

III-202 指向性高压注入における薬液の注入形態とその支配条件（不均一土層の場合）

早稲田大学 正会員 森 麟

建設省建築研究所 正会員 田村昌仁

○ 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 福井義弘

1. まえがき

通常の薬液注入は5～25 L/分の注入速度で、注入圧は最高でも30 kgf/cm²程度である。この場合薬液は地盤の状況に応じて入りやすい領域に浸透または割裂形態で注入され、薬液の入っていく方向はコントロールできない。従って透水性が小さく割裂しやすい層を挟む不均一な土層や注入管周りに排水層を持つ地盤では、実際の注入領域を予測することは困難である。そこで本報告では注入速度(L/分)はあくまで浸透注入を目指すため通常の薬液注入程度に小さく抑え、これを100 kgf/cm²前後の高压で指向性を持たせて噴射する方法を用い、通常注入では所定の場所に入りにくい透水性がやや小さく割裂しやすい層を挟む不均一な地盤や注入管周りに逸走しやすい排水層を持つ地盤で注入実験を行い、本方法による注入状況を調査している。

2. 実験方法及び試料

図-1に注入装置の概要を示す。詳細については文献1)を参照されたい。上載圧は今回すべて1 kgf/cm²に設定している。土槽中央には直径4 cmの注入管を立ち上げ、これを高压用定速注入ポンプに接続する。注入管先端には図-2に示す吐出部を接続する。吐出部はノズル1(1.3 mm径2孔)とノズル2(2.5 mm径12孔)の2種類である。表-1には使用した試料土の種類を示す。使用した注入液は水ガラス系溶液型薬液でゲル化時間が4～6分の緩結性のものである。地盤構成は図-3に示すように注入管周りを厚さ2 cm程度透水性の大きい砂で覆った場合(ケース1)と透水性の小さい層を土層の間に挟んだ多層地盤(ケース2)の2種類とした。

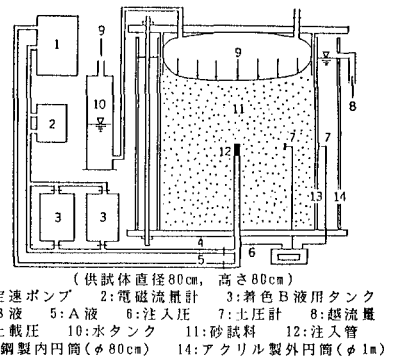


図-1 注入実験土槽

表-1 試料土の種類

試 料	間隙比 e	透水係数 k [cm/s]	摩擦角 φ [deg]	限界注入速度 q _{cs} [L/min]
A 市販ケイ砂3号	1.09	1×10 ⁻⁰	34.7	>13.0
B 市販ケイ砂7号	0.93	5×10 ⁻³	38.1	>13.0
C B:D=3:1	0.89	4×10 ⁻⁴	37.6	1.0

試料Cは、試料Bと試料D(木節粘土)を3:1の重量比で混合したもの

3. 実験結果及び考察

3. 1. ケース1(注入管周りに排水層を持つ)の場合

ケース1は、実際の注入管周りのシールが不十分である場合で注入管と地盤との境界に薬液が集中して入りやすい状況をシュミレートしている。図-4に注入圧と注入時間の関係を示す。この場合注入管は移動させていない。注入速度qは図中に示してある。総注入量は50 Lである。図-5、図-6に固結形状を示す。固結率はノズル1で80%、ノズル2で55%となり、ノズル2

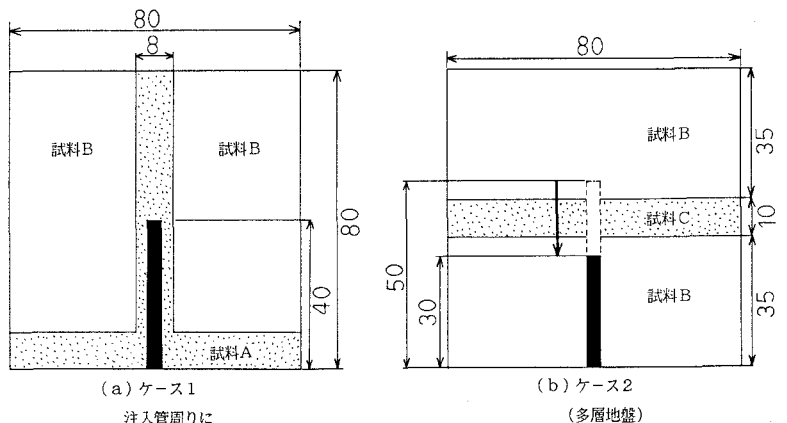
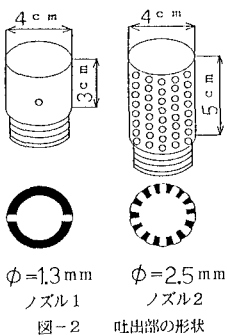


図-3 地盤構成

単位: cm



の注入では薬液の大部分が注入管周りの透水性の大きいA砂層に集中して注入され、改良対象のB砂層にはほとんど注入されず、薬液はかなりA砂層を浸透して底部から外に流出している。高压噴射の場合にはたとえ注入管まわりが薬液の入りやすい状況になっても、注入管周りの土が噴射流で切削され、対象砂層内にクサビ状空間が形成されてここから浸透するので、通常注入に比較して対象B砂層の固結率が大きくなったものと考えられる。

3.2 ケース2（多層地盤）の場合

図-7にケース2の注入圧と注入時間の関係を示す。この場合図-3のように注入管を鉛直下方に20cm移動しながら注入している。総注入量は50Lである。図-8、

図-9に固結形状を示す。図-9のノズル2の通常注入の場合、透水性の大きい上下層ではこの注入速度が限界注入速度¹⁾（表-1）以下であるので、薬液が浸透固結しているものの、中間層では限界注入速度以上となるので割裂注入し、細い割裂脈のみで固結量は図-8の高压噴射の場合より小さい。固結重量の割合を固結率で示すと、ノズル1の場合84%（上下層65% 中間層19%、薬液の一部は中間層または層境を割裂して外部に流出）、ノズル2で64%（上下層61% 中間層3%、かなりの薬液は中間層または層境を割裂して外部に流出）となっている。ここで両者の大きな相違は、高压噴射では透水性の小さい中間層が全体的に固結していることである。通常注入の場合には、吐出孔が砂層内にあってもその近辺に透水性の小さい層や割裂しやすい層があると砂層とそれらの層の間で境界注入が生じやすい²⁾。一方、高压噴射では吐出孔からある距離までは薬液が確実に所定方向に注入されるので、通常注入に比較して所定の領域を固結させる効果がある。

4. まとめ

透水性の小さい層を挟む不均一土層や注入管周りのシールが十分でない場合は、通常注入では抵抗の小さい部分に薬液が集中して入り、その他の所は注入されにくい。通常注入で用いる注入速度の薬液量を高压噴射した場合は薬液が指向性を持って噴射方向に注入されるので、所定の領域への注入が可能であり、用いた注入速度が限界注入速度以下に当たる地盤では浸透注入となる。

参考文献

- 1) 森・田村・原口：土木学会論文集 No.406, pp.157-166, 1989.
- 2) 森・田村・佐藤：第24回土質工学研究発表会, pp.1929-1930, 1989.

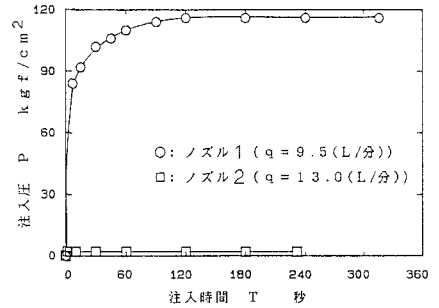


図-4 ケース1の注入圧と注入時間の関係

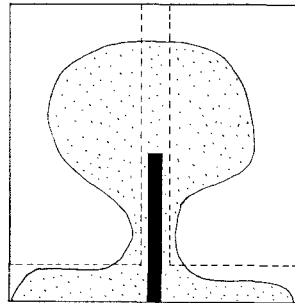


図-5 ケース1・ノズル1の固結形状
 $P = 116 \text{ kgf/cm}^2$
 $q = 9.5 \text{ L/min}$
 固結率 $R_G = 80\%$

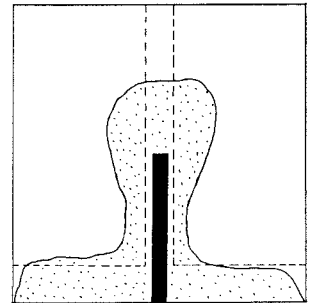


図-6 ケース1・ノズル2の固結形状
 $P = 2 \text{ kgf/cm}^2$
 $q = 13.0 \text{ L/min}$
 固結率 $R_G = 55\%$

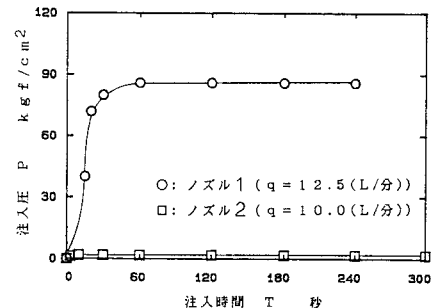


図-7 ケース2の注入圧と注入時間の関係

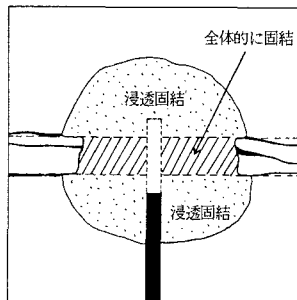


図-8 ケース2・ノズル1の固結形状
 $P = 86 \text{ kgf/cm}^2$
 $q = 12.5 \text{ L/min}$
 固結率 $R_G = 84\%$

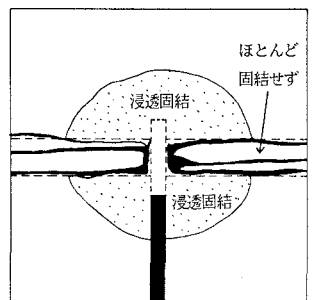


図-9 ケース2・ノズル2の固結形状
 $P = 1.8 \text{ kgf/cm}^2$
 $q = 10.0 \text{ L/min}$
 固結率 $R_G = 64\%$