

III-311

砂質土における薬液注入固結体の形状と填充率の分布に関する室内実験

前田建設工業(株) 正 熊谷 浩二
 東北大学工学部 正 須藤 良清
 東北大学工学部 正 柳澤 栄司

1. まえがき 砂質土における注入の基本は浸透注入であるが¹⁾、実際の地盤では割裂と浸透が組み合わされて注入されていることも多い。そして、薬液のゲルタイムの長短、注入速度の大小などによって、浸透注入だけでなく割裂注入になる。また、実現場においても、脈状ホモゲルの観察されることがある。しかし、脈状ホモゲルの存在が、注入効果の不十分さに必ずしも結び付いていないようである。このように、砂質土における浸透・割裂注入の違いによる注入効果の違いについては、あまり明確になっていない。注入効果の差を定量的に検討するため、モールド内の砂質土に対し薬液を注入し、そのゲルタイムを瞬結・緩結と変えることによって、浸透注入と割裂注入(割裂浸透注入のケースもある)の2つの形状をつくりだした。そして、固結形状と填充率の分布の関係など、注入効果の違いについて考察を加えた。

2. 実験概要²⁾ (1) 実験装置 径300mm×高300mmモールド内の砂質土供試体に、 1.0kgf/cm^2 の上載圧をかけ、飽和させた後に薬液を注入した。注入速度 q は、500、1,000および $2,000\text{cc/min}$ である。(2) 使用砂の物性 $D_{20}=0.4\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=2$ の硅砂6号を用いた。また、 $Dr=65\%$ の時の透水係数は、 $k=1.0\times 10^{-2}\text{cm/s}$ である。(3) 使用薬液 水ガラス系溶液型薬液(有機硬化剤使用、アロンSR-IIi)を用いた。ゲルタイムは5秒および5分とした。

3. 供試体の相対密度と注入圧 図-1に、ゲルタイム5分の緩結性薬液を注入した時の供試体の相対密度と注入圧との関係を示す。注入速度が小さいときは、相対密度の増加に伴い注入圧は比較的なだらかに上昇している。しかし、注入速度が大きくなると、相対密度の増加に伴い注入圧の上昇が著しくなる傾向を示している。図-2に、ゲルタイム5秒の瞬結性薬液を注入した時の注入圧を示す。緩結に比べ、注入圧の値が2倍以上になっている。この場合も、注入速度が大きい場合に、相対密度の増加によって注入圧が急上昇している。相対密度での20%程度の違いは、間隙率では2%程度の違いであるが、注入圧の値が大きく変化していることは注目に値する。

注入後の固結体の観察結果では、注入速度および供試体の緩結・密結によって、固結体の形状が異なっている(図-4~7)。そして、緩結性薬液による固結体は、注入速度 500cc/min 以外では、浸透注入が卓越して球状になっている。また、瞬結性薬液による固結体はすべて割裂注入ではあるが、楕円球状や塊状になっているものから、不規則な形状のものまで見られた。

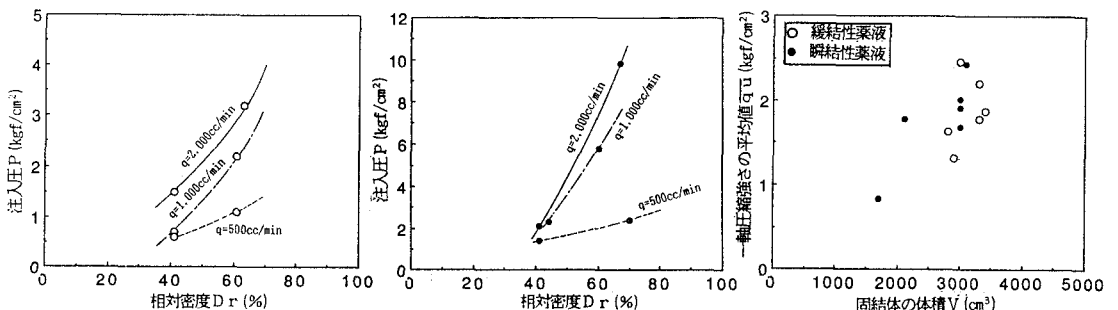


図-1 相対密度と注入圧(緩結性薬液) 図-2 相対密度と注入圧(瞬結性薬液) 図-3 固結体の体積と一軸圧縮強さ

4. 注入固結体の体積および一軸圧縮強さ 注入後1日養生して、未固結部の砂を水洗いして固結体を取りだして、固結体の体積 V を水中重量法で測定した。このあと固結体を分割して、 $\phi 35$ mmあるいは $\phi 50$ mmの供試体に成形して一軸圧縮試験を行った。図-3の V と q_u との関係では、 V が大きいほど強度が大きいという傾向が見られる。また、形状については、球状に近いほど V が大きく、かつ均質であり強度が大きいということが観察されている。瞬結性薬液で、割裂注入が卓越しているケースでは、固結体は塊状ではあるが、不均質で局所的な強度差が見られた。

5. 化学分析による填充率の分布 填充率 α は、対象地山の間隙に入った注入材の間隙に対する体積比率と定義される。ここでは、非晶質珪酸分含有量を原子吸光法で測定し、 $\alpha = (\text{非晶質珪酸分含有量から換算した薬液量}) \div (\text{供試体の間隙率})$ として求めている。填充率 α の分布をみるために、化学分析用の試料（約15 g）を、固結体の内部で6箇所、その外側の未固結部分で4箇所から採取した。その結果を図-4～7に示す。固結体が球形で完全な浸透注入と考えられる緩結性薬液の注入においては、a) $q=500\text{cc/min}$ を除き、固結体内部はほぼ $\alpha=100\%$ で、その分布のばらつきはあまりない。しかし、瞬結性薬液の注入では、固結体内部では加圧脱水による濃縮が生じて、 α が150%以上あるところもあり大きくばらついている。そして、未固結部にも薬液がやや多く含まれている。また、 $q=2,000\text{cc/min}$ の時には、固結体の体積 V が著しく小さくなっている。

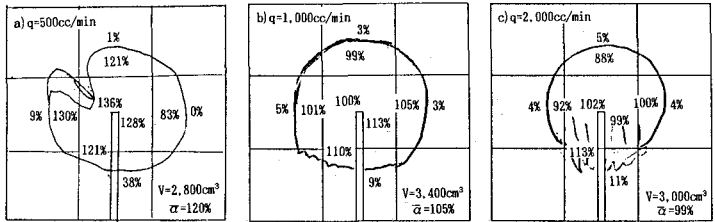


図-4 固結体形状と充填率（ゲル15分、注入量1,200cc、緩結め）

6. あとがき 以上のように、注入形状の違いで、注入効果の差が大きく生じるようである。

したがって、注入効果を評価するには、注入条件が合理的かどうか、すなわち浸透注入がどの程度期待できるかの判断が前提になる必要がある。このため、今後も合理的な注入の考え方についての検討を続けて行く予定である。

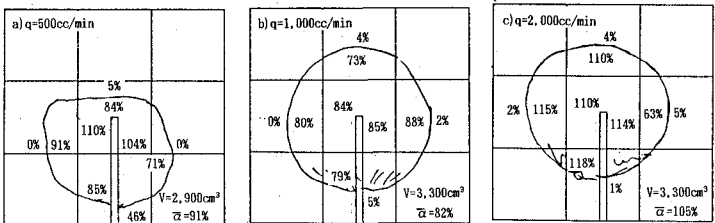


図-5 固結体形状と充填率（ゲル15分、注入量1,200cc、密詰め）

したがって、注入効果を評価するには、注入条件が合理的かどうか、すなわち浸透注入がどの程度期待できるかの判断が前提になる必要がある。このため、今後も合理的な注入の考え方についての検討を続けて行く予定である。

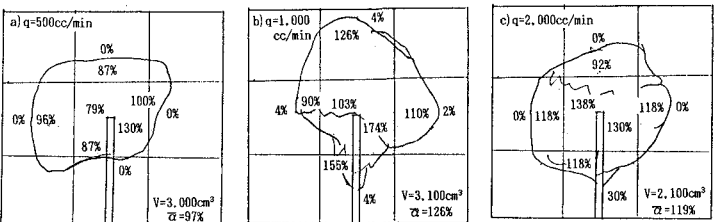


図-6 固結体形状と充填率（ゲル15秒、注入量1,200cc、緩結め）

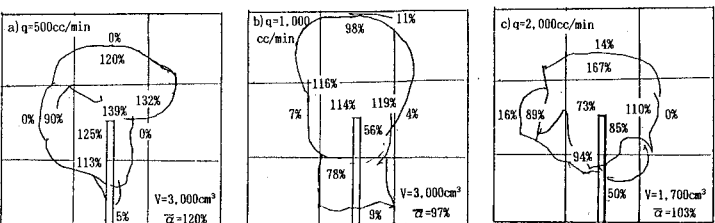


図-7 固結体形状と充填率（ゲル15秒、注入量1,200cc、密詰め）

参考文献 1) 土質工学会：薬液注入工法の調査・設計から施工まで、1985
2) 熊谷浩二、須藤良清、飛田善雄、柳澤栄司：砂質土地盤における浸透注入と割裂注入による注入効果の違いに関する室内実験、薬液注入工法における注入効果の予測・確認手法に関するシンポジウム発表論文集、土質工学会、1993. p.257