

動的水圧作用による飽和度上昇メカニズムに関する基礎的研究

岡山大学大学院 正会員 小松 満
同 学生会員 ○佐藤 友哉

1. 背景及び目的

放射性廃棄物の地層処分施設や地下岩盤内のエネルギー備蓄施設に代表される地下空洞施設の長期的な安全性を評価する上で、施設の完成に伴う再冠水後における地下水環境の変化を適切に予測することが重要である¹⁾。まず、再冠水直前の不飽和領域は、その後の挙動予測において欠かすことのできない初期条件となるため、飽和度の分布をあらかじめ考慮する必要がある。次に、最冠水に伴って水分が浸入する過程においては、冠水速度や作用する水圧により変化することが考えられる²⁾。なお、再冠水による水圧の上昇は自然界に見られる地下水面の季節変動などによる水圧変化と比較して短時間で起こることが予想される。また、トラップされた空気その後の挙動は以下に述べるようなメカニズムにより飽和度がさらに上昇する方向に向かうものと考えられる。

- ・水分や水圧の再分配に伴う場の不均衡や浮力により、気泡塊が空隙中を移動する。
- ・空気が圧縮されて体積が減少する。
- ・水圧増加に伴う空気の溶解度の増加により、気泡が水に溶解し体積が減少する。

上記のような再冠水後の飽和への移行過程は動的に作用する要因を伴っているものと考えられる。つまり、大気圧変動や潮汐の影響による地下水圧が作用する場合の影響が挙げられるが、そのような動的な現象について過去に着目された例はほとんど無い。そこで本研究では、再冠水時の飽和度上昇メカニズムについて、一次元鉛直カラムにより再冠水試験を実施し、動的な水圧を作用させた場合における供試体内の飽和度変化を静的な場合の結果と比較することでその影響について考察することを目的とした。

2. 試料の物理特性

試験に用いた試料は5号硅砂であり、JIS A 1202及びJIS A 1204に基づいて測定した土粒子密度と均等係数、曲率係数及び粒径加積曲線を表-1及び図-1にそれぞれ示す。なお、同図には参考として豊浦砂の結果も記載している。また、水分保持特性について土柱法を用いて測定し、高さを水頭換算した結果を図-2に示す。なお、排水の度合いを示す限界毛管圧は5号硅砂で約10cmH₂O、豊浦砂で約35cmH₂O程度であった。

3. 再冠水時における飽和移行プロセスに対する動的影響

一次元鉛直カラムにより再冠水試験を実施した。試験概要としては、飽和状態から一度排水させた供試体に短時間で注水することにより、再冠直後を想定した不飽和状態を作成し、これに動的/静的な水圧を作用させた場合における供試体内の飽和度変化を比較することでその影響について考察した。

試験装置の概略図を図-3に示す。コンプレッサーからの圧縮空気を(A)変動水圧条件ではレギュレーター

表-1 試料の物理特性

	豊浦砂	5号硅砂
土粒子密度 ρ_s	2.64	2.61
均等係数 U_c	1.5	1.94
曲率係数 U_c'	0.91	1.19

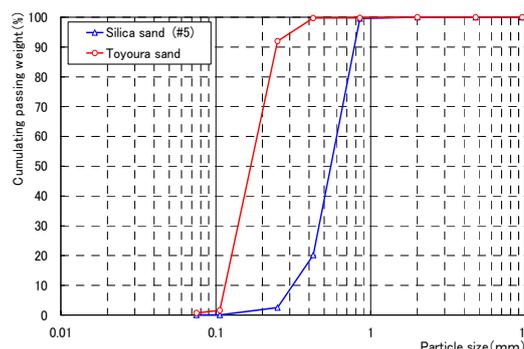


図-1 試料の粒径加積曲線

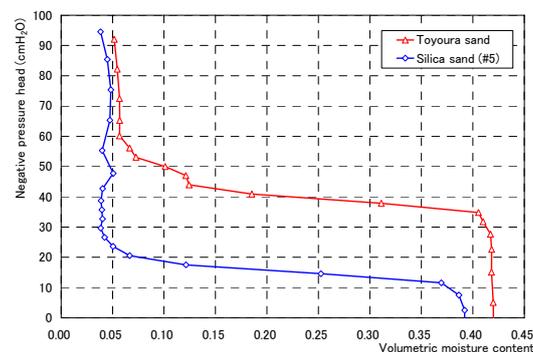


図-2 試料の水分特性曲線

を介して1次圧力に減圧させた圧力をさらにファンクションジェネレーターで圧力と変動周期を一定にコントロールする電空レギュレーターにより加圧タンクに2次圧が作用する構造となっている。一方、(B)一定水压条件は、1次圧をそのまま加圧タンクに作用させている。供試体には一定深度で水分計を設置して飽和度の変化を計測した。

試験方法としては、まず水中締固め方法により砂試料を詰めて飽和供試体を作製した後、限界毛管高さと同程度の水位差で一度注水タンクに排水させた後、注水タンクに加圧した上で再度供試体内に注水させた。そして、供試体上部から通水を確認した後、注水タンク側のバルブを閉じて、今度は供試体上部に加圧タンクを接続して、供試体上部から水压を動的あるいは静的な作用させた。

5号珪砂に対して実施した試験結果を図-4に示す。また、再冠水直後と水压作用後における飽和度の変化状況を図-5に示す。短時間（約1日経過後）の結果であるが、動的な水压が作用した場合、20cm付近の飽和度が上昇し、30cm付近が低下しているの、気泡が上昇した可能性が考えられる。また、50cm付近での飽和度上昇も顕著に見られる。つまり、動的な場合の飽和度上昇が速い傾向を示したことがわかる。

4. まとめ

本研究では、一次元鉛直カラム試験を用い、飽和状態から一度排水させた供試体に短時間で注水することにより、再冠水直後を想定した試験を実施した。これに動的／静的な水压を作用させた場合における供試体内の飽和度変化を比較した結果、1日後の変化として、動的な場合の飽和度上昇が速い傾向を示した。

今後の課題としては、再冠水後の飽和移行過程を評価するにあたり、再冠水過程（浸潤過程）の不飽和特性の違いが、長期予測結果に与える影響についての評価を動的な水压変動も含めて明らかにする必要がある。

【参考文献】

- 1) 河西基：高レベル放射性廃棄物処分に関する技術開発の現状と地盤工学，土と基礎，Vol. 55，No. 4，pp. 18-21，2007.
- 2) 西垣誠・小松満・山本浩史・田尻宣夫：液状化防止のための飽和砂質地盤内の気泡の消散度に関する研究，第33回地盤工学研究発表会，pp. 1821-1823，1998.

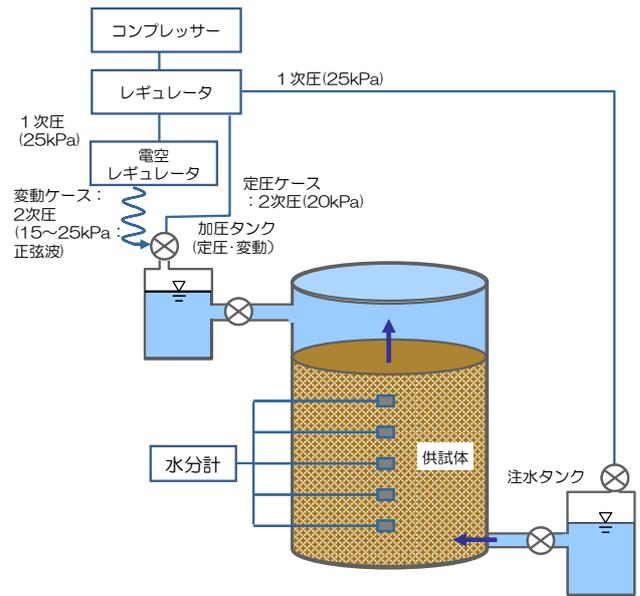


図-3 一次元鉛直カラム試験装置概略図

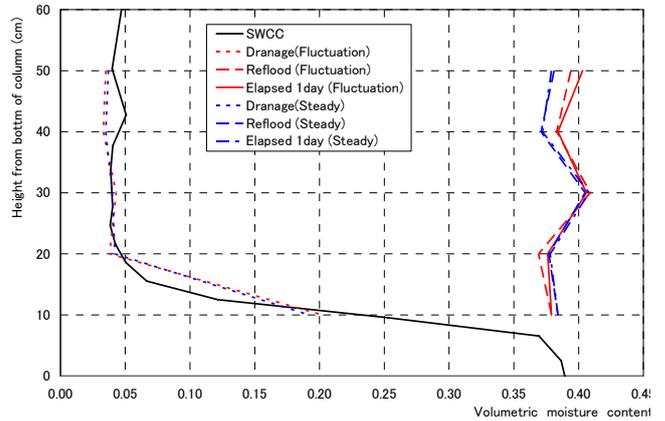


図-4 再冠水後の動的な水压作用試験結果

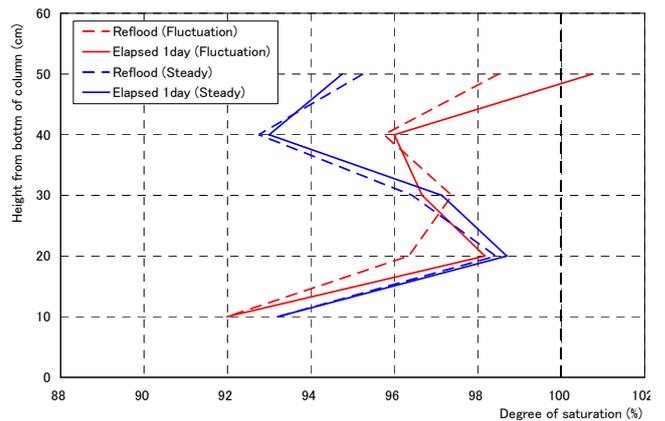


図-5 再冠水直後と水压作用1日後の飽和度変化