

III-276

サンド・ドレーンが施工された軟弱地盤上の盛土の圧密沈下解析

基礎地盤コンサルタンツ(株) 酒井 運雄

" 安達 健司

" ○阪上 最一

" 登 悦男

1. はじめに

地下水位の低下や地表面への降雨及び地表面からの蒸散など、実際の飽和～不飽和域での浸透現象が、自由地下水面の変動であることと考えると、これらの浸透現象と連成する応力-変形挙動の支配方程式及び、その支配方程式のF.E.M.のための定式化は、大西・村上(1980)による Galerkin 法で、節点の変位及び圧力木頭を未知数とする Biot の圧密方程式の離散化手法が、最も優れた方法と考えられる。そこで、筆者らは、同様の手法により、浸透と応力-変形の連成2次元F.E.M.連成解析プログラム 'SOIL2C' を開発し、実際の建設問題への適用を試みて来た。ここでは、この一環で、飽和域での連成問題への適用例として実施した、サンド・ドレーンが施工された軟弱地盤上の圧密沈下解析及びその結果について説明する。

2. サンド・ドレーンのモデル化

サンド・ドレーンが施工された軟弱地盤では、理論上、明らかに、排水長が水平方向がドレーン間で短くなるにもかかわらず、その有効性について、陸側の実績から疑問視されていることもあって、実際の解析では、サンド・ドレーンのモデル化が省略されることが多いようである。ここでは、このモデル化が解析結果に及ぼす影響を調べるために、Solid, Bar の2種類の要素によるモデル化を試みた。Bar要素は、自然地盤の水道及び斜面への排水パイプや、ウェルなどの人工の水道をモデル化するために、特に導入した要素で、図-1に示すようなもので、応力-変形と非連成の1次元の水の流れを表わす。従って、支配方程式は次式となる。

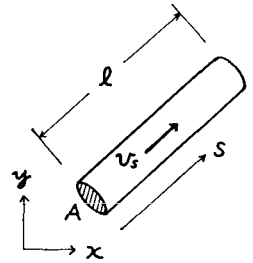


図-1. Bar要素

$$-\frac{\partial v_s}{\partial s} = (S_r \cdot S_s + C(\phi)) \frac{\partial h}{\partial t} \quad \dots (1)$$

ここに、 v_s :流速、 S_r :飽和度、 S_s :比貯留係数、 $C(\phi)$:比水分容量、 h :全水頭(本解析は、飽和域対象で、 $S_r=1.0$ 、 $C(\phi)=0.0$)

又、流速はダルシーの法則に従うとして、次式で表わされる。

$$v_s = -\partial h / \partial s \quad \dots (2)$$

F.E.M.への適用には、これらの式と Galerkin 法により定式化したものを用いている。

3. 解析及び解析結果

解析の地盤モデルを図-2に示すように、厚さ24Mの沖積軟弱地盤で、90節点、70の四角形要素の分割とした。盛土は、台形分布の表面荷重(台形高さ 5 t/m^2)とし、5日間で載荷した。そして、以後、次の3ケースについて圧密過程の計算を実施した。

- Case A...要素 No. 1, 6, 11, 16, 21, 26 にサンドマット
- Case B...サンドマット+要素 No. 17, 18, 19, 27, 28, 29 にサンド・ドレーン
- Case C...サンドマット+節点 13, 14, 15, 16, 17, 31, 32, 33, 34, 35

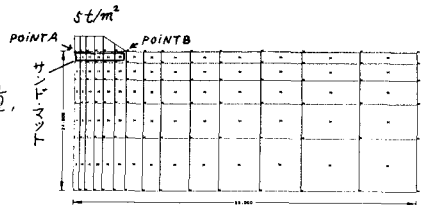


図-2. 解析地盤モデル

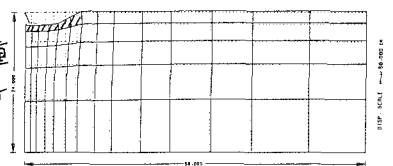


図-3. 変形(盛土載荷終了時)

ここに、軟弱地盤、サンド・マット及びサンド・ドレーンの変形及び浸透特性は、以下の通りである。

・変形// $\phi = 20^\circ$, $\lambda = 0.25$, $K = 0.03$, $e_0 = 1.59$ -----

軟弱地盤, サンド・マット, サンド・ドレーン (Case Bのみ)

・浸透// $k = 10^{-7} \text{ m/s}$... 軟弱地盤, $k = 10^{-4} \text{ m/s}$... サンド・マット, サンド・ドレーン, $S_s = 0.65$ (Case Cのみ)

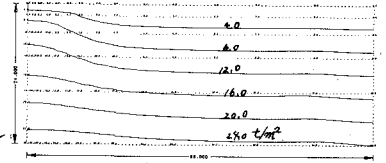


図-4. 水圧(盛土載荷終了時)

さらに境界条件は、変位については、右、左側方でx方向変位が固定、底面でy方向変位が固定、そして水頭については、表面で圧力水頭が固定、右側方で静水圧固定とした。又、計算方法は、時間方向の増分計算としたが、水頭差が指定誤差内に収まるように配慮した。以下、解析結果について説明する。

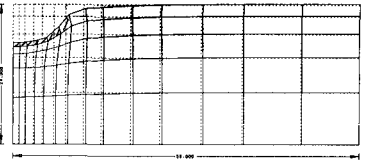


図-5. Case A 変形(圧密終了時)

図-3, 4にそれぞれ、盛土荷重載荷終了時の変形と水圧分布を示す。これらの図より、盛土先端中央直下及び斜尻、それぞれの地表面に対応するpoint A, Bでは、point Aで求下量が約40cm, point Bで水平方向変位が右側に約5cm, 鉛直方向にやや隆起する結果となっている。次に、図-5, 6, 7に、Case A, B, C、それぞれの5年後(圧密終了時)の変位分布を、又、図-8に、point AのCase A, B, Cにおける求下量の経時変化をまとめて示す。

図-5, 6, 7より、地表面地下形状は類似しており、大差はないが、図-8より、圧密進行中はB, C, Aの順に、ドレーン間の水平方向の排水距離が短い。早期に大きな求下が生じ、さらに、最終求下量は、逆にCase AがB, Cより約5cm大きい結果となっている。これは、ドレーン間の水平排水距離が短い程、圧密進行早期に地盤の水平方向の有効応力が大きくなり、等方的な状態となり、変形に対して地圧が大きくなるためと考えられる。以上、サンド・ドレーンのモデル化の有無によって解析結果に大きな差が生じること、又、Bar要素によるサンド・ドレーンのモデル化が適当であったことが明らかとなった。

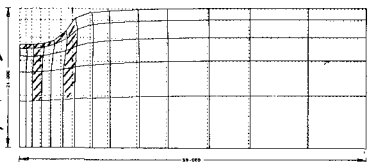


図-6. Case B 変形(圧密終了時)

4. 結論

以上のことより、結論を以下にまとめておく。

- ① サンド・ドレーンの有無によって、求下の経時変化に大きな差が生じ、最終求下量にも差が生じる。
- ② Solid要素, Bar要素によって、サンド・ドレーンのモデル化が可能である。

最後に、今後さらに飽和～不飽和圧密フリーフ問題へと適用例を増やしてゆくつもりである。

《参考文献》

大西・村上：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.

酒井・坂達・阪上・登：応力～変形とz方向浸透との連成Joint要素と計算例、第21回土質工学会研究会概要

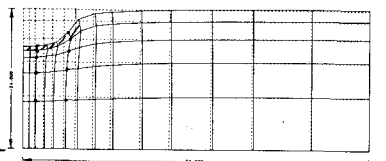


図-7. Case C 変形(圧密終了時)

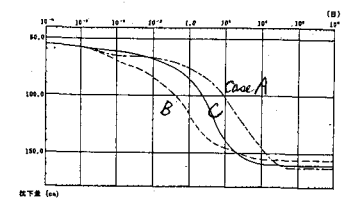


図-8. point A 求下量経時変化