

間欠揚水法における土留め壁背面の地下水位低下量に及ぼす透水係数の影響

茨城大学 正会員 ○原 悠馬

茨城大学 正会員 小林 薫

エーバイシー フェロー会員 本多 顕治郎

エーバイシー 正会員 植松 祐亮

エーバイシー 正会員 宮崎 航

1. はじめに

掘削工事において地下水位低下工法は、掘削底面の安定性確保などの面から多用されている。その際、土留め壁背面の地下水位を低下させ、周辺地盤の圧密沈下や井戸枯れなどの環境問題を引き起こすことがある。このことから、土留め壁を深部に位置する難透水層に貫入させる他、掘削底面を地盤改良することで対処すること等があるが、経済面や工期面を考慮した場合には最適ではない場合もある¹⁾。近年では、負圧と特殊スクリーンを用いた特殊バキュームディープウェル工法（以下、特殊VDWと記す）が、1本あたりの地下水位の低下範囲が広く、対象の領域の地下水位を所定の深さまで低下させるための揚水井の本数が少なく済む^{3),4)}などの理由から注目されている。図-1に従来工法であるディープウェル工法（以下、DWと記す）と特殊VDWの水位低下イメージ²⁾を示す。特殊VDWの土留め壁背面の地下水位低下抑制効果については、細川ら^{5),6)}が検討しているが十分施工に適用できるレベルに至っているとは言い難い。筆者ら⁷⁾は、更なる土留め壁背面の地下水位低下抑制を目指した特殊VDWと新たな揚水管理法（間欠揚水法）を組み合わせた地下水位低下工法を提案し、数値解析により更なる揚水量の低減、土留め壁背面の地下水位低下抑制効果を明らかにした。本提案工法を確立し、実施工への適用を実現するためには、地盤条件などを具体的に検討する必要がある。そこで本研究では、間欠揚水法において地盤の透水係数が土留め壁背面の地下水位低下量に及ぼす影響を数値解析により検証し、その結果について述べる。

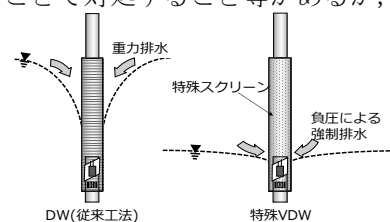
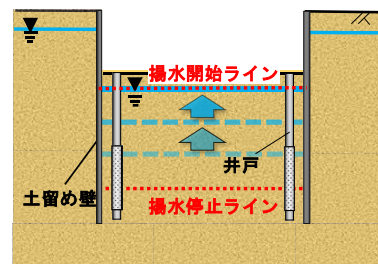
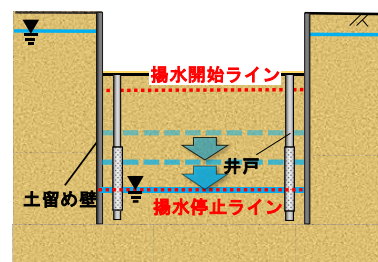


図-1 DWと特殊VDWの水位低下イメージ



(a) 電源 ON (揚水)



(b) 電源 OFF (揚水停止)

図-2 掘削面内の地下水位を制御する間欠揚水法の概念

2. 間欠揚水法における土留め壁背面の地下水位低下量に及ぼす透水係数の影響検証

2.1 数値解析の概要

図-2に掘削面内の地下水位を制御する間欠揚水法の概念を示す。土留め壁背面

の地下水位低下を制御するためには、基本的には単位時間当たりの揚水量を低減させる必要がある。通常は、連続揚水により掘削底面の地下水位を所定の地下水位より低い位置で維持している。本研究では、掘削底面の地下水位がまずは揚水停止ラインまで下がった時に揚水ポンプの

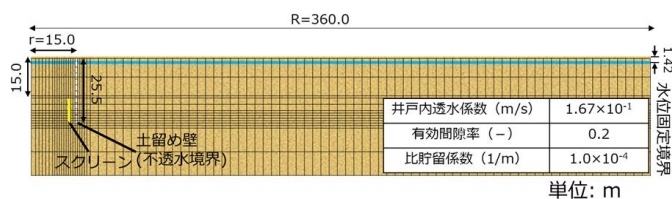
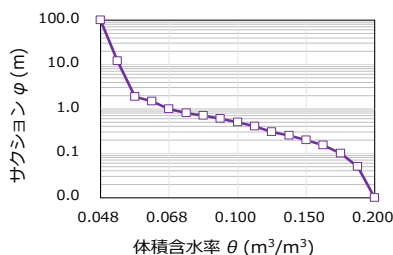
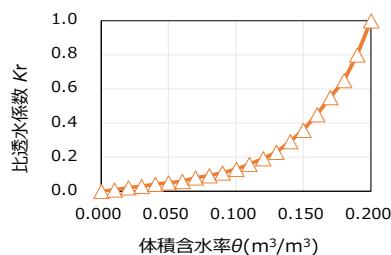


図-3 軸対称解析モデル



(a) 体積含水率とサクションの関係



(b) 体積含水率と比透水係数の関係

図-4 不飽和浸透特性⁸⁾

キーワード 水位低下工法 浸透流解析 地盤沈下

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 0294-38-5268

電源を OFF (揚水停止), その後地下水位が徐々に回復し揚水開始ラインに達した時に揚水ポンプの電源を ON にし (揚水開始), 揚水と揚水停止を繰り返し行うことにより, 掘削底面の地下水位を所定の範囲内に維持しながら施工管理を行う間欠揚水法を行う. 本提案法において地盤の透水係数が土留め壁背面の地下水位低下量に及ぼす影響を数値解析で検証する. ここで用いた飽和-不飽和浸透流解析ソフトは, 間欠揚水法を解析上で再現できるように改良を加えた AC-UNSAF2D⁹⁾である. 図-3 に軸対称解析モデルを, 図-4 に不飽和浸透特性⁹⁾を示す. ここで, 比透水係数 K_r は, 飽和透水係数に対する不飽和透水係数の比を表す. 対象地盤は飽和透水係数 $k = 1.0 \times 10^{-6}$ (m/s), 5.0×10^{-6} (m/s), 1.0×10^{-5} (m/s), 5.0×10^{-5} (m/s) の一様な砂質土地盤で,

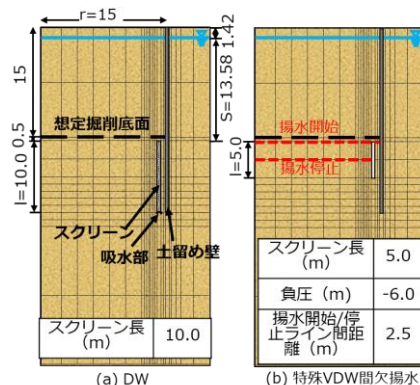


図-5 揚水井部分の解析モデルの拡大図

境界条件は右端を水位固定境界, 土留め壁を不透水境界, 井戸下端の2つの節点を浸出点として与えた. 初期水位はモデル上面から-1.42mとして与え, 目標水位を想定掘削底面から0.5m下方とする. 図-5に揚水井部分の解析モデルの拡大図を示す. 上記のそれぞれの透水係数において従来工法である DW で連続揚水を行うものと, 特殊 VDW で間欠揚水を行ったもので解析を行う. ケース 1, 3, 5, 7 は DW, ケース 2, 4, 6, 8 は特殊 VDW で間欠揚水を行ったものである. 解析時間は8ケース共に30日間(43,200分)の解析を行った. スクリーン長は掘削域内の地下水位が目標水位に達するために必要な長さを予備解析により求め, ケース 1, 3, 5, 7 においては10m, ケース 2, 4, 6, 8 においては5mに設定した.

2.2 解析結果

表-1 に DW と特殊 VDW 間欠揚水の解析結果の比較を示す. DW と特殊 VDW (間欠揚水) の土留め壁背面の地下水位の差は, 透水係数が高くなるほど大きくなっている. このことから, 透水係数が高いほど間欠揚水による抑制効果が期待できることがわかる. また, 間欠揚水の時間間隔 (ポンプ電源 ON となった時間から次の ON の時間まで) は, 透水係数が高いほど短くなった. ケース 7, 8 よりも更に透水係数の高い地盤で間欠揚水を行う場合, 間欠揚水の時間間隔は更に短くなると考えられるため, 地下水位の制御が難しくなると考えられる. 以上の結果より, 地盤の透水係数の違いによって, 土留め壁背面の地下水位低下抑制効果, 間欠揚水の時間間隔に大きく違いが生じているため, 揚水計画を行う上で透水係数に十分留意した設計が不可欠である.

表-1 DW と特殊 VDW 間欠揚水の解析結果

	透水係数 (m/s)	最大背面 地下水位(m)	水位低下量の 差(m)	間欠揚水の 時間間隔(min)
ケース1 (DW)	1.0×10^{-6}	-7.68	2.63	228.6
ケース2 (特殊VDW間欠揚水)		-5.05		
ケース3 (DW)	5.0×10^{-6}	-11.55	5.14	56.2
ケース4 (特殊VDW間欠揚水)		-6.41		
ケース5 (DW)	1.0×10^{-5}	-12.93	6.06	27.4
ケース6 (特殊VDW間欠揚水)		-6.87		
ケース7 (DW)	5.0×10^{-5}	-14.19	7.28	5.4
ケース8 (特殊VDW間欠揚水)		-6.91		

3. まとめ

- (1) 地盤の透水係数が高いほど, 特殊 VDW を用いた間欠揚水は DW の連続揚水採用時と比較して土留め壁背面の地下水位低下抑制効果が高い.
- (2) 地盤の透水係数が高いほど, 特殊 VDW を用いた間欠揚水時の時間間隔が短くなる.

参考文献

- 1)地盤工学会: 根切り工事と地下水, pp.2-12, 1991. 2)日本建設機械商社: ウルトラディープ工法, <http://www.nikkenshoji.co.jp/common/download/products/RC45_2.pdf> (2019/2/10 現在) 3)本多頭治郎・植松祐亮: 特殊バキュームウエル工法の数値解析法の提案と施工管理への適用(第一報), 第50回地盤工学研究発表会, (公社)地盤工学会, pp.927-928, 2015. 4)スーパーウエルポイント協会, 技術資料, 平成23年度版, pp.4-13, 2011. 5)細川土佐男・高橋茂吉・神野健二・中山比佐雄・朴崎鎬: 飽和-不飽和浸透解析による改良型バキュームディープウエル工法の水位低下に関する検討, 日本地下水学会, 秋季講演会講演要旨, pp.84~87, 2006. 6)細川土佐男・中山比佐雄: 井戸に揚水と同時に真空圧を作用させる地下水位低下工法の室内実験による検討, 日本地下水学会, 秋季講演会講演要旨, pp.98-103, 2009. 7)特殊バキュームディープウエルを用いた揚水管理法(間欠揚水法)について第54回地盤工学研究発表会, (公社)地盤工学会, 印刷中, 2019. 8)本多頭治郎・藤元英樹・植松祐亮: 特殊バキュームウエル工法の数値解析法の提案と施工管理への適用(第二報), 第51回地盤工学研究発表会, 2016. 9)一般財団法人国土技術研究センター: 中小河川における堤防点検・対策の手引き(案), p.31, 2004.