

密な砂におけるせん断挙動の異方性

運輸省第4港湾建設局 正○田平 秀樹

鹿児島大学工学部 正 三隅 浩二

同上 学 荻ノ迫和弘 寺脇 学

1. はじめに 異方弾性体の構成式を実験や既存の構成式の弾塑性挙動にあてはめて変形の異方性のメカニズムを解明するアプローチを行っている。ここでは、Sacramento River Sand ($D_r=100\%$) をよく説明できるラディモデル(κ -theory)¹⁾を解析の対象とし、ひずみ硬化挙動時の異方性について考察している。構成式を提案したり土質パラメータを同定する問題が、特殊な2次元空間における土の挙動の線形性を追求する研究であるのに対して、本研究は土の変形の非線形性そのものを視覚的に把握するための研究である。

2. Sacramento River Sand ($D_r=100\%$) の異方性 図1～図4は拘束圧 $\sigma_3=1.00\text{kgf/cm}^2$ 、図5～図8は拘束圧 $\sigma_3=20.00\text{kgf/cm}^2$ で排水せん断されたときに発揮される変形係数 K 、 G 、 E 、 ν を応力比 η' に対して表したものである。ここに、 K は Bulk modulus、 G は Shear modulus、 E は Young's modulus、 ν は Poisson's ratio である。軸方向に応力が作用したときに働く変形係数とポアソン比をサフィックス V で表し、軸直交方向に応力が作用したときに機能する変形係数とポアソン比をサフィックス H で示した。ここで、 ν_V は H 方向のひずみに関与するポアソン比、 ν_H^* は V 方向のひずみに関与するポアソン比である。

ところで、文献2ではラディモデル(κ -theory)の弾性挙動と塑性挙動を分離してそれぞれの異方性を調べている。しかしながら、ラディモデル(κ -theory)の場合、少なくとも S.R.S. の弾性挙動と塑性挙動を合わせたトータルのせん断挙動をうまく説明できているので、今回は、弾塑性挙動に対して異方性を調べることにした。

K に関して次のことがわかる。図1の K_V はせん断の中期に体積圧縮から体積膨張に転じるが、非線形性に富む山形ラインを呈して連続的に変化している。図5は拘束圧が大きいために大方圧縮傾向にあるが、破壊直前に膨張側に急に転じている。

G に関しては次のことがわかる。図2より、 G_V 、 G_H に同時に不連続が生じた後に、負の値をとるがすぐに再び正の値にもどり徐々に劣化してゼロに至って破壊する。図6では、 G_V は滑らかに劣化しているのに対し、 G_H は $\eta'=0.8$ 付近で急に劣化している。

E に関しては次のことがわかる。図3より、 G と同様に不連続を来す。その後は顕著な異方性が認められずにゼロに至る。図7では $E_V>E_H$ の関係が見て取れる。

ν に関しては次のことがわかる。図4では、 ν_V と ν_H^* がよく似た変化を示し、 ν_V と ν_H は η' 軸に対称な関係にあり正負が逆転している。図8では、ポアソン比はせん断の前期で負の値を呈している。また、 $\eta'=0.9$ 付近で極端な変化が生じているのが興味深い。破壊時のそれぞれの ν の値は $[C]$ が逆行列を持たない条件 $\phi=(1+\nu_H)(1-\nu_H-2\nu_V^*\nu_H^*)=0$ をほぼ満たしている。

図1～図4より、不連続が生じるまでを等方弾性挙動とみなせる。図5～図8からも0.8付近までは等方弾性挙動とみなしてよい。すなわち、密な砂にはラディモデル(κ -theory)の適用が有効であると考えられる。一方、拘束圧の小さい方が破壊時に至る応力比が大きい。しかし強度 q_f は拘束圧の大きい方がかなり大きい。

3. おわりに 非線形性の卓越する複雑な砂の異方性のメカニズムを視覚的に容易に把握するために本研究を行っているが、今後、密な砂とゆるい砂の比較、構造異方性と誘導異方性の比較、動的問題などにアプローチして、地盤材料に潜在する重要なせん断のメカニズムの解明をめざしていきたい。

参考文献 1) Poul V. Lade : Elasto-Plastic Stress-Strain Theory for Cohesionless Soil with Curved Yield Surfaces, Report to the National Science Foundation, Grant No. GK37445, 1975

2) 田平, 三隅, 佐藤, 岩切: 砂質土の異方性と非線形性の考察, 平成2年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.552-553, 1991

3) Lade, P.V. and Duncan, J.M. : Elastoplastic stress-strain theory for Cohesionless soil, JGE Division, GT10, Vol.101, ASCE, pp.1037-1053, 1975

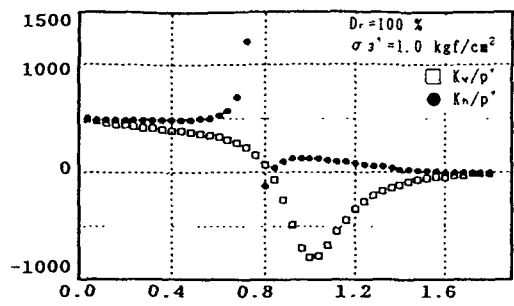


図 1 拘束圧が小さい時のKの変化

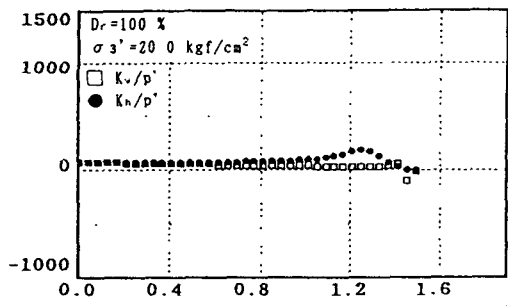


図 5 拘束圧が大きい時のKの変化

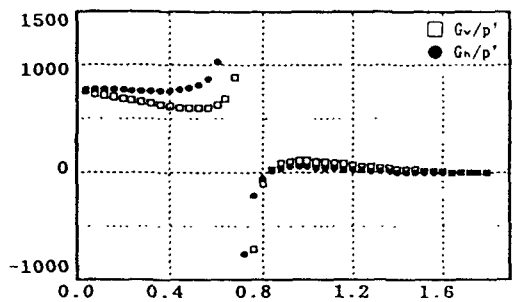


図 2 拘束圧が小さい時のGの変化

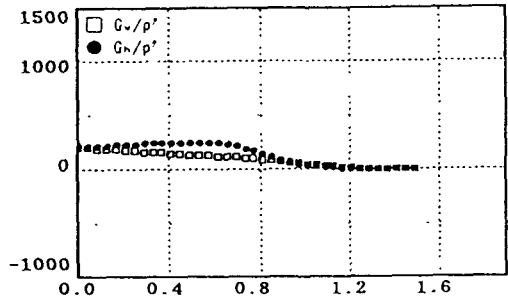


図 6 拘束圧が大きい時のGの変化

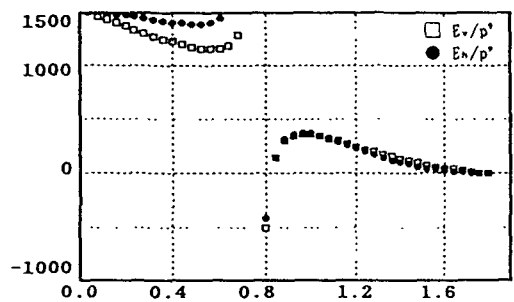


図 3 拘束圧が小さい時のEの変化

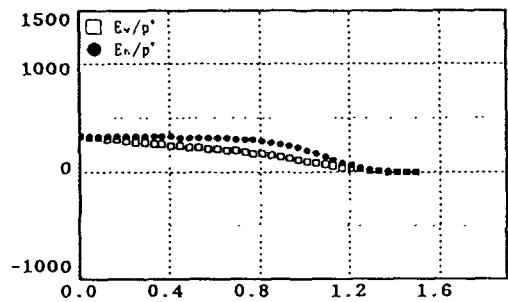


図 7 拘束圧が大きい時のEの変化

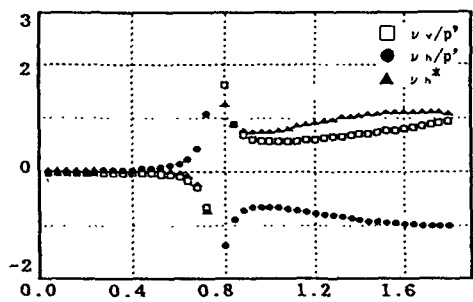


図 4 拘束圧が小さい時のνの変化

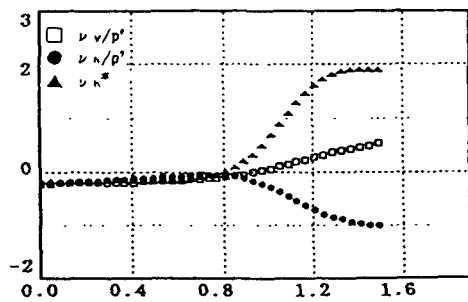


図 8 拘束圧が大きい時のνの変化