. Symp. on Numerical Models in Geomechanics, 1989

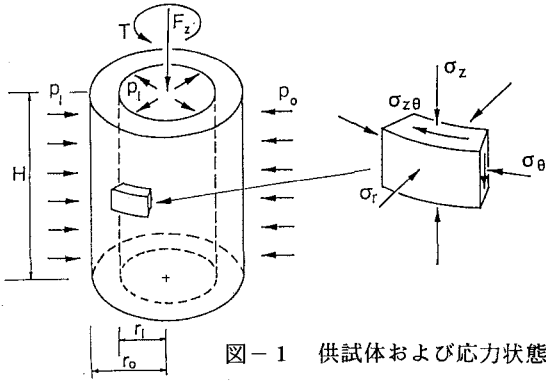


図-1 供試体および応力状態

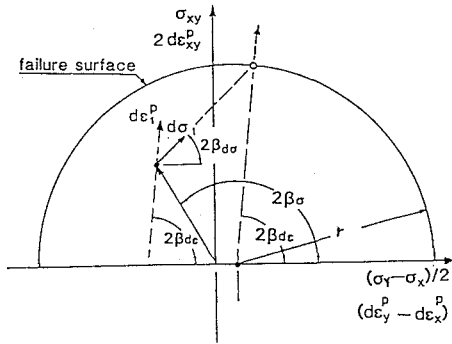


図-2 偏差応力平面

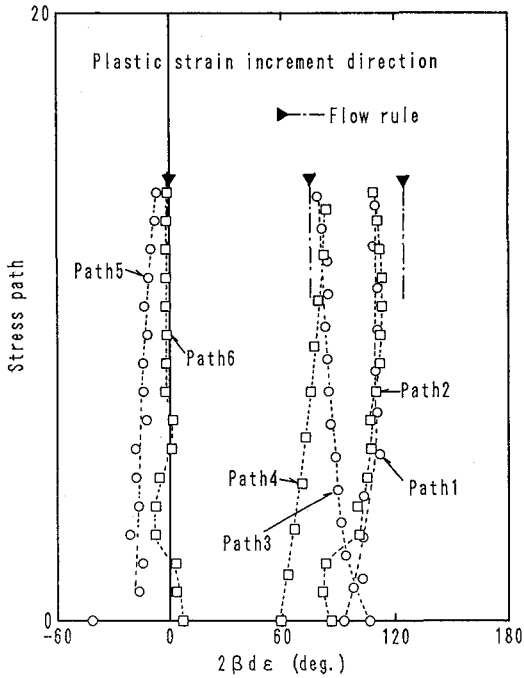


図-4 せん断ともなうひずみ増分方向変化

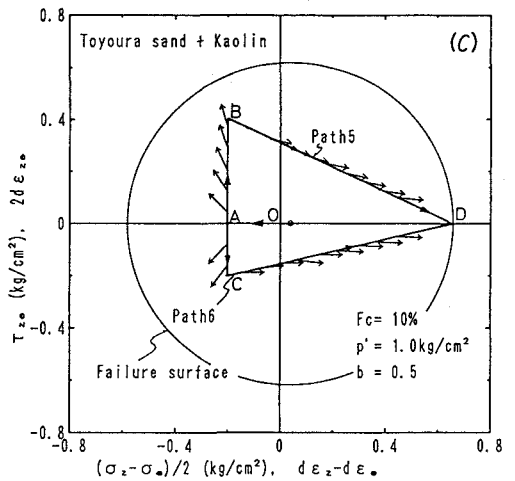
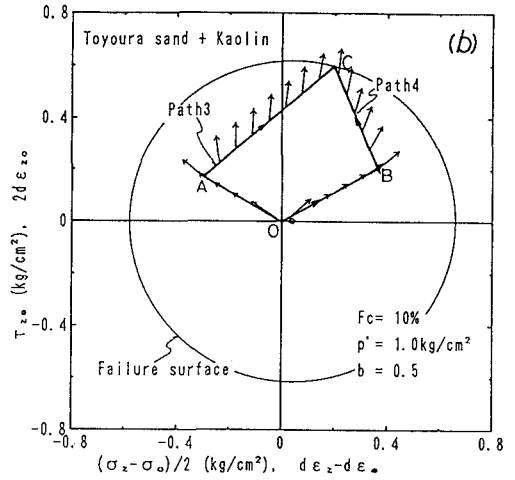
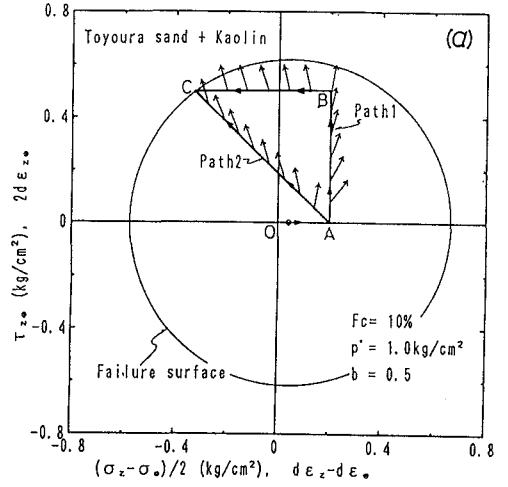


図-3 塑性ひずみ増分方向