

浅地層における降雨浸透量推定に関する現場透水係数の評価

岡山大学大学院環境生命科学研究科 ○小松 満・西垣 誠

鹿島建設(株) 瀬尾 昭治

(株)アサノ大成基礎エンジニアリング 田岸 宏孝・竹延 千良

日本原子力研究開発機構 岸 敦康

1. はじめに

放射性廃棄物地層処分等の大深度地下空間開発において大局的な地下水流動を定量的に評価する際、上部境界条件としての降雨浸透量の算定が必要である¹⁾。その方法の一つとして一般的に知られている水収支法²⁾では不確実性を多く含んでいることから、本研究では対象領域における土中水分量の経時変化に着目した方法を提案している³⁾。具体的には、不飽和透水係数を用いる方法であり、蒸発の影響を受けなくなる発散ゼロフラックス面より下方において、重力の作用により一定動水勾配で常に浸透する成分となることを利用している⁴⁾。つまり、原位置において発散ゼロフラックス面を確認した期間で対象深度の体積含水率に応じた不飽和透水係数から降雨浸透量を算定することが可能となる。ここで本研究では原位置において発散ゼロフラックス面を確認する方法として、土中水分量の計測結果から水分保持特性を求め、そこから深度方向の水頭分布を間接的に求める手法を提案している³⁾。本報では、本研究で提案している浅地層における降雨浸透量推定の一連の算定プロセスの基になる不飽和地盤における透水係数の値について、現場透水試験及び現場から採取した試料を用いた室内透水試験を実施した結果について報告する。

2. 計測対象現場概要及び計測結果

対象現場として北海道天塩郡幌延町開進地区の丘陵地を選定し、2008年11月より2012年8月まで原位置計測を実施した³⁾。計測深度は表層の5深度(10cm, 30cm, 60cm, 90cm, 120cm)を対象とし、地表面からφ50mmのライナー採土器を用いて掘削したボーリング孔底に市販のADR水分計とテンシオメーターを設置した。なお、地表面は斜面下方の湿地帯から約7.5mの高さがあり、地下水位はほぼ湿地帯の水位に近いものと推察された。現場から採取した試料に対して測定した粒径加積曲線を図-1、間隙率の分布を図-2、2012年3月～8月に現場で計測した体積含水率の値から各深度の間隙率の値を基に飽和度に換算した経時変化を図-3に示す。深度10cm～60cmで反応が大きく現れているが、深度90cmと120cmは概ね高い値で推移していることから、降雨による影響は少ないことが判明した。さらに、深度120cmの体積含水率の値は深度90cmの値が低下する夏季においてもその低下量はわずかであるため、深度120cm以深での水分量の変化は年間を通じてわずかであることが推察される。季節的な変動については4月～5月の融雪時に大幅に値が低下する状況を示している。

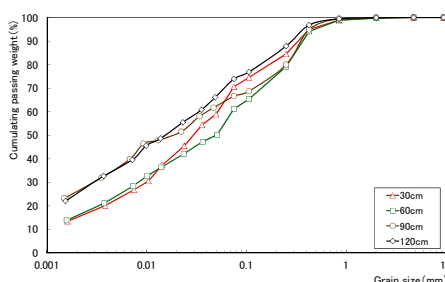


図-1 粒径加積曲線

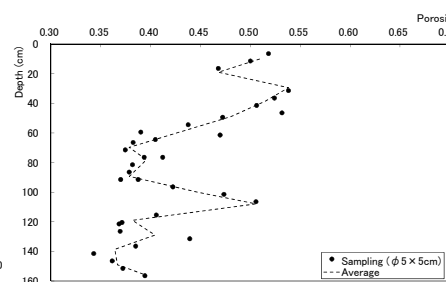


図-2 間隙率の深度分布

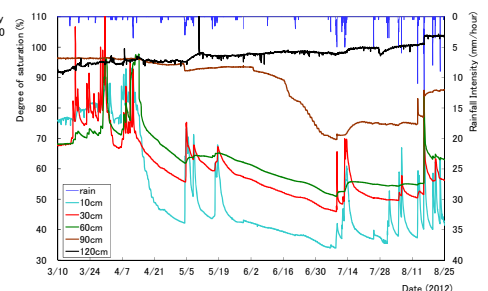


図-3 飽和度の経時変化

3. 不飽和地盤に対する原位置透水試験

2012年8月末にセンサーを撤収した際、対象現場を開削して不飽和地盤に対する現場透水試験を実施した。具体的には、図-4(a)に示すようなボーリング孔内の水位を一定に保った状態で浸潤させるボーリング孔を利用した透水試験(E-19法)⁶⁾と図-4(b)(c)に示すような鋼製リングを打設して一定水頭で浸潤させる2種類

キーワード：降雨浸透量，透水係数，不飽和地盤，E-19法，プレッシャーインフィルトレーション
連絡先：〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 Tel・FAX:086-251-8160

のプレッシャーインフィル
トロメーター法⁶⁾である。
なお、2種類の方法は便宜上、
プレッシャー方式及びリング
方式として区別した。一方、
室内透水試験は、上述の原
位置透水試験のうちプレッ
シャー方式を実施した鋼製リン
グによるコア採取の2種類の

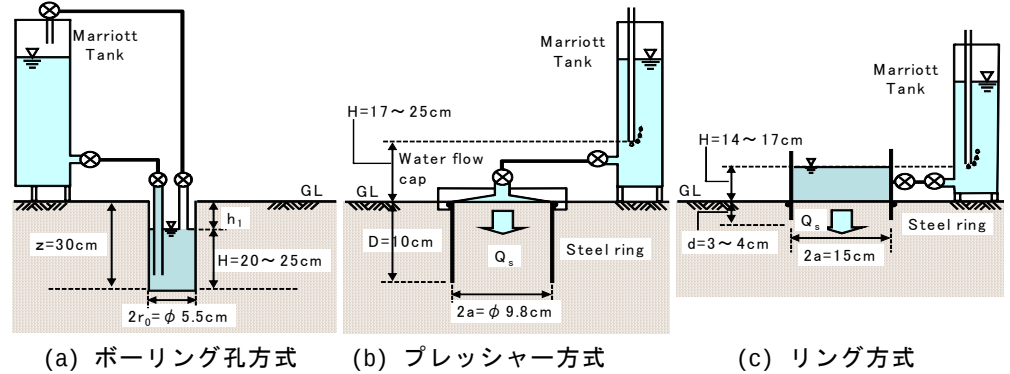


図-4 不飽和地盤における原位置透水試験法の概略図

試料と近接した位置で同じサイズの鋼製リングを用いてサンプリングしたコア採取試料を用い、上下にキャップを取り付けて供試体下部より水道水を通水して飽和度を高めた後に、定水位法で実施した。これらの試験結果を図-5に示す。原位置試験は、表層では 10^{-3} cm/s オーダーから深度 120 cm で 10^{-7} cm/s オーダー程度まで分布する結果となった。なお、試験方法による違いは、プレッシャー方式が若干大きく、リング式とボーリング孔を利用した透水試験結果が若干小さい結果となった。これは、プレッシャー方式は主に鉛直方向の透水係数を測定しているのに対し、他の方法では主に水平方向の浸透の影響も受けていることから、透水係数の異方性を示しているものと推察される。室内試験では原位置透水試験を実施した試料とサンプリングした試料では、いずれの深度においても 1 オーダー程度の差異が生じた。なお、同図には、試料を再構成した供試体に対して加圧型透水試験により測定された結果を併記する。また、図-6 及び図-7 にそれぞれ示す間隙率や試験終了後の飽和度には明確な差異は認められないことから、現地採取試料において鋼製リングとの隙間による影響か、原位置透水試験時の目詰まりによる影響によるものが推察される。

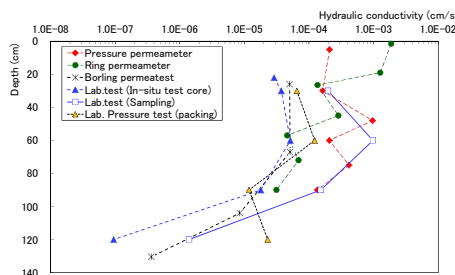


図-5 透水係数の深度分布

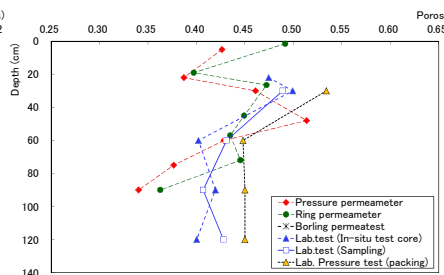


図-6 間隙率の深度分布

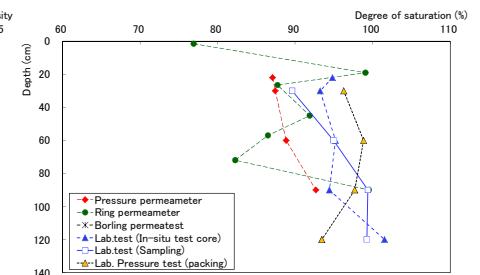


図-7 試験終了時の飽和度の深度分布

4. まとめ

不飽和地盤を対象とした現場透水試験及び現場から採取した試料を用いた室内透水試験を実施した値を比較した結果、現地サンプリング試料による室内試験結果とプレッシャー方式の原位置透水試験結果が近い結果を示した。このことから原位置試験における境界条件や透水係数の算出式は概ね妥当なものと判断できる。なお、間隙率及び試験終了時の飽和度が厳密に一致している訳ではないのであくまで推察の域を出ないが、現地採取試料を用いて室内試験により透水係数を評価する場合や現地採取試料を再構成した供試体に対して透水係数を測定する際には、1 オーダー程度過小評価する可能性があることに注意を要することが判明した。なお、降雨浸透挙動を評価する上では不飽和透水係数が必要となるが、本研究で対象とした地盤においては深度 120 cm において飽和度が 100% に近い値で推移していることから現場飽和状態での透水係数の値を用いて評価できる可能性を示した。

【参考文献】

- 1) 操上広志, 竹内竜史, 藪内聡, 瀬尾昭治, 戸村豪治, 柴野一則, 原稔, 國丸貴紀: 幌延深地層研究計画の地上からの調査研究段階における地下水流動に関する調査研究, 土木学会論文集 C, Vol.64, No.3, pp.680-695, 2008.
- 2) 瀬尾昭治, 藪内聡, 竹内竜史, 操上広志: 幌延深地層研究計画における水収支法を用いた地下水涵養量の試算, 日本地下水学会 2005 年秋季講演会講演要旨, pp.94-99, 2005.
- 3) 小松満・西垣誠・瀬尾昭治・戸井田克・田岸宏孝・竹延千良・山本陽一: 原位置土中水分計測による浅地層における降雨浸透量の評価方法, 地下水地盤環境に関するシンポジウム 2011 発表論文集, pp.17-26, 2011.
- 4) 日本地下水学会編: 雨水浸透・地下水涵養, 理工図書, pp.1-64, 2001.
- 5) 地盤工学会: 地盤調査の方法と解説, pp.413-422, 2004.
- 6) 地盤工学会編: 不飽和地盤の挙動と評価, pp.67-74, 2004.