

III-475

三軸試験によるダイレイタンシー角度の決定

東急建設(株) 技術研究所 正会員 大河内保彦

1. はじめに

有限要素法などによって土を含む構造物の解析を行う場合、土の特性を表現する入力パラメータがポイントとなることが多い。筆者らは平面歪土槽による支持力実験を行い、弾塑性有限要素法によってそのシミュレーションを行ってきた^{1), 2)}。

その結果、ダイレイタンシー角度を適切に設定しないとシミュレーションは難しいことがわかった。三軸圧縮試験ではダイレイタンシー角度の定義は不明確であるとされている³⁾が、実務的には、土の変形・強度特性を把握するのに、平面歪試験を実施することはほとんどなく、三軸圧縮試験の利用が望まれる。今回は弾塑性有限要素法を用いて三軸試験と平面歪試験のシミュレーションを行い、三軸試験からダイレイタンシー角度を決定する方法を検討した。

2. 解析結果

まず、二次元弾塑性有限要素法を用いて要素試験のシミュレートを行った。降伏関数にはMohr-Coulomb、塑性ポテンシャルにはDrucker-Pragerを用いている。1要素に（8節点）1.0kgf/cm²の拘束圧を加え、変位増分一定で解析を行なった。解析ケースを表-1に示す。

解析結果を図-1（ $\phi=35^\circ$ ）、図-2（ $\phi=45^\circ$ ）に示した。ダイレイタンシー角度は平面歪の場合次の式で計算する³⁾。

$$\phi = \sin^{-1} \left(- \frac{d\varepsilon_1 + d\varepsilon_3}{d\varepsilon_1 - d\varepsilon_3} \right)$$

これを ε_v （体積歪）、 ε_a （軸歪）で表わすと

$$\phi = \sin^{-1} \left(- \frac{d\varepsilon_v / d\varepsilon_a}{2 - d\varepsilon_v / d\varepsilon_a} \right) \dots \dots \dots (1)$$

となり、塑性域に入ってから軸歪～体積歪関係の勾配からダイレイタンシー角度が求められることになる。

解析結果の $d\varepsilon_v / d\varepsilon_a$ をまとめて図-3に示す。この結果解析は等方完全弾塑性体で行っているため、解析的

表-1 解析ケース

	三軸 (軸対称)	平面歪	ϕ (°)	ϕ (°)	E(kgf/cm ²)	ν
TR35	○		35	35	50.0	0.3
PS35		○	35	35	50.0	0.3
TR20	○		35	20	50.0	0.3
PS20		○	35	20	50.0	0.3
TR5	○		35	5	50.0	0.3
PS5		○	35	5	50.0	0.3
TR45	○		45	45	100.0	0.3
PS45		○	45	45	100.0	0.3
TR30	○		45	30	100.0	0.3
PS30		○	45	30	100.0	0.3
TR15	○		45	15	100.0	0.3
PS15		○	45	15	100.0	0.3

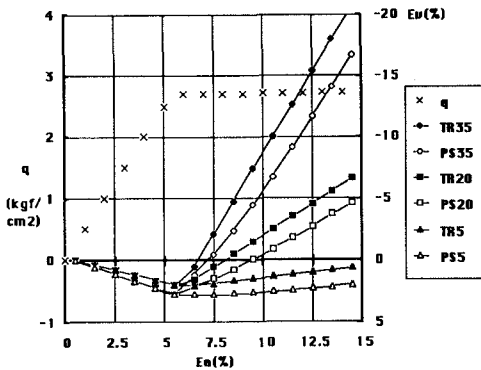


図-1 解析結果(TR35～PS5)

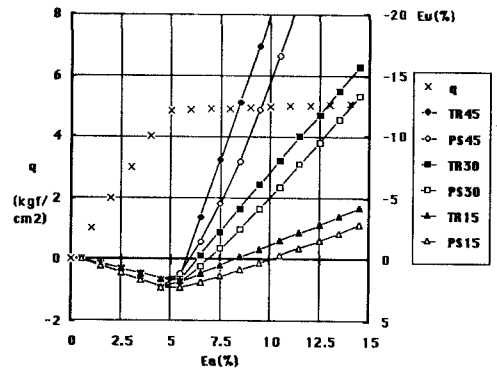


図-2 解析結果(TR45～PS15)

には、平面歪試験と三軸試験で $d\varepsilon_v/d\varepsilon_a$ が同じであることがわかった。従って実際の土でも、中間主応力や異方性などの影響がなければ物理的意味は不明確ではあっても三軸試験結果から $d\varepsilon_v/d\varepsilon_a$ を求め、(1)式からダイレイタンシー角度を計算すれば、平面歪試験から求めたダイレイタンシー角度と一致する事になる。

3. 豊浦砂の実験結果

福島県の豊浦砂に関する実験結果⁽¹⁾から $d\varepsilon_v/d\varepsilon_a$ を求め、三軸試験結果と平面歪試験結果を比較したのが図-4である。三軸試験結果と平面歪試験結果とは傾向的には同じであるものの、若干の差が見られる。

次に両方の試験結果に(1)式を適用して ϕ を求め、密度毎に $\phi-\phi$ をプロットしたのが図-5である。この結果を見ると $\phi-\phi$ に関しても、図-4と同様な傾向の差がみられる。しかし、実用的には大きな差は無いと言って良い。このことから、少なくとも豊浦砂に関しては、(1)式を用いることで $\phi-\phi$ を三軸試験から求めることができると言えよう。また実務的には三軸試験結果に(1)式を適用してダイレイタンシー角度を求めても(豊浦砂に関しては)大きな差は無いということもできる。

今後は各種の土について、三軸試験結果と平面歪試験結果を比較し、三軸試験結果からのダイレイタンシー角度の決定法を検討していく必要がある

4. 結論

弾塑性有限要素法で三軸試験と平面歪試験のシミュレーションを行い、体積変化特性のシミュレーションを行った。また豊浦砂の実験結果について解析結果と比較した。その結果次のような事がわかった。

(1)解析は等方完全弾塑性体で行ったため、塑性域に入ってから三軸試験と平面歪試験の $d\varepsilon_v/d\varepsilon_a$ はほぼ一致した。

(2)豊浦砂に関する福島の実験結果では三軸試験と平面歪試験で密な場合に若干の差はあるものの、三軸試験の $d\varepsilon_v/d\varepsilon_a$ を用いて式(1)から実用的には十分な精度でダイレイタンシー角度が計算できる。

5. 参考文献

- 1)大河内、田中：模型実験土槽による支持力実験の弾塑性有限要素法による解析、第43回土木学会年次学術講演会(1988)
- 2)大河内、田中：根入れのある基礎の支持力実験の弾塑性有限要素法による解析、第24回土質工学研究発表会(1989)
- 3)龍岡、太田他6名：土の強さと地盤の破壊入門、土質工学会(1987)
- 4)福島：ねじりせん断試験による砂の変形・強度特性の実験的研究、東京大学博士論文(1982)

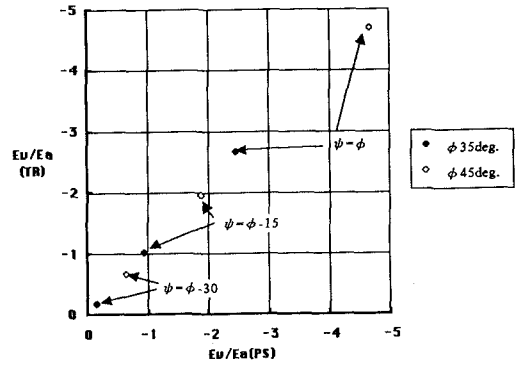


図-3 解析結果($d\varepsilon_v/d\varepsilon_a$ の比較)

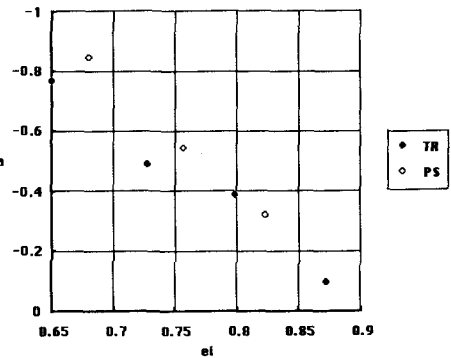


図-4 豊浦砂の実験結果(福島⁽¹⁾より)

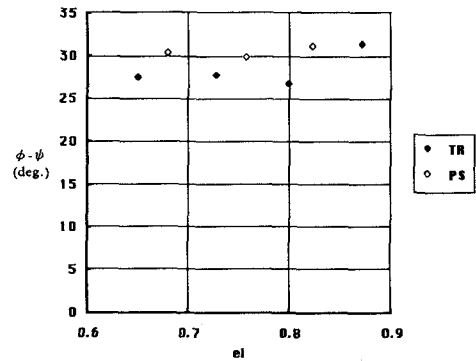


図-5 (1)式を用いて計算した $\phi-\phi$