

房総山砂精製時に生じる微細粒子土（ケーキ）の土質工学的・土壌科学的特性

（独）木更津高専 ○鈴木 希、古川 雅己、田中邦熙

（有）丸和建材社 谷 優作

1. まえがき

千葉県南部房総地方に大量に産する山砂は、東京湾埋め立てや関東地方におけるコンクリート用砂として大量に用いられてきた。コンクリート用砂として精製するとき、水洗いしてシルト分以下の微細粒子土を除去しているが、洗浄した泥水に凝集剤を加えて浮遊する微細粒子土を沈殿させて発生する残滓はケーキと称していて、原重量の5%以上に達する。このケーキは高含水比では泥状になり、乾燥すると塊状に硬化するなど、その取り扱いがやっかいな産業廃棄物である。本文は、緑化土への有効利用法を検討することを目的とした土質試験・土壌分析結果などをとりまとめたものである。

2. 実験方法と結果

2.1 一般物理試験

今回使用した山砂の粒度分布は均等係数 $U_c = D_{60}/D_{10} = 0.42\text{mm}/0.14\text{mm} = 3.0$ で、粒径のそろった均一な砂であるが、ケーキはこの砂に含まれる粒径 0.074mm 以下の微細土粒子で、土粒子密度 $G_s = 2.65\text{Mg/m}^3$ で、一般の砂質土と同等である。

コンシステンシー限界は $LL = 125\%$ 、 $PL = 53\%$ であるが、自然含水比 W_N はプラント運転条件により大幅に異なり、 W_N $120 \sim 80\%$ で、高含水比条件ではコンシステンシー指数 I_c 0.10 以下で非常に不安定な粘性土である。

また JIS A 1210 による突固め試験によると、最適含水比 $W_{opt} = 41.5\%$ 、最大乾燥密度 $\gamma_{dmax} = 1.14\text{Mg/m}^3$ で、ケーキは粘性土としては、 W_{opt} は低く、 γ_{dmax} は大きい、砂質土としては W_{opt} はかなり高く、 γ_{dmax} はかなり小さいことが分かる。乾燥させて含水比を 40% 程度まで下げて盛土材として使用することは事実上不可能である。

2.2 土壌分析

ケーキと原山砂および表土の単独盛土を用いた植生比較実験の基礎データとするために、含有肥料分等の土壌分析を実施した。試験結果を表-1に示す。

表-1 土壌分析結果

項目	記号	ケーキ	山砂	表土
土性		粘土	砂	砂
アンモニア態窒素(mg)	N	1.0	1.0	1.0
硝酸態窒素(mg)	N	1.0	1.0	1.0
可給態リン酸(mg)	P	5.0	5.0	10.0
交換性カリウム(mg)	K	1.0	1.0	1.0
塩分(%)	Na	0.005	0.005	0.005
pH(H ₂ O)		7.5	7.0	6.5

表-1 から以下のことが分かる。

ケーキは気層が乏しく根茎の伸長を妨げる恐れがある。土壌養分は N、P、K とも希薄であり、施肥が必要である。pH は弱アルカリ性であるが、アルカリ障害を生じる可能性もある。

山砂は透水性・通気性に優れているが、保水・保肥性が低く、土壌養分は希薄で植生導入に際しては十分な施肥が必要である。

表土は、透水性・通気性に優れているが、保水性・保肥力が低く、土壌養分は希薄であり、植生導入に際しては十分な施肥が必要である。

また、塩害のおこる土壌中の塩分濃度はおよそ $0.07 \sim 0.1\%$ 以上になると発生し、 0.6% 以上になると枯死すると言われており、 0.1% を超えたら

要注意で、 0.2% 以上では除塩対策が必要である。3 試料とも 0.005% と低い、注意が必要である。

Keyword：房総山砂、土壌分析、pF 試験、水分特性曲線

連絡先：〒292-0041 木更津市清見台東 2-11-1 木更津高専 TEL&FAX 0438-30-4155

2.3 pF 試験

土中水は重力・表面張力などの物理的な力により運動する水と、主として物理的な力を受けて動くが不連続な水と土粒子表面に働く物理化学的な吸着力を受けて存在する給合水などがある。これらの水分の多少は普通は含水比という定義が用いられるだけである。しかし、土の性質をより正確に把握しようとするときや植物の生育に関する適否を考えるとときなどには、土粒子と水との結びつきの強さを定量的に知ることが重要である。

重力にさからって土が保持する水分を考えると、土中の毛細管を上昇する水のエネルギーは水柱の高さ $H(\text{cm})$ で表すことができ、この毛管ポテンシャルは水柱高さの対数を用いて、 $pF = \log_{10} H$ で表現される。すなわち、重力場における状態の水の自由エネルギーと自由水面の自由エネルギーとの差の常用対数である。毛管張力は負圧（サクション）で表され、サクションとそのときの含水量との関係（ pF —水分曲線）を求める試験が pF 試験である。この試験法は pF の範囲により各種の試験方法が用いられるが、今回は土壌科学（農学）および土質力学の凍上・圧縮性・粘着性などに関する毛管水の重要な $pF=2.7\sim 4.2$ が適用範囲である遠心分離法を採用した。遠心法は原理的に吸引法と同じで、吸引する力として吸引法は負圧を、遠心法では遠心力を用いるものである。今回は JIS A 1207 土の遠心含水当量試験法（水で飽和した土が重力の 1000 倍に等しい力を 1 時間受けたときの含水比を求める。）に定められた機器、方法を採用して、水分特性曲線を求めた。

なお、この遠心法による pF の測定は試料と自由水とが水理学的に連続していない場合の簡易法を採用し、次式により pF を求めた。

$$pF = 2 \log n + \log \gamma_1 - 4.95$$

n : 回転数 (rpm) $n = 9.5 \times 10^3 \times \sqrt{1/\gamma_1}$ 、 γ_1 : 試料の平均回

転半径 (cm)、 $h = \gamma_0 - \gamma_1$ (γ_0 : 回転半径)

ケーキ、鹿沼土および山砂の 3 試料を用いて、水分特性曲線を求めた結果を図-1 に示す。

図-1 より次のことが分かる。

ケーキの一般的含水比は 80~120% であり、植生しおれ点の $pF=4.5$ の時の含水比は 10% 以下と外挿されるので、 pF 値上からは問題ない。（かなり気乾した状態でも含水比は 30~40% である。）

鹿沼土は $pF=4.5$ 以下の範囲の含水比が 80% 以上と広く、 $pF=4.5$ のときの含水比は 10% 以下と外挿され、植生土として好ましいことが分かる。山砂は pF 試験にはなじまないことが分かる。

3. まとめ

ケーキについて以下のことが示された。

①コンシステンシー限界は $LL=125\%$ 、 $PL=53\%$ であるが、自然含水比 W_N はそのプラント運転条件により大幅に異なり、 W_N 120~80% で、高含水比条件ではコンシステンシー指数 I_c 0.10 以下で非常に不安定な粘性土である。突固め試験によると、 $W_{opt}=41.5\%$ 、 $\gamma_{dmax}=1.14\text{Mg/m}^3$ で、ケーキは粘性土としては、 W_{opt} は低く、 γ_{dmax} は大きい。②土壌分析結果等からは N、P、K とも少なく、植生土としては好ましいとは言えないが、施肥等の対策をとれば十分用いることができる。③一般的含水比は 80~120% であり、植生しおれ点の $pF=4.5$ の時の含水比は 10% 以下と外挿されるので、 pF 値上からは植生土としては問題ないことが示された。

参考文献

- 1) 船瀬俊介：「屋上緑化完全ガイド」、築地書館 2003.8
- 2) 小嶋和好：「渋谷の屋上菜園都市化計画」、築地書館 2002.7
- 3) 土質工学会編：「緑化植栽工の基礎と応用」、(社)土質工学会 1981.1
- 4) 最上武雄編著：「土質力学」第 1 章 土の物理化学的性質 (山内)、(株)技報堂 1969.8

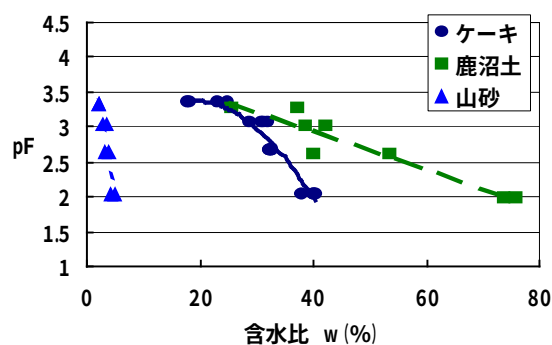


図-1 pF 試験結果