

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4）

信州大学大学院後期博士課程 正 ○塩野敏昭

信州大学工学部 正 梅崎健夫 正 河村 隆

信州大学工学部 学 藤島大幹（現 日本技術開発㈱）

1. はじめに 真空圧密工法においては鉛直ドレーンを介して多量の地下水と気泡が排出される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地中ガスの分離によると推定される^{2) 3)}。ドレーン内の圧力状態を明らかにするための基礎的実験として、これまでに真空揚水実験により減圧下の鉛直管内の静止水中および上昇流に異なる大きさと形態の気泡を供給し、管内を上昇する気泡の大きさと形態、上昇速度、揚程および圧力の変化について述べた^{4) ~ 6)}。本文では、文献 4) ~ 6) の結果にもとづいて、揚水条件の違いによる圧力変化の機構を定性的に明らかにするとともに真空圧密工法におけるドレーン内の気泡の影響について考察した。

2. 実験の概要 図-1 に真空揚水装置の概要を示す。真空揚水実験は、(a)真空槽の負圧を $P = -78.4 \text{ kPa}$ に設定し、揚水管内の静止水中に気泡を供給する実験^{4) 5)} と (b)真空槽の負圧を $P = -83.3 \text{ kPa}$ に設定し、揚水管内の鉛直上昇流に気泡を供給する実験⁶⁾ を行った。揚水管は、内径 24.6 mm の半透明の塩化ビニル製サクシオンホースを用いた。送気量は流量計によって段階的に制御した。不織布を詰めたノズル（図-1 (c)）により鉛直ドレーン内に生じると考えられる微細な気泡を再現した。ノズルの吐出口における送気圧は水槽の水深に見合う約 5.0 kPa であった。アクリルブロック製継手（図-1 (d)）を図-1 (a) (b) 示す各所に設置し、気泡を可視化するとともに管内の圧力を測定した。実験 (b) は送気前の揚水量（初期揚水量： S_0 ）を揚水量調整バルブにて制御し、 $S_0 = 10$ および 20 l/min について実施した。

3. 管内圧力の状態とその評価 図-2 に送気量と揚水管内の圧力変化の関係を示す。減圧下の静止水中（実験 (a)）においては送気量が多いほど圧力は増加（負圧は低下）する。増加率は揚水管の上部ほど大きい。 $Q = 500 \text{ cc/min}$ の場合、圧力の増加率（負圧の低下率）は高さ 2 m で 8.5% 、高さ 8 m で 15% である。一方、減圧下の上昇流（実験 (b)）においては送気量が多いほど圧力は低下（負圧は増加）する。圧力の低下率（負圧の増加率）は揚水管の下部ほど大きい。 $S_0 = 10 \text{ l/min}$ の場合、 $Q = 500 \text{ cc/min}$ における圧力の低下率は高さ 2 m 、 4 m 、 6 m においてそれぞれ -12.0% 、 -5.5% 、 -2.0% 、である。ただし高さ 8 m の圧力は逆に 2.0% 増加している。 $S_0 = 20 \text{ l/min}$ の場合、

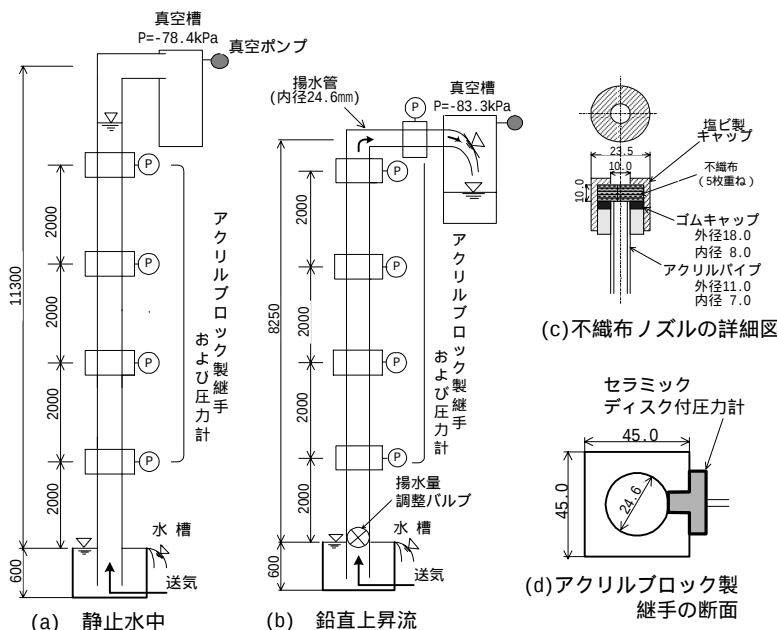


図-1 真空揚水装置の概要

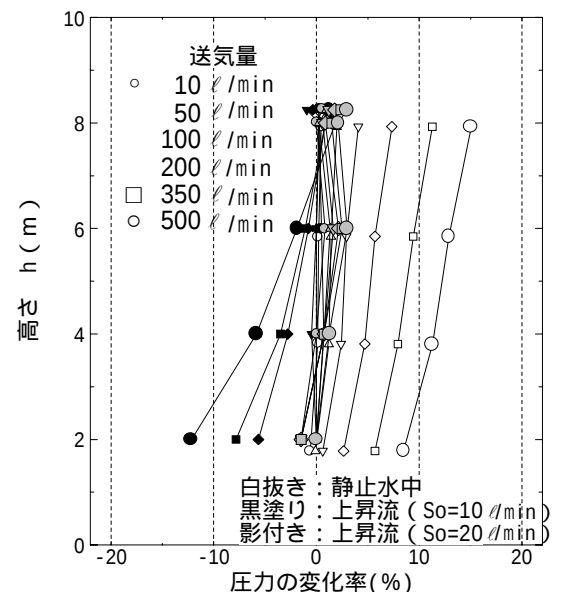


図-2 送気量と圧力の変化率

キ - ワ - ド：真空圧密工法，鉛直ドレーン，揚水実験，気泡，負圧

連 絡 先：〒380-8553 長野市若里 4-17-1 電話 & FAX 026-269-5291

圧力の低下率(負圧の増加率)は高さ 2m で-1.5%を示すが、高さ 4m, 6m, 8mではわずかに増加(負圧は低下)する。

図-3(a)～(c)の模式図にて静止水中および上昇流における揚水管内の圧力変化の機構を説明する。(a)静止水中において気泡は管内を上昇しながら膨張と合体を繰り返し、気泡の形態は気泡流から大気泡をとまなうスラグ流に漸移する⁴⁾。気泡の増加によって揚程が上昇するが⁴⁾、この際、水槽の水は揚水管内に供給されておらず管内の水量は一定であることを別の真空揚水実験において測定している。したがって管内圧力の増加(負圧の低下)は気泡の体積の増加にともない揚程が上昇することに起因するものである。気泡が上昇するにしたい急速に膨張することが揚程の上昇量を一層大きくしていると考えられ、管内の圧力差から試算した気泡の膨張率は水面において約5倍である。大気泡内部における圧力は一定であり⁷⁾、管内圧力の増加(負圧の低下)は液相部分の静水圧分布が上方にシフトするために生じる。一方、上昇流においては液相の上昇が気泡の上昇速度を速めるため、気泡同士の合体が十分に進まない。よって気泡は比較的小さな気泡流およびスラグ流となって管内を上昇する。(b)揚水量が比較的小さい場合には相対的に気泡の体積が増加し、液相内の静水圧分布を下方にシフトさせる。この結果として管内圧力は低下(負圧は増加)する。圧力の低下量は下部ほど大きい。(c)揚水量が増えるにしたい管内の気泡の体積は相対的に減少し、管内圧力の低下量(負圧の増加量)は少なくなる。

なお、図-2の上昇流における圧力増加(負圧の低下)の機構については管路の形状などを含め検討中である。

4.まとめ 減圧下の静止水中および上昇流において揚水管内の圧力が気泡の影響により変化する機構を定性的に説明した。一方、常温の水にはほぼ2%の空気が溶解しており²⁾、Bunsenの吸収係数でも15の水における空気の飽和溶解量は2.03%(20.3cm³(空気0 1atm/1000cm³(水)1atm))である。真空圧密工法の施工データ⁸⁾(改良面積1,000m²、ドレーン打設ピッチ0.7×0.7m(正方形配置)、打設深度20m、気密シート直下の圧力-78.4kPa、排水量80t/日)より飽和溶解量をもとに空気の分離量を試算すると、気密シート直下においてドレーン1本あたり毎分28ccの地下水とともに約3ccの気泡が揚水される。排水される地下水に対する気泡の体積比は0.107であり、これはSo=10ℓ/minの本実験におけるQ=270cc/min程度に相当する。メタンガスを有する軟弱地盤地帯では地下水から分離する気泡はさらに増加する。したがって真空圧密工法では地下水から分離した溶存空気や地中ガスによってドレーン内圧力は低下(負圧は増加)することが推定される。この場合には有効圧密圧力がさらに増加することにより改良効果は向上する。以上の考察は、真空圧密工法の設計におけるドレーン内の圧力の評価に重要な示唆を与えるものである。

【参考文献】1)小林ら：港湾技研資料, No. 476, pp.1-28, 1984. 2)山崎：「キャビテーション工学」, 日刊工業新聞社, pp.70-71, 1978. 3)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. 4)塩野ら：土木学会第54回年次学術講演集 第3部(A), pp.536-537, 1999. 5)塩野ら：平成11年度土木学会中部支部研究発表会 第3部, pp.536-537, 1999. 6)塩野ら：第35回地盤工学研究発表会, 2000(印刷中). 7)赤川ら：日本機械学会論文集(第二部), 36巻, 289号, pp.1520-1527, 昭45. 8)北海道開発局札幌開発建設部：平成9年度一般国道337号当別町トヨベリ改良工事データ。

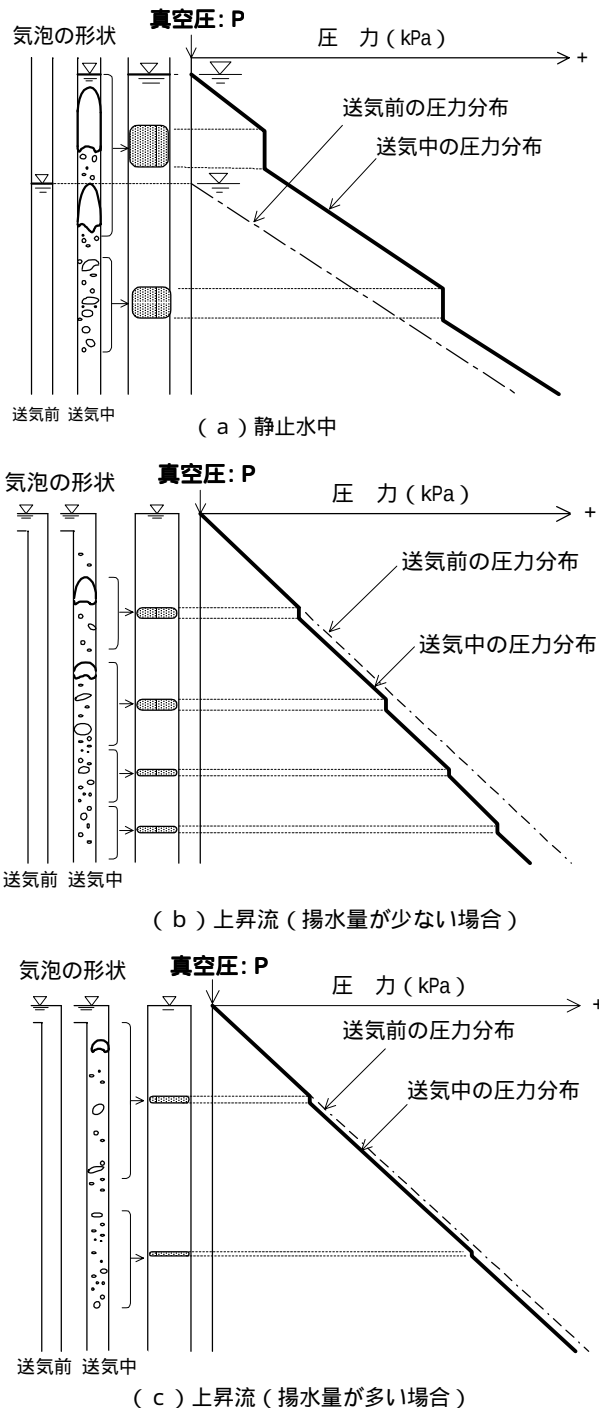


図-3 揚水管内の圧力変化の機構