

ひも状繊維材料の毛管上昇特性を活かした地盤内水分供給に関する検討

九州大学大学院 工学研究院 正会員 ○古川 全太郎 正会員 安福規之
九州大学 工学部 学生会員 大場碧海

1. 背景と目的

気候変動や人間活動による農地の大規模な減少が進んでおり¹⁾、乾燥地および日本の農地の住民が自主的、持続的に植物の生育を行うことができる「付加価値の高い地盤環境改善システム」の確立が希求されている。このシステムを確立するためには、灌水・管理に手間のかからない地盤内水分調整技術を地盤工学的な観点から検討する必要がある。近年、灌水の効率化を目指した方法として、繊維質の材料を使用して対象地盤底面から養分や水分を与える手法である「底面給水法」が着目されている²⁾。本報では、「底面給水法」で効率的な水分供給を行うにあたり、対象土質の水分特性や吸水材としてのひも(繊維材料)の吸水特性、毛管上昇特性、さらには地盤と吸水材間の水分移動特性を調査・分析した結果を示した。

2. 底面給水法の実験方法と使用した材料

図-1 にひもを用いた底面給水法の概念図を示す。本システムは、ボールタップを用いてひもに供給される水位を一定にし、吸水ひもの毛管上昇力により地盤内に水分を供給する仕組みである。これにより、バケツに水を貯めておくだけで植物根が吸水した際、また蒸発により地盤内の水分が消失した際、消失した量だけひもから供給できる、灌水の手間がかからない地盤内水分制御技術といえる。今回は、作業性等を考慮し、袋の中に土を充填し、その中央部に吸水ひもが存在するような条件を設定した。また、本文では、純粋なひもの毛管上昇と地盤内の水分移動を観察するため、植物を植えない場合での水分移動について言及する。

表-1 に吸水ひもに関する実験条件、表-2 に土質に関する実験条件を示す。表-1 に関して、ひもの材質はアクリルを使用し、乾燥密度と間隙比については土質試験と同様の試験法により求めた³⁾。

表-2 に、袋に充填した土質の実験条件を示す。土質は、乾燥地の砂に粒度に近い細粒砂質土 (Fine sand, 珪砂 7号) と、佐賀県玄海町の農地から採取した畑土 (Cultivated field soil) を用い、相対密度 50 %で、図-1 に示す直径 25 cm, 高さ 30 cm のビニール袋に充填した。袋の中央部には、表-1 の性能を有するアクリル紐を通した。水分供給用タンクの水位は、ビニール袋の底面と同じになるように調整した。

図-2 に使用したひもの水分特性を、図-3 に使用した土質 2 種の水分特性を示す。図-2 は大場ら⁴⁾が、50 cm ひもを鉛直に立て、下端を水面に浸漬した実験において、毛管平衡状態となったときの体積含水率の分布を示

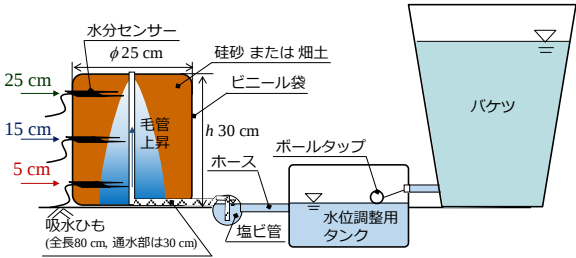


図-1. 底面給水法の概念図

表-1. 実験条件 (吸水ひも)

Material	Acryl
Diameter (cm)	0.9
Fiber density (g/cm ³)	1.253
Dry density (g/cm ³)	1.159
Void ratio e_f	0.08112911
Capillary height (cm)	>50
Effective length (cm)	80

表-2. 実験条件 (土質)

	Soil particle density ρ_s (g/cm ³)	Dry density at $D_r = 50\%$ ρ_d (g/cm ³)	Initial volumetric water content θ_0 (%)	Void ratio e	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
Fine sand (Silica sand No.7)	2.582	1.345	0.024	0.920	99.529	0.424	0.047
Cultivation field soil (under 4.75 mm)	2.571	1.076	0.091	1.389	88.710	10.244	1.047

キーワード 水分特性、毛管力、繊維材料
連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 W2-1111 TEL 092-802-3383

している。ひもの体積含水率は、平衡時の 5 cm ごとの吸水量を測定し、表-1 の乾燥密度に従って算出した。に図-3 は、遠心法により得られた 2 種の水分特性曲線を、Van Genuchten (1980) ⁵⁾ によりフィッティングし主排水曲線 (MDC) を求め、MDC パラメータ α を 2α として主吸水曲線 (MWC) を求めた ⁶⁾。図-2, 3 中の同じサクションで比較すると、用いた土質よりもひものほうが圧倒的に高い水分量を示し、土中に水分を供給できる状態にあることがわかる。

3. 繊維材料による地盤への水分供給効果

図-1 に示すように、袋の底面から 5, 15, 25 cm の高さにおいて、アクリルひも直近の土の含水比を定期的に測定し、体積含水率の経時変化を算出した。なお、高さ 15 cm においてはアクリルひもから 10 cm 離れた場所でも含水比を測定した。図-4 に土質・高さ別の体積含水率の経時変化を示す。図-4 より、ひもの吸水率が高い水面から近い位置において、体積含水率が高くなることがわかる。特に、実験開始 1 週間後から 2 週間後までの、高さ 5 cm における体積含水率が大きく増加していることがわかる。また、両土質共に、5 cm ~ 10 cm 程度の高さにおいて一般的な植物の生長が阻害されるといわれているマトリックポテンシャル ($pF = 2.7 \sim 3.0$, 50 ~ 100 kPa) ⁷⁾ に対応する体積含水率よりも高くなっており、植物の健全な生育が期待できることが示唆された。

図-5 に、各土質、各高さにおける体積含水率の増加速度を示す。図-5 より、一週間後と比較して、二週間後は水分供給速度が概ね高くなっていることがわかる。これは、アクリルひもの吸水が一週間後には十分に行われていなかったことが示唆される。また、2 種の土質を比較すると、保水性の高い畑土の方が 5 cm ~ 15 cm において増加速度が 1.6 ~ 1.8 倍程度高く、早期に水分が供給されることが期待された。

4. まとめ

- 1) アクリルひもの毛管上昇作用により、周面に存在する土質の、高さ 5 cm ~ 10 cm 程度においては植物の生育を阻害しない程度に水分が供給されることが明らかとなった。
- 2) 保水性の高い畑土の方が、保水性の低い硅砂 7 号と比較して、体積含水率の増加速度が 1.6 ~ 1.8 倍速く、早期に水分が供給されることが示された。

謝辞：本研究は、本研究は九州大学・玄海町葉草 PJ の支援を得て行われたものである。

参考文献：1) 環境省，気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート，日本の気候変動とその影響，pp. 30 -36, 2013. 2) 大谷義夫，竹澤雅子，八巻良和：ニホンナシの盛土式根園制御栽培における底面給水法，園学研. (Hort. Res. (Japan)) 10 (2), pp. 217-224. 2011. 3) 地盤工学会編：土質試験基本と手引き 第二回改訂版，pp. 19-21, 丸善，2010. 4) 大場碧海，安福規之，古川全太郎：地盤内水分環境制御のための繊維材料の吸水特性に関する検討，平成 28 年度土木学会西部支部研究発表会，pp. 275-276, 2017. 5) Van Genuchten, M.Th.: A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, Soil Sci.Soc. Am.J., 44,892-898, 1980. 6) J.B. Kool and J.C. Parker: Development and Evaluation of Closed-Form Expressions for Hysteretic Soil Hydraulic Properties, WATER RESOURCES RESEARCH, Vol. 23, No.1, pp. 105-114, 1987. 7) 久馬一剛，庄子貞雄，飯塚昭三，服部勉，和田光史，加藤芳朗，和田秀徳，大羽裕，岡島秀夫，高井康雄：新土壌学，pp. 73-76, 113-114, 朝倉書店，1984.

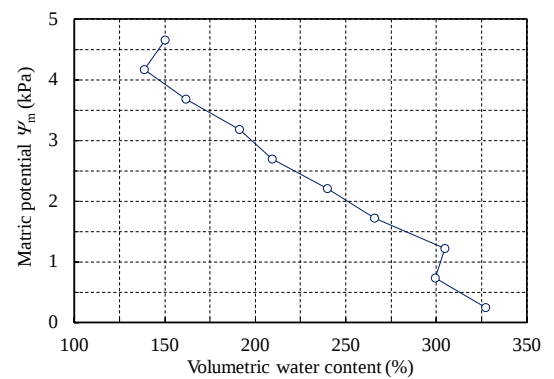


図-2. 使用したひもの水分特性 (吸水過程)

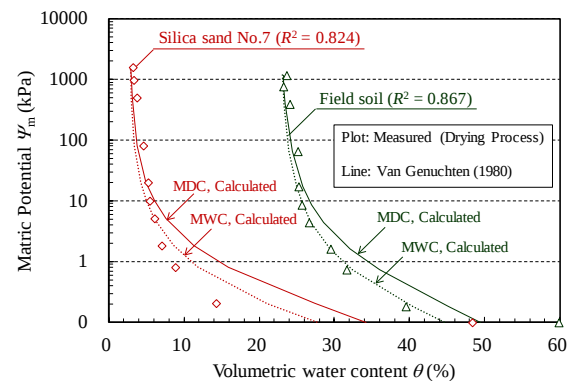


図-3. 仕様した土質の水分特性

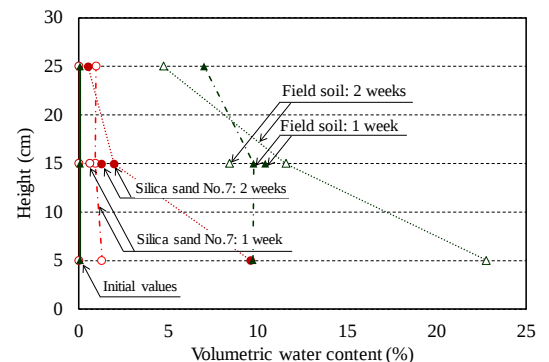


図-4. 高さごとの土質の体積含水率経時変化

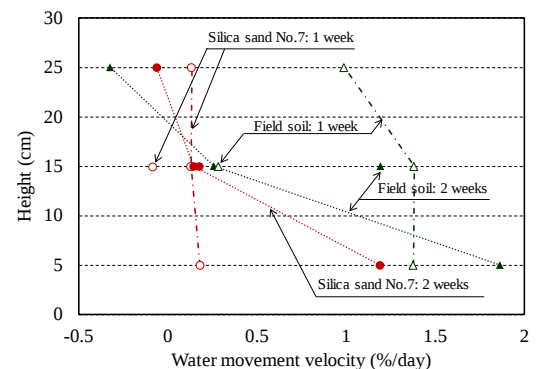


図-5. 体積含水率の増分分布