

土のうによる超軟弱地盤の「局所圧密・強化」工法

補強土、地盤改良、沈下

名古屋工業大学 国際会員 ○ 松岡 元
メトリー技術研究所 正会員 野本 太

砕石入り土のうは、それ自体が大変強固である（土のう1個が40tf（約400kN）の荷重に耐える）が、同時に透水層としても働き、一番強度を必要とする土のう直下から周辺軟弱地盤を局所的に圧密・強化して周辺軟弱地盤の支持力を増大させることが分かってきた。しかも、主要な圧密沈下がおさまる日数が1～3週間と比較的短いことも実測された（軟弱地盤の層厚や圧密係数他の条件による）。このことは、人間にとって都合の悪い圧密沈下は施工期間中にほぼ終了し、都合の良い地盤強度の増加・支持力の増大だけが得られるということの意味する。本工法を採用して超軟弱地盤（沼地）上に道路建設を行なって成功した¹⁾が、その道路脇の沼地で土のう積層体上の載荷試験を行ったので、その結果を報告する。



写真-1 道路脇の沼地の状態 (人が立つと腰まで沈む)

1. 道路脇の沼地での土のう積層体上の載荷試験

道路建設箇所の最軟弱部に相当する道路脇の沼地（写真-1参照）を使って、図-1に示すように土のう積層体を配置し（写真-2参照）、その上にコンクリート平板（1枚の重量22.56kgf（約225.6N）、寸法400mm×400mm×高さ60mm）を載せて載荷試験を行った。なお、図-1の最下段の土のうは人が立つための足場用の土のうであって、適当に置いたものであり連結されていない。それから上の段の土のう3個×3個=9個の2段と、2個×2個=4個の1段は、それぞれ土のう内部に四角形のプラスチック製の枠（ガイドゲージと呼ぶ）¹⁾をセットして連結されている。中詰め材は砕石（C-30）である。これらの土のう積層体を沼地に設置してから12日後にコンクリート平板（4枚×10段）900kgf（約9kN）を載荷し、さらに約90日後に900kgfを載荷し、さらに約80日後に900kgfを載荷して、現時点で合計2,700kgf（約27kN）が載っている（図-2、写真-3参照）。4枚のコンクリート平板を30段積み上げているが、コンクリート平板は単に置いただけで互いに連結されていない。このような不安定な形のコンクリート平板積層体が、沼地上の正味3段程度の土のうの上に傾くことなく安定して立っているのは驚くべきことである。しかも、この沼地は人が立つと腰まで沈むような超軟弱地盤である。



写真-2 沼地上の高規格連結土のうの転圧状況

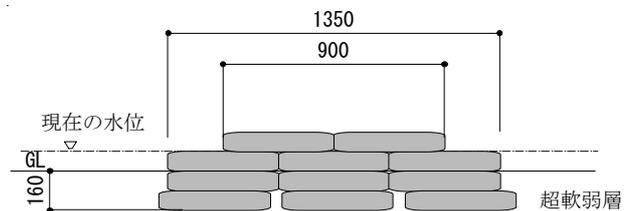


図-1 沼地載荷試験での土のう配置図 (寸法:mm)

土のう積層体の下の沼地へ手をつき込んでみると非常に固くなっており、土のう積層体の下部が局所的に圧密されて固化しているのがうかがわれる。図-2よりわかるように、2,700kgf載せた現時点での最初からの総沈下量は6.5cm程度であり、900kgf載せる毎に2～2.5cmずつ沈下している。さらに、興味深いのは

図-2の沈下量 (mm) ～時間 (週) 関係図を見ると各荷重 (900kgf) を載荷する毎に、主要な沈下がおさまる日数が1～3週間と短いことである。すなわち、主要な沈下は施工期間中にほぼ終了してしまい、必要とする地盤強度の増加・支持力の増大だけが得ら

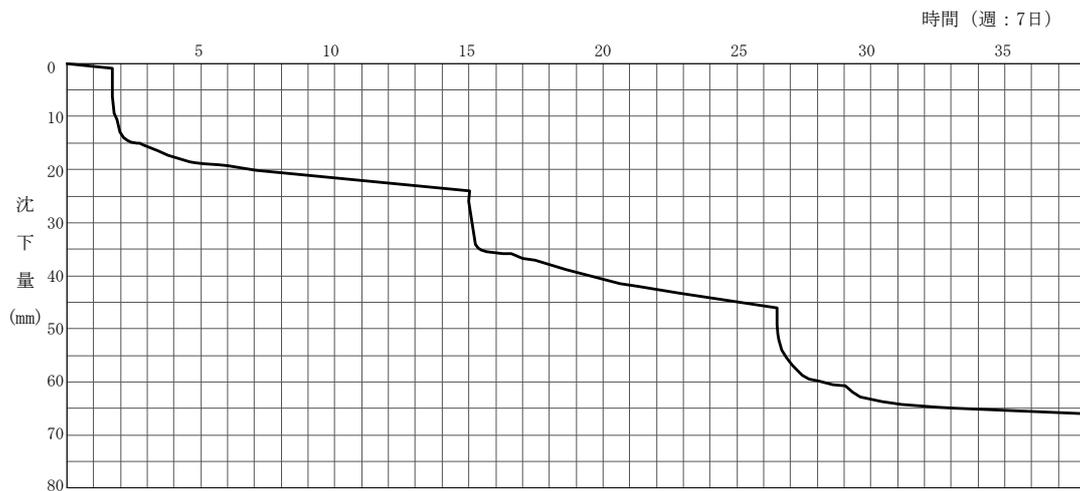


図-2 沼地載荷試験における沈下量 (mm) ~時間 (週 : 7日) 関係
(載荷重 900kgf×3回=2,700kgf (約 27 k N))

れるということである。土のう層直下から圧密を始め、土のう層直下の強度の最も必要な所から地盤強度を増加させるというのは賢い方法である (サンドドレーン工法やペーパードレーン工法は軟弱地盤を不必要な所も含めて“一様に”圧密し、大きな沈下量をもたらす工法である)。なお、この沼地から試料を採取し圧密試験を行って得た圧密係数の値 $c_v = 2000 \sim 10000 \text{ cm}^2/\text{日}$ から、沼地の深さを 3m として圧密度 $U = 90\%$ に相当する日数を計算してみると 8~40 日となった。上記の 1~3 週間にほぼ対応する値である。

以上より、砕石入り土のう層は圧密時の透水層として機能して、比較的短期間 (施工に要するであろう期間) のうちに圧密沈下の主要な部分を沼地の底部までほぼ終わらせ、地盤強度の増加・支持力の増大をもたらすことがわかった。

2. まとめ

1) 透水性の高い砕石や砂などを中詰め材とする土のう積層体は、それ自体が地盤補強体になるだけでなく、「圧密促進透水層」ともなって、接する下部の軟弱地盤を圧密・固化させる。この圧密・固化によって、土のう積層体が安定化するだけでなく、最も必要とする直下の地盤のせん断強度を増加させて地盤の支持力を増大させる。この結果、下の軟弱地盤に対する新たな荷重増分が少なくなり圧密が抑えられる。また、深くなるほど土のう面からの距離 (排水距離) が長くなるので圧密速度が遅くなる (圧密速度は距離の 2 乗に反比例する)。

2) 土のうによる下部の軟弱地盤の圧密促進効果、特に施工期間中に圧密沈下の主要部分が終了するかどうかは、土のう中詰め材の透水係数、土のう袋の細粒粘土分による目詰り、下部軟弱地盤の圧密係数や施工期間の長さ、軟弱地盤の層厚や施工面積の広さなどに影響されるので十分注意を要する。

以上、土のう積層体のもつ興味深い特性を紹介した。先人の知恵であり、安価で自然にやさしい土のう工法が、新たな軟弱地盤対策工法「軟弱地盤の局所圧密・強化工法」として活用されることを願っている。

参考文献

- 1) 野本 太、松岡 元 : 高規格連結土のう工法による沼地上の道路建設事例、第 43 回地盤工学研究発表会講演集、2008.
- 2) 松岡 元 : 地盤工学の新しいアプローチ—構成式・試験法・補強法—、京都大学学術出版会、pp.227~311、2003.
- 3) H. Matsuoka & S. Liu : A New Reinforcement Method Using Soilbags, Taylor & Francis, pp.1~111、2006.



写真-3 沼地載荷試験での土のう積層体上のコンクリート平板の積層状態 (総重量 2.7tf (約 27kN)、80cm×80cm×高さ約 1.9m)