

III-65

薬液注入における注入圧の土圧増加に与える影響

早稲田大学
日本ソイル工業
早稲田大学

正 員 森 麟 田村 昌仁
鹿島 昭一
学生員 ○原口 賢一 佐藤 洋一

1. はじめに 薬液注入における注入管理では周辺土中構造物への影響を考慮しなければならないことも少なくない。しかし、注入過程における土中土圧についてはほとんど明らかにされておらず、現行の許容注入圧の意味するところも不明である。本研究では薬液のゲル化時間、砂の透水性を変化させて固結形態と注入圧に対する土中土圧の関係を明らかにした。

2. 実験方法及び試料 使用した砂及び薬液の配合表を表1、2に示す。注入実験装置の概要は図1に示す。実験方法としてはまず砂試料を鋼製内円筒内に自由落下させ水締めし、アクリル製外円筒に水を満たして試料を飽和させる。そしてゴム風船により試料に上載圧を与えてた状態で薬液の注入を行い、注入圧と土圧変化を測定する。注入圧は注入管下端で実測される圧力から管内抵抗を減じたもので示し、土圧変化は図2に示す位置に設置した土圧計により測定する。なお内円筒は排水可能とするために0.1mmの金属メッシュを全周に張り付けてある。

3. 土中土圧に及ぼすゲル化時間の影響 試料Eに上載圧 $\sigma_v = 1.0(\text{kgf/cm}^2)$ 、注入速度 $q = 10.0(\text{L/min})$ 、注入時間5分で各薬液を注入した時の注入圧、土圧増分と経過時間間の関係を図3に示す。この場合の初期土圧は土圧計の設置位置により異なるが0.3~0.6(kgf/cm²)の範囲であった。ここで土中土圧は図2に示す位置に設置された土圧計の内でも最も増加したものと、薬液注入後の固結体の最外部付近に設置された土圧計による2つの土圧増分を示した。図4にはこの時の注入圧に対する土中土圧増分の割合 $R_p(= \text{土圧増分}/\text{注入圧})$ と経過時間の関係を示す。したがって R_p は注入圧の土圧に対する影響を示すパラメータとなる。固結形態は瞬結性薬液では割裂脈を中心とした割裂浸透による鉛直厚板状固結、緩結性薬液では実質的浸透注入による球状固結となり、ゲル化時間が長いほど良好な固結形態となった。

固結形態が鉛直厚板状となる瞬結性薬液では注入圧のピーク以降の経過時間では比較的大きな割裂脈が発生していると考えられる¹⁾。この時割裂脈内の液圧は注入圧と余り変わらないために割裂脈付近では割裂脈が周辺地盤を押し広げて R_p の値は大きくなる。したがって割裂脈付近であれば注入管からの距離がある内円筒に取り付けた土圧計に土圧増加が見られた。ただし割裂脈から離れた位置での土圧増加は非常に小さいものとなった。急結性薬液の注入圧は増加し続けていることから実質的浸透注入で、ほぼ球状の固結となっている¹⁾。このため注入管付近における土圧増分は注入圧が高いので瞬結性の場合よりも大きい R_p の値は小さく、固結体の最外部付近での土圧増分は小さいものとなっている。緩結性薬液では土

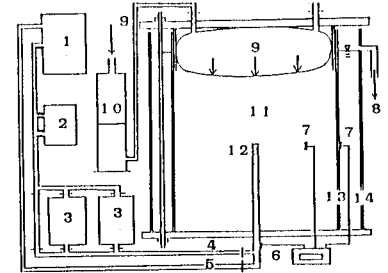
表1 砂試料

試料	要 素	間隙比	透水係数 k (cm/sec)	摩擦角 ϕ (°)
A	市販ケイ砂3号	1.00	1.1×10^{-3}	34.7
B	市販ケイ砂5号	0.88	1.3×10^{-1}	34.3
C	市販ケイ砂6号	1.00	5.3×10^{-2}	34.8
D	B : E = 5 : 5	1.00	2.0×10^{-2}	33.4
E	市販ケイ砂7号	1.00	5.1×10^{-3}	38.1
F	市販ケイ砂8号	1.00	1.8×10^{-3}	38.4
G	E : I = 9 : 1	1.00	2.4×10^{-3}	36.1
H	E : I = 3 : 1	1.00	7.8×10^{-4}	37.6

試料Dは、試料Bと試料Eを5 : 5の重量比で混合したもの。
試料G、Hは試料Eと試料I（木節粘土）を9 : 1、3 : 1の重量比で混合したもの。

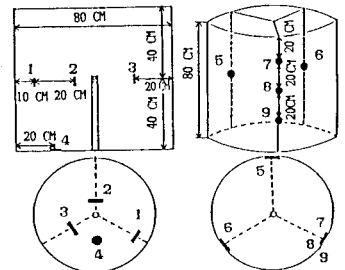
表2 薬液の配合

試料	配 合	ゲル化時間 G_t
薬液a	A液500cc 3号水ガラス 250cc	B液500cc グリオキザール50cc リン酸 25cc (sec)
薬液b	3号水ガラス 250cc	グリオキザール50cc リン酸 25cc (sec)
薬液c	3号水ガラス 250cc	グリオキザール50cc リン酸 25cc (min)



1: 定速ポンプ 2: 電磁流量計 3: 着色B液用タンク
4: B液 5: A液 6: 注入管 7: 土圧 8: 越流量
9: 上載圧 10: 水タンク 11: 砂試料 12: 注入管
13: 鋼製内円筒 (φ800mm) 14: 外円筒 (φ1000mm)

図1 注入実験土槽



1: 土圧計A 2: 土圧計B 3: 土圧計C
4: 土圧計D 5: 土圧計E 6: 土圧計F
7: 土圧計G 8: 土圧計H 9: 土圧計I

図2 土圧計の設置箇所

圧増分はほぼ間隙水压増分であると考えられるので注入管からの距離の影響を大きく受け、土圧増分と R_p の値は小さくなっている。

4. 土中土圧に及ぼす砂の透水性の影響 試料Eに上載圧 $\sigma_v = 1.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ 、注入速度 $q = 10.0 \text{ (L/min)}$ 、注入時間5分で各薬液を注入した時の注入圧、土圧増分と試料の透水性係数の関係を図5に示す。注入圧と土圧増分は終局値を用い、土圧増分は設置した土圧計の内でも増加したものと、固結体の最外部に位置する土圧計による2つの値を示す。この時の R_p と透水性係数の関係を図6に示す。

これより土圧増分は注入圧だけで決まるものでなく注入形態に大きく影響され、実質的浸透注入となる場合は R_p 値は比較的小さく、固結体最外部付近で土圧増加は殆どないことがわかる。また割裂的注入となる場合には割裂脈近傍では R_p 値は大きくなり、注入管付近と固結体最外部付近での土圧増加の差は少ないことがわかる。

試料A、Eに上載圧 $1.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ 、全注入量 50 (L) で瞬結性・緩結性薬液を注入した時の R_p と注入速度の関係を調査した結果、試料Aに瞬結性薬液を注入した場合と試料Eに緩結性薬液を注入した場合には注入速度が大きくなると R_p の値は大きくなった。これは注入速度が大きくなると僅かに注入形態に差が生じるためである。また割裂脈の発生により土圧増加が認められる場合の注入後の土圧変化を調べてみると緩結性薬液では注入後即時に初期土圧程度に減少するのに対して瞬結性・急結性薬液では土圧増分は減少するが零にはならず残留し続ける結果となった。ただし残留する土圧は瞬結性の方が急結性よりもかなり大きい。注入時の土圧増加は主として割裂脈が周辺地盤を押し広げるためである。瞬結性薬液では注入終了後即時に割裂脈内の薬液がゲル化するので注入後割裂脈が周辺地盤を押し広げている状態が維持される。しかし急結性薬液ではゲル化するまでに割裂脈内の液圧は減り、押し広げも少なくなる。また緩結性薬液では薬液のゲル化までにほぼ液圧は消散して地盤の押し広げはごく僅かになる。このためゲル化時間の長い方が注入後の土圧増分は小さくなる。

5. まとめ 土中土圧は注入形態による影響を大きく受け、実質的浸透注入となる場合には注入圧が高くともゲル化時間によらず注入圧の土圧に及ぼす影響は少なく、固結部外での土圧増加は殆どない。一方割裂的注入となる場合には割裂脈付近の土圧増分は注入圧の影響を大きく受ける。

参考文献 1) 森他 第23回土質工学研究発表会 1988

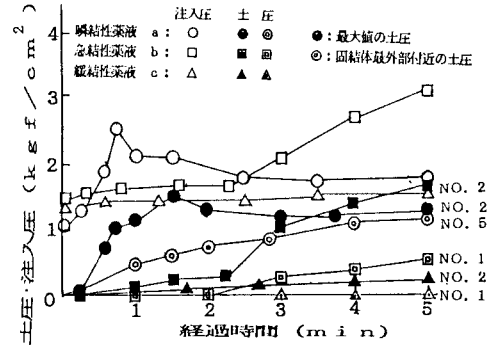


図3 試料Eにおける土圧・注入圧と経過時間との関係

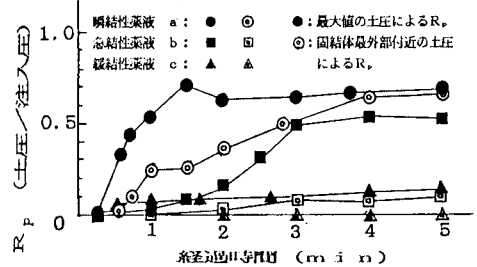


図4 試料Eにおける R_p と経過時間との関係

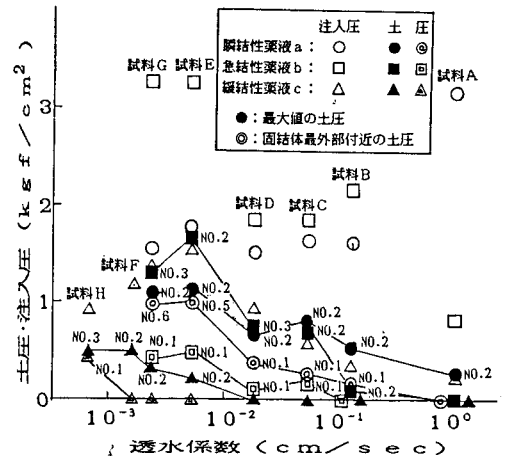


図5 注入圧・土圧と砂の透水性係数の関係

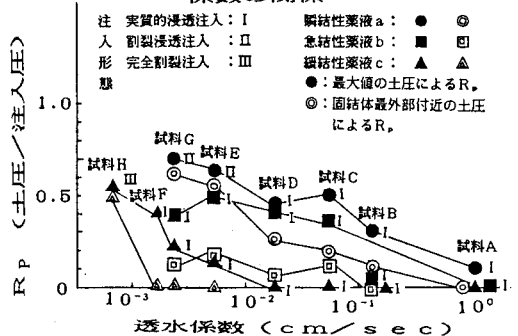


図6 R_p と砂の透水性係数の関係