

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 -

(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

薬液注入は簡易に地盤改良が行える工法として多く用いられているが、薬液の効率的な注入方法、改良後の効果判定手法には種々の課題が残されている¹⁾。本研究では、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」を行っている。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)よりも固結体積と固結強度が大きくなることがわかった^{2),3)}。固結強度は固結体よりサンプリングした供試体の一軸圧縮強度から求めているが、模型実験であるためにサンプリングできる供試体の数が限られており、この方法で固結体の強度分布を求めるのは難しい。

そこで、今回は針貫入試験を行い、動的注入と静的注入との固結体の強度分布の違い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 ($\rho_s=2.619\text{gf/cm}^3$, $e_{\max}=1.294$, $e_{\min}=0.741$, $D_{50}=0.1\text{mm}$) を用いて水中落下法により、相対密度が 80% となるように作製した。なお、実験時には地中の応力状態を再現するために、模型地盤に 98kPa の上載圧を加えた。

薬液は水ガラス系溶液型薬液を用い、ゲルタイムは約 6 分とし、総注入量は 16 とした。

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として注入を行っている。図中の平均注入速度 q_{av} は動的注入の注入速度の平均値のことであり、静的注入との注入速度の比較にはこの値を用いた。今回の実験では、動的注入と静的注入の平均注入速度を約 7 /min とした。また、動的注入は注入速度の周期を 10 秒と一定にし、振幅を変えたものを 2 種類行った。

実験は、注入時に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について調べた。固結形状は土槽を図 - 2 に示す座標系として調べた。固結体の強度分布は図 - 2 に示す座標系において、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。針貫入試験は 1.25mm の針を 2cm 貫入させ、そのときの貫入抵抗値(kgf)を調べるものであり、この貫入抵抗値で固結体の強度を評価した。また、針貫入抵抗値と一軸圧縮強度との関係性を調べるために、固結体より直径 5cm、高さ 10cm の供試体を採取し、一軸圧縮試験を行った。

3. 実験結果

図 - 3 ~ 5 に注入孔断面での固結体の形状と針貫入試験の結果を示す。図中の菱形が針貫入試験を行った結果であり、凡例は色が黒くなるにつれて貫入抵抗値が大きくなることを示している。なお、図中、中央の矢印は薬液の吐出方向を示している。これらによると、動的注入の方が静的注入よりも貫入抵抗値が大きく、強度が大きくなっていることがわかる。また、動的注入では強度分布が比較的均一になっているのに対して、静的注入では薬液吐出方向に強度の小さい部分が集中し、注入管から遠ざかるにつれて強度の大きい部分が現れているのがわかる。静的注入でこのような現象となったのは、注入管脇に大きなホモゲルの塊があることから推定すると、薬液吐出方向の強度が小さくなっているのは薬液吐出方向に割裂注入が発生しているためであり、注入管から遠ざかるにつれて強度が大きくなっているのは、この割裂脈から薬液が浸透し、いわゆる割裂浸透注入になっているためであると思われる。

図 - 6 に注入孔断面における針貫入抵抗の平均値と注入速度との関係を示す。図より、平均値で整理した場合でも、動

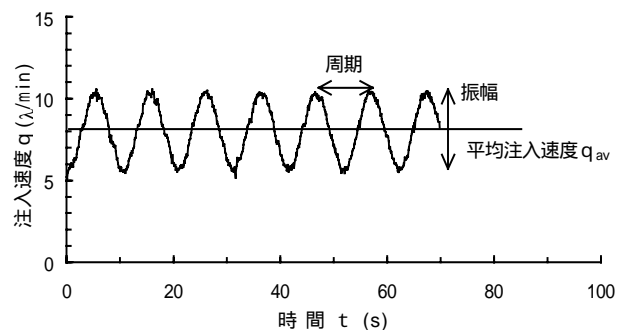


図 - 1 動的注入の波形例

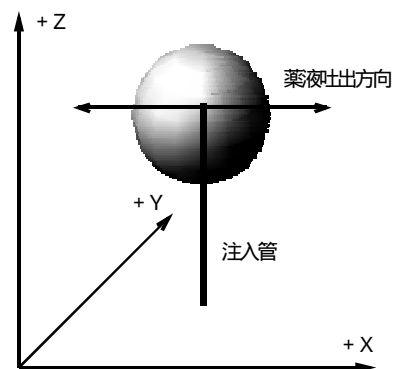


図 - 2 実験土槽の座標系

動的注入の方が静的注入よりも貫入抵抗値が大きくなっており、固結体全体としても動的注入の方が強度が大きくなるのがわかる。

図-7に一軸圧縮強度と針貫入抵抗値との関係を示す。図によると、両者には相関関係がありそうに見えるが、現状ではデータ数が少なくバラツキが多いので、針貫入抵抗値から一軸圧縮強度を求めるのは難しいと思われる。今後、さらにデータを蓄積して精度を上げていきたいと考えている。

4. まとめ

動的注入と静的注入との固結体の強度分布の違いについて検討を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 針貫入試験より、動的注入では静的注入よりも固結体の強度が大きく、しかも、その強度分布は比較的均一になることがわかった。
- 2) 針貫入抵抗値と一軸圧縮強度との間には相関関係がありそうに見えるが、現状ではデータ数が少なく、針貫入抵抗値から一軸圧縮強度を求めるのは難しいと思われる。

参考文献

- 1) 三木ら編：薬液注入工法の調査・設計から施工まで，土質工学会，1985.2，pp.9～12
- 2) 駒延，大河内，遠藤：動的な注入に関する模型実験 - 薬液の固結形状について - ，第31回地盤工学研究発表会，1996.7，pp.123～124
- 3) 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、透水性について - ，第51回土木学会年次学術講演会，1996.9，pp.548～549

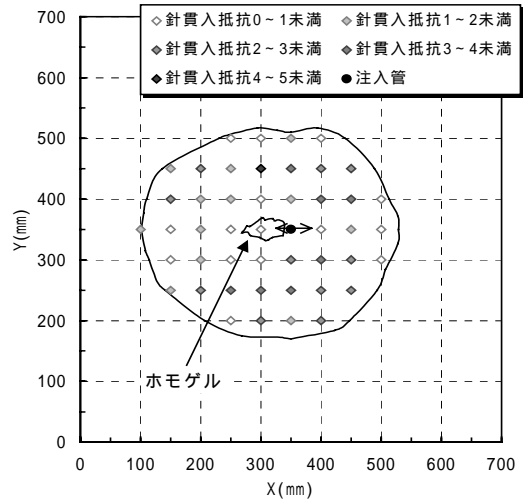


図-3 静的注入： $q_{av}=7.5$ (/min)

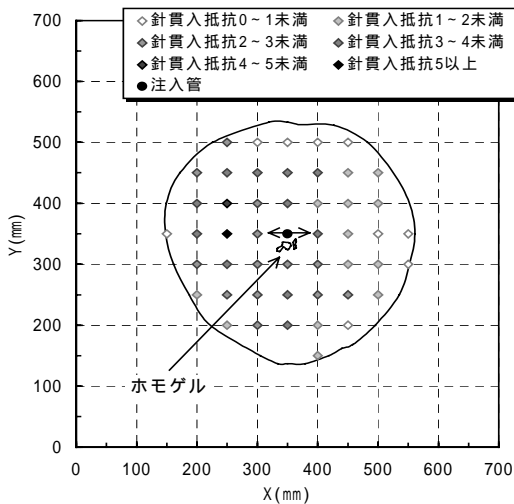


図-4 動的： $q_{av}=7.3$ (/min) 振幅：3.8 (/min)

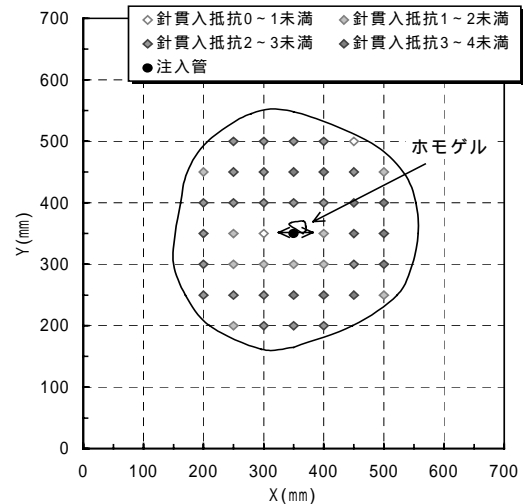


図-5 動的： $q_{av}=6.5$ (/min) 振幅：4.2 (/min)

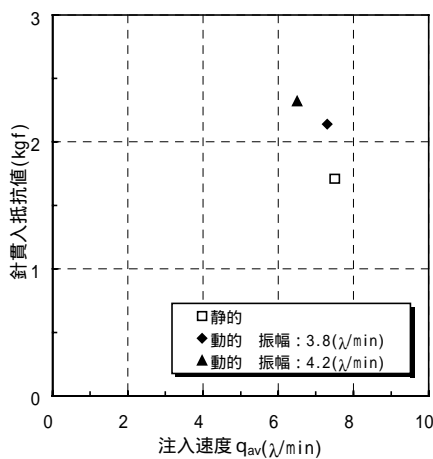


図-6 針貫入抵抗と注入速度の関係

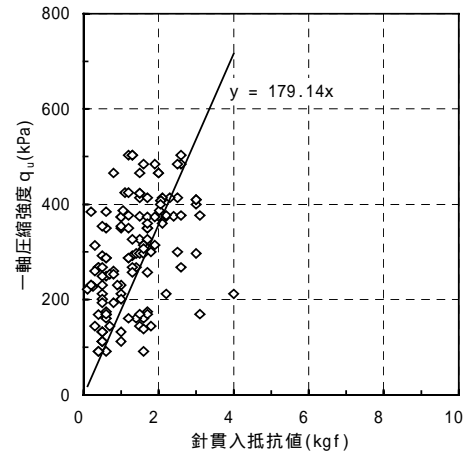


図-7 針貫入抵抗と一軸圧縮強度の関係