

Ⅲ - B233 動的な注入での注入速度の振幅が改良効果に及ぼす影響について

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 駒延 勝広
 同上 正会員 村田 修
 東急建設（株）技術研究所 正会員 大河内 保彦

1. はじめに

これまで、筆者らは薬液注入の品質改善や施工能率の向上を目的として、注入速度を変化させながら注入を行う「動的注入に着目した模型実験」を行ってきた。その結果、動的注入では従来の速度一定で行う注入（以後、静的注入と呼ぶ）に比べて、固結強度が大きくなることがわかった^{1),2)}。

動的注入は注入速度を図-1に示すような正弦波に近い波形に制御して注入を行っているが、振幅と周期が注入効果に及ぼす影響については明らかにされていない。

そこで、今回は注入速度の振幅が注入効果に及ぼす影響について検討を行ったので、ここに報告する。

2. 実験概要

模型地盤は珪砂8号を用いて水中落下法により作製し、相対密度が80%となるように水締めを行った。珪砂8号の粒度分布と物性値、また、実験装置については参考文献1)を参照されたい。

実験は地盤中の応力状態を再現するために、模型地盤に98kPaの上載圧を加えて行った。

薬液は水ガラス系溶液型薬液を用い、ゲルタイムを30秒に設定した。

動的注入は、注入速度を図-1に示すような正弦波に近い波形に制御して注入を行った。動的注入の注入開始から終了までの注入速度の平均値を平均注入速度と定義した。今回の実験では、動的注入の平均注入速度、注入速度の周期をそれぞれ約8ℓ/min、10秒と一定にし、注入速度の振幅を変えたものを3種類行った。また、比較のために平均注入速度と同じ注入速度での静的注入も行った。実験ケースを表-1に示す。

実験は、注入圧力と注入速度の測定を行い、注入1日後に土槽を解体し、固結形状と固結体の強度分布を調べた。固結体の強度分布は土槽を図-2に示す座標系にみなし、注入孔と同じ高さにおけるXY平面と平行な断面（以後、注入孔断面と呼ぶ）で、注入管を中心として縦方向、横方向にそれぞれ5cm間隔で直線を引き、その交点で針貫入試験を行うことで調べた。針貫入試験の詳細については参考文献2)を参照されたい。針貫入試験後、固結体より直径5cm、高さ10cmの供試体を採取し、恒温20℃で養生した。注入7日後に一軸圧縮試験と加圧定水位透水試験を行い、強度と透水性について調べた。

3. 実験結果

図-3に固結体積比 V/V_0 と注入速度の両振幅 $p-p$ （以後、単に速度振幅 $p-p$ と呼ぶ）との関係を示す。ここで、固結体積比 V/V_0 とは注入後、実測により求めた固結体の体積 V を実際に注入した薬液量から算出した固結体の体積

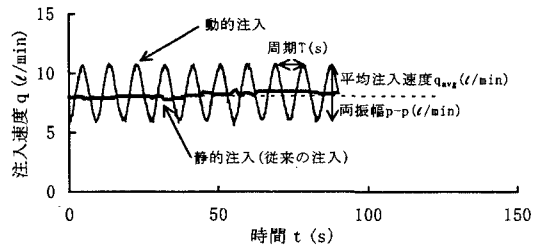


図-1 動的注入の波形例

表-1 実験ケース

注入方法	平均注入速度 q_{ave} (ℓ/min)	速度両振幅 $p-p$ (ℓ/min)	周期 T (s)
動的	8.0	1.0	10
動的	8.0	2.0	10
動的	8.0	5.0	10
静的	7.9	-	-

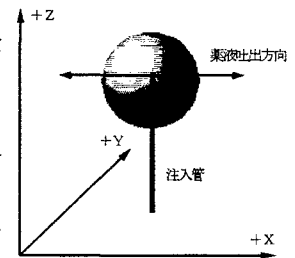


図-2 実験土槽の座標系

積 V_0 で除したものである。なお、 V_0 の算出に用いた薬液の填充率 α は 100% である。図より、動的注入では固結体積比が静的注入よりも若干大きくなる傾向があり、また、注入速度の振幅が固結体積比に及ぼす影響は小さいことがわかった。今回の実験では、注入速度の両振幅が $2\mu/\text{min}$ のときに最も効果があった。また、注入速度の両振幅が $5\mu/\text{min}$ のときに固結体積比が小さくなったのは、振幅が大きいために固結体に割裂脈が多数発生したためであると考えられる。

図-4 に一軸圧縮強度 q_u と速度振幅 $p-p$ との関係を示す。これより、動的注入では注入速度の振幅が固結強度に及ぼす影響が大きいことがわかった。今回の実験では、注入速度の両振幅が $2\mu/\text{min}$ のときに最も強度が大きくなり、その強度は静的注入の約 1.2 倍となったが、注入速度の両振幅が $5\mu/\text{min}$ のときには静的注入よりも強度が小さくなった。このような結果となったのは、注入圧力の挙動や固結形状、注入孔断面の状況等から推測すると、注入速度の両振幅が $2\mu/\text{min}$ のときにはほぼ浸透注入となっているが、注入速度の両振幅が $5\mu/\text{min}$ では振幅が大きいために割裂注入が卓越したためであると考えられる。

図-5 に注入孔断面における針貫入抵抗の平均値と速度振幅 $p-p$ との関係を示す。これによると、動的注入と静的注入の針貫入抵抗はほぼ同程度であるが、注入速度の両振幅が $2\mu/\text{min}$ の場合に着目すると、静的注入よりも動的注入の方が針貫入抵抗が大きくなっている。このことは、動的注入で注入速度の両振幅が $2\mu/\text{min}$ の場合は静的注入よりも固結強度が大きく、均一な固結体が得られることを示している。図-4 の結果と併せて考えると、動的注入で強度増加を期待するには注入速度の振幅が非常に重要であることがわかった。

図-6 に透水係数 k と速度振幅 $p-p$ との関係を示す。図より、動的注入の方が静的注入よりも透水係数が若干小さくなる傾向があるのがわかった。

4. まとめ

動的注入の注入速度の振幅が注入効果に及ぼす影響について検討を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 注入速度の振幅が固結体積比に及ぼす影響は小さく、今回の実験では $2\mu/\text{min}$ のときに最適であった。
- 2) 注入速度の振幅が固結強度に及ぼす影響は大きく、振幅が大きすぎると固結強度が低下することがわかった。また、固結体積比と同様に、注入速度の振幅が $2\mu/\text{min}$ のときに最適であった。

参考文献

- 1) 駒延, 大河内, 遠藤: 動的な注入に関する模型実験—固結体の形状、強度、透水性について—, 東急建設技術研究所報 No. 22, 1996. 10, pp. 33~36
- 2) 駒延, 大河内, 遠藤: 動的な注入に関する模型実験—固結体の強度分布について—, 第 32 回地盤工学研究発表会, 1997. 7 (投稿中)

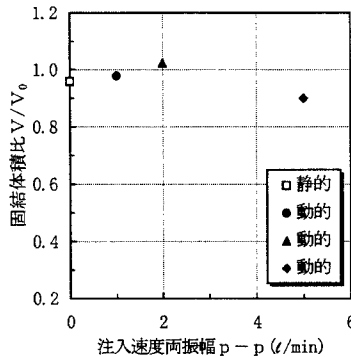


図-3 固結体積比と速度振幅の関係

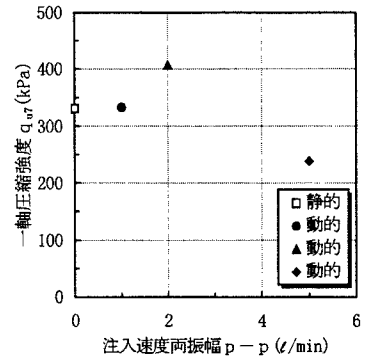


図-4 一軸圧縮強度と速度振幅の関係

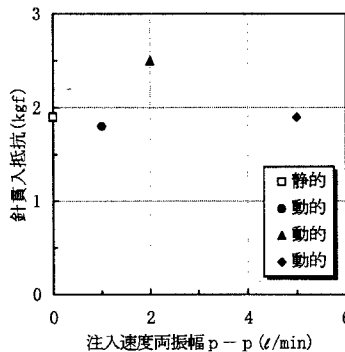


図-5 針貫入抵抗と速度振幅の関係

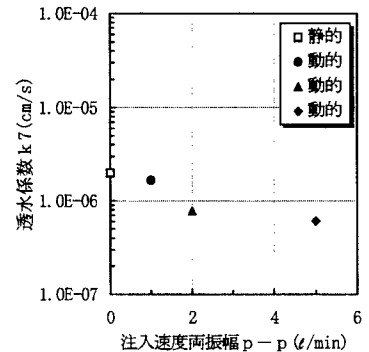


図-6 透水係数と速度振幅の関係