

VI-113 地盤強度を考慮した薬液注入工法の検討

八千代エンジニアリング 正会員 大橋 宣弘

1. まえがき

西日本地区の某市公共下水道事業幹線工事で軟弱粘性土地盤に、構造物防護工として二重管ストレーナー工法による薬液注入工法を計画した。

薬液注入施工中、地盤隆起を最大 $\delta = 25\text{mm}$ 生じ施工を中断した。

本報告は、地盤隆起を生じさせる前の注入圧力と地盤変位計測結果を基に、現地盤強度を想定し適正な注入圧と削孔順序を考え、地盤隆起を極力生じさせないように試みたものである。

2. 防護工の概念、薬液注入圧力及び地盤変位

家屋防護の考え方、薬液注入圧力の変動及び道路地盤変位測定結果について記述する。

(1) 防護工の概念

家屋防護工については、シールド機外径から生じるすべり線を想定する。家屋等構造物が、このすべり線の範囲内にある場合は、補助工法を施工することとした。（図-1）

(2) 薬液注入圧力

3台同時施工による薬液注入工の管理記録より、初期注入圧と最終注入圧の関係は次のような傾向に分類された。（図-2）

パターン①：連続して施工したため、初期圧の変動が著しく最終圧は上昇のみである。

パターン②：連続して施工したが、初期圧の変動は少ない。ただし、最終圧は上昇している。

パターン③：2日連続施工である。前日施工箇所の最終圧は上昇したが、後日に隣を施工すると初期圧、最終圧は共に下がった。しかし、そのまま続けて施工すると分類①と同様に初期圧、最終圧が上昇した。

パターン④：連続して施工したが、進行方向に施工した箇所がなかったため、圧力の上昇を生じなかった。

パターン③の初日に類似している。

(3) 地盤変位

地盤変位測定位置は、シールド機直上、道路車道両端で注入前と注入後について測定した。（図-3）

これによると、地盤変位は測定箇所周辺の注入を続けている間は、最終圧が上昇する傾向にあったために地盤変位量も大きくなり、注入終了に伴い減少する傾向を示している。

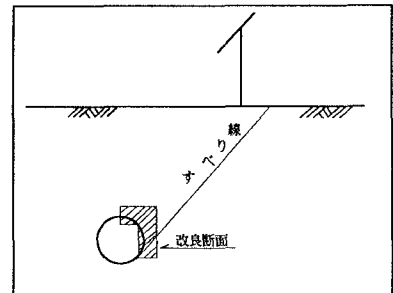


図-1. 防護工の概念図

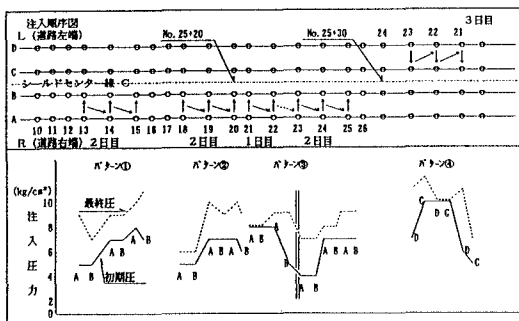


図-2. 注入順と注入圧力図

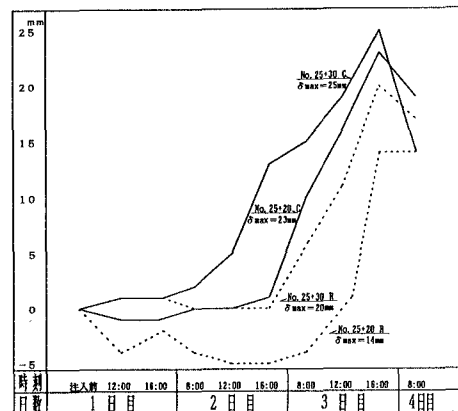


図-3. 地盤変位変動図

3. 施工管理対策の検討

地盤隆起を生じさせた主原因は、設計量を注入しようと強制的に圧力を上げたことにありと推察する。

これは、注入圧力図に示すように、注入初期圧、最終圧の変動からであり難透水性である粘性土地盤内の内部応力が高まり、自然解放されるまでに、近接注入孔への注入作業により更に内部応力を高めることとなり、急激な地盤の隆起を生じ、内部応力の鎮静まで隆起現象を継続させたと考察するからである。

このことより、施工管理対策として地盤強度を考慮した注入圧力、吐出量及び削孔順序について再検討を行った。

(1) 注入圧力

「薬液注入を実用的な注入速度で行うことを前提とすると、この注入速度を維持するための所要注入圧あるいは、それ以下の圧力で地盤割裂すれば、注入材は割裂注入状態と成って入っていく。このような割裂注入の発生機構については、まだ十分に研究されていないので推論の部分が多い。」¹⁾とされているが、割裂注入圧力は、次式の算式で示せる。

$$p_i = K \cdot p_o + \sigma_t \quad (3.1)$$

ここに、 p_i ：鉛直方向割裂注入圧 K ：静止土圧係数
 p_o ：深さ h における鉛直力 σ_t ：土の引張り強さ

(3.1)式により、注入圧記録も参考に施工地盤の注入圧を求めると、次のような数値となった。

$$P_i = 5.1 \sim 8.5 \text{ kg/cm}^2$$

(2) 吐出量

通常の1分間吐出量は、 $q = 20 \text{ l/分}$ ²⁾であるが注入時間を長くし急激な地盤隆起を防止する効果を期待し、吐出量を70%の $q = 14 \text{ l/分}$ 程度とした。

(3) 削孔順序

注入削孔順序は、当初は極力構造物に影響を与えないために構造物側から注入開始し、構造物から離れるように施工していた。このため、近接削孔となり地盤の内部応力を高める結果となった。

地盤内の内部応力の増加を抑制するため、「注入削孔は1孔置きに行い、一定の範囲で先行する孔の注入が終了したら、その次に残りの孔の注入を行うこととした。」³⁾

以上の条件で、施工を再開した。

4. まとめ

(1) 施工結果

残りの注入区間を、5日間で施工した。この結果は、次のとおりである。

$$\begin{array}{ll} \text{平均初期圧} & P_i = 4 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{平均最終圧} & P_i = 6 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{吐出量} & q = 14 \text{ l/分} \\ \text{地盤変位量} & \delta = 3 \sim 4 \text{ mm} \end{array}$$

(2) 今後の課題

前述したとおり、割裂注入の発生機構は十分に解明されていないが、二重管工法による薬液注入工法は地盤の隙間に浸透させることである。

土質試験結果などの前資料がある場合でさえ、地中での施工深度での隙間方向は不様であることから薬液注入施工においては、事前施工を実施し地盤の特性の把握に務める必要がある。

参考文献 1) 薬液注入工法の調査・設計から施工まで P65～P76, 土質工学会

2) 下水道用設計積算要領 一管路施設(開削工法)編一 1992 P266, 日本下水道協会

3) 薬液注入工法の設計・施工指針 平成元年6月 P36, 日本薬液注入協会