真空圧密工法における間隙水圧と地盤挙動に関する検討

(株)ダイヤコンサルタント　正会員　○高坂　敏明
(株)ダイヤコンサルタント　正会員　五十嵐　勝
(株)ダイヤコンサルタント　山田　満秀
(株)ダイヤコンサルタント　正会員　佐藤　春夫

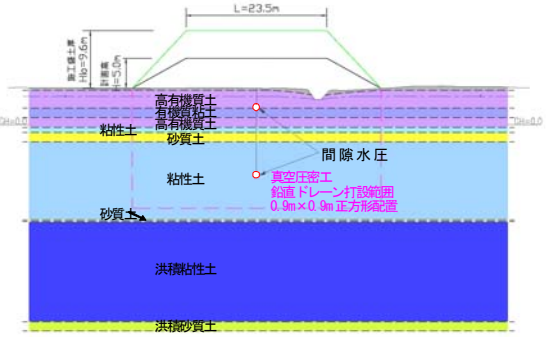
1. まえがき

真空圧密工法は，急速盛土施工を可能とする工法として期待されているが，盛土施工速度が地盤挙動や盛土の安定性に与える影響は，まだ明確にされていないのが現状である [1)2)]。施工時の安定管理には、従来から多用されている松尾・川村による安定管理図に加え、盛土荷重の 50%の過剰間隙水圧を管理値とする手法が用いられてきた [3)]。ただし、盛土後半で過剰間隙水圧の発生と盛土のり尻部の水平変位の発生が比例しないケースもある。このため、真空圧密工法を採用したヤードで、水平変位が大きく発生した事例を過剰間隙水圧との関係で考察し、間隙水圧の挙動に着目した新たな管理手法について検討を行い、その内容について報告する。

2. 地盤状況および施工状況

対象とした地盤の断面図を**図－１**に示した。上位に自然含水比 wn=250～450%の泥炭と wn=130%程度の有機質粘土が互層状に 7.3m の層厚で分布しており、この下位に層厚 1.5m の中間砂層を介して下部粘性土が深度 21.9m まで厚く分布している。鉛直ドレーンは、0.9m×0.9m の正方形配置であり、盛土速度は v=16cm/日で開始されている。

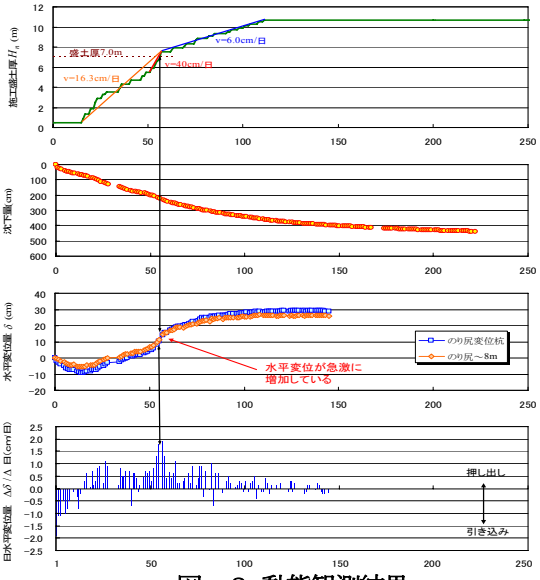
間隙水圧は、**図－１**に示すように、上位の高有機質土と有機質粘土の境界付近と下部粘性土で計測をおこなっている。



図－１　土質断面図

3. 従来の管理方法による検討

図－２に盛土厚、沈下量および水平変位の経時変化図、ならびに栗原らによる管理図をならべて示す。同図によると、施工盛土厚が Hn=7.0m に達した頃に、水平変位が急激に大きくなっている。栗原らの管理図においても、水平変位速度が Δδ/Δ日＝1.5cm を超える観測が連続している。ただし、2.0cm/日の限界値以上には達していない。**図－３**に間隙水圧の経時変化を示した。過剰間隙水圧の発生は盛土速度を反映して、盛土厚が 5m までは徐々に上昇し、5m を越えて急速載荷された時点で急激に上昇を続けている。盛土厚が 8m を越えて緩速施工に移ってからは上部泥炭層の間隙水圧の上昇が緩勾配となり、下部粘性土では盛土期間中であるにも関わらず減少傾向を示す。盛土立上り後は減少に転じている。



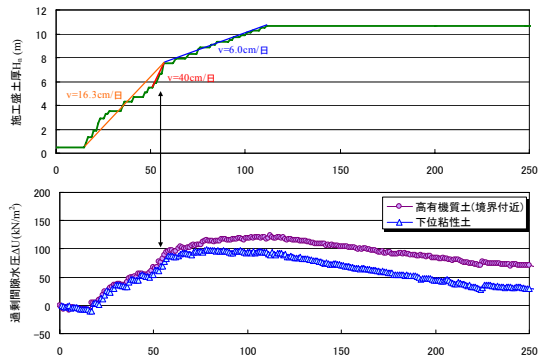
図－２　動態観測結果

4. 間隙水圧による安定管理手法

真空圧密工法施工時における地盤の変形は盛土荷重によって発生する過剰間隙水圧に大きく依存している。そこで本工法の間隙水圧挙動の特性を踏まえた管理手法を検討する。真空圧密施工時の過剰間隙水圧の発生は盛土の増加荷重に起因することから、先ず盛土荷重の考え方を示す。真空圧密工法による負圧の作用は盛土底部に等分布に作用するが、盛土は**図－４**に示すように台形荷重であるため、盛土後半では減圧効果に対する盛土の増加荷重は小さくなっていく。したがって増加盛土荷重Δσは式－１のように上に凸な曲線で表される。

$$\Delta\sigma = \frac{B_p}{L_p} = \frac{A_p \cdot \gamma_B}{L_{p0} + L_{p1}} \qquad \text{――― 式－1}$$

ここで、　B_p：盛土荷重(kN/m)
L_p：盛土載荷幅 $L_p=L_{p0}+L_{p1}$ (L_{p0},L_{p1}：**図－４**参照)　(m)
A_p：載荷した盛土の台形面積(**図－４**の灰色部分)　(m^2)
γ_B：盛土の単位体積重量(kN/m^3)



図－３　動態観測結果

キーワード：真空圧密　動態観測　泥炭
〒980-0802　宮城県仙台市青葉区二日町 12-30　仙台勾当台西ビル 8F　TEL022-263-5121　FAX022-264-3239

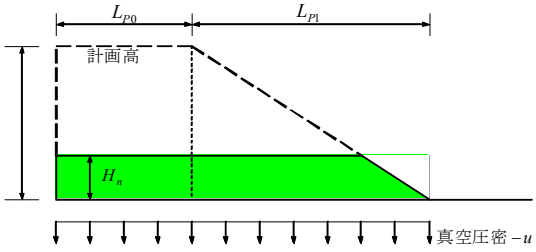
また、計画盛土 Hp に対して厚さ Hn まで施工した場合の増加応力Δσn は式－２のように表される。

$$\Delta\sigma_n = \frac{H_n \cdot L_{p0} + \left\{(H_p \cdot L_{p1}) - (H_p - H_n)^2 \cdot L_{p1} / H_p\right\}/2}{L_{p0} + L_{p1}} \cdot \gamma_B \quad \text{―― 式－２}$$

ここで、Δσn に対して発生する過剰間隙水圧ΔUの比を f とし、これを盛土荷重・間隙水圧比と呼ぶことにする。

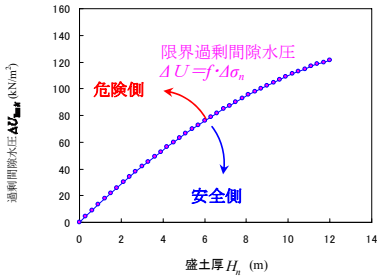
$$\Delta U = f \cdot \Delta\sigma_n \quad \text{―― 式－３}$$

ここで、f : 盛土荷重・間隙水圧比



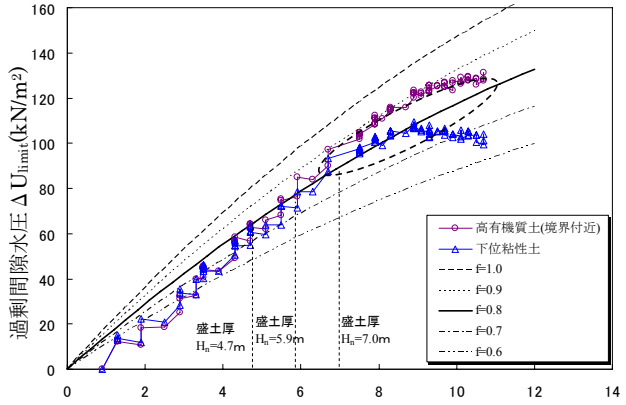
図－４ 盛土荷重モデル

図－５に示すように盛土荷重・間隙水圧比 f がある値（管理値）を超えると盛土が不安定化する挙動を示すことが分かれば、施工中は f 値を観測することにより安定した状態で盛土の施工が可能である。この提案する管理図上に前述の観測データを用いて、盛土厚さ Hn と発生した過剰間隙水圧ΔU の関係をプロットし、**図－６**に示した。また、盛土荷重・間隙水圧比 f の推移を**図－７**に示した。同図によると、盛土荷重・間隙水圧比 f は盛土厚とともに増加し、水平変位が大きな増加傾向を示した盛土厚 Hn=7.0m の時点では f=0.9 の値を示し、その後は、f=0.9 の曲線のわずかに下側を推移している。

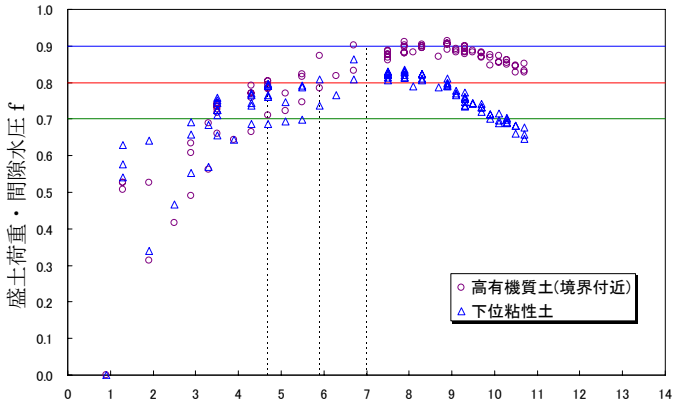


図－５ 提案安定管理図

同じデータを用いた松尾・川村による安定管理図を**図－８**に示した。同図によると、水平変位が大きな増加傾向を示した盛土厚 Hn=7.0m の時点での pj/pf の値は管理基準値である pj/pf=0.9 に達している。ところで、**図－６**および**図－７**を注視すると、盛土厚が約 5.9m 付近で f 値の多少大きな増加挙動がみられる。したがって、もし、この挙動を盛土不安定化の前兆とみるならば、提案する管理図には盛土厚約 5.9m 付近で既に盛土の不安定化の兆候が現れたことになり、松尾・川村の管理図より早期の予測の可能性を示している。なお、不安定化の前兆が現れた時の f 値は約 0.8 であり、この値（f=0.8）を管理基準値に設定することも一法とは考えられる。



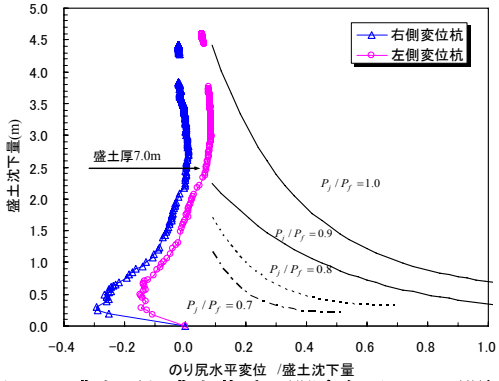
図－６ 過剰間隙水圧による安定管理図



図－７ 盛土厚と盛土荷重・間隙水圧比 f の関係

5. まとめ

本報告は、真空圧密工法における間隙水圧の挙動に着目した管理手法を提案したものである。本論文では先ず、盛土荷重Δσn に対して発生する過剰間隙水圧ΔUの比 f を管理値とした発生間隙水圧～盛土厚さ関係を管理図として提案するとともに、この管理図の有用性について検討した。その結果、従来の管理図よりは早い段階で地盤の不安定化の兆候を見いだせることが分かった。今後は、他の施工事例ならびに、今後の施工データに対しても本管理手法を適用性を検討し、管理基準値の設定を提案していきたいと考えている。



図－８ 盛土厚と盛土荷重・間隙水圧比 f の関係

＜参考文献＞

1) 高坂敏明、五十嵐勝、佐藤春夫：真空圧密工法における間隙水圧挙動に関する検討（その２）、第 41 回地盤工学研究発表会発表講演集、pp.500-501、2006.

2) 五十嵐勝，高坂敏明，佐藤春夫、山田満秀：真空圧密工法における盛土速度と地盤挙動に関する考察，第 39 回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.975-976, 2004.

3) 林宏親、蛯澤敦、秋元清寿、高坂敏明、五十嵐勝：一般国道 38 号釧路新道における強制圧密脱水工法の適用について、地盤工学会東北支部地盤工学フォーラム 2001 研究討論会講演概要集、pp.98-105、2001.