

真空圧密の応力伝達機構についての着目点

丸山工業株式会社 正会員 ○中熊 和義
丸山工業株式会社 市川 尋士

1. 真空圧の伝達と排水および変形

盛土载荷において地中の増加応力は、地下水を介して地盤内に即時に伝達する。この過剰間隙水圧が排出されると同時に地盤の変形を伴う圧密現象が進行する。一方真空圧密においては、ドレーン材に負圧（大気圧分が減圧された）地下水が周辺地盤との圧力差を発生させ、周辺地下水が強制排水されることにより、その排水量を補うような地盤変形（圧密）が進行する。

この場合は圧力差があっても、地盤が固くて変形出来ないような状況では圧密は進行しない。図-1 にその概念説明図を示す。

(a) は変形を許す強制排水で、排水量と変形量は一致する。(b) は変形を許さない強制排水で、排水量は残存気体の膨張が許される範囲で可能である。(c) は変形を許す領域内部からの強制排水を行うときの変形をモデル化したものである。このケースは気体の膨張と液体が排出しきるまでは原理的に強制排水は可能で、圧縮変形が進行することになる。ただし、真空度が上がると排出部からの気体の逆流が起こり、維持できる真空圧とバランスして排水は不可能となる。真空圧密における強制排水の概念は、軟弱地盤の収縮

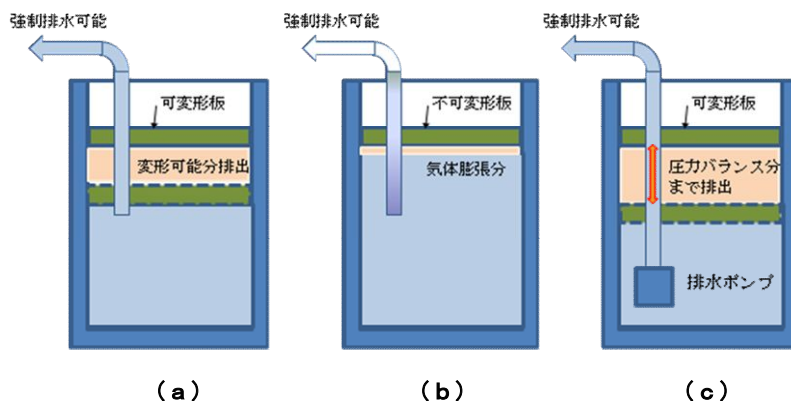


図-1 真空伝達と排水条件概念説明図

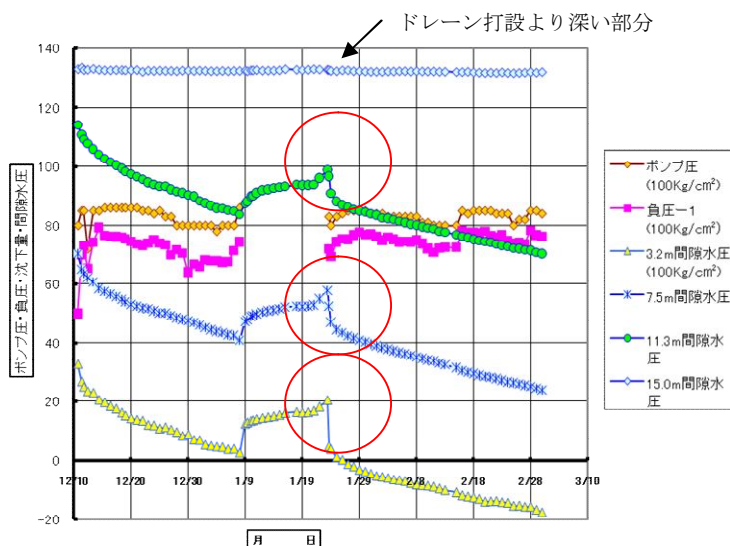


図-2 再稼働時に見られる間隙水圧の上昇例

である。収縮の結果として排水が起こる。もし、(b) のように領域内の収縮が起こらなければ、強制排水による圧力勾配を作ったとしても、領域内に残る負圧（気体の膨張を伴う）とバランスして圧力勾配は維持できないので、排水は起こらない。言い換えれば、地盤の収縮変形によってのみ、間隙水圧は絞り出される。鉛直ドレーンによって減圧水（真空圧）を地盤内に伝達し、この収縮力を発生させるのが、真空圧密の本質である。単に有効応力を増加させただけで、排水が伴わなければ圧密変形にはならない。真空ポンプが止まれば元にもどり、有効応力も増加しない。等方変形の圧縮状態は各ドレーン間に対して発生するが、多数のドレーン群による変形の集合は中心に向かう。重力方向のみ力の方向が逆向きのため、鉛直方向の沈下量が大きくなる。この中心に向かう圧縮変形が発生する証拠として段階的に真空圧を载荷した場合や、一度停止して再稼働した場合に、気密性の高い改良ヤード内に置かれた間隙水圧は 5 kN/m^2 前後ではあるが、正圧側に振れることが確認されている。図-2 にその事例を示す。間隙水圧計の設置深さは 3.2m, 7.5m, 11.3m, 15.0m, の4深度である。改良深さは 13.5m までであり、ドレーン打設長+1.0m 以深での再稼働時の水圧増加は見られない。

キーワード 真空圧密, 水圧分布, 有効応力, 収縮変形, 等方圧密

連絡先 〒354-0018 埼玉県富士見市西みずほ台 3-11-10 丸山工業株式会社 TEL 049-268-3420

2. 真空作用時の地盤内での水圧分布の変化

真空圧密の地盤内での水圧と圧力分布は、地下水位面は変化しないものとして、真空圧分布の状況は図-3に示されるモデル¹⁾で考える。モデルを単純化して沈下量 5m, 土の単位重量 $\gamma_1 = 20 \text{ kN/m}^3$ とし、深さ 10m 位置を基盤とする圧密過程を考える。全応力一定であるから、有効応力は $10\text{m} \times 20 \text{ kN/m}^3 = 200 \text{ kN/m}^2$ (初期状態), 圧密終了後は 100 kN/m^2 の理想的な真空圧が有効荷重として付加されるとすれば、最大有効応力 P_0 は $P_0 = 50 + 100 = 150 \text{ kN/m}^2$ となる。有効応力の増加は土の密度増加に等しいので、増加単位重量を求めると $\Delta \gamma_1 = 50 \text{ kN/m}^2 / 5\text{m} = 10 \text{ kN/m}^3$ となる。真空圧密の進行によって沈下分に相当する密度増加が有効応力の増加として残るのである。この条件を湖水面に適用した場合は、**図-3 地盤内の応力分布** 真空載荷期間は湖水圧が荷重として作用して有効応力を増やし、圧密を促進する。真空停止後は湖水面に地下水が戻るが有効応力は変わらない、過圧密荷重としては通常の地盤よりは大きな効果が期待できる。これらの関係を図-4に示す。盛土併用の場合も同様で、盛土の有効重量分の増加がさらに期待できる。

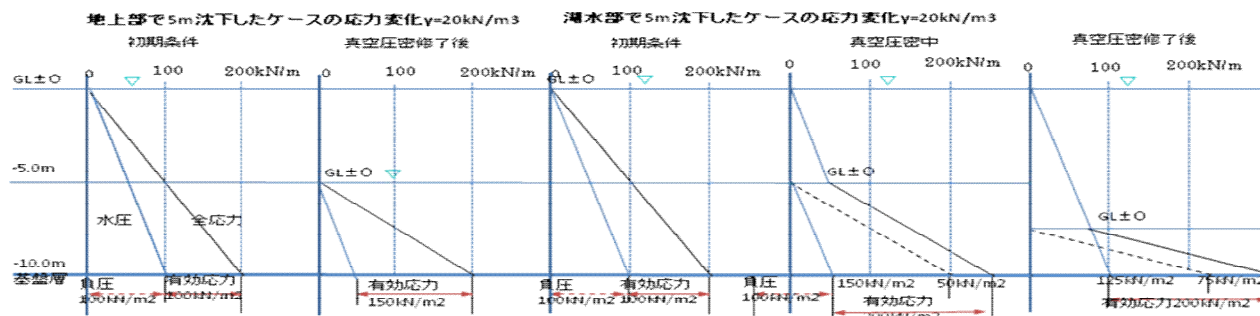
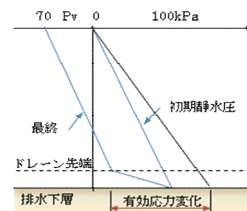


図-4 地盤内の応力分布と圧密状況 (単純想定モデル)

3. 真空圧密における変形の特徴

地表面に近い部分の変形は等方圧密的であり、深い部分については K_0 圧密的だと解釈²⁾され、応力経路図は図-5のように想定されている。浅い部分の変形が等方と言うことは、地表部付近において水平方向の変位量が多いことであり、収縮変形には追従しない異物があると地盤との間に亀裂の発生が大きくなることを示唆している。真空圧密に盛土を併用した場合の変形についても、地表部付近の等方圧密が卓越する部分は、この変形傾向は維持されるため、盛土の側方流動を抑制する効果が期待できる。真空圧密沈下による沈下量が大きい場合は収縮側の水平変形も大きいと推定され気密シートや排水設備の伸びは少なく、沈下追従性は良いと判断される。最近の国内実績では盛土の沈下量が 10m 以上でも、真空排水設備が追従して 70 kN/m^2 以上の負圧の維持と分離ポンプからの排水量を維持し続けた例もある。また、盛土荷重による変形は外向きの押し出し側方流動の傾向があり、真空圧密は収縮変形が大きいため両者の変形傾向は打消し合う。結果として側方変形の少ない垂直な変形が維持される。即ち、改良体はそのまま、沈降するような変形が卓越し、周辺地盤は押さえ盛土の役割を果たすので、盛土の安定性は高く、急速な盛土 (15~30cm/day) が可能となる。

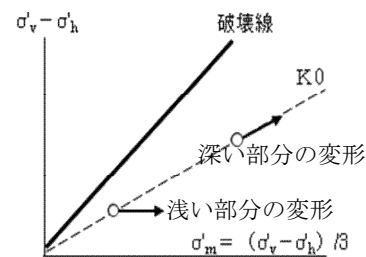


図-5 真空圧密の応力履歴

4. まとめ

真空圧密は全応力の増加なしに有効応力を増加させることで圧密変形させ土の密度が増加する。この圧密による密度の増加分だけが有効応力の増えた地盤として残され、真空圧はポンプ停止と同時に消滅する。従って、より高い真空圧を与えて、有効応力の増加履歴 (圧密変形量) を大きく残すことが最も大切である。

参考文献

- 1) 今井五郎「真空圧密工法」のさらなる発展に向けて、土木学会論文集 No.798/VI-68p1-16 2005.9
- 2) 梅崎健夫ら、真空圧密工法における地盤内の応力状態と強度増加特性、第 38 回地盤発表会 No.103 2003.7