

多孔質媒体不飽和水理試験設備 (CLUE) を用いた不飽和水理試験に関する検討

核燃料サイクル開発機構 正会員 ○菊池広人*, 杉田裕, 鈴木英明*
 ハザマ 正会員 千々松正和
 岡山大学 正会員 小松満, 西垣誠

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、地下深部に廃棄物を埋設することが考えられている。処分場の建設や廃棄物の設置では地下深部に坑道を設けることとなる。このような地下深部に坑道を建設することにより、坑道周辺部には掘削の影響により不飽和領域が発生すると考えられる。地層処分の安全評価のためには地下水の挙動を把握することが重要と考えられるが、坑道周辺部においては、特にこのような不飽和領域の地下水流動への影響を把握することが重要である。そこで、坑道周辺部における不飽和領域の発生メカニズムの解明に着目して試験設備「多孔質媒体不飽和水理試験設備 (CLUE)」を製作した。本装置はガラスビーズで多孔質媒体を模擬する水槽 A と実岩体を用いる水槽 B の2つの水槽からなる。ここでは、ガラスビーズを用いる水槽 A の試験結果および解析評価結果について報告する。

2. 試験装置概要

図1に水槽Aの外観図を示す。水槽の内寸は高さ120cm、幅100cm、厚さ20cmである。水槽前面は20cm厚の亚克力板になっており、水や空気の移動状況を試験中に目視でも観察できるようになっている。計測項目は、間隙水圧および含水比である。間隙水圧は間隙水圧計、体積含水率は誘電率計測法 (FDR 水分量計測定装置¹⁾) によって計測する。水槽背面には計測器取付孔が多数設けられており、試験に応じて任意のレイアウトで計測器を配置することが可能である。

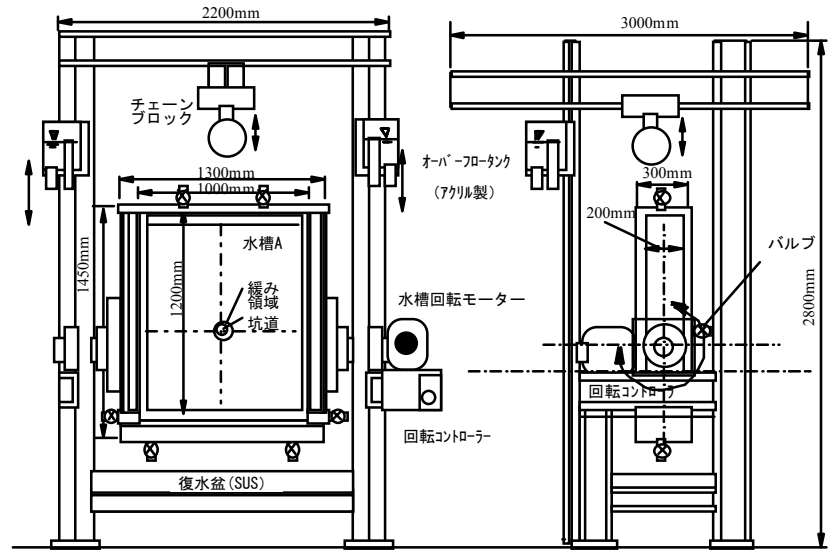


図1 試験装置概観

媒体は水位変化を容易に目視できるようにガラスビーズを充填して製作した。任意の粒径のガラスビーズを用いることで任意の透水性の媒体を製作することが出来る。坑道周辺の緩み領域は、想定した場所をメッシュフィルタで区切り、粒径の異なるガラスビーズを充填して表現した。

3. ガラスビーズの水理特性

水槽Aでの試験結果を評価するため、初めにそれぞれの粒径のガラスビーズの水分特性曲線、飽和と透水係数および不飽和透水係数を求めた。

表1 ガラスビーズの飽和透水係数

粒径	粒径範囲 [mm]	飽和透水係数 [m/s]
0.1	0.105-0.125	1.213E-4
0.8	0.710-0.990	5.136E-3

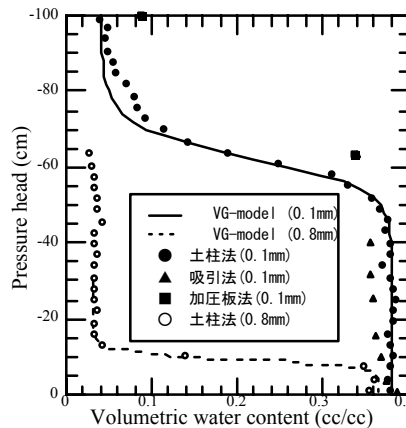


図2 水分特性曲線

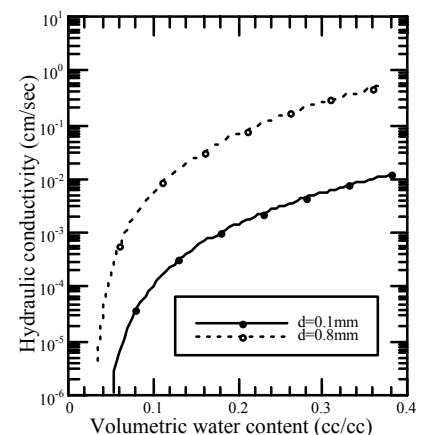


図3 不飽和透水係数

* 検査開発 (株)

高レベル放射性廃棄物、不飽和領域、飽和 - 不飽和水理特性、室内試験
 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 TEL:029-287-3247 FAX:029-287-3704

水分特性曲線は、土柱法、吸引法、加圧板法を併用して取得した。飽和透水係数は定水位透水試験で求めた。不飽和透水係数は水分特性曲線を van Genuchten モデル²⁾の提案式にフィッティングさせ、同定された n 値を用いて算出した。水分特性曲線を図 2 に、飽和透水係数の一覧を表 1 に、不飽和透水係数の算出結果を図 3 に示す。求めたこれらの水理特性は、実験結果と比較するために実施した不飽和浸透流解析で用いた。

4. 不飽和水理試験

不飽和水理試験に用いた供試体は、坑道周辺部の緩み領域を想定した部分に 0.8mm、健岩部を想定した部分に 0.1mm のガラスビーズを充填して製作した。坑道の直径は 90mm、緩み領域の幅は 95mm である。図 1 において水槽側面は不透水境界条件とした。試験水槽を飽和状態に設定した後、坑道部の背面に設けられたバルブを開放し、試験を開始した。試験は同じ条件で 2 回行い、1 回目は間隙水圧の測定、2 回目は体積含水率の測定に重点を置いた計測器の配置とした。

5. 試験結果

目視による観察結果から、坑道部からの排水開始に伴い、0.8mm のガラスビーズが充填された緩み領域へ空気が侵入する様子がアクリル板越しに観察された。図 4 に示す出力ポイントのうち、緩み領域内の間隙水圧および体積含水率の経時変化の例を図 5、6 に示す。図 5 からわかるように、坑道周辺部では、バルブ開放直後から圧力が大きく減少し、15 分経過後にはほぼ定常に達している。体積含水率に関しては、坑道上部に当たる地点 S12 で 4 分経過後から値が減少し、不飽和に移行したことがわかる。その後、14 分経過後から地点 S14 でも値が減少しており、不飽和領域の拡大を捉えていることが分かる。坑道側面部に当たる地点 S16 では不飽和には至っていない。汎用解析コード「ABAQUS」を用いた不飽和浸透流解析結果もそれぞれ図 5、6 に示している。比較結果から、間隙水圧変化に関しては解析結果がほぼ実験結果を表現できていることがわかる。体積含水率に関しては、時間のずれはあるものの、定常時の値はほぼ一致する結果であった。

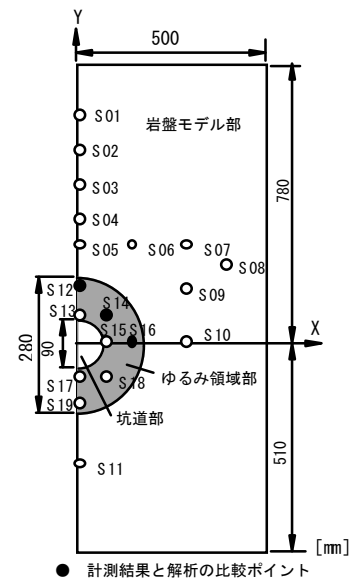


図4 出力ポイント

6. おわりに

本試験装置を用いた実験結果から、坑道周辺に不飽和領域が発現することが実験的に示され、FDR および間隙水圧計でその挙動を捉えられることがわかった。

【参考文献】 1) 冀北平ほか、FDR 計測法による土壌誘電率測定と特定深さの土壌水分測定、農業土木学会論文集、No. 182, pp. 25-30. 2) M. Th, van Genuchten, A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, Soil Science, vol. 44, pp. 892-898, 1980.

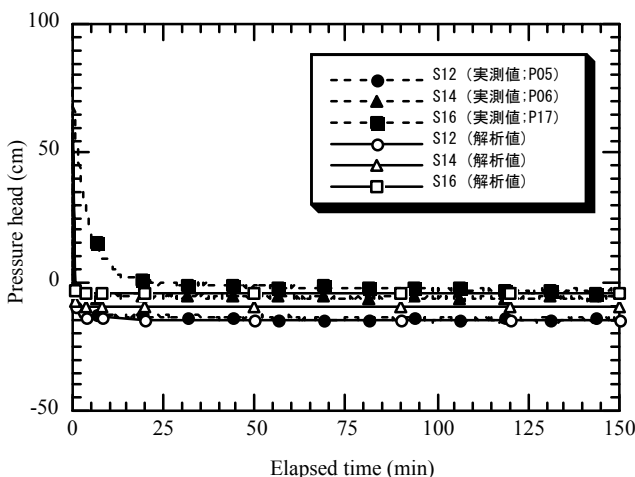


図5 間隙水圧の経時変化

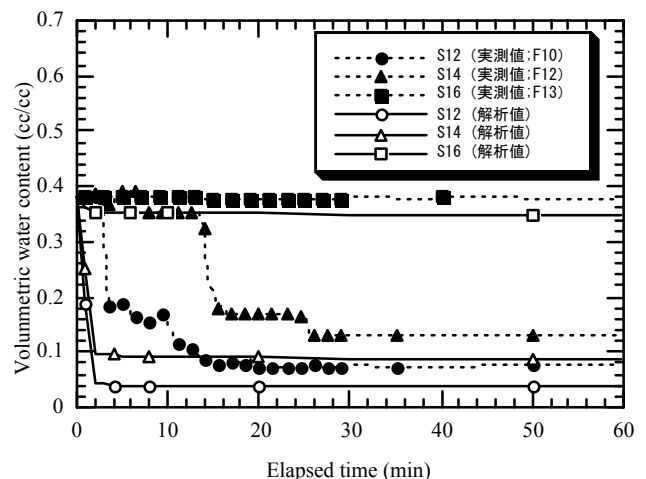


図6 体積含水率の経時変化