

# Ⅲ—10

## 砂質土地盤における薬液注入条件と注入効果に関する基礎的研究

東北大学工学部 学生会員 ○山河 篤史  
 東北大学工学部 正会員 柳澤 栄司  
 前田建設工業(株) 正会員 熊谷 浩二

1. まえがき 薬液注入は強度増加や止水を目的にして、地盤深部にボーリングによって設置した注入管から所定のゲルタイム（ゲル化時間）の薬液を注入して地盤を固結させる地盤改良工法である。最近では、これまでの施工実績や研究成果をもとに「薬液注入工法の設計・施工指針(1989)<sup>1)</sup>」がつくられるなど、この技術の体系化が進みつつある。しかし、近接施工など施工現場の制約条件の厳しさ、また地下空間利用の動向から、薬液注入効果への期待度はより大きくなり、高い信頼性をもつ設計・施工管理の手法を確立することがますます重要となってきた。本報では、砂質土供試体に注入して作成した注入固結体について、注入効果の予測の基本になる浸透範囲（＝固結体の体積）について、土質条件・注入条件との関係を検討した。

2. 試験概要 (1) 装置(図-1)：φ300×300mmモールドに上載圧1.0kgf/cm<sup>2</sup>をかけ、注入管（二重管）で注入した。また、注入は実際の施工と同様に注入速度を一定にして、注入圧P(kgf/cm<sup>2</sup>)を記録した。ただし、注入速度の値は試験ごとにq=100~2,000cc/min、および全注入量Q=500~3,000ccと変化させた。  
 (2) 使用材料：供試体には阿武隈川砂を使用した。その物性は、D<sub>10</sub>=0.2mm、U<sub>c</sub>=3、透水係数k=2.0×10<sup>-2</sup>cm/sである。使用薬液は、水ガラス系溶液型薬液（有機硬化剤使用、アロンSR-Hi）を用い、ゲルタイムGTを10秒および5分に設定した。なお、注入圧Pは、両GTともにP=0.2~0.4kgf/cm<sup>2</sup>であった。

3. 試験結果とその考察 注入1日後にモールドを脱型し、未固結の砂を取り除き固結体の形状を観察し、その体積を求めた。写真-1に固結体の例を示す（注入条件：q=1,500cc/min、Q=1,210cc、GT=5分）。

図-2に全注入量Qと固結体の体積V(cm<sup>3</sup>)との関係を示す。QとVとは、次の式で表わせる。

$$V = (Q / n \alpha) \times 100^2 \quad (1)$$

$$= \frac{Q}{\alpha} \times \frac{100(1 + e_{\max}) - (e_{\max} - e_{\min}) D_r}{100 e_{\max} - (e_{\max} - e_{\min}) D_r} \times 100 \quad (2)$$

ここで、

n：間隙率(%)=40~44%、

α：注入填充率(%)=(間隙に入った薬液の体積/間隙の体積)×100

D<sub>r</sub>：相対密度(%)、e<sub>max</sub>：最大間隙比=0.946、e<sub>min</sub>：最小間隙比=0.626

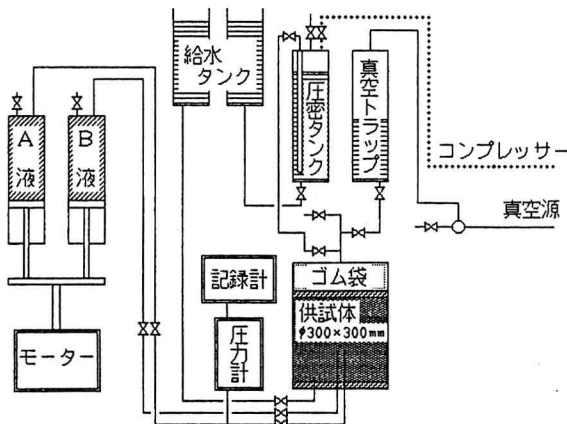


図-1 試験装置の概要

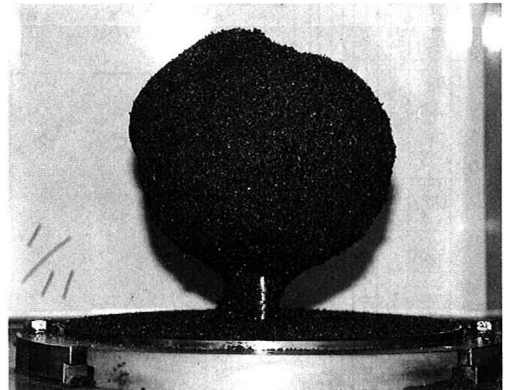


写真-1 注入固結体の例

理想的な浸透注入の場合は、 $\alpha=100\%$ となる<sup>2)</sup>ので、この時の値を図中に示す。(a)  $GT=10$ 秒では、 $q=490\text{cc/min}$ 以下のときを除いて式(1)の線上にのっている。しかし、(b)  $GT=5$ 分では、 $q=1,500\text{cc/min}$ 以上にならないと式(1)にのらない。また、図-3に $Q=1,200\text{cc}$ のときの $Dr$ と $V$ との関係を示す。式(2)で計算した値を図中に示すが、 $GT=5$ 分のほうではつきがやや大きい。

$Q-V$ の関係は、両 $GT$ ともに同一の式(1)、(2)で表すことができたが、計算値より $V$ が小さい理由には、薬液ゲルの濃縮による $\alpha$ の増大、あるいは薬液が固結体の外に逸走して実質的に $Q$ が小さくなることなどがあげられる。また、計算値より $V$ が大きい理由には、薬液の希釈による $\alpha$ の低下がある。

したがって、今回用いたような透水性のよい地盤、あるいは透水性の良い層の挟在が予想される地盤において $\alpha=100\%$ の固結体を期待するには、注入時間 $t$ の間に薬液のゲル化が生じるように、式(3)を満足する注入条件を設定すべきと考えられる。

$$t = Q/q > GT \quad (3)$$

4. あとがき 注入効果の予測は、注入条件が対象地盤に適しているかを判断するとともに、関連する土質条件を精度よく把握することによって、今後充分可能になると思われる。

参考文献 1)日本薬液注入協会：薬液注入工法の設計・施工指針、1989。 2)土質工学会：薬液注入工法の調査・設計から施工まで、p.82 1985。

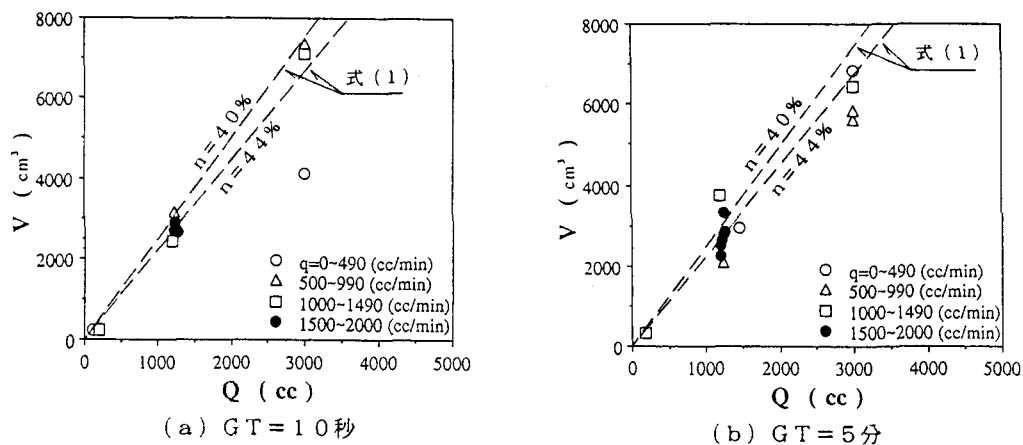


図-2 全注入量 $Q$ と固結体の体積 $V$

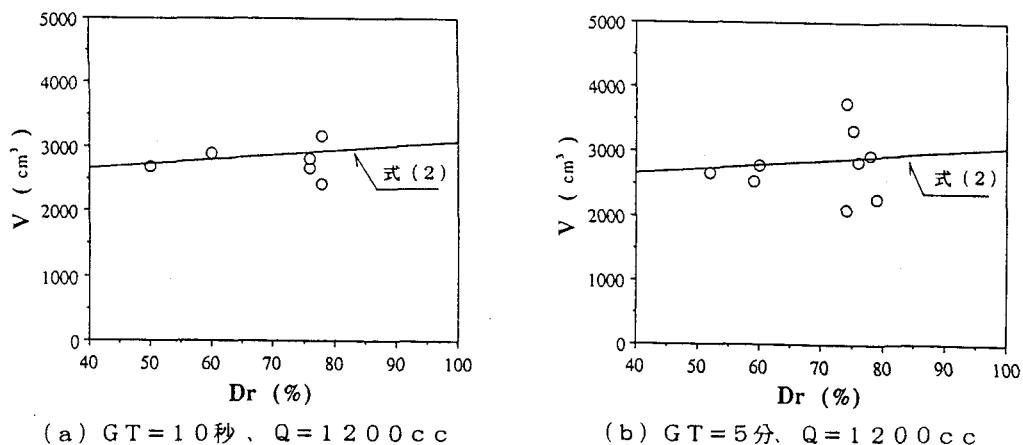


図-3 相対密度 $Dr$ と固結体積 $V$