

Ⅲ-A268

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)

信州大学大学院 正会員○塩野敏昭

信州大学工学部 正会員 梅崎健夫

信州大学大学院 学生会員 大原 剛

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は、地盤中に打設した鉛直ドレーンの頭部を真空ポンプに連結し、ドレーン内部に負圧を作用させることによって、気密シートで覆った改良区域内の地盤の圧密による排水を促し、密度増加を図る工法である。最近の施工例では $p = -7.5 \sim -8.5 \text{ tf/m}^2$ 程度の真空度が得られている¹⁾。また、施工中、排水パイプには地下水に混じって気体の混入が認められる。本文は、このような真空圧密工法における地盤内の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端緒であり、真空下の鉛直管内の静止水中に一定量の空気を供給し、管内を上昇する気泡の形態と揚程および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。真空ポンプは、送気量 50 l/min 、達成圧力 $7.5 \times 10^{-4} \text{ mmHg}$ 、消費電力 200 w のオイルロータリー型を使用した。揚水管は、内径 24.6 mm のビニール製サクシオンホースで、水槽の水面から頂部までの高さは 11.30 m である。気泡を発生させるノズルは、排水パイプ内の微細な気泡を再現できるように、直径 10 mm の吐出孔を有する塩ビ製キャップに不織布を詰めたものを新たに作製した。流量計により、送気量を $Q=0 \rightarrow 10 \rightarrow 50 \rightarrow 100 \rightarrow 200 \rightarrow 350 \rightarrow 500 \text{ cc/min}$ に段階的に調整した。吐出口における圧力は $p = 0.74 \sim 0.76 \text{ tf/m}^2$ であった。揚水管に設置した圧力計には、気泡の発生に配慮してセラミックディスクを付設した。圧力計の設置高さは、 2 m 、 4 m 、 6 m 、 8 m の4カ所である。

水槽を水道水で満たし、水面を常に一定に保った状態で、真空度 -8.00 tf/m^2 にて揚水を行ない、初期の揚程と圧力を測定した。次に、流量計とノズルを介して揚水管内に空気を送って一定の気泡を発生させ、揚程の変化、気泡の大きさや形態および管内の圧力を計測した。気泡の大きさや形態は写真にもとづく詳細なスケッチにより計測した。管内圧力の計測時間は各流量段階 20 分間とし、計測間隔は 1 秒とした。実験当日正午の気圧は 968.7 hPa (長野気象台)、気温は 4.5°C 、水温は 11.0°C であった。

3. 実験結果および考察 図-2に送気量と各流量段階における揚程の関係を示す。揚程は、送気量一定のもとでも多少の変動がみられるが、送気量の増加に比例して 100 cc/min 当たり 30 cm 程度増加する。

図-3に送気量に応じた高さごとの気泡の大きさと形態のスケッチを示す。 $Q=10 \text{ cc/min}$ の場合、気泡は分散した気泡流となって変形しながら上昇する。気泡径は発生直後 $0.4 \sim 1.1 \text{ mm}$ 程度であるが、近傍の気泡とも合流して次第に大きさを増し、高さ 8 m では $1.3 \sim 3.3 \text{ mm}$ である。 $Q=50 \text{ cc/min}$ では、当初、気泡流を呈するが、高さ 8 m においては砲弾型の大気泡を伴うスラグ流となる²⁾。なお、別途、実施した円筒管路のレンズ効果の試験により、気泡径は管の奥行きに比例して $1.0 \sim 1.7$ 倍に拡大されて見えている。

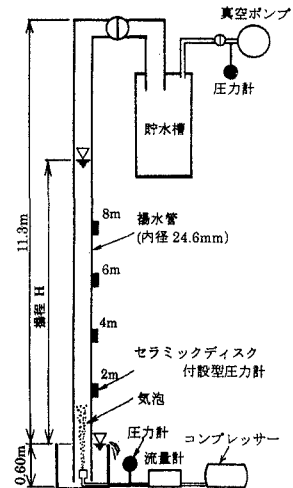


図-1 実験装置の概要

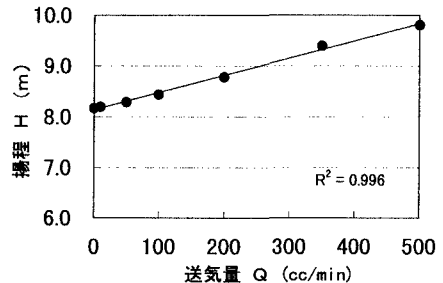


図-2 送気量と揚程の関係

キーワード : 揚水試験, 気泡, 圧力, 真空圧密, 排水

連絡先 : 〒380-8553 長野市若里 500 電話 026-269-5291

送気量の増加とともにスラグ流の発生は顕著となり、発生高さは低くなる傾向を示す。スラグ流の発生高さは送気量一定のもとでも多少のばらつきを示すが、 $Q=50, 100, 200, 350, 500\text{cc/min}$ の各々の場合において高さ $5.20\sim 6.60\text{m}$, $4.60\sim 6.20\text{m}$, $3.70\sim 5.10\text{m}$, $3.05\sim 4.90\text{m}$, $2.70\sim 4.40\text{m}$ 程度である。また、大気泡の長さは、各々、 $1.3\sim 3.5\text{cm}$, $2.2\sim 5.2\text{cm}$, $2.6\sim 13.5\text{cm}$, $10.0\sim 23.5\text{cm}$, $11.0\sim 30.0\text{cm}$ 程度である。

図-4 に気泡の発生が管内の圧力に与える影響を示す。管内圧力は、送気量の増加にしたがって減衰する。圧力の減衰量は上部ほど大きく、 $Q=500\text{cc/min}$ の場合、高さ 8m 地点の圧力の減衰量は約 1.0tf/m^2 、高さ 2m 地点では約 0.17tf/m^2 である。しかし、減衰率は高さに関わらず約 10% である。管内圧力の減衰は、スラグ流の発生と揚程の増加によって揚水管の上部ほど見かけの水の密度が小さくなることに起因するもので、気液の密度差を利用した気泡ポンプと同様の現象が、生じていると考えられる。

4. まとめ 真空による揚水においては、気泡の発生量が多いほどスラグ流の発生が顕著であり揚程は増加し、気泡の発生量が多いほど管内の真空度は減衰する。

一方、通常、水道水には 2.48% 、海水には $1.94\sim 2.06\%$ 程度の空気が混入している³⁾。また、軟弱地盤地帯では、しばしばメタンを含む地中ガスが地上に湧出する現象も報告されている⁴⁾。以上より地盤内に真空を作用させる真空圧密工法においても、減圧によって地下水中に溶存する気体が発生し、ドレーン内部に気泡が生じることによって改良効果に影響を与える可能性がある。

【参考文献】1)梅崎ら：新しい真空圧密工法による軟弱地盤改良の効果（その2），第33回地盤工学研究発表会，pp.2141-214，1998。2)日本機学会編：気液二相流ハンドブック，pp.2-3，コロナ社，1989。3)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。4)鯉沼ら：水戸市附近天然ガス調査報告，東京通商産業局，pp.62-67，1952。

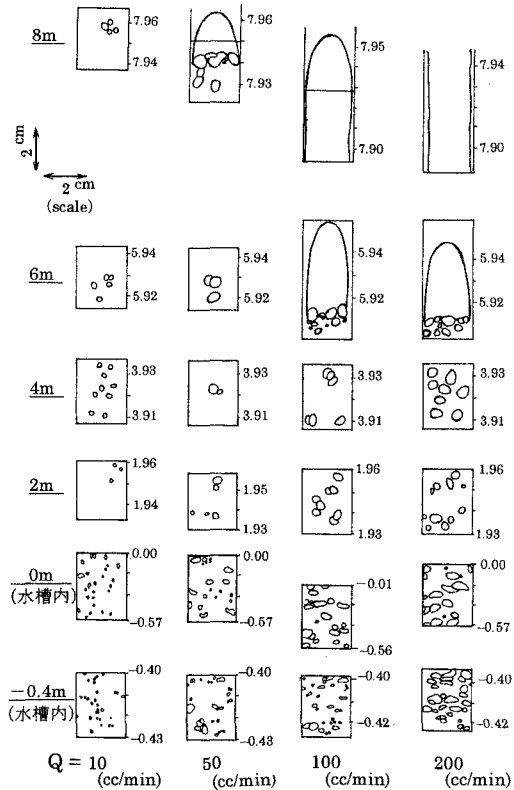


図-3 高さごと気泡の大きさと形態のスケッチ

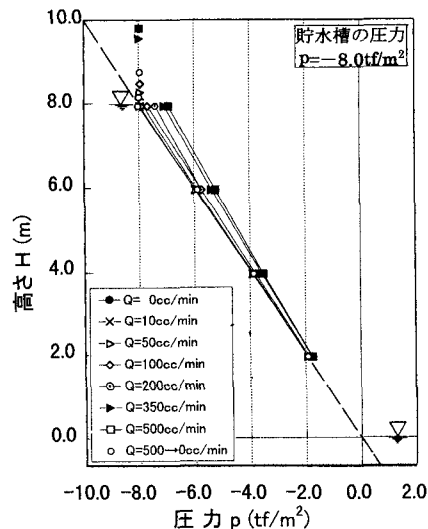


図-4 管内圧力の分布