

## III-156

拘束圧 20kgf/cm<sup>2</sup> 付近で発揮される Sacramento River Sand の変形係数の考察鹿児島大学工学部  
同上正 三隅浩二  
学 佐藤 清 学 荻/迫和弘

## 1. はじめに

砂質土は密度や拘束圧によってせん断特性を様々に変える。今回、拘束圧にして 20kgf/cm<sup>2</sup> 程度に圧縮された Sacramento River Sand ( $D_r=38\%, 100\%$ ) を三軸試験したときの変形特性を調べたので報告する。Sacramento River Sand の三軸試験データをよく説明できるラディモデル<sup>1)</sup> を介しての考察である。

## 2. せん断にともなう直交異方性パラメータの変化

ラディモデルは、拘束圧に関して非線形な等方性を仮定した elastic strain, キャップ型の降伏関数を用いた関連流れ則に従う plastic collapse strain およびコーン型の降伏関数とそれを修正した塑性ポテンシャル関数を用いた非関連流れ則に従う plastic expansive strain の3者を足し合わせてつくられる砂質土の増分形弾塑性構成式である。今回、このラディモデルのメカニズムを利用して、Sacramento River Sand のせん断にともなう直交異方性の変化を求めている。図1～図8における奇数番の図面はゆるい試料 ( $D_r=38\%$ )、偶数番の図面は密な試料 ( $D_r=100\%$ ) の解析結果を示している。

図1と図2はヤング率の挙動を横軸に応力比  $\eta' = q/p'$  をとって整理したものである。 $E_v$  は軸方向に応力が作用したときに同じ方向のひずみの生じにくさを表す変形係数、 $E_H$  は水平方向に応力が作用したときにその方向のひずみの生じにくさを表す変形係数である。図1と図2より、密度に関わらず、せん断開始時に  $E_v = E_H$ 、せん断途上で  $E_H > E_v$ 、破壊時に  $E_v$ 、 $E_H$  がともにゼロへ到達していることがわかる。一方、密な砂はゆるい砂よりも変形係数の値が大きく、破壊に至ったときの応力比の値(すなわち強度)も大きいことがわかる。

図3と図4は異方性の程度を表すパラメータ  $n = E_H/E_v$  の変化を示している。密度に関わらず、せん断開始時の等方性 ( $n=1.0$ ) から次第に異方性が卓越したのち、せん断後期には再び等方性に逆戻りする傾向が見て取れる。しかし、ゆるい砂の方が密な砂よりも  $n$  の変化が大きいことがわかる。

図5と図6はポアソン比の変化を表している。 $\nu_v$  は軸方向に応力が作用したとき水平方向のひずみの生じにくさを表すために  $E_H$  を補正するパラメータ、 $\nu_H$  は水平方向に応力が作用したとき同じ水平面内で直交する方向に発生するひずみの生じにくさを表すために  $E_v$  を補正するパラメータ、 $\nu_H^*$  は水平方向に応力が作用したとき軸方向のひずみの生じにくさを表すために  $E_v$  を補正するパラメータである。図5と図6より、密度に関わらず、せん断初期にほぼ  $\nu_v = \nu_H = \nu_H^*$  (しかも  $< 0$ ) であり、せん断後期に  $\nu_H^* > \nu_v > 0 > \nu_H$  の大小関係が成立することがわかる。 $\nu_H$  が破壊時に -1 に到達していることもわかる。一方、ゆるい砂のポアソン比はせん断初期より異方性と非線形性を示すのに対し、密な砂のポアソン比はせん断前期に等方性と線形性を呈したのち、せん断後期に急激に異方性と非線形性を生じていることがわかる。

図7と図8はポアソン比から作られるパラメータ  $\phi_1 = 1 + \nu_H$ 、 $\phi_2 = 1 - \nu_H - 2\nu_v \cdot \nu_H^*$  の変化を示している。Barden はひずみから応力を求める式を誘導する際にパラメータ  $\phi$  を用いているが、 $\phi$ 、 $\phi_1$ 、 $\phi_2$  には  $\phi = \phi_1 \cdot \phi_2$  の関係がある<sup>2)</sup>。図7と図8より、密度に関わらず、破壊時に  $\phi_1 = 0$ 、 $\phi_2 = 0$  となっていることがわかる。塑性論では、 $\phi_1 = 0$  は軸対称条件で降伏関数と塑性ポテンシャルに対する  $\sigma_2'$  と  $\sigma_3'$  の寄与が等しいことを示し、 $\phi_2 = 0$  はひずみ増分から応力増分を求める式が存在しないことを表している。したがって、破壊時の変形はほとんど塑性変形であると考えられる<sup>3)</sup>。

図2、図4、図6、図8にはひずみ軟化挙動も示している。ひずみ軟化時は  $E_v$ 、 $E_H$  はほとんどゼロであるが、 $n$  の変化より破壊時の等方性から再び異方性が生じ出していることがわかる。ポアソン比は破壊時からほとんど変化していないので、 $\phi_1$ 、 $\phi_2$  がほとんどゼロとなっていることもわかる。

## 3. おわりに

今回の考察はラディモデルを介したもので、ラディモデルに用いられている仮定やパラメータの決定法に少なからず依存したものであることに注意しなければならない。そこで特別な構成式を介さないで直接異方性のメカニズムを解明する方法を現在開発中である<sup>4)</sup>。

## 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) Barden, L : Stresses and Displacements in a Cross-anisotropic Soil, Geotechnique, Vol.13, No.3, pp.198-210, 1963
- 3) 三隅, 佐藤, 荻/迫, 田平 : 砂の構成式(ラディモデル)における変形の異方性, 非線形性, 第27回土質工学研究発表会平成4年度発表講演集第3部, 1992
- 4) 荻/迫, 三隅, 佐藤, 寺脇 : 砂質土のせん断挙動の逆解析, 平成3年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.548-549, 1992

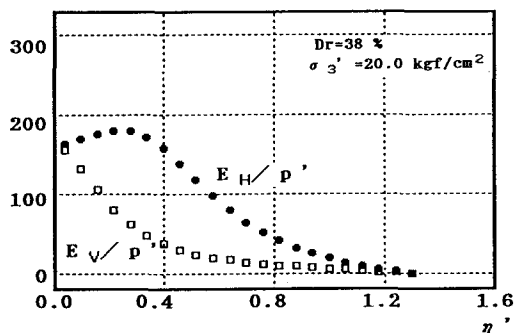


図1 ゆるい砂のEの変化

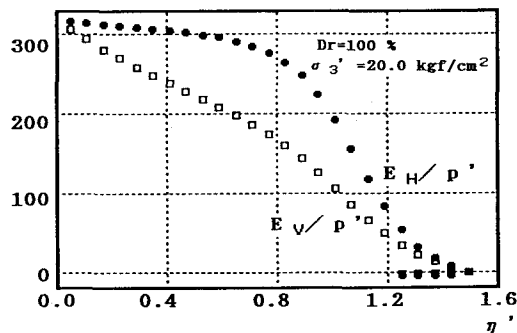


図2 密な砂のEの変化

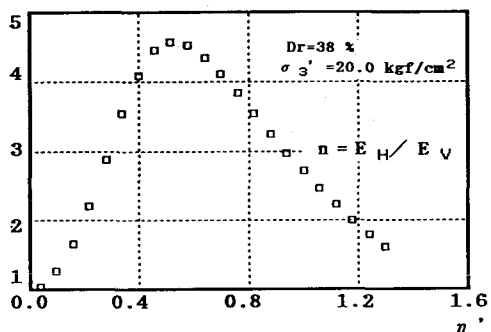


図3 ゆるい砂のnの変化

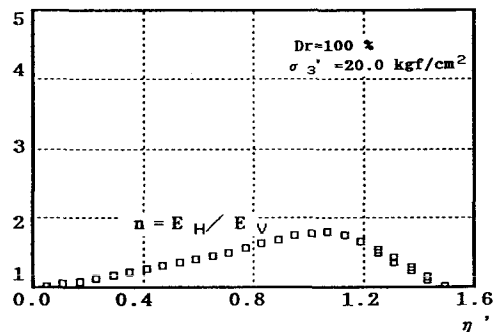


図4 密な砂のnの変化

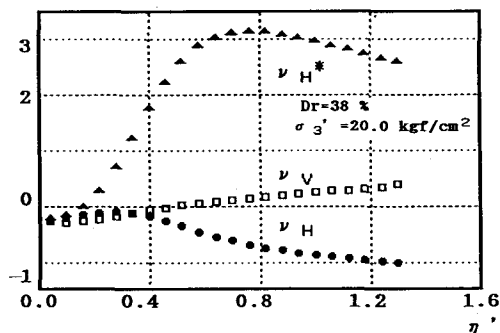


図5 ゆるい砂のνの変化

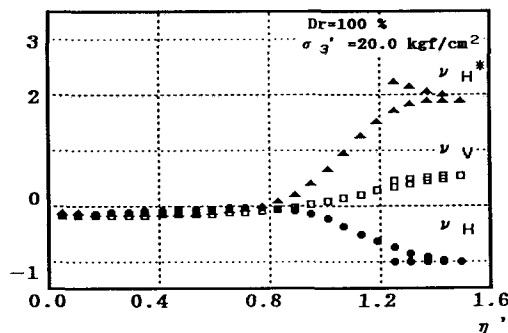


図6 密な砂のνの変化

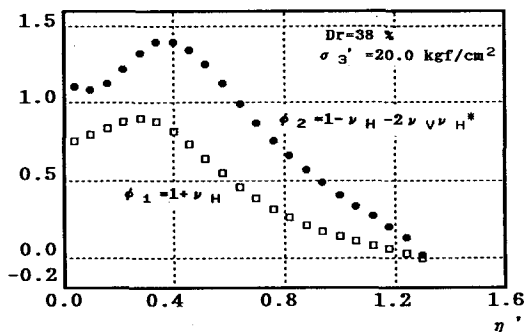


図7 ゆるい砂のφ₁, φ₂の変化

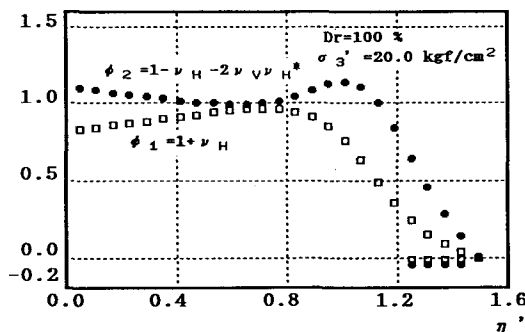


図8 密な砂のφ₁, φ₂の変化