

1. はじめに

通常の三軸圧縮試験と平面ひずみ試験における土のせん断強度の相対関係を明らかにすることは、室内試験結果の解釈に際しても、また実用面からいっても重要な問題である。本文では、三軸圧縮試験と平面ひずみ試験での砂の破壊時の内部摩擦角ならびに軸ひずみの関係式を求め、既往の提案式との比較を行った。

2. 破壊時の内部摩擦角の関係

図-1は、筆者による豊浦標準砂の ϕ_{s-t} （三軸圧縮試験での破壊時の内部摩擦角）と ϕ_{s-p} （平面ひずみ試験での破壊時の内部摩擦角）の関係を、同一初期相対密度かつ同一拘束圧のもとで示したものである。図-1の破線は市原・松沢(1970)による豊浦標準砂の提案式で、次式によって表わされる。

$$\phi_{s-p} = 1.27 \phi_{s-t} - 8.13 \quad (\text{度}) \quad \text{----- (1)}$$

この図から、市原らの提案式は拘束圧が高いほど、かつゆるい砂ほど本試験結果と一致するが、拘束圧が低く密な砂の場合には、実測値よりも小さく ϕ_{s-p} を見積るようである。また、 ϕ_{s-p} は拘束圧や初期相対密度の相違によって、 ϕ_{s-t} と比較して $1^\circ \sim 9^\circ$ の差があった。

したがって、 ϕ_{s-p} の拘束圧依存性や密度の影響を考えれば、拘束圧が小さく密な砂の場合、 ϕ_{s-t} による ϕ_{s-p} の予測式（曲線のあてはめ）は、次式の方が適切であると思われる（図-1の実線①）。

$$\phi_{s-p} = \frac{\phi_{s-t} + 0.14\sqrt{\phi_{s-t}}}{1.79 - 0.14\sqrt{\phi_{s-t}}} \quad (\text{度}), \phi_{s-t} \geq 30^\circ \quad \text{----- (2)}$$

また、拘束圧が高い（ $\sigma_3 \geq 2 \text{ kgf/cm}^2$ ）密な砂やゆるい砂（拘束圧にかかわらず）の場合には、 $\phi_{s-t} \geq 30^\circ$ で $\phi_{s-p} = 0.011\phi_{s-t}^2 + 0.545\phi_{s-t} + 3.75$ （度）----- (3)のような二次放物線が得られた（図-1の実線②）。

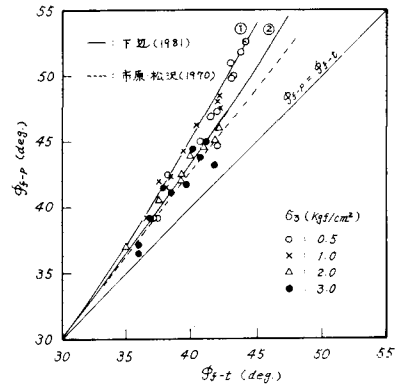


図-1 豊浦標準砂における ϕ_{s-t} と ϕ_{s-p} の関係

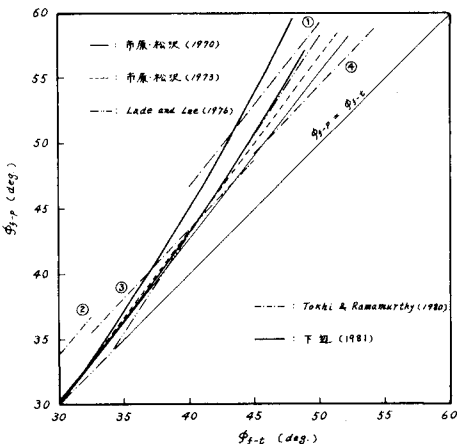


図-2 提案式の比較

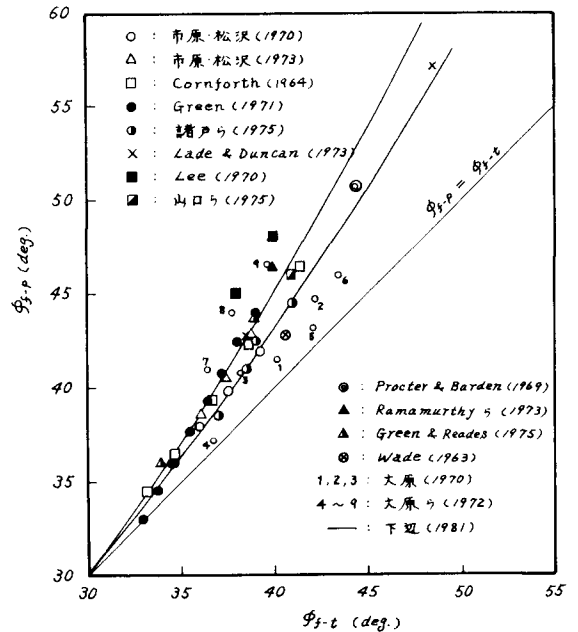


図-3 (a) 各種の砂における ϕ_{s-t} と ϕ_{s-p} の関係

図-2に、既往の研究結果による、砂の $\phi_{s-t} \sim \phi_{s-p}$ 関係の提案式を示した。この図において、細い実線は市原らの式(1)を表わし、破線は市原・松沢(1973)による次式で与えられる修正実験式を示している。

$$\phi_{s-p} = 1.33 \phi_{s-t} - 10 \quad (\text{度}) \quad \text{----- (4)}$$

また、二点鎖線は式(5)に示す Lade and Lee (1976) の提案式で、

$$\left. \begin{aligned} \phi_{s-p} &= 1.5 \phi_{s-t} - 17^\circ \quad (\phi_{s-t} > 34^\circ) \\ \phi_{s-p} &= \phi_{s-t} \quad (\phi_{s-t} \leq 34^\circ) \end{aligned} \right\} \text{----- (5)}$$

一点鎖線は以下に列記する Toki and Ramamurthy (1980) による予測式である。

$$\left. \begin{aligned} \phi_{s-p} &= 1.235 \phi_{s-t} - 2.6^\circ \quad \text{①, 密な砂} \\ \phi_{s-p} &= 1.112 \phi_{s-t} + 0.6^\circ \quad \text{②, } 20^\circ < \phi_{s-t} < 32.5^\circ \\ \phi_{s-p} &= 1.05 \phi_{s-t} + 1.4^\circ \quad \text{③, } 32.5^\circ < \phi_{s-t} < 45^\circ \\ \phi_{s-p} &= 1.05 \phi_{s-t} + 1.9^\circ \quad \text{④, } \phi_{s-t} > 45^\circ \end{aligned} \right\} \text{----- (6)}$$

なお、図-2には筆者の提案式も併記してある(太い実線)。その結果、Lade らの式は筆者による式(3)に比較的良好に近似しており、 $30^\circ \leq \phi_{s-t} \leq 40^\circ$ の砂に関しては式(1), (3), (4)による ϕ_{s-p} の予測はほぼ同じであることがわかった。

図-3(a), (b)は内外の異なる砂のデータによる、筆者の提案式の妥当性を検証したものである。図-3より、筆者の提案式は砂の種類によらず実測値の傾向を良く説明している。

3. 破壊時の軸ひずみの関係

図-4は、筆者による豊浦標準砂の三軸圧縮試験での破壊時の軸ひずみ(ϵ_{1-f-t})と平面ひずみ試験での破壊時の軸ひずみ(ϵ_{1-f-p})の関係をすべてプロットしたものである。その結果、次式のような実験式が得られた(図-4, 5の破線)。

$$\epsilon_{1-f-p} = 0.74 \epsilon_{1-f-t} - 0.7 \quad (\%) \quad \text{----- (7)}$$

また、市原・松沢(1970)による豊浦標準砂の提案式は、

$$\epsilon_{1-f-p} = 0.9 \epsilon_{1-f-t} - 0.45 \quad (\%) \quad \text{----- (8)}$$

であった(図-4, 5の実線)。さらに、Finn and Mittal (1964)は $\phi_{s-p} = \phi_{s-t}$ に対応するものとして、次式を提案している(図-4, 5の一点鎖線)。

$$\epsilon_{1-f-p} = 0.75 \epsilon_{1-f-t} \quad (\%) \quad \text{----- (9)}$$

図-4より、同一の軸ひずみ ϵ_{1-f-t} に対して、本提案式よりも市原らの式の方が大きい ϵ_{1-f-p} を与えるようである。図-5に、内外の砂のデータによる各提案式の比較を行ったものを示す。その結果、 $\epsilon_{1-f-t} \sim \epsilon_{1-f-p}$ 関係は $\phi_{s-t} \sim \phi_{s-p}$ 関係の場合と比較してユニークに定まらないようである。

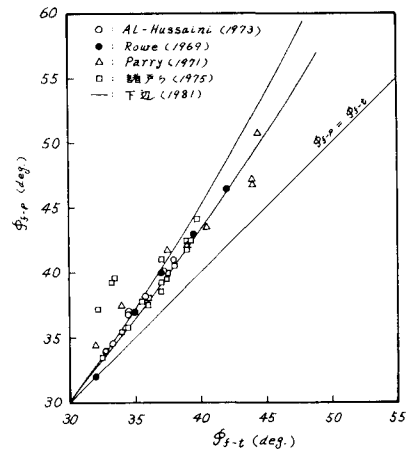


図-3(b) 各種の砂における ϕ_{s-t} と ϕ_{s-p} の関係

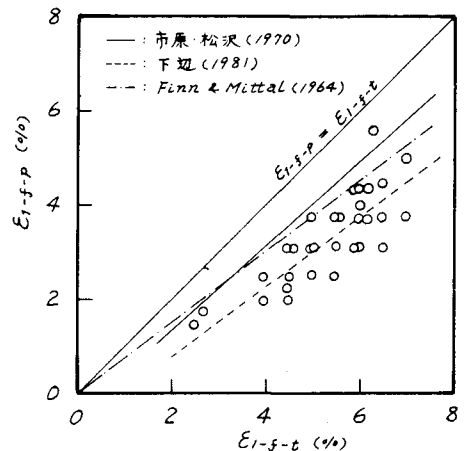


図-4 豊浦標準砂における ϵ_{1-f-t} と ϵ_{1-f-p} の関係

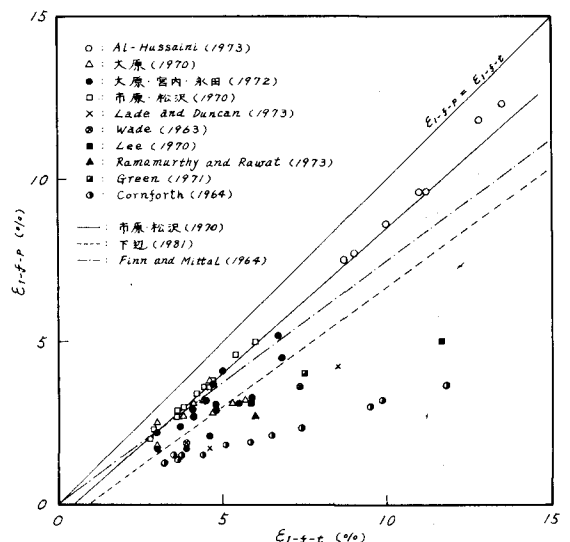


図-5 各種の砂における ϵ_{1-f-t} と ϵ_{1-f-p} の関係