

TRU 廃棄物処分におけるガス移行連成挙動評価手法の開発 (その3) — 界面を有する充填材 (モルタル系材料) 供試体のガス移行試験 —

(公財) 原環センター 正会員 古賀 和正, 大和田 仁
(株) 大林組 正会員 鈴木 健一郎, ○志村 友行, 西村 政展

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設では、廃棄物に含まれる金属の還元腐食その他による水素などのガスの発生が想定される。このうち TRU 廃棄物処分施設のガス移行特性やガス発生影響を詳細に把握するためには、気液二相流解析や力学を連成させた二相流解析を行う必要がある。これらの解析では処分施設の構成材料の気液二相流特性が必須となる。

本研究の主な目的は、人工バリア構成材料である廃棄体区画間の充填材として想定されているモルタル材料を対象に透水・透気試験を実施し、その結果を整理することによって、上記解析に必要なモルタルのガス移行特性データを取得すること等である。

本報告では、上記目的に資するべく、TRU 廃棄物処分施設の人工バリアシステム内において卓越したガス移行経路となることが懸念される充填材打継部を評価対象に、当該部位を模擬したモルタル供試体を作製して透気試験を行い、そのガス移行特性について検討した。

表-1 主な配合

ケース	W/C ₀ (%)	S/C ₀ (%)	単位重量(kg/m ³)					計測値 ₀ エア量 (%)
			W ₀	C ₀	S ₀	混和剤 ₀ (×1000)	消泡剤 ₀ (×5)	
混和剤 有	65	1.5	407	626	938	5.2	2.1	11.8
混和剤 無	65	1.5	407	626	938	なし	2.1	10.5

2. モルタル供試体および試験方法

作成したモルタル供試体の主な配合を表-1 示す。ガス移行経路と想定されるモルタルの打継面について、水平打継面 (HJ シリーズ) と鉛直打継面 (VJ シリーズ) を模擬して供試体を作成した。試験ケースを表-2 に示す。水平打継面は、幅 60mm、高さ 100mm、長さ 500mm の型枠に端部より約 40mm 厚でモルタルを打設し、24 時間後にさらに 40mm 厚で打設により作成した打継面である。水平打継面の作成に当たっては、ブリージングを許容するように水中不分離性混和剤 (アスカクリーン; 信越化学工業㈱製、以下混和剤と略す) を用いないケースを実施することにより、材料分離による打継面の状態にバラつきを持たせた。鉛直打継面は、直径 100mm のサミット管に 24 時間の間隔を置いて 2 回打設を行うことにより作成した。鉛直打継モルタル (VJ および NJ2 シリーズ) は混和剤を用いたものだけで作成した。ただし、混和剤の量を 75% と 50% としたものを含んでいる。91 日水中養生の後、真空槽を用いた脱気浸水を 48 時間行い、透水試験を実施した後に初期透気試験を行った。初期透気試験において定常状態が得られたところで、水飽和の透気係数を算定した。その後、60℃の乾燥炉で 48 時間乾燥させた時点絶対乾燥状態として透気試験を行い、透気係数を算定した。透水試験および透気試験の供試体は、直径 50mm×高さ 50mm で、ゴムジャケットを被せ、試験装置にセットした。ここで、側部から供試体への水の浸透を防ぐためにネオプレーンスリーブの厚さ 0.45mm の不透水メンブレンと厚さ 1.0mm の通常のメンブレンを二重にし、間には信越化学工業㈱製の信越シリコン KF 96 を塗布し、さらにメンブレンの上から 1.0mm の針金で上下台座に固定し止水した。ゴムジャケットと供試体の間の通水防止のため、透水圧と側部拘束圧とは 0.2MPa 以上の差圧を負荷することとした。

表-2 試験ケース

Case	打継J	混和剤T	透気条件
HJ-S	水平HJ	無	水飽和S
HJ-T-S	水平HJ	有T	水飽和S
HJ-D	水平HJ	無	絶乾D
HJ-T-D	水平HJ	有T	絶乾D
NJ-S	無NJ	無	水飽和S
NJ-T-S	無NJ	有T	水飽和S
NJ-D	無NJ	無	絶乾D
NJ-T-D	無NJ	有T	絶乾D
VJ-T-S	鉛直VJ	有T	水飽和S
VJ-T-D	鉛直VJ	有T	絶乾D
NJ2-T-S	無	有T	水飽和S
NJ2-T-D	無	有T	絶乾D

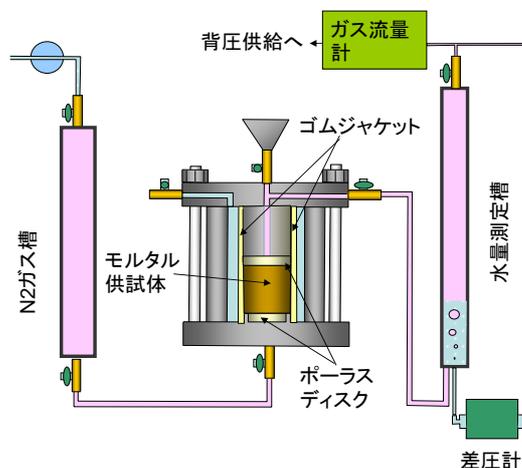


図-1 透気試験装置概念図

キーワード 放射性廃棄物処分, ガス移行, 充填材, モルタル, 打継供試体
連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL 042-495-0916

3. 試験結果と考察

モルタル供試体の透気試験における時間～排水量関係と時間～透気量関係の一例を図-2 に示す。プロットで示す定常状態区間から透気係数を式により算定した¹⁾。

$$K = \frac{2Q\mu p_a}{A} \frac{L}{p_0^2 - p_L^2}$$

ここで、 K : ガス有効浸透率(m^2)、 Q は大気圧下における透気体積(m^3)、 μ は気体の粘性係数(ここでは窒素を用いたので、 $1.76 \times 10^{-5}(Pa \cdot s)$)、 A は供試体断面積(m^2)、 L は供試体の長さ(m)、 p_a は大気圧(Pa)、 p_0 と p_L はそれぞれ供試体の気体入口と出口の境界圧力(Pa)である。

求めたガス有効浸透率を有効間隙率(%)に対してプロットしたのが図-3 である。色塗の印は、それぞれ透水試験後に窒素ガスを圧入した場合の初期の透気試験結果である。有効間隙率は、試験前の供試体重量 W_{int} と透気流量が定常となった状態で計測した供試体重量 W_{sat} 、また、絶対乾燥状態での試験終了時の供試体重量を W_{dry} とし、初期有効間隙率は $W_{int} - W_{sat}$ 、絶対乾燥状態での有効間隙率は $W_{int} - W_{dry}$ をそれぞれ供試体の体積 V で除したもので定義した。白抜き印で示した絶対乾燥状態の有効間隙率は混和剤の有無によらず 28.8~31.9%の範囲であった。初期透気試験での有効間隙率は、ほとんどのケースで 0.3%以下の小さな間隙をガスが透過していくものであった。混和剤が無いケース(実線で囲んだ範囲、マークで T 添え字の無いシリーズ)では、混和剤を用いたケース(破線で囲んだ範囲)と比べて明らかにガス有効浸透率が高くなり、飽和時と絶対乾時の有効間隙率の差も小さい。1点との比較となるが、打継無に比べて打継有は透気係数が大きい。一方、混和剤を用いたケースは、飽和時と絶対乾時でおよそ4桁の違いがあるが、打継無と打継有供試体に明確な違いがない。従って、処分場スケールで材料特性を考える場合、充填材については、水飽和時から絶対乾燥状態まで同程度のバラつきを持って分布させることが考えられる。一方で、水相飽和状態から乾燥状態までの(不飽和状態での)ガス移行特性を知るため、別途試験にて水分特性を調べた結果を図-4 に示す。図より、併記した飽和時点での透気試験結果も van Genuchten モデル²⁾で帰帰できることが示された。

4. まとめと今後の課題

界面を有するモルタル供試体を対象に、透気試験によってガス移行特性データを取得した。材料分離を許すような場合は、目視では密着している打継面であっても透気性が4~44倍程度増加すると考え

るべきである。混和剤を用い、材料分離を抑制した場合には打継が卓越したガス移行経路とはなりにくく、その移行特性は寧ろ材料自体の品質のバラつきに依存する可能性があり、今後は材料依存性を考慮した評価が必要である。

本報告は経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業である平成28年度地層処分技術調査等事業(TRU 廃棄物処理・処分技術高度化開発)の成果の一部である。

参考文献

1) 坂口雄彦, 伊藤洋, 佐藤邦明, 清水昭男: 岩石および開口割れ目における透気に関する基礎研究, 土木学会論文集 No.445/III-18, pp. 17-25, 1992. 2) Van Genuchten, M.Th.: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44, pp.892-898, 1980.

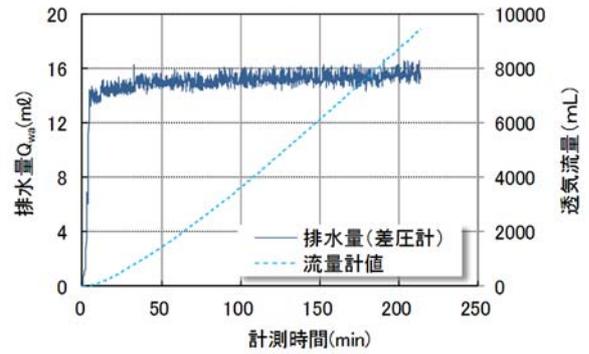


図-2 透気量および排水量測定例

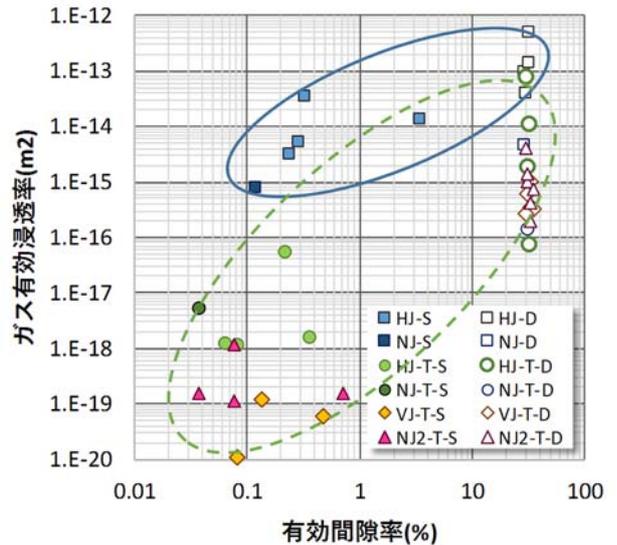


図-3 ガス有効浸透率と有効間隙率の関係

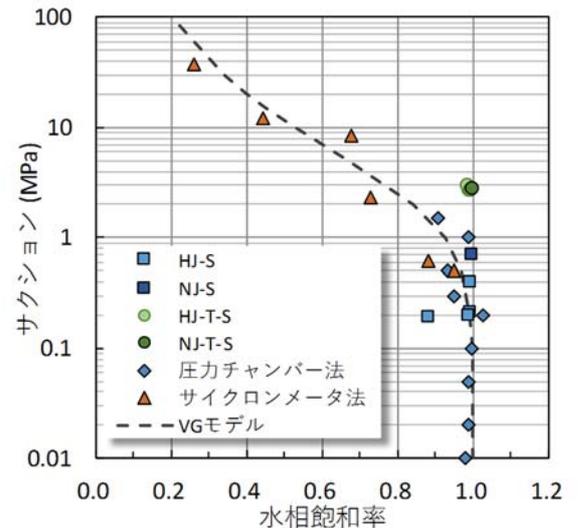


図-4 モルタルの水分特性