

真空ポンプによる 10m 超過揚水システム (その 2)

信州大学工学部

正 梅崎健夫, 正 河村 隆

信州大学大学院

学○市川 徹

(株) ランド・エコ

細野武久, 酒井都夫, 上原俊雄, 鈴木 隆

(株) アグリクラスター

福宮健司, 山下栄二, 広畑征則

1. はじめに

真空ポンプによる最大揚程は約 10m が限界である。これは、大気圧 (標準大気圧: $760\text{mmHg}=1013.25\text{hPa}\approx 10.33\text{tf/m}^2$) により揚水管内の水を押し上げる限界が約 10m だからである。10m 以上の揚程を必要とする場合は、真空ポンプとは原理が異なるポンプが用いられる。

梅崎ら¹⁾は、真空ポンプによる 10m 超過揚水システムを提案し、11.3m まで断続的に揚水できることを示した。

本文では、同システムを用いた 30m の揚水実験を実施し、その有効性について検討した。

2. 真空ポンプによる 30m 揚水実験

(1) 揚水原理¹⁾

図-1 に真空ポンプによる 30m 揚水実験装置の概要を示す。本塩システムは揚水管の途中に送気ノズルを取付けただけの簡単なものである。真空ポンプにより 10m 程度まで揚水された水で満たされている揚水管内に、バルブ A を開閉することにより、送気パイプを通して大気を送り込まれ、揚水管内の水柱が吹き出された大気泡により分断され、送気ノズルの上方の水柱が 10m 以上の高さまで勢い良く押し上げられる。したがって、バルブ A の開閉を繰り返すことにより、真空ポンプだけで 10m 以上の揚水を断続的にできる。

(2) 実験方法

写真-1 に示す信州大学工学部総合研究棟の南側階段において実験を実施した。水槽を 1 階に設置し、貯水槽を 8 階 (最上階) に設置した (写真-2)。揚水管の上端を 8 階天井に固定した揚水継手 (写真-3) に接続した。揚水管にはサクシオンパイプ (内径 25.4mm, 外径 31.8mm) を、送気管にはワイヤー入パイプ (内径 12mm, 外径 14mm) を用いた。送気管のバルブ A には電磁開閉バルブを用い、バルブの開閉は ON-OFF タイマー (写真-2) で自動的に行うことにより、送気ノズル (写真-4) から大気を送り込む時間を制御した。真空ポンプの仕様は、排気速度 50L/min, 到達圧力 0.1Pa, 消費電力 200W である。

揚水実験は、まず、バルブ A および B を閉じた状態で真空ポンプを稼働させて貯水槽の圧力が -90kN/m^2 以下となった後にバルブ B を開放する。このとき、揚水管内には 6m 程度までほとんど瞬時に揚水される。一方、送気管内にはノズル付近まで大気で満たされている。バルブ A を開放する直前における

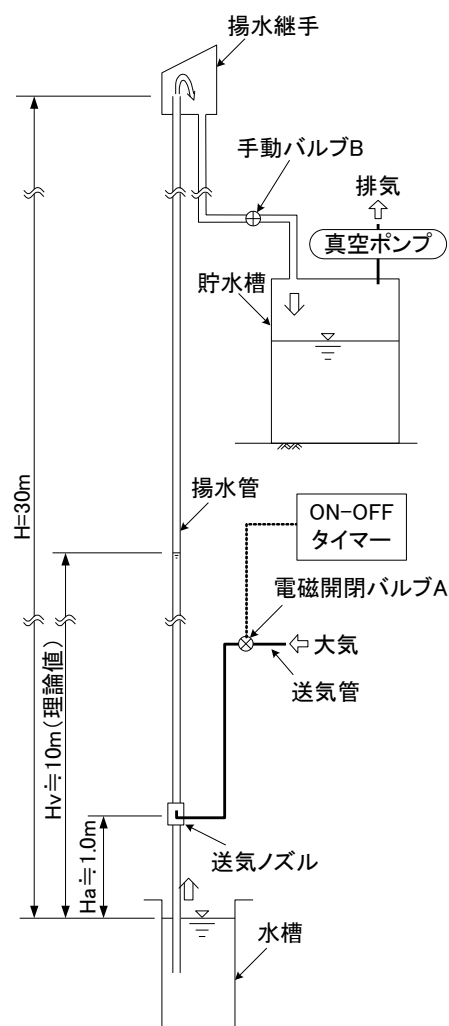


図-1 真空ポンプ揚水実験装置

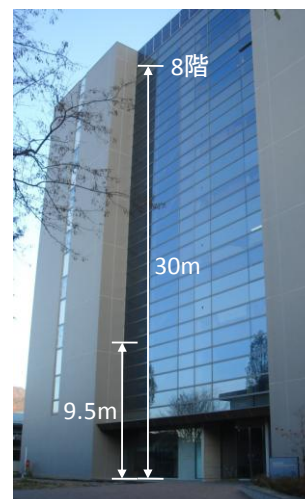


写真-1 総合研究棟の全景

揚水管内の水位は 9.5m 程度であり、真空ポンプだけを用いた場合の最大揚程はこの程度である。実験は、バルブ A を連続開放する揚水実験(ケース 1)および ON-OFF タイマー(開放時間: 8.3 秒, 閉鎖時間: 1 分 3 秒)を作動させた揚水実験(ケース 2)の 2 ケースを実施した。実験中は貯水槽内の圧力および揚水量(貯水槽の重量)を測定した。

3. 実験結果および考察

図-3 に電磁開閉バルブ A を連続開放したケース 1 における揚水量と真空圧の経時変化を示す。バルブ開放 12 秒後に 30m まで揚水が到達し、20 秒後までの約 8 秒間に約 0.8L 揚水される。その後、一旦揚水が停止するが、約 30 秒後から再び揚水が生じ、約 40 秒後までの約 10 秒間にさらに約 0.4L 揚水される。そして、それ以降は全く揚水されなくなる。1 回の連続開放による揚水量は 1.28L であった。真空圧は 12 秒後の揚水到達と同時に低下し始め、40 秒まで徐々に低下し、それ以降は -40kN/m^2 程度でほぼ一定となった。

図-4 に ON-OFF タイマーを作動させた揚水実験(ケース 2)における揚水量と真空圧の経時変化を示す。図中の①～⑮は、バルブ A を開放した回数を示している。ケース 1 と同様に 1 回目のバルブ開放後約 13 秒後に 30m まで揚水が到達する。1 回目の揚水量は 0.68L であり、連続開放したケース 1 の約半分である。真空圧はバルブ開放時に一旦減少し、バルブ閉鎖時に回復する。開放 1～4 回目においては、開放前の真空圧まで回復せず、真空圧は徐々に低下している。開放 5 回目以降では、開放時に -75kN/m^2 まで低下して閉鎖時に -85kN/m^2 まで回復する状態を繰り返している。この間においては 1 回あたりの揚水量は 300 mL/min で定常状態となっている。

4. まとめ

真空ポンプによる 30m の揚水に成功した。本システムは簡単な設備であり、真空ポンプを稼働させるだけの電力を確保できれば、定常的に揚水を実現することができる。

【参考文献】1)梅崎健夫, 塩野敏昭: 真空ポンプによる 10m 超過揚水システム, 土木学会中部支部平成 10 年度研究発表会, pp.371-372, 1999.

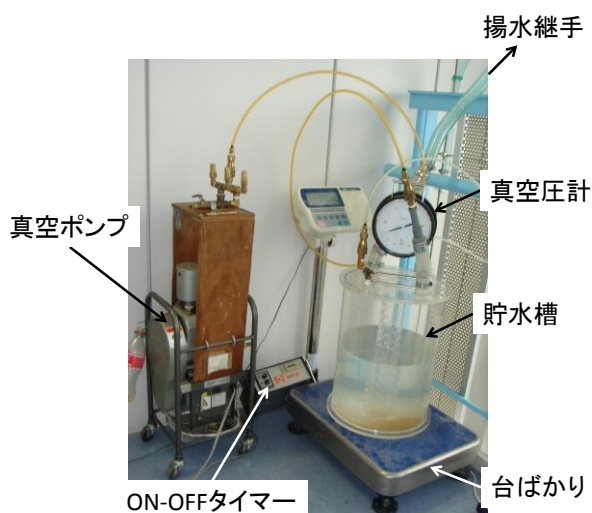


写真-2 ON-OFF タイマー, 真空ポンプ, 貯水槽

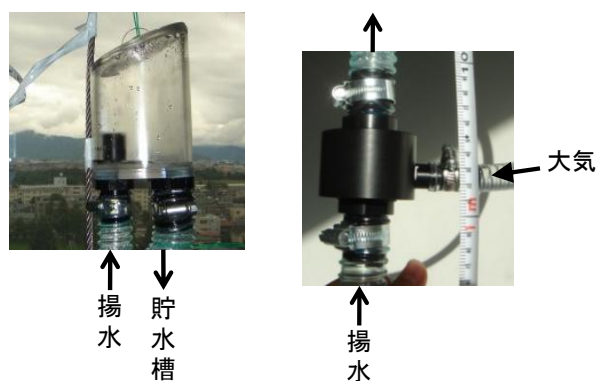


写真-3 揚水継手 写真-4 送気ノズル

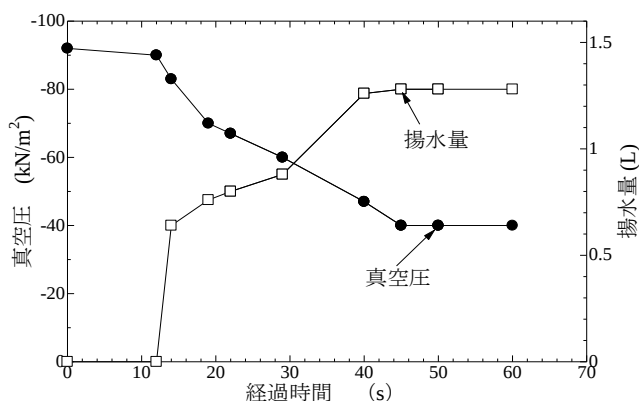


図-3 真空圧と揚水量の経時変化 (ケース 1)

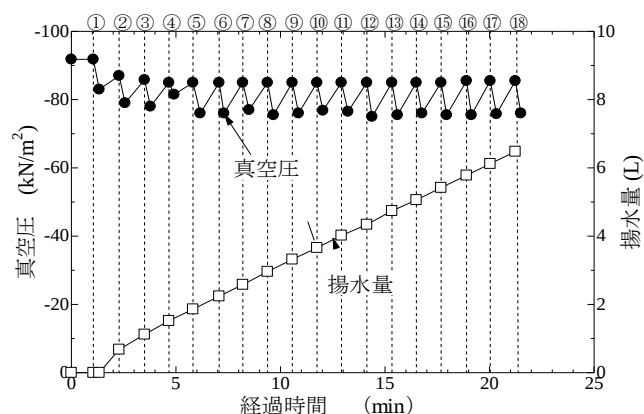


図-4 真空圧と揚水量の経時変化 (ケース 2)