

III-293 応力と変形～浸透流解析のFEM定式化に対する一考察

基礎地盤コンサルタンツ（株）正 阪上 最一

基礎地盤コンサルタンツ（株）正 登 悦男

1. はじめに

大西、村上¹⁾と同様の手法で定式化を行い応力と変形～浸透流との連成解析のプログラムコードを作成し、飽和地盤の圧密解析によりその検証を行った。そして、さらに不飽和地盤の水位上昇問題の解析を行った。その結果、不飽和地盤の解析では、定式化を一部変更せざるを得ないと結論された。コードの検証解析は、文献²⁾を参照されたい。本小文では、水位上昇問題の解析結果について説明するとともに、定式化の変更点について説明する。

2. 水位上昇問題の解析

図-1に示すようなモデル地盤での左右の境界で水位上昇（2 m）する問題を設定し定常までの計算を行った。地盤の物性を表-1に示す。解析結果として、図-2～5に、計算途中の応力、変形、圧力水頭、及び、流速ベクトル図を示す。有効応力は、アップ・リフトの物体力の分だけ減少し、地盤は、膨張する。

初期から定常時までの有効応力の変化は、図-6のモールの応力円（初期不飽和要素⑤、⑥）で説明される。水位上昇分の有効応力が減少している。これは、初期飽和要素⑩、⑪も同様である。

表-1 物 性

MATERIAL (DEFORMATION)

MAT. NO.	SOIL	E-MOD (T/M ²)	ν	γ (T/M ³)	C (T/M ²)	ϕ (DEG.)
①	As	400	0.30	2.00	2.00	0.00
②	As	400	0.30	1.00	2.00	0.00

MATERIAL (FLOW)

MAT. NO.	SOIL	ksatx (M/SEC)	ksaty (M/SEC)	$\theta \sim \phi$ 曲線番号	$ \phi c $ (M)	θ_{min}	θ_{max}
①	As	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-4}	3)	10	0.0	40.

※) Bower (1968) の経験のデータによる

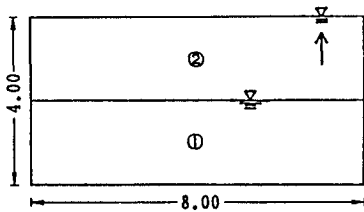


図-1 モデル

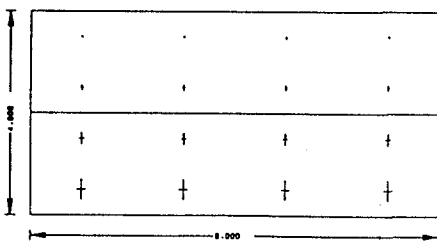


図-2 応 力

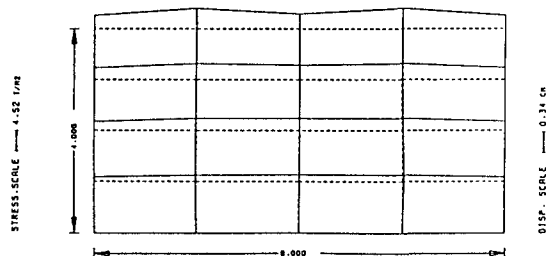


図-3 変 形

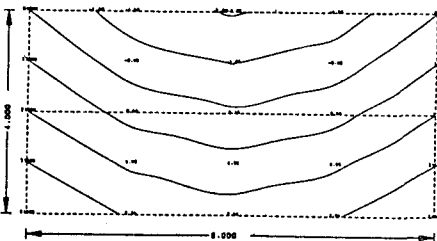


図-4 圧力水頭

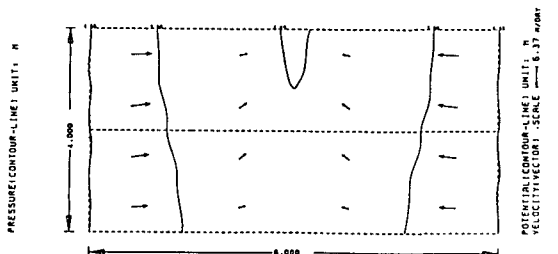


図-5 流速ベクトル

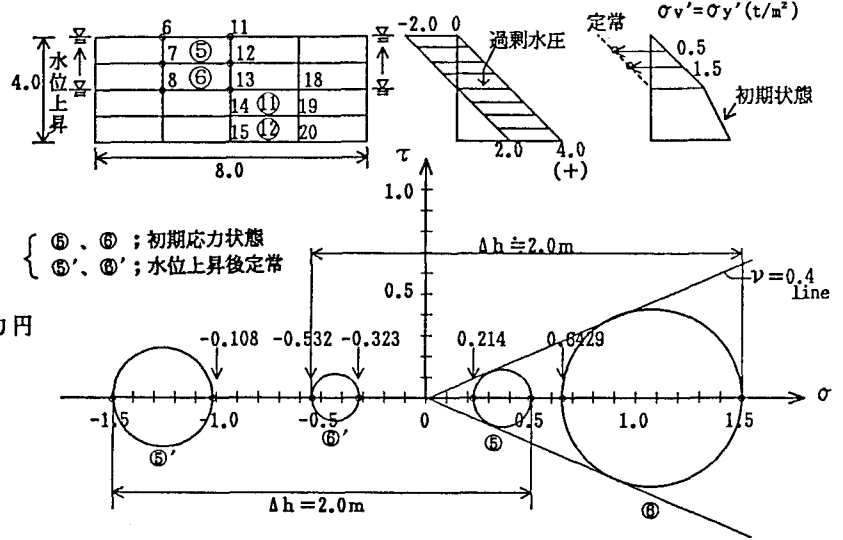
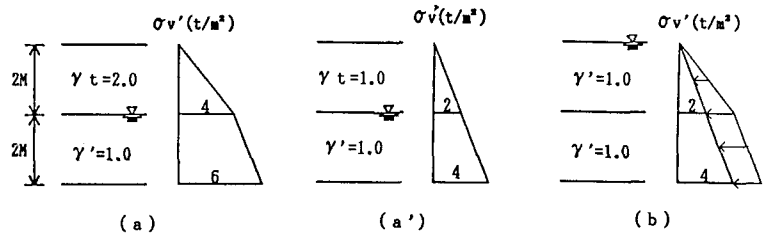


図-6 モールの応力円

図-7



3. 定式化の変更

2. の解析結果を、実務的に捉えたと図-7の (a) から (b) のように飽和、不飽和にかかわらず、有効応力が減少する場合に相当する。これに対して、逆に、図-7の (a') から (b) のように有効応力が変化しない場合も実務上ありうる。降雨問題のように地表から浸潤する場合、前者の考え方を採用するのは疑問である。そこで、このような場合は、次式の定式化が妥当ではないかと考えている。

$$K n m^{i k} U k^m + C n m^{i h} m = F n^i + G n^i \quad (1)$$

$$A n m^{i h} + B n m^{i \frac{\partial}{\partial t}} U n^i + H n m^{i \frac{\partial}{\partial t}} h^m = E n \quad (2)$$

$$G n^i = \sum_{a=1}^{N_p} \int_{V_a} N n S r \gamma w (b i - \delta i 3) d V \quad (3)$$

ここに、K、C、A、B、H、F、G、Eは、それぞれ、剛性、体積力変換、透水、流量変換、排水、荷重1（土粒子の有効重量に対する）、荷重2（間隙流体に対する）、流量である。荷重2のbiは、物体力、δi3は、浮力である。実務上は、通常、不飽和地盤では浮力が作用しないと仮定するから、工学的判断で、δi3=0とする。

4. まとめ

詳しい計算結果及び報告は、当日、発表させて頂きたい。

<謝辞> 議論頂いた京都大学の大西有三助教授に深謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 大西有三、村上徹；有限要素法による地盤の応力・変形を考慮した浸透流解析、土木学会論文報告集 NO. 298、1980
- 2) 豊悦男、阪上敏一、安達健司、中野隆；海底軟弱地盤上盛土の応力・変形と浸透流との連成解析、第43回土木学会年次学術講演会投稿