

III-348

拘束圧依存性を取り入れた弾塑性構成式の支持力解析への利用

山口大学工学部 正員 ○安福規之 村田秀一 兵動正幸
鹿 島 正員 西川明宏
(株)奥村組 正員 森尾 敏

1. はじめに

著者ら^{1) 2)}は、広範な応力域において砂の応力ひずみ挙動の拘束圧依存性を考慮できる弾塑性構成式の検討を行ってきている。今までに検討してきた構成式は、現場における種々の問題に有効に利用できるものと考えられるが、特に砂質地盤に設けられた大型直接基礎や杭基礎の支持力や沈下量の推定など、拘束圧の変動が起こり得るような問題には大きな力を発揮するものと考えられる。本報では、このような観点から、著者らが検討してきた構成式を実際問題に適用するための第一歩として、拘束圧依存性を取り入れた等方硬化型の弾塑性構成式を有限要素解析コードに導入し、その適用性を不攪乱スコリア試料の要素試験³⁾と小さな杭の模型実験⁴⁾の結果を使って調べている。

2. 等方硬化型の構成式の概要^{1), 2)}

本構成式は、非関連流れ則に基づいて導かれるものであり、Cam-clay モデルのそれを一般化した形の降伏関数 f 、塑性ポテンシャル関数 g 、破壊包絡線 η_p 、硬化パラメータ及び硬化則（硬化係数）から構成されている。特に、低・高圧下における砂の応力ひずみ挙動の拘束圧依存性を表現するために、破壊包絡線、体積ひずみとせん断ひずみ成分の両方を含んだ複合型の硬化パラメータ及び硬化則に工夫がなされている。また、本構成式は、種々の破壊規準²⁾（Drucker-Prager規準、Mohr-Coulomb規準、Matsuoka-Nakai規準、Lade規準、幾何学的に求め

た規準）が f , g 及び η 、中に組み込まれており、 π 面上における強度異方性（強度特性に及ぼす中間主応力の影響）を表現できるものとなっている。構成式に含まれる材料定数は、全部で8つ（或いは9つ）であり、材料の圧縮性、強度特性、降伏特性及びダイレタンシー特性を規定するものであるが、すべての定数は三軸圧縮試験から求められる¹⁾。

3. 要素試験の解析に基づく構成式の検証

解析の対象には、不攪乱スコリア試料（A地盤）の三軸試験結果を用いた³⁾。図1は、解析に用いたメッシュ図（供試体を10要素で表現）を示しており、供試体に合わせて高さ10cm、荷重中心軸からの

表1 材料定数

	秋穂砂 (Dr=75%)	スコリア (Dr=130%)
l	0.700	0.763
h	0.153	0.127
k _a	0.0056	0.002
$\alpha_{p,c}$	1.74	2.50
$\alpha_{h,c}$	1.80	2.50
b	0.925	0.802
Mc	1.40	1.50
Nc	1.05	1.24
A	0.79	0.79

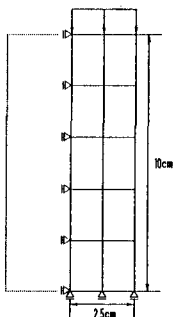


図1 解析のメッシュ

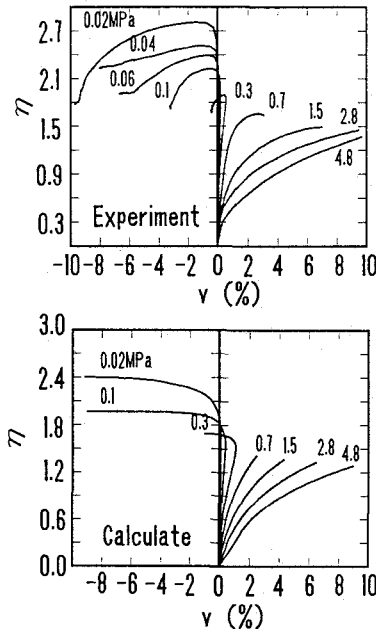


図2 不攪乱スコリア試料の
応力比-体積ひずみ関係

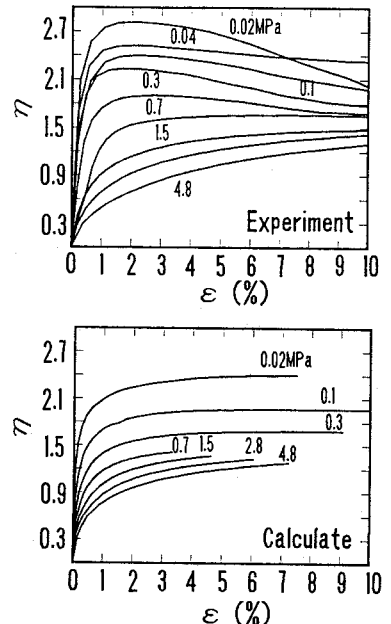


図3 不攪乱スコリア試料の
応力比-せん断ひずみ関係

距離2.5cmとしている。解析は、微小変形理論に基づく1相系の静的解析であり、解析手法として初期剛性法を用いている。分割要素には8節点4角形要素を当て、境界条件としては底面で鉛直方向を固定、軸中央部で水平方向固定、側面は自由境界としている。さらに、載荷部底面では、水平方向の移動を許している。また、側圧は、実験と対応するように初期応力として各要素に等方的に作用させている。表1に、解析に用いた不攪乱スコリア試料の材料定数を示す。図2、3(a)、(b)は、それぞれスコリアの三軸圧縮試験の実験結果と有限要素解析結果を示している。図2(a)、(b)は応力比と体積ひずみ関係の実験と解析結果を、図3(a)、(b)は応力比とせん断ひずみ関係の実験と解析結果をそれぞれ示している。これらの図から、本構成式を導入した有限要素解析は、不攪乱スコリア試料の応力ひずみ挙動の軟化的な特性については十分に表せないものの、全体的にはその挙動をうまく表現していると言える。特に、拘束圧の増加に伴いせん断ひずみが生じやすくなる現象や体積ひずみが収縮・膨張挙動から収縮一方の挙動に移り変わる砂質土特有の挙動を解析結果は比較的うまく表している。

4. 支持力解析への適用例

ここでは、杭の模型装置を用いた実験結果³⁾を基に、簡単な杭基礎の変形および支持力解析（1相系の静的解析）を試みた。解析に用いたモデル地盤や解析条件については、文献5)が詳しい。解析の対象とした秋穂砂地盤の材料定数は表1中にまとめている。解析においては、 K_0 値に基づいて計算される初期応力(σ_v と $K_0\sigma_v$)を各要素に作用させることで小さな模型杭の載荷実験において負荷される上載圧の効果を表している。図4は、上載圧200kPaの時の秋穂砂($D_r=75\%$)の杭頭応力 q と正規化沈下量 S/D （直径 $D=2\text{cm}$ ）の関係において、 $S/D=0.1$ と $S/D=0.2$ の時の地盤要素内の体積ひずみとせん断ひずみのコンターをまとめて示している。これらの図から、体積ひずみの分布は、杭直下において最大となっており、 S/D の増加に伴いそれは球状に広がっていく傾向にあることがわかる。一方、せん断ひずみの分布は、体積ひずみのそれとはことなり、杭周辺から載荷面直下の主働くさびの部分に囲むように大きくなっていることがわかり、実際のモデル地盤の挙動を比較的うまくとらえていると判断される。

5. まとめ

本報告では、今までに検討してきた等方硬化型の弾塑性構成式を導入した簡単な杭の支持力解析と要

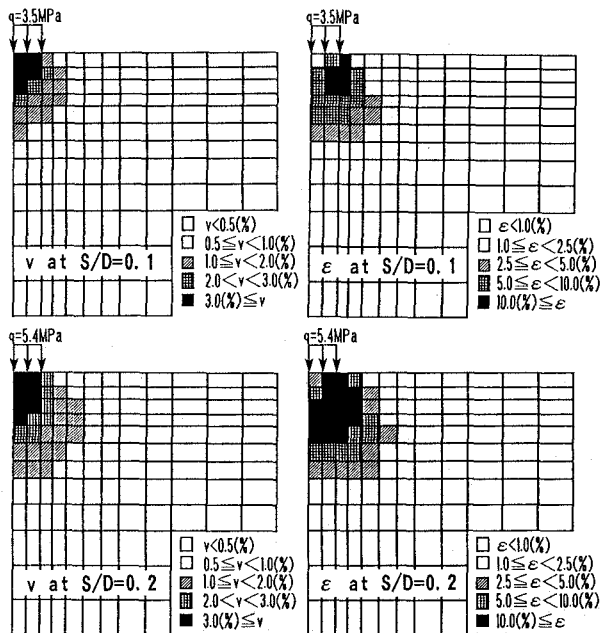


図4 正規化沈下量 $S/D=0.1$ と $S/D=0.2$ の場合の体積ひずみとせん断ひずみのコンター図

素試験の解析の一例を示した。解析結果は、要素試験の結果や杭貫入時のモデル地盤の様子を比較적으로よく評価することがわかった。

参考文献

- 1) 安福(1990): "広範な応力域における異方圧密砂の降伏特性と弾塑性構成式に関する研究," 九州大学学位論文
- 2) 西川他(1993): "砂の拘束圧依存性と中間主応力の影響を考慮した構成式について" 第28回土質工学研究発表会概要集投稿中
- 3) 前田・日下部・大内(1991): "密なスコリア層における大型三次元基礎の支持力特性" 土木学会論文集, No. 430, 97-106
- 4) 安福他(1991): "破砕性の卓越した砂質土中の杭の先端支持力について" 第26回土質工学研究発表会講演集, 1359-1362
- 5) 西川他(1993): "支持地盤の拘束圧依存性を考慮した杭基礎の支持力解析" 土木学会第48回年次学術講演会投稿中