

シートパイプシステムによる浅層排水が含水比分布に及ぼす影響

山口大学 正会員 ○松田 博

Bogor Agricultural Univ. Budi Indra Setiawan

Bogor Agricultural Univ. Satyanto K. Saptomo

協和建設工業(株) 田村 伊正

協和建設工業(株) 阿部 将統

1. まえがき

浅層域の地下水位低下を目的として開発されたシートパイプシステムを海外に展開するために小型模型土槽を作成し、現地において土中排水能力評価、排水に伴う土層中のサクションと含水比の関係等について調べた。シートパイプシステムは、施工現場において帯状の高密度ポリエチレン板を円筒状の有孔管に成型して地中に引込むため、施工が容易で、高精度機器によって有孔管の埋設深さ、および管勾配を制御することによって、土中水を自然流下させることが可能で、揚水の必要がなく、施工後の維持管理が極めて簡素化されるという特徴がある。また、排水バルブの操作のみによって地下水位を適宜維持できることから、この工法は我が国の農業分野において湿田の土中排水を目的として適用されている。この度、この工法をインドネシアにおいて展開するにあたり、土中排水能力を定量的に評価するために、小型模型土槽を作成し、現地において排水に伴う土層中の水頭、サクション、含水比等の変化について調べた。

2. シートパイプシステム

シートパイプシステムは、図-1 に示した高密度ポリエチレンの帯状有孔板（幅約 180mm、厚さ 1mm 又は 0.7mm、排水孔径 2mm 千鳥配置、）を施工現場にて管状に成型（直径 50mm）し、貫入機械によって地盤中に引込む（埋設深さは通常地表面下約 50cm）ことによって土中水の排水やリーチングを行うものである。特に引込み時には、埋設深さ及び管勾配を高精度制御することが可能で、シートパイプ設置後は、シートパイプの下流端に設けたバルブの操作によって土中の水位の調整が可能である。



図-1 シートパイプの形状

3. 小型模型土槽および試料

3.1 小型模型土槽の概要

シートパイプによる土中排水能力の評価を行うため、図-2 に示した小型模型土層を新たに作成した。模型土槽はポリカーボネイト板製で内寸は 0.4m×0.4m×0.4m である。シートパイプは土槽底面から 75mm の位置にパイプ中心がくるように設置した。土槽底板には水圧を測定するための孔をシートパイプ中心から 30mm (PP3) , 100mm

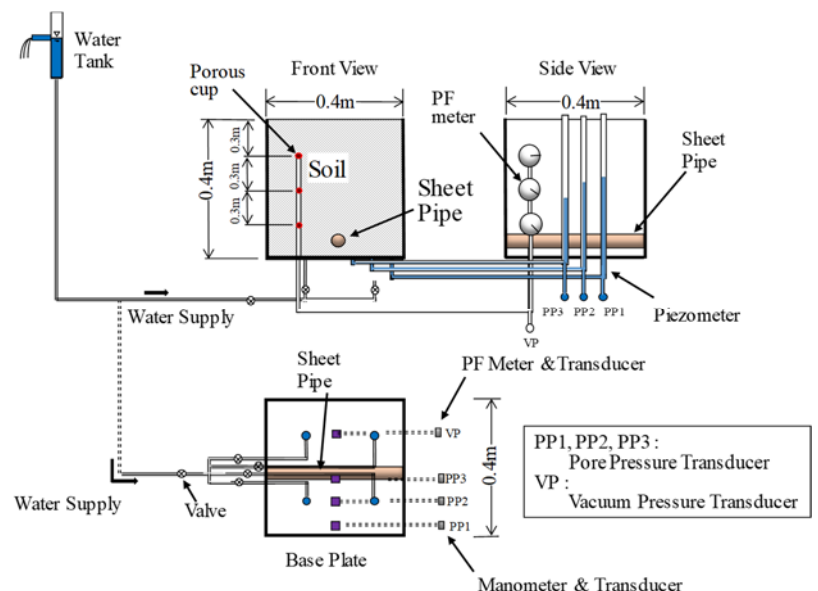


図-2 小型模型土槽の概要

キーワード 排水 浸透 サクション 含水比

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科

T E L 036-85-9324

(PP2) , 170mm (PP1) の位置に設け、マノメータおよび圧力変換器に連結し、水圧の変化を測定した。さらに、排水に伴う土層内のサクションの変化を測定するために図-2の装置において、棒状の素焼きポーラスカップを土層表面から 10cm、20cm、30cm の深さに設置可能とした。その際、同一深度のサクションをより正確に測定するためにポーラス

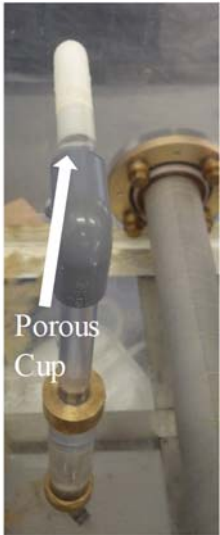


図-3 ポーラスカップ

カップは図-3 に示すように水平方向に設置し、ポーラスカップ内の圧力を圧力変換器によって計測した。また、土槽内への給水は、給水タンクの水位を一定にして、土槽底板に設けた孔から行った。一方、シートパイプからの排水量の時間的変化は、あらかじめ検定を行ったひずみゲージ式変換機を用いて計測した。図-4 にシートパイプを設置した小型模型土槽の状況を示す。

3.2 試料の特性

試料としては細砂を用いた。試料の物理的性質、透水係数および粒径加積曲線をそれぞれ表-1、図-5 に示す。実験では試料を相対密度 $Dr=60\%$ となるように水中落下法によって土槽表面まで詰めた。なお、シートパイプの孔径が試料土の粒径より相対的に大きいことから、実験ではステンレスメッシュをフィルター材として用いた。フィルター材の透水性への影響については無視できる程度に小さいことを透水試験によって確認した。また、実験では現地（インドネシア、ボゴール市）の水道水を用いた。

3.3 小型模型土槽の排水特性

図-6 はシートパイプの排水能力を確認するために、土槽を水道水のみで満たし、止水バルブ開栓後の排水

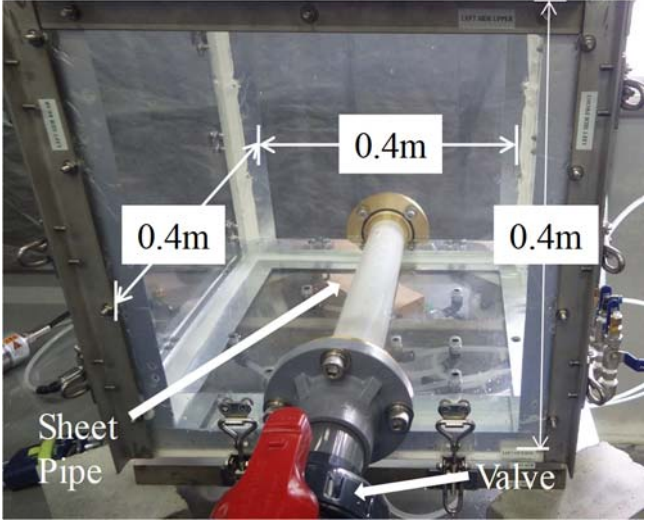


図-4 小型模型土槽

表-1 試料土の特性

ρ_s (g/cm ³)	e_{max}	e_{min}	k (m/s)
			$Dr=60\%$
2.641	0.975	0.604	2.900×10^{-4}

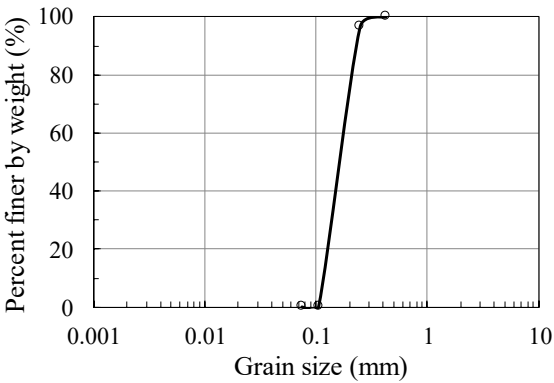


図-5 試料の粒径分布

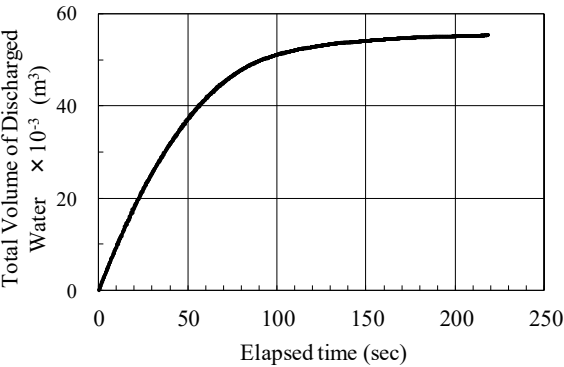


図-6 シートパイプの排水特性

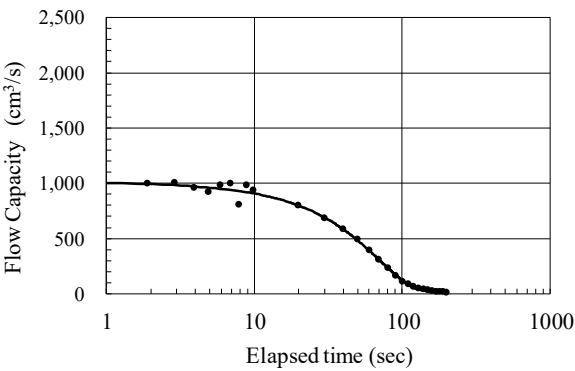


図-7 シートパイプの排水特性

量と経過時間の関係を示したものであり、図-7 は単位時間当たりの流量と経過時間の関係を示したものである。土槽には $64 \times 10^{-3} \text{m}^3$ の水が満たされているがシートパイプの中心位置を土槽下端から 75mm の位置に設置しており、約 4 分間で排水が完了している。また、図-7 より、開栓直後は約 10/秒の排水が行われることがわかる。同様の試験は他の標準的な有効配水管を用いても行っており、シートパイプとほぼ同等の排水能力を示すことを確認している。図-8 は、小型模型土槽底板位置での水圧の経時変化を示したものである。シートパイプからの距離に依らず、いずれの位置においても水圧変化は等しくなっている。

4. シートパイプによる浅層域排水特性

4.1 砂層からの排水特性

実験では気乾燥状態にある試料を所定重量準備し、あらかじめ 1 日水浸した後、水中落下法にて相対密度が 60% となるように詰めた。ただし、土槽の構造上、ポーラスカップの設置深さ毎に試料を新たに詰めて実験を行った。

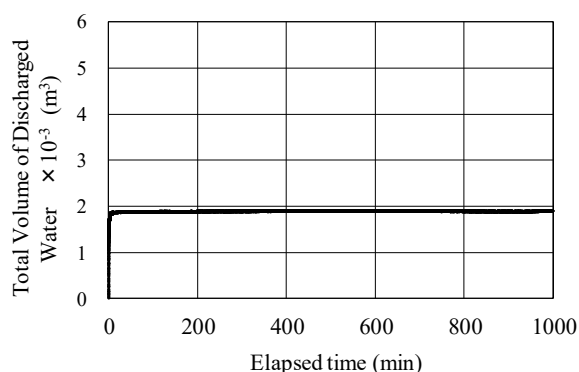


図-9 砂層からの排水量の経時変化

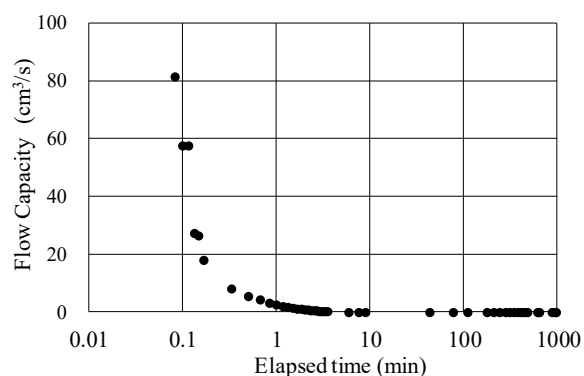


図-11 砂層からの流量～時間（対数）関係

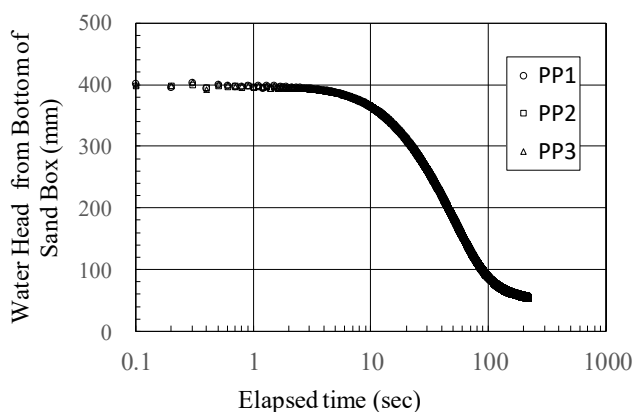


図-8 排水に伴う土槽底板位置の水圧変化

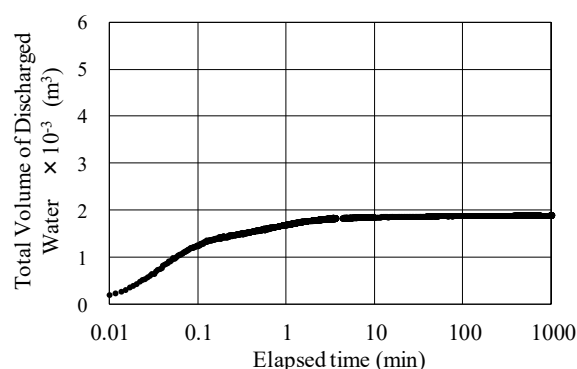


図-10 砂層からの排水量～時間（対数）関係

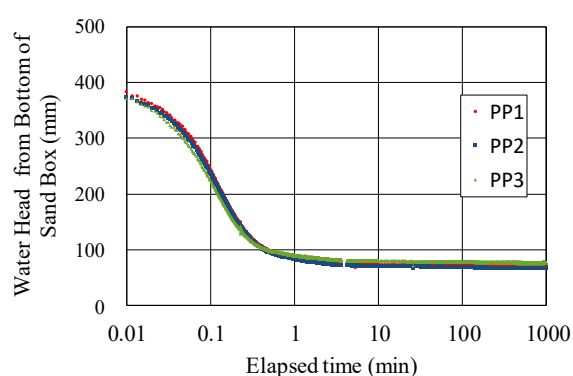


図-12 排水に伴う土槽底板位置の水圧変化

図-9 は砂層からの排水量と時間の関係を示したものである。同図には 1000 分までの結果を示しているが、排水量は開栓直後に急増しその後ほぼ一定となっている。総排水量について図-6 の結果と比較すると、排水量は著しく小さいことがわかる。開栓直後の変化を詳細に把握するために、図-10 では、対数時間との関係で示している。同図より、約 10min 後にほぼ一定値に収束することがわかる。さらに、流量の時間変化を示したものが図-11 である。開栓直後はパイプ内の水が排水されるため流量は大きい但其後は急速に減少すること

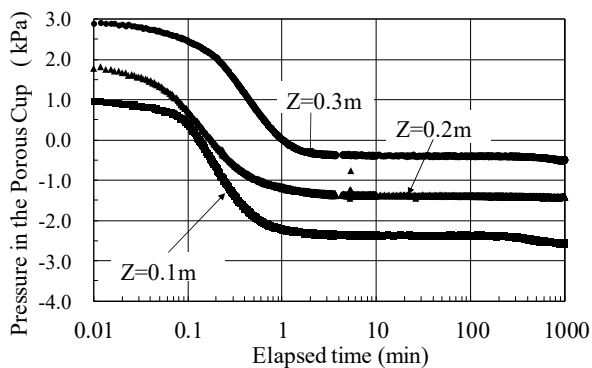


図-13 排水に伴うポーラスカップ内の圧力変化

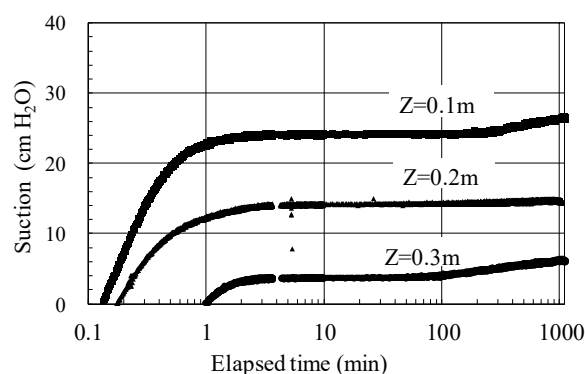


図-14 排水に伴うサクシヨンの変化

がわかる。さらに、土槽底板位置の水圧の変化を示したものが、図-12である。開栓後は明らかにシートパイプからの距離に応じて水圧が異なっている。この点については、マンメータでの目視による観測によって明確な違いが確認されており、測定された水圧が水頭に対応すると考えると、パイプからの排水に伴う土中の浸潤面の変化の把握が可能であって、排水時の土層内の水圧分布の解析において有用な情報を与えている。

4.2 排水に伴う土層内のサクシヨン変化と含水比

図-13はポーラスカップ内の圧力の経時変化を示したものである。同図において、例えば、 $Z=0.1\text{m}$ の結果を見ると、初期状態での水圧として 1.0 kPa が得られており、排水に伴って水圧はほぼゼロとなった後さらに低下し、負圧となっている。同様に $Z=0.3\text{m}$ の場合では、初期状態では 3.0 kPa の圧力が時間経過とともに -0.5 kPa まで低下し、時間経過とともにさらに低下傾向にあることがわかる。図-14は、図-13の結果をサクシヨンとしてあらわしたものである。いずれの深さにおいてもサクシヨンは約 100min 経過後は、対数時間に対して直線的に増加傾向にある。そこで、ポーラスカップ内の深さ方向の圧力分布を経過時間ごとに示したものが図-15である。サクシヨン（圧力）は $Z=10\text{cm}$ でピーク値を示すことがわかる。

そこで、排水試験終了後に含水比の測定を行った。図-16は含水比分布を示したものである。含水比の測定はポーラスカップ設置深さごとに、底板の水圧測定孔の直上位置の試料を採取して行った。図-16より含水比は $Z=20\text{cm}$ 付近で最大値を示し、またシートパイプから離れるにしたがって増加する傾向がある。体積含水率の分布を示したものが図-17である。同図より貯留係数としては、3%程度であることがわかる。

5. あとがき

シートパイプシステムによる浅層域の排水特性を明確にするため、インドネシアにおいて小型模型土槽実験を行って土中排水能力評価を行うとともに、排水に伴う土層内のサクシヨン変化、含水比分布等について調べた。その結果、サクシヨンと含水比の関係に関する有用な知見を得ることができた。

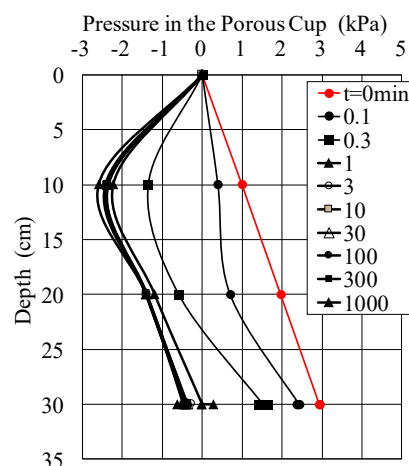


図-15 土層内のサクシヨンの分布

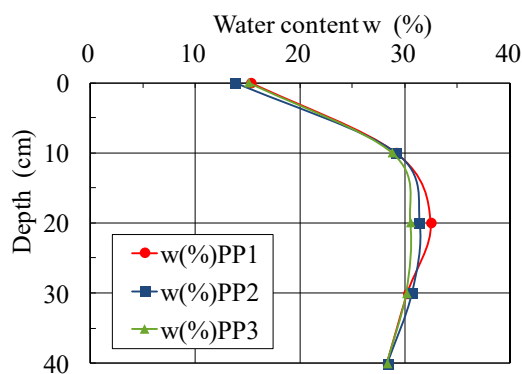


図-16 土層内の含水比の分布

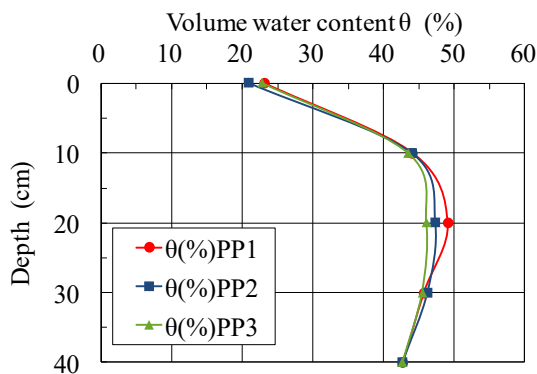


図-17 体積含水率の分布