

石炭灰の不飽和浸透特性

鹿児島高専 正員 岡林 巧 鹿児島高専 学生員○嶺島照和
宮崎大学 正員 杉尾 哲 長崎大学 正員 棚橋由彦
山口大学 正員 兵動正幸 山口大学 正員 安福規之

1. まえがき

火力発電所における年間の石炭使用量とそれとともに発生する石炭灰発生量は、資源エネルギー庁調査資料によれば1996年度には石炭使用量約3800万トン、石炭灰発生量約700万トンに達すると推定されている¹⁾。このように近年のエネルギー事情の変化とともに石炭への燃料転換が進み石炭灰の産出は今後も漸増するものと考えられる。石炭灰の有効利用状況は、セメント原料、セメント混和材、人工軽量骨材原料、道路材、埋戻し材等に使用されているものの石炭灰発生量の約50%程度にしかすぎない。そこで、本研究は、石炭灰の再利用の一つとして軽量盛土材として有効利用した場合降雨時の安定解析に必要な石炭灰の不飽和浸透特性を求めるものである。

2. 試験方法と試料の性質

図-1に示すような加圧式の不飽和透水係数測定器(Daiki-4150)を恒温室内に配置して石炭灰の不飽和浸透特性の測定を行った。本装置は大別して試料を入れる加圧室、圧力調整部および流量・水頭測定部からなり、直径10cm、高さ4cmのステンレス製有効円筒に試料を充填して、その上下両端に水頭差を与えてメンブレンフィルターを通して透水させる。この時試料に与えた間隙水圧より大きい空気圧を加圧室に与えると、試料にサクシオンが作用して不飽和状態の浸透が発生する。試料中のサクシオンは、試料の2点にテンシオカップを設置し、マノメーターにつないで測定した。メンブレンフィルターにはPore size-0.45 μ m(FM-45)を用いた。流量は給水側のマリ奥特管内の水深変化で測定するが、流量が小さい場合には下流側の排水口からの流出量を流量とした。試料の石炭灰は、長崎県大村火力発電所より産出された国内炭のフライアッシュを用いた。試料の指数的性質は、比重2.224、乾燥密度1.104(g/cm³)、間隙率0.503、飽和透水係数 2.38×10^{-5} (cm/sec)である。

3. 試験結果及び考察

図-2は、各サクシオンに対する試料への流入流出流量差と時間の関係を示したものである。各サクシオンでの流入流出流量差は、浸透開始初期でサクシオンの小さなものほど大きな値を示して変動するものの浸透時間の経過とともに0に定常値化している。流入流出量の平均値の経時変化を示したものが図-3である。図から平均流量は、

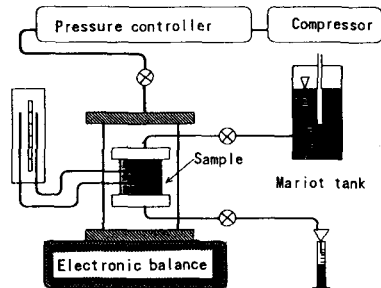


図-1 加圧式不飽和透水係数測定器

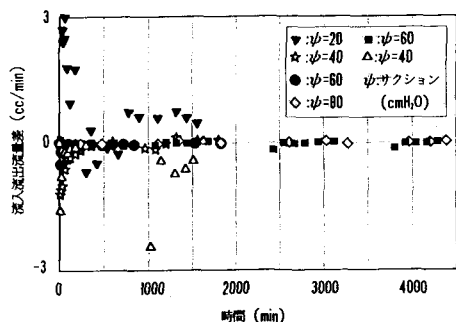


図-2 流入流出流量差と時間の関係

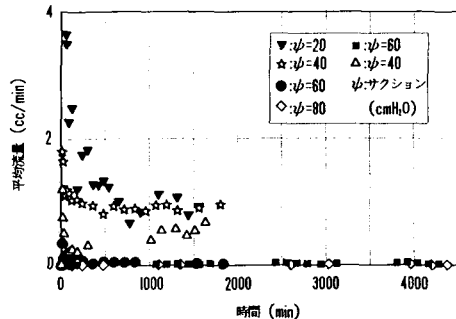


図-3 平均流量と時間の関係

サクシジョンの小さな条件ほど大きな値を示して定常値化することが分かる。図-4に示すようにサクシジョンは、排水過程から浸潤過程へと段階的に設定した。不飽和透水係数 k_u は、(1)式を用いて定めた。

$$k_u = Q \times L / ((\Delta H + L) \times A) \text{ -----(1)}$$

Q:平均流量(cc/sec), L:テンシオカップ2点間距離(cm)
 ΔH :マノメーター水頭差(cm), A:試料平均断面積(cm^2)

図-5は、不飽和透水係数と時間の関係を示したものである。不飽和透水係数は、各サクシジョンに対応して定まり、サクシジョンが大きくなるほど小さくなること分かる。一方、体積含水率 θ は、(2)式により定めた。

$$\theta = V_w / V \text{ -----(2)}$$

V_w :水分量 (cm^3), V :試料体積(cm^3)

体積含水率と時間の関係を示したものが図-6である。体積含水率は、不飽和透水係数とほぼ同様な挙動を示し、サクシジョンが大きくなるにしたがい漸次小さくなること分かる。図-7は、石炭灰の不飽和浸透特性曲線を示したものである。図中の番号は図-4に示す各サクシジョン段階に対応している。比透水係数 k_r とは、不飽和透水係数 k_u を飽和透水係数 k で割ったものである。サクシジョンに対する体積含水率の関係は、排水過程と浸潤過程に大きく依存しヒステリシスを有することが分かる。このことは、一端不飽和の程度を大きくし間隙を占める空気量が増加すると、その後にサクシジョンを小さくして浸潤量を増加させようとしても水と空氣の置換が容易には進行しないことを意味している。また、体積含水率と比透水係数の関係は、排水および浸潤の過程の違いにより体積含水率が異なっているにもかかわらずサクシジョンが同じであれば、比透水係数はほぼ同じ値を示している。このことから比透水係数は、サクシジョンに大きく依存するものと考えられる。

4. あとがき

本研究では、石炭灰を利用した軽量盛土斜面の降雨時の安定解析に必要な石炭灰の不飽和浸透特性がほぼ明らかになった。本研究は、平成5年度文部省科学研究経費試験研究(B) (代表者 棚橋由彦 05555138) の補助を受けたことを付記する。最後に山口大学社会建設工学科 村田秀一教授に有益なご助言をいただいた。ここに感謝の意を表する。

[参考文献] 1)火力原子力土木課:石炭灰に関する資料, 1988, pp. 1-6.

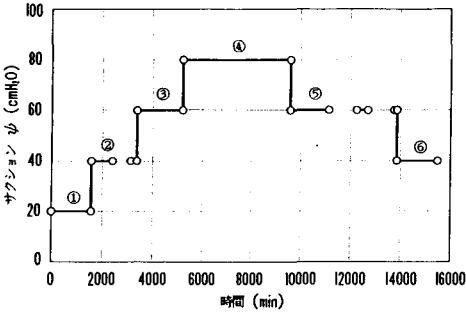


図-4 サクシジョンと時間の関係

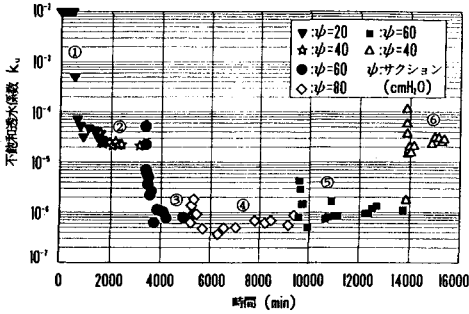


図-5 不飽和透水係数と時間の関係

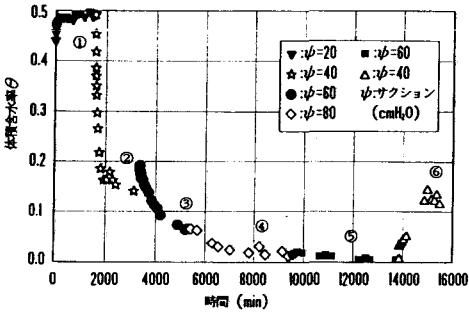


図-6 体積含水率と時間の関係

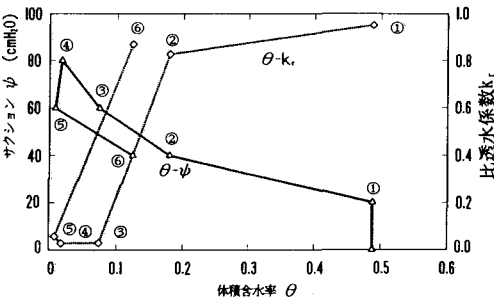


図-7 石炭灰の不飽和浸透特性