

ケミカルグラウト K. K. 正員 平 田 隆 一

" " 柴 崎 光 弘

" " 〇 久 保 弘 明

1 ま え が き

シールド工事に伴なり地表沈下は、普通工法の地表沈下に比べあまり大きくないが、シールドが線路下、道路下などを通過する際は微少の沈下が非常に問題になってくるため、シールド周囲の土に薬液をグラウトしている。しかしこのグラウトの設計法は定まっておらず従来の経験その他に支配されている。そこでこの地表沈下の原因を調べ沈下防止の目的で行なわれる一薬液グラウト設計法を案出し施工したので報告する。

2 地 表 沈 下 の 原 因

地表沈下の主な原因として、(A)掘削切端面からの地山の流れこみ、(B)セグメント周囲の間げきへ地山の落ちこみ、(C)圧気による脱水収縮によつて生ずる地山の圧縮あるいは圧密、が考えられる。これらの現象によつて起る沈下の量は、主に地山の性質に支配される。(A)の現象は地山が粘性的あるいは粘弾性的で山止めが不完全な場合、(B)の現象は地山が砂質でシールド通過直後にゆるみが生ずる場合、(C)の現象は地山がシルトあるいは粘土で圧気の影響による一時的脱水作用のため、体積が収縮したりまた地下水低下によつて増加した有効重量による圧密沈下が生ずる場合、特に顕著に現われる。

3 対 策

2の原因による地表沈下を防止するには、(A)の場合施工時、切端面の山止めおよび過剰掘削に注意する。(B)の場合、シールドが到達する前に、地山がゆるまないようにシールド周辺の地山へ薬液をグラウトし、シールドが通過したら出来るだけ速かに間げきへ裏込めを填充する。(C)の場合、現在効果的な沈下防止法はないが、シールドが短期間に通過するため沈下量はあまり大きくない。

4 地 表 沈 下 と グ ラ ウ ト の 効 果

地中にトンネルを掘削すると、地山の中の応力バランスを破るためトンネル周壁に付加応力が加わり、周壁は破壊したりゆるんだりする。

シールド工法でトンネルを掘削するとセグメントの周囲にクリアランスが生じるから、(このクリアランスは一般に直径の2%以下)このクリアランスに向かつて破壊したりゆるんだりした土砂がスベリを繰り返し、地表は沈下していくものと思われる。(図1参照)

スベリは最大主応力と最小主応力の差がある限度以上になると発生する。すなわち地中のある点のある面における応力状態がモールの応力円の包絡線を越せば、その面に沿つてすべる。(図2参照)この包絡線は土の粘着力(C)と内部摩擦角(ϕ)によつて決められる。

砂に薬液をグラウトすると粘着力は増加(図3表1参照)するので図2に示すように包絡線は上昇する。例えば図2の1のモー

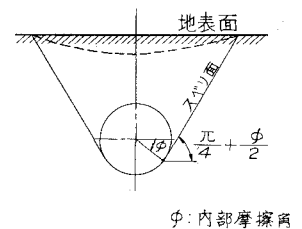


図1 地表沈下の概念図

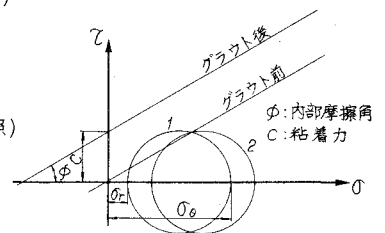


図2 モールの包絡線

ルの応力円の主応力が生じると、グラウト前はスベリが起こるがグラウト後スベリが起らなくなる。
 従つてシールド周辺の土砂に薬液をグラウトすれば最初のスベリが防止出来、セグメント周囲の間に
 きに裏込め填充が可能となり地表沈下が防止される。

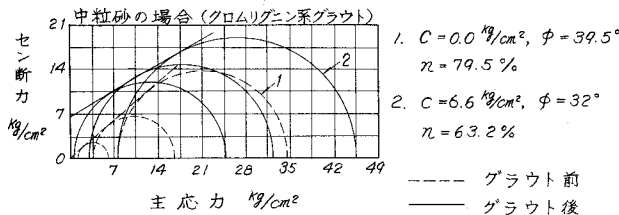


図3 グラウトによる粘着力の増加 (by L.Renner)

5 グラウト範囲

薬液グラウトを行ない粘性を与えた地山にトンネルを掘削すれば
 $a < r < R$ は塑性領域となる。

この塑性領域の σ_r は

$$\left. \begin{aligned} \text{応力平衡式 } \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} &= 0 \\ \text{破壊条件式 } \sigma_\theta - \sigma_r &= 2C \end{aligned} \right\} (1)$$
 の連立を解き、 $r=R$ で $\sigma_r = \sigma_m$ (土かぶり圧) とすると $\sigma_r = \sigma_m + 2C \log(R/r)$ (2)

裏込めグラウト前では $r=a$ の時 $\sigma_r = 0$ であるから

$$\log R = \sigma_m / 2C + \log a \quad (3)$$

浅いトンネルでは地表面までゆるむので $\sigma_m = (H-R) \times \gamma$ (4) (γ : 土の単位体積重量) とすると

(3)、(4) より、 $\log R + R\gamma / 2C = H\gamma / 2C + \log a$ (5)

従つて地山をゆるまない様にするためにはこの塑性領域の粘着力を増し(薬液グラウトを行ない)強度を大きくすれば良いものと思われる。また地山が粘性を帯びるためレオロジー特性をもつので、地山のせん断力が上限降伏値を越えても破壊の発生するまでに時間の余裕があるから(クリープ破壊)裏込めグラウトは可能である。

例えば $a=3m$, $H=10m$, $\gamma=1.8 \text{ t/m}^3$, $C=10 \text{ t/m}^2$ (薬液グラウトにより $C=10 \text{ t/m}^2$ に増加) とすれば $R=5m$ (試算にて解) となり、グラウト範囲はシールド上部 $R-a=5-3=2m$ (図5参照) である。

6 施工例

図6の如く線路下を通過するシールドにおいて図7の様に薬液グラウトを行なつた所、地表沈下(図8参照)は少なく所要の目的をはたした。

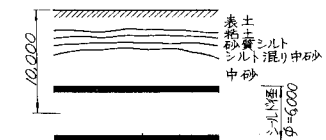


図6 縦断図
 7 あとがき

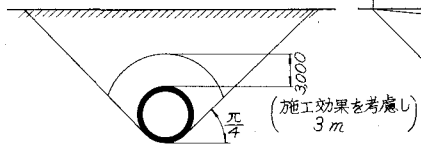


図7 グラウト範囲

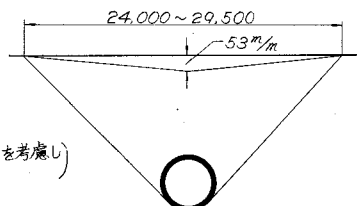


図8 沈下曲線

本報告は一試案であるから今後更に色々と検討を行なつていくつもりである。