

京都大学 正員 太田秀樹

1. はじめに

軟弱粘土地盤の上に盛土を築造するにあたり、たとえば支持力や側方流動などに不安がある場合、盛土底部に鋼帯その他を敷き込み地表の側方変形をある程度拘束するような補強工を施す工法が考えられる。この工法は直接軟弱地盤の強度をあげるものではないが、地盤の側方変位をある程度阻止する効果があり、その結果として支持力等を向上させるものであることが想像される。ここでは有効土載圧 90 kN/m^2 (9 t/m^2) で K_0 圧密された一様な粘土地盤上に法高 - 法底 20 m 法見 - 法底 40 m の幅をもつ盛土を非排水条件で載荷し、ついで圧密終了までの変形と有限要素法で計算した地表面補強工の効果とをくらべてみた。この地盤の極限支持力は 150 kN/m^2 (15 ton/m^2) 程度と概算されるので、盛土の重量を 100 kN/m^2 にえらび計算した。

2. 計算モデル

層厚 5 m , 10 m , 15 m , 20 m の4通りの K_0 圧密粘土地盤と考え表面補強工の効果は盛土と地表の間に 50 cm 厚の弾性帯を仮定することにより計算上考慮した。この弾性帯のパラメータは $E = 10^6 \text{ kN/m}^2$ (10^4 kg/cm^2), $\nu = 0.3$ とした。通常よく採用められた盛土自体の弾性係数が $E = 2 \times 10^4 \sim 3 \times 10^4 \text{ kN/m}^2$ 程度とされているがここではこれを無視し、盛土は単なる鉛直荷重としてとりあつた。粘土はその深さにかかわらず一様な強度と仮定したが、これはそうしないと層厚により極限支持力が大きくかわり、一定の荷重下での層厚の影響を単純なかたちで比較しにくいという理由による。粘土の応力-ひずみモデルは関口・太田モデル(関口・太田 1977 東京会議構成方程式特別会論文集, 太田・関口 1979 オーストラリア地盤工学における数値解析法会議アーヘン)からフリープに関する項を除去した非線形弾塑性モデルで主応力の回転の影響が含まれる。粘土は有効土載圧 90 kN/m^2 で $e = 1.5$ まで圧密し ($K_0 = 0.5$), その後有効土載圧 75 kN/m^2 まで過圧密にしたものを考え、材料定数は $\lambda = 0.231$, $\kappa = 0.042$, $D = 0.053$, 透水係数 $= 5 \times 10^{-5} \text{ m/day}$ とした。用いたプログラムは赤井・田村(京大防災研報 19-B-2 1976)によるものを関口・太田モデル用に変更したのもを使い、入出力は太田・田島が開発したグラフィックディスプレイ・プログラムにより処理した。載荷は非排水条件下で 20 ステップにわけで行ない、圧密は 40 ステップにわけて計算した。

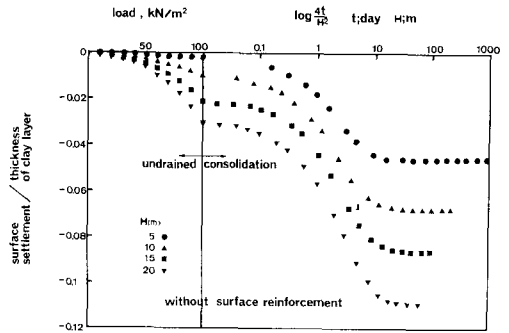


図-1(a) 盛土中央直下の沈下/層厚 (補強工なし)

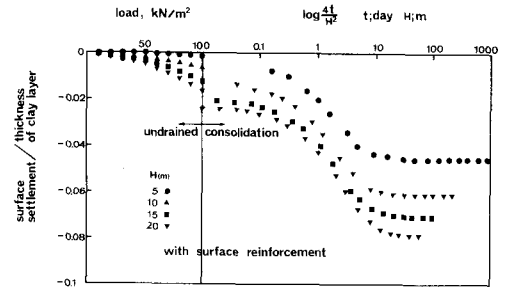


図-1(b) 盛土中央直下の沈下/層厚 (補強工あり)

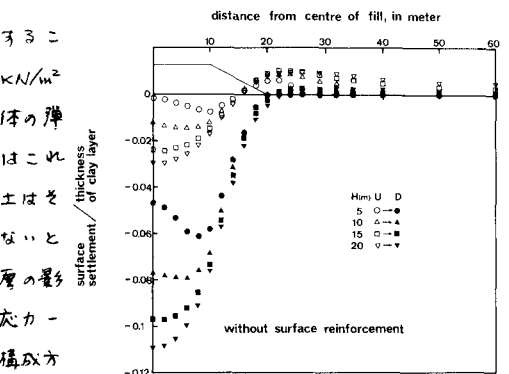


図-2(a) 地表の即時および最終沈下 (補強工なし)

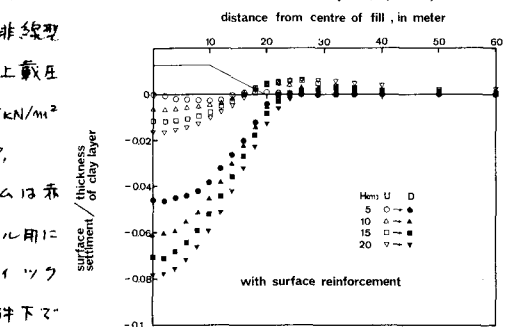


図-2(b) 地表の即時および最終沈下 (補強工あり)

3. 計算結果

図-1(a)(b)に盛土直下の地表の沈下と層厚 δ の値をプロットしてある。100kN/m²の載荷荷重は $q=5C$ から計算した極限支持力のおよそ2/3であるので非排水載荷の荷重・沈下曲線が4種粘土層厚 H にかかわらず類似の曲率をもつべきであると考えられるが、図によれば層厚が小さい例ほど直線に近い安全率が高いことがわかる。しかし図-2(a)(b)の地表の沈下の全体的な傾向をみればわかる通り、層厚が小さいと盛土直下の沈下にくらべて法面直下付近の沈下がずっと大きくなり、破壊するならば盛土中央よりは法面付近が急速に沈下するパターンになりそうである。したがって図-1の沈下・荷重曲線から層厚 H が小さい方が安全率が高いとは必ずしもいえず、むしろ100kN/m²の荷重はどの層厚に対してもほぼ同等の安全率を与えるものと考える方がよいように思われる。いずれにせよ図-1,2から明らかのように補強工を施した場合沈下量が小さくなり、地表面補強の効果があられている。

図-3(a)(b)は法底直下の水平移動を深さ方向にプロットしたものである。これによれば明らかに地表面補強をほどこした場合地表付近の水平移動が減少している上、地中においてもかなり水平移動が拘束されることがわかる。

図-4は盛土中央直下と法面の表面沈下量が補強工の存在によってどの程度小さくなるかを示したものである。これによれば載荷直後の非排水条件下では層厚が小さいほど沈下防止の効果が大きく、圧密完了時には盛土中央・法面のどちらに注目するかで傾向が変わってくる。地表面補強によって最終沈下量が小さくなるのが興味深い。しかし実用上の要求からすれば問題は載荷直後の安定度が最重要であり、この意味では地表面補強工は少なくとも沈下量と半分に減少させる効果がある。

図-4では沈下量に注目して簡便的に安全率向上の効果の判定を試みたが、図-5に示されるような松屋らによる管理図上での地表面補強の効果を考へてみる。ただし、整理にあたって地表面補強工を施した場合の法底部の水平変位量が小さく小さいとこの δ を使うとあるよりも補強工の効果と過大に評価し過ぎることになる。したがってここではまずそれぞれの層厚に対して法底部地表面の水平変位 δ と法底部直下の地中での最大水平変位 δ_{max} と補強工がない場合に対して求め、次に補強工のある場合の法底部直下の地中での最大水平変位 δ_{max} を求め、上述の補強工がない場合の δ/δ_{max} を補強工がある場合の δ_{max} とかけあわせて等価な法底部水平移動量とを計算してプロットに用いた。松屋らのいう破壊線などの程度信頼性のあるものは議論の余地なしとはいえないにしても、大ざっぱな評価としてはこれを利用すると便利である。図-5によれば、載荷直後、あるいは圧密終了後共に、補強工がある場合の方が破壊線から遠い位置にプロットされる。このことから地表面補強工の効果がいささくないことが明らかである。

以上はごく簡単な例題に対して数値解析を行なったものであり、今後機会があれば実際の使用例を用いて検討してみたいと思っている。図-5 松屋の管理図上での補強工の効果

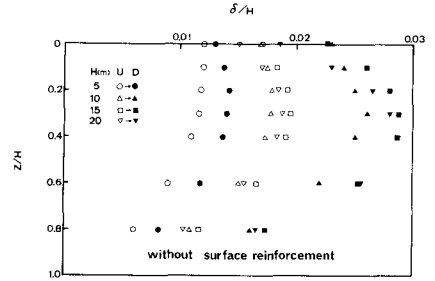


図-3(a) 法底直下の地中水平変位 (補強工なし)

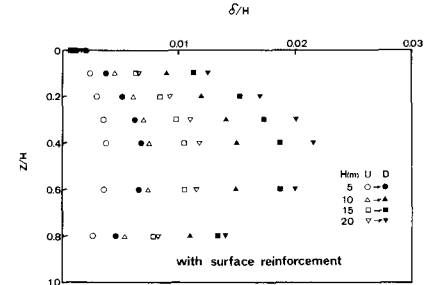


図-3(b) 法底直下の地中水平変位 (補強工あり)

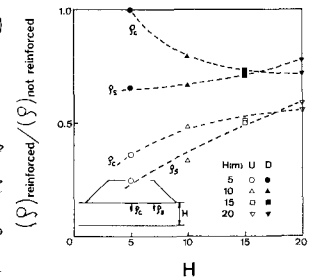


図-4 補強工の沈下抑制効果

