

III-B 279

薬液注入中のP～tチャートによる固結形状の予測に関する室内実験

東北大学工学部 学生会員 崔 亢吉

東北大学工学部 正会員 柳澤栄司

1. まえがき

注入工法は地盤の土粒子の間に注入材を加圧する工法であるため、注入材の浸透範囲や固結形状を目視することができないため注入効果を予測することは著しく困難である。注入中の注入圧の変化は、薬液に対する地盤内の抵抗と反応を連続的に示すものであり、地盤中で目に見えない薬液の挙動を制御するための唯一の指標である。注入中に必ず記録されるP～tチャートを通じて注入形態や割裂状況などの予測に関する研究が行われているが^{1) 2) 3)}、複雑な地盤条件及び注入条件により注入圧力の経時変化に対する研究は少ないのが現状である。このような観点から本実験ではより基本的な圧力管理の基礎資料を得るために、供試体を緩詰め・密詰めとして、上載圧を変化させながら緩結性・瞬結性薬液を用いて浸透・割裂注入形状を作り出して実験を行い、それによりP～tチャートにより固結形状を観察して見た。

2. 実験概要

実験装置の概略図を図-1に示す。実験器上部の水タンクより加圧用ゴム袋に水を注入することによって、供試体の上載圧をかけ供試体を飽和させた後に薬液を注入した。上載圧は0.5、1.0、1.5、2.0 および 2.5 kgf/cm²である。薬液はゲルタイム5分の緩結性薬液及び5秒の瞬結性薬液で、注入速度は500、1000、1500、および2000 cc/minである。注入により押し出された間隙水は供試体の上蓋のバルブを通じて排水される。実験には土粒子の密度 $\rho_s = 2.637\text{g/cm}^3$ 、 $U_c = 1.36$ の珪砂6号を用いた。緩詰め供試体の場合は、密度 $\rho_d = 1.3\text{g/cm}^3$ 、透水係数 $\kappa = 6.52 \times 10^{-3}\text{ cm/s}$ で、密詰め供試体の場合は、密度 $\rho_d = 1.5\text{g/cm}^3$ 、透水係数は $\kappa = 3.07 \times 10^{-3}\text{ cm/s}$ である。薬液には水glass系溶液型薬液（有機硬化剤）を用い、全注入量はすべて1200ccとしている。

3. P～t Chartによる注入形態

注入圧及び固結体の形状に及ぼす要因としては注入速度、薬液のゲルタイム、地盤の粒度、透水性、拘束圧等が挙げられている。図-2は注入中にゲル化が生じない緩結性薬液を用いて浸透注入形態を再現した実験（ $q=1500\text{ cc/min}$ ）結果の例である。圧力の変化は土質条件及び注入条件による圧力の大きさや初期勾配の差はあるがどんな条件でも初期上昇してその後はほぼ一定値を示している。最初は地盤内の間隙水圧に対抗するため及び粘性抵抗によりある程度の注入圧が必要であるが、その後はそのまま充分浸透が可能ため注入圧の上昇は小さいと考えられる。固結体の形状は地盤条件により体積の差はあるが完全な球状になっている。

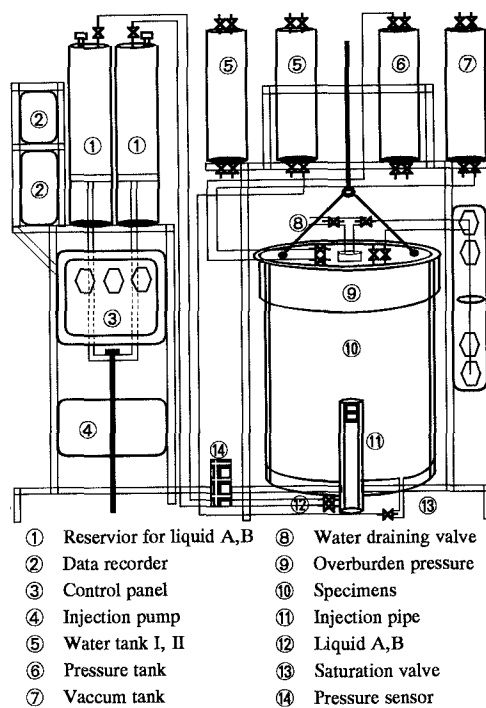


Fig.2 Schematic diagram of injection apparatus

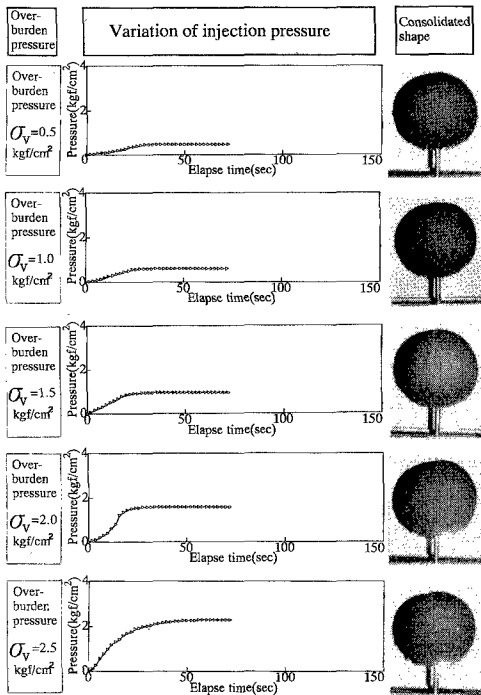


Fig.2 The variation of injection pressure on long gel time grouts (Dense specimens, injection rate $q=1000\text{cc/min}$)

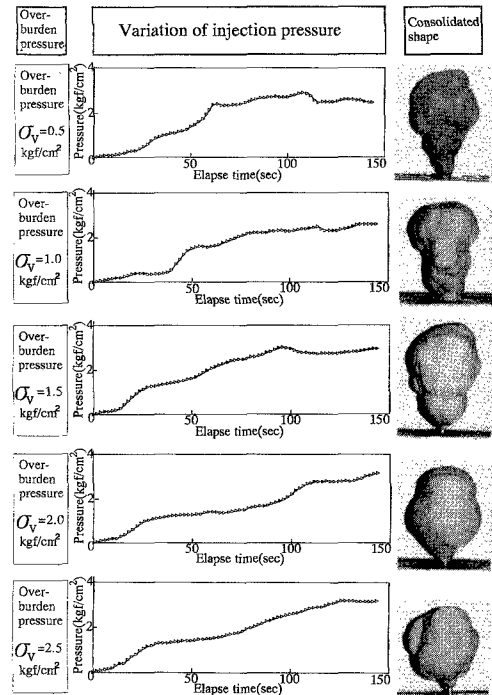


Fig.3 The variation of injection pressure on short gel time grouts (Dense specimens, injection rate $q=500\text{cc/min}$)

図一4は注入中にゲル化が生じるゲルタイム5秒の瞬結性薬液を用いて割裂注入形態を再現した実験 ($q=500\text{cc/min}$) 結果の例である。この瞬結性薬液の場合、圧力の変化は注入初期から終了まで乱れや一時的な低下あるいは上昇を含む不規則な変化を示している。しかし上載圧が 0.5kgf/cm^2 から 2.5kgf/cm^2 まで大きくなるにつれて圧力変化の乱れや不規則な変化が漸次消滅し、且つ、浸透注入形態のようななだらかな注入圧に変化している。これに伴う固結体の形状は非常に歪んだ形から浸透注入のようなほぼ球状に近い形になった。固結体の体積は小さくなっている。体積減少の程度は、上載圧が大きいほど、注入速度が早いほど著しい傾向が見られた。

4. あとがき

以上の結果をまとめると次のようである。

- 1) 注入中の圧力の経時変化が初期に上昇して乱れない緩慢な上昇を示す場合、浸透注入形態になる。しかし注入初期から乱れが多いほど、あるいは不規則な変化がなるほど割裂注入形態になる。
- 2) 複雑な地層で予想される割裂注入形態の場合も注入深度が大きくなるほど注入形態はほぼ割裂・浸透注入形態になる且つ、固結体はほぼ球状に近い形になるが体積は小さくなること分かった⁴⁾。

参考文献

- 1) 島田俊介・兼松 陽、最新の地盤注入工法、pp 205～213、1983。
- 2) 垂水尚志・関根悦夫・岩佐弘正ほか、 $P \sim q$ 曲線及び $P \sim t$ チャートに基づく注入形態の検討、薬液注入工法における注入効果確認手法に関するシンポジウム、pp 145～152、1993。
- 3) 森麟・林忠・入谷剛、注入中の $P \sim t$ チャートの圧力変化による割裂状況予測の可能性について、薬液注入工法における注入効果確認手法に関するシンポジウム、pp 169～174、1993。
- 4) 崔亢吉・柳澤栄司・熊谷浩二ほか、砂質土地盤における薬液注入条件と注入効果に関する室内実験、第30回 土質工学研究発表会、pp 2315～2318、1995。