

真空圧密工法におけるドレーン内圧力に関する基礎的実験（その2）

信州大学大学院 正〇塩野敏昭
信州大学工学部 正 梅崎健夫
信州大学工学部 学 藤島大幹

1. はじめに 軟弱地盤改良工法の一つである真空圧密工法においては鉛直ドレーンを介して地下水とともに多量の気泡が排出される¹⁾。この気泡は、地盤の減圧にともなう地下水中の溶存空気やガスの分離によると推定される²⁾。本文は、真空圧密工法におけるドレーン内の圧力分布を明らかにするための基礎的研究の続報であり、真空下の鉛直管内の静止水中に一定の気泡を供給し、管内を上昇する気泡の大きさと形態、上昇速度、揚程および管内圧力の変化について考察した。

2. 実験方法および実験条件 図-1 に実験装置の概要を示す。水槽の水面を常に一定に保った状態で、真空度-78.4kPa にて揚水を行ない、流量計とノズルを介して一定量の空気を送ることにより揚水管内に気泡を発生させ、気泡の大きさと形態、上昇速度、揚程および管内の圧力を計測した^{3) 4)}。ここでは(a)不織布ノズル：不織布を詰めて微小な分散した気泡を連続的に発生させるノズル（図-1）と(b)単一孔ノズル：直径 0.5mm の単一孔を備えたやや大きいまとまった気泡を断続的に発生させるノズルの2種類を用いた。

3. 実験結果および考察 図-2(a)(b)に各ノズルから発生する気泡の大きさと形態を示す。送気量 $Q=50\text{cc/min}$ の場合、(a)不織布ノズルでは直径 1.0mm 程度の比較的均一な微小気泡が連続的に発生し気泡流を形成する。気泡は球形を呈し、それ自身細かに振動しながら上昇する。上昇するにしたがい近傍の気泡と合体を繰り返しながら比較的大きな楕円形気泡に成長した気泡と小気泡が混在し、気泡の大きさは次第にばらつく。気泡の直径は、高さ 2m で 2.0~3.0mm、4m で 3.0~5.0mm である。6m より上方で直径 10mm 程度のキノコ笠状気泡に成長した後、揚水管の断面を満たすような砲弾型の大気泡と小気泡を含む液体部分が交互に存在するスラグ流に漸移する。スラ

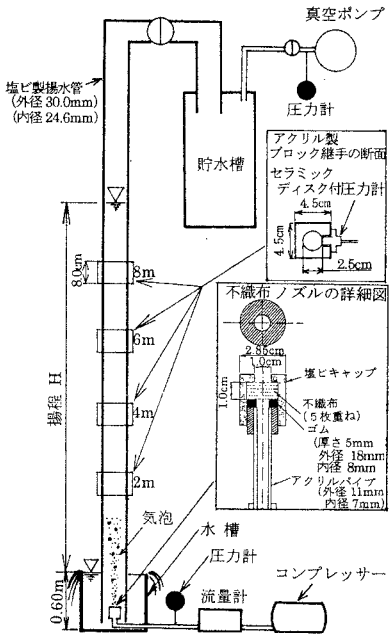


図-1 実験装置の概要

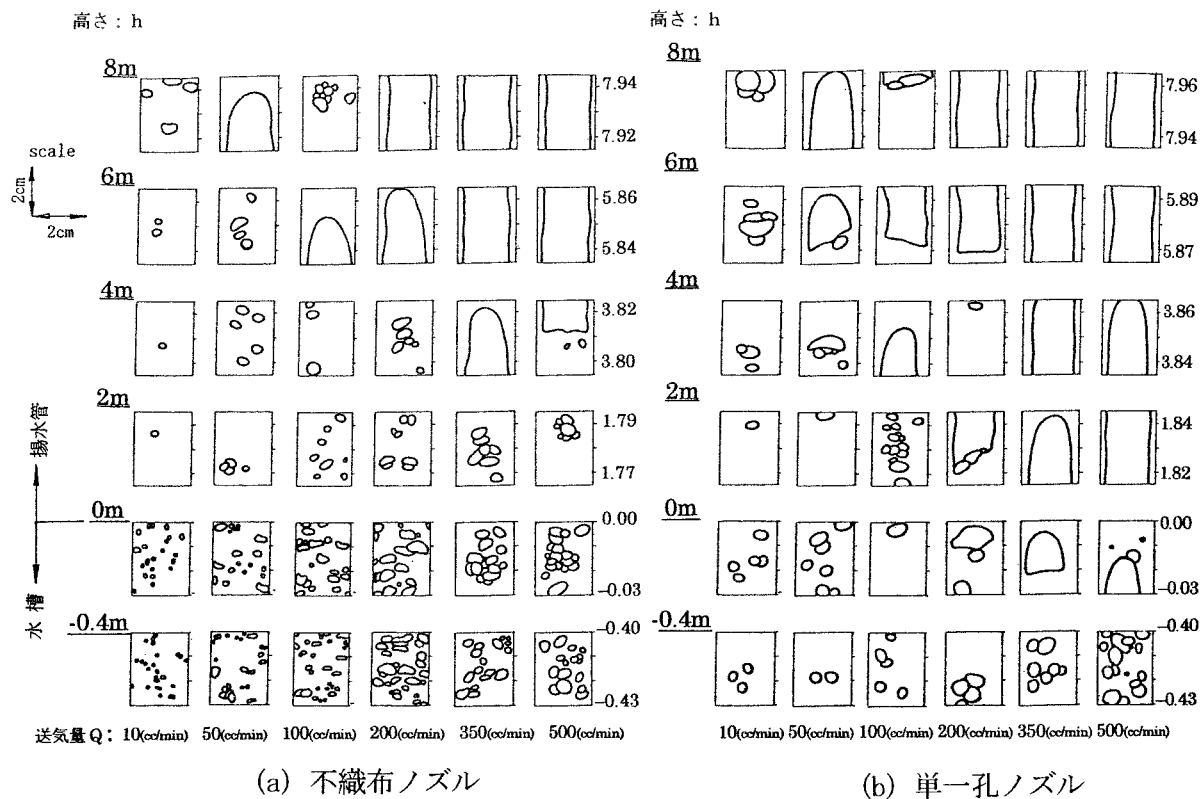


図-2 高さごとの気泡の大きさと形態のスケッチ

グ流を構成する大気泡の長さは高さ 8m において 1.0~3.0cm である。一方、(b)単一孔ノズルでは、1.0~2.5mm 程度の気泡が 10 数個まとまって断続的に発生する。気泡の成長は不織布ノズルに比べてやや早く、気泡の直径は、高さ 2m で 5.0mm、4m 付近で直径 10mm 程度のキノコ笠状気泡を混じえ、高さ 5m でしばしばスラグ流に漸移する。大気泡の長さは高さ 8m において 1.0~3.5cm である。送気量が増えるとともにスラグ流の発生高さは低くなり、大気泡は長くなる。

図-3 に送気量とスラグ流の発生高さの関係を示す。常にスラグ流が認められる高さは、送気量 $Q=50, 100, 200, 350, 500\text{cc/min}$ において不織布ノズルでは各々高さ $H=6.8, 6.2, 5.1, 4.1, 3.1\text{m}$ 、また、単一孔ノズルでは $H=6.3, 5.1, 3.4, 1.98, 1.90\text{m}$ である。どの送気量においても単一孔ノズルから発生する気泡流が不織布ノズルより低い位置でスラグ流に漸移する傾向が認められる。これは、単一孔ノズルから発生する気泡が比較的大きく、断続的にまとまって発生するためと考えられる。

図-4 に送気量と気泡の上昇速度の関係を示す。 $Q=100\text{cc/min}$ 以下における気泡の上昇速度は、様々な大きさと形態の気泡が混在する気泡流の実態を反映して $v=15\sim 23\text{cm/sec}$ のばらつきを有する。一方、スラグ流を構成する大気泡の上昇速度は $Q=50\text{cc/min}$ で $v=15\sim 16\text{cm/sec}$ 、 $Q=500\text{cc/min}$ で $v=18\sim 27\text{cm/sec}$ を示し、送気量の増加とともにばらつきを増しながらも速くなる。

図-5 に送気量と揚程の関係を示す。送気量の増加に伴い揚程は大きくなる。また、送気量が同じ場合には気泡を発生させるノズルの違いに関わらず揚程は同程度となる。

図-6 に送気量と管内圧力の増加率の関係を示す。送気量の増加にともなう揚程の上昇によって管内圧力は増加（真空度は低下）する。高さ 8m における管内圧力の増加率（真空度の減少率）は、 $Q=500\text{cc/min}$ の場合 12~15% である。送気量と測定高さが同じ場合、ノズルの違いによる増加率の違いはほとんど認められない。

4. まとめ 真空による揚水においては、供給される空気量と発生する気泡の大きさによって管内を上昇する気泡の形態、上昇速度、揚程、管内圧力の増加率が異なる。比較的小さな分散した気泡が供給された場合、様々な大きさや形態の気泡が混在する気泡流が発生する。気泡の上昇速度は比較的ばらつき、揚程および管内圧力の増加率は少ない。一方、比較的大きいまとまった気泡が供給された場合はスラグ流の発生が早い。スラグ流においては送気量の増加とともに気泡の上昇速度は速くなる。また、送気量が同じ場合、揚程の上昇および管内圧力の増加率には気泡の大きさや形態による違いはほとんど認められない。

【参考文献】1) 小林正樹, 土田孝「錦海湾における真空圧密工法現地実験」港湾技研資料, No. 476, 1984. 2) 山崎卓爾「キャビテーション工学」日刊工業新聞社, pp.70-71, 1978.

3) 塩野敏昭, 梅崎健夫, 大原剛「真空圧密工法におけるドレーン内圧力に関する基礎的実験(その1)」土木学会第 54 回年次学術講演集 第 3 部(A), pp.536-537, 1999. 4) 塩野敏昭, 梅崎健夫, 大原剛, 藤島大幹: 真空圧密工法におけるドレーン内の気泡の影響に関する基礎的実験(第 1 報), 地盤・岩盤工学における理論と実際の最近の動向に関する日中ジョイントシンポジウム, 1999 (印刷中)。

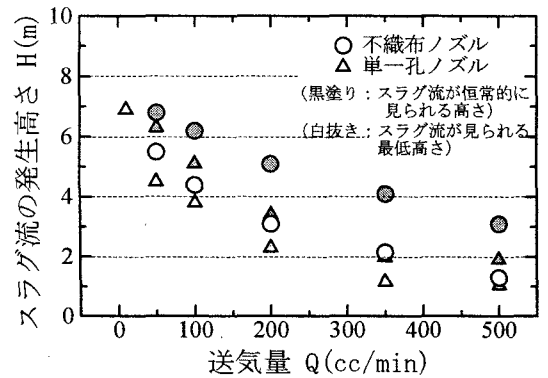


図-3 送気量とスラグ流の発生高さの関係

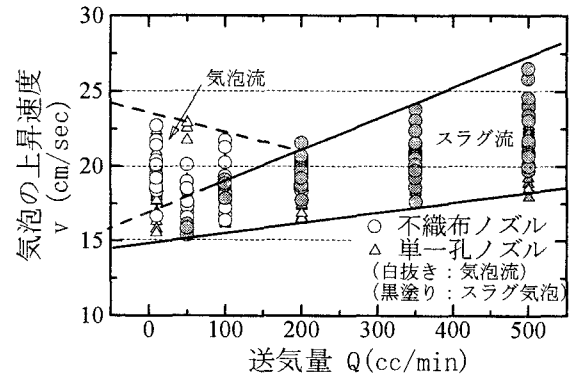


図-4 送気量と気泡の上昇速度の関係

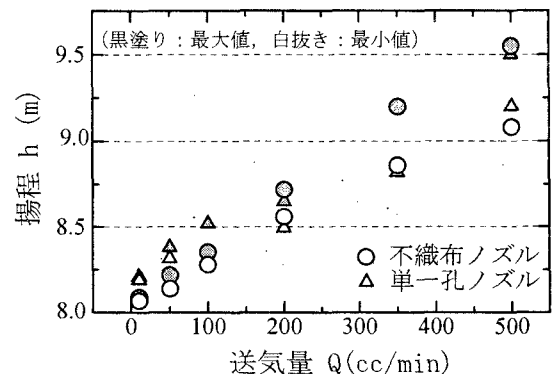


図-5 送気量と揚程の関係

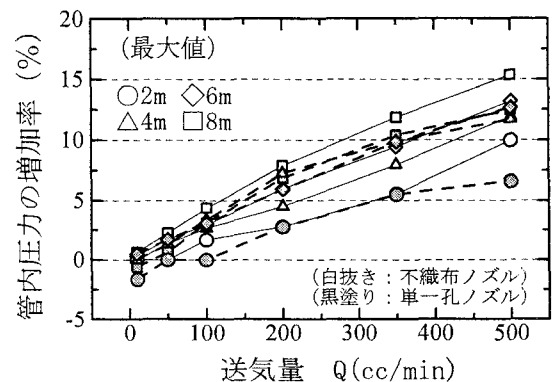


図-6 送気量ごとの管内圧力の増加率