

非活性細粒分に着目した地盤内水分上昇高さの特性と簡易予測法

九州大学工学部 学○岩崎 正隆

九州大学大学院 正 安福 規之 大嶺 聖 ハザリカ・ヘマンタ 荒木 功平

九州電力株式会社 池田 博嗣

1. はじめに

現在地球上の約4分の1の地域が砂漠化に直面しており、毎年約6万km²(四国と九州を併せた面積)もの地域で砂漠化が進行しているといわれている。特にアフリカやアジアの内陸部で顕在化している。そのため砂漠化の対策は急務となっているのであるが、砂漠化の顕在化している乾燥地を緑化するには適度な地盤内水分の確保が必要である。しかし砂漠化地域は降雨量が非常に少なく、別の場所から水分を運ぶのにも莫大な労力とコストが必要となり、簡易で低コスト、かつ環境への負担が少ない水分確保の技術が求められている。そこで地下水を利用して地盤内の水分分布を調整できれば、当該乾燥地の緑化につながるのではないかと考えた。これまで本研究室では力学的考察に基づく水分上昇高さの予測法の検討を行ってきたが¹⁾、本研究ではモデルとして母材にマサ土を用いて、様々な混合比で非活性細粒分(フライアッシュ)を混合した試料で最小・最大密度試験およびカラム試験を行い、非活性細粒分が地盤内の水分特性に与える影響について考察することで、半経験的な水分上昇高さの簡易予測法について検討した。

2. 実験内容

非活性細粒分の与える影響を調べるため、6つの条件でマサ土とフライアッシュを乾燥密度で混合した試料を用いて、最小・最大密度試験およびカラム試験を行った。カラム試

表 1. 実験条件										
混合率 (%)	高さ (cm)	最大密度 (g/cm ³)	最小密度 (g/cm ³)	間隙比 <i>e</i>	<i>D</i> ₁₀ (μm)	均等係数	曲率係数	<i>C</i> (cm ²)	実測値 (cm)	
0 (母材)	300	150	1.09	0.71	478	120	9.96	0.35	105	
15	400	173	1.25	0.48	419	137	1.57	0.48	275	
30	400	165	1.25	0.55	277	126	0.23	0.63	389	
50	500	145	1.07	0.63	182	726	0.24	0.57	450	
75	500	124	0.85	0.87	239	7.78	1.25	0.80	475	
100	500	108	0.73	1.13	152	8.49	3.13	0.67	389	



写真 1. 実験様子

験の具体的な実験方法としては、内径 10cm のアクリル筒の中に試料を最大密度で詰めたものを水槽の中に設置し、毛管作用により試料が水を吸い上げる高さの経時変化を測定した。筒の底は不織布で覆い、試料が流出することなく吸水できるようにした。また、各カラムにセンサー

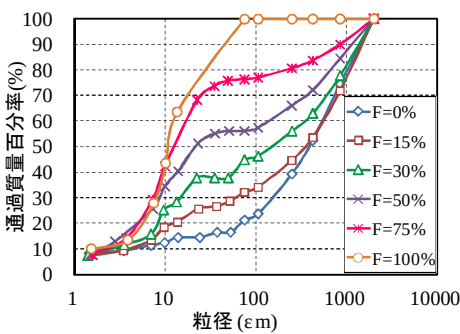


図 1. 粒度分布

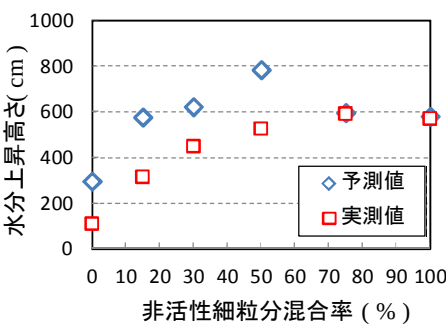


図 2. 予測値と実測値の比較

を5つずつ設置し、任意の高さでの体積含水率の測定を行った。センサーの測定は5分間隔で行う。

また、毛管作用による水分上昇高さの予測を行った。毛管作用とは、表面張力の働きにより毛管内を水が上昇する働きのことである。この概念を用いると、半経験的な手法により水分上昇高さ h は、 $h=C/eD_{10}$ { e : 間隙比、 D_{10} : 10%粒径(cm)、 $C=0.1\sim0.5\text{cm}^2$ }…① として表されることが知られている²⁾。この予測式から毛管作用による水分上昇高さは、間隙比が小さいほど、また 10%粒径が小さいほど高くなると言える。

キーワード 緑化 地盤内水分 非活性細粒分 毛管作用 混合率

連絡先 〒819-0385 福岡市西区元岡 744 ウェスト 2 号館 1108-2 九州大学 地盤工学研究室 TEL 092-802-7805

3. 実験結果

最小・最大密度試験の実験結果を表1に示す。これより、フライアッシュの混合率が15%の試料が、最小・最大密度ともに最大値を取り、間隙比も最小の値を示している。したがって混合率が15%あたりで試料が最も密になる傾向があることが分かった。

次にカラム試験の結果について、水分上昇高さの予測値($C=0.1$)と実測値を図2に示す。なお実測値に関しては、60日時点のデータから双曲線法によって推定した水分上昇高さの収束値を用いた。これを見ると、予測値実測値ともに混合率が増すと、水分上昇高さは増す傾向が見られた。しかし最も水を高く上げた試料は混合率が75%の試料であったことより、最も水を高く上げるには最適な混合率があることが示唆された。また、図3で平均水分上昇速さについて考えると、 D_{30} の値が大きくなるにつれ、水分上昇速さは曲線的に減少することが分かる。

次に予測値と実測値から得られる、定数 C の値について考える。表1より、同じ材料でも混合率によって C の値も大きく変わることが分かる。そして C の値によって大きく水分上昇高さの予測値が異なるため、正確な予測値を得るためには一度実験を行い C の値を目安付ける必要がある。よって式①はおおよその水分上昇高さの目安を得るために用いる程度の位置付けにしておいたほうがよいだろう。

4. 水分上昇高さの予測法の提案

式①において、 e と D_{10} の値は基礎実験から求められるが、 C の値は一度カラム試験を行い目安付けることが必要であることが分かった。したがって、 C を基礎実験から得られるパラメータのみで表現できれば、簡易に水分上昇高さの予測をすることが可能であると考えられる。そこで本研究では、 C を表す指標として $D_{30}/(D_{10})^2 (1/\epsilon m)$ という値を提案する。この値は細粒分域での粒度特性を表す指標で、この値を用いると図4のように $\ln\{D_{30}/(D_{10})^2\} \sim C$ 関係は、近似的に線形関係が見られる。したがって C は D_{10} と D_{30} のみを使って表せると考えられる。次に本研究の予測法の検証を行う。図5は図4と式①から求めた水分上昇高さのカラム試験から得られた実測値を比較したものである。図中には、一昨年行った豊浦砂と珪砂を混合したカラム試験の実験結果も同様に示している。この図から、本研究および既往のカラム試験の予測値と実測値がおおよそ1:1となっているので、この予測式は比較的精度の高いものだと考えられ、この予測式は一般性があると言える。

5. 結論

- (1) 最も高く水を上昇させるには、最適な非活性細粒分の混合率の存在があることが分かった。また水分上昇速さに関しては、 D_{30} が大きくなるほど小さくなる傾向が見られた。
- (2) $\ln\{D_{30}/(D_{10})^2\} \sim C$ 関係は、近似的に線形関係が見られるので、 C のおおよその値は D_{10} と D_{30} のみを使って表現できる。したがって図4を用いると、粒度分布を知ることによって、より精度の高い水分上昇高さの予測が簡易にできると考えられる。

【参考文献】 1) Qiang Liu, Noriyuki Yasufuku, Kiyoshi Omine, Hazarika Hemanta : Field Application of Self-Watering System in Genkai Town, 平成23年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 公益社団法人土木学会西部支部, pp.563-564, 2012.3 2) 河野皓治・安福規之・大嶺聖・小林泰三・安藤伸晃・池田博嗣: 細粒分に着目した粒状素材における吸水性能と水分上昇高さの簡易評価 土木学会西部支部 III-93 pp.513-514, 2010

【謝辞】 本研究は九州電力との共同研究として実施されたものである。

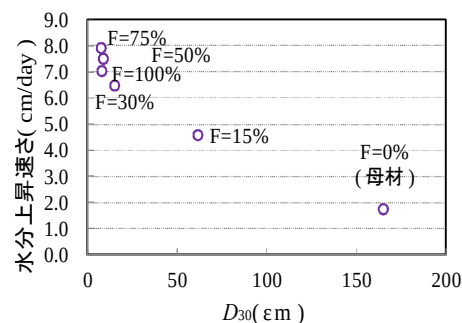


図3. 平均水分上昇速さと D_{30} の関係

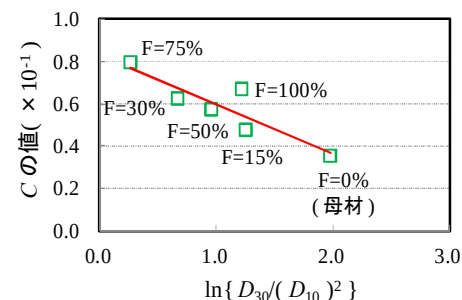


図4. 定数 C と $e \cdot D_{10}$ の関係

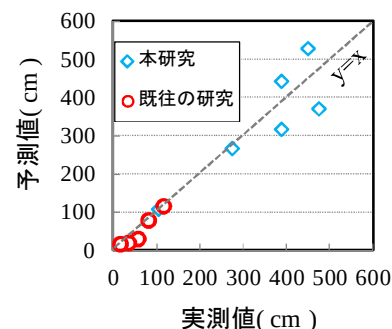


図5. 本研究の予測法の検証