

地盤工学会基準に基づく HFSC 吹付けコンクリート供試体の透水試験

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
 大成建設株式会社
 (株) 太平洋コンサルタント
 (株) 太平洋コンサルタント
 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

正会員 ○松井 裕哉
 正会員 本島 貴之
 正会員 柴田 真仁
 非会員 坂本 亮
 非会員 望月 陽人

1. 目的

幌延深地層研究所地下施設内の HFSC（Highly Fly-ash contained Silicafume Cement，低アルカリ性セメント）を使用した吹付けコンクリート支保工を再現した供試体を対象に、令和 2 年度、令和 3 年度と透水試験を実施した¹⁾が、非常に透水性が低く、コンクリート工学で一般に用いられるアウトプット法²⁾での測定が困難な状況となっていた。このため、地盤工学会で基準化された厳密にダルシー則を満足する低透水性地盤材料の透水試験法（JGS 0312-2018）³⁾を適用した透水試験を実施した。今回の測定は、本手法を HFSC に適用した初めての事例と考えたため、その結果を報告する。

2. 透水試験の概要

図 1 に透水試験の概要を示す。この試験法は、ダルシー則を厳密に満足した透水係数を測定するため、飽和過程および透水試験時の注入量と排水量を計測し、差分 50%以内となることを定めていること、通水の有無によらず透水係数が評価できることが特徴である。また、本試験では、ビュレットは 2 重管構造のものを使い、水位は最小 0.01mL の変化の読み取りが可能で、その適用範囲は、概ね 10^{-9} m/s $\sim$ 10^{-13} m/s の難透水性地盤材料を対象としている。

測定に用いた供試体の状況を図 2、図 3 に示す。測定前の供試体は直径 50mm、高さ 100mm で、幌延の地下施設坑道内で気中、水中（原位置地下水）下で 2 年間養生したものである。この間に、図 2 に示すように供試体表面付近に炭酸化（中性化）領域が確認され、その範囲は養生方法で異なった。このため、その影響も評価する観点で、1 本の供試体を高さ 25mm に分割し試験に供した（図 3）。

3. 透水試験結果

表 2 に、試験開始後 1463 時間経過時で評価した透水係数を養生条件毎に示す。気中養生供試体については、 10^{-12} m/s オーダー、水中養生供試体については 10^{-14} m/s オーダーの透水係数となっている。また、図 4 に注水排水量の経時変化の例を示すが、気中養生供試体は、供試体上下方向に完全に通水し、変化が安定し、注水

キーワード HFSC，吹付けコンクリート，透水試験，地盤工学会基準，難透水性

連絡先 〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432 番地 2 TEL 01632-5-2022

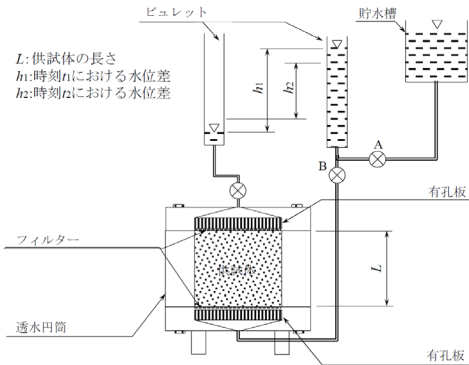


図 1 透水試験の試験系模式図³⁾

表 1 試験条件

流入側 (kPa)	300
流出側 (kPa)	0
設定動水勾配 (-)	1227

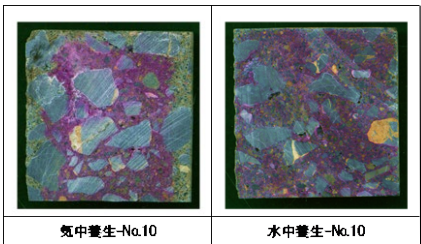


図 2 試験に用いた供試体における炭酸化（中性化）の範囲（図中緑色の箇所）

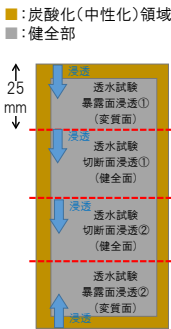


図 3 供試体作成状況

・排水量もほぼ一致している。

一方、水中養生供試体については、供試体上面からの排水はなく、注水量も安定していない。これらのことから、コンクリートにおいても、 10^{-12} m/s オーダーであれば信頼性の高い計測が可能こと、本来適用範囲外である 10^{-14} m/s オーダーの材料では現実的な時間（1 年程度）で信頼性の高い透水係数を得ることは困難であることが確認された。

4. 他の手法との比較

図 5 は、3. の透水試験と同じ養生条件、同じ高さの供試体を用いた、コンクリート工学で一般的なアウトプット法、インプット法³⁾による透水試験結果である。注水圧は 500kPa である。アウトプット法は、供試体を飽和状態にしたのち、注水圧をかけ、通水までの時間から透水係数を算出する。この方法では、3. と異なり注水圧のみ計測するが、通水が生じたことは確認する。図 5a) に示すこの方法による気中養生供試体の透水係数は、3. の結果とオーダー的に一致しており、実用上は 3. とほぼ同じ結果を与えるものと考えられる。水中養生供試体では、インプット法を適用し、浸透深さ（流入量）から簡易に計算したものと、得られた拡散係数を別途実施した室内試験で得られた弾性係数等を考慮し算出したもの⁴⁾を図 5b) に示した。前者で算出した透水係数は、3. の水中養生供試体の計測値より 1 オーダー程度大きくなっており、インプット法では、供試体を乾燥させてから注水を行うことから、今回の HFSC 供試体では、この影響が大きく過大な透水係数値となった可能性がある。

なお、本試験は、経済産業省資源エネルギー庁受託事業（高レベル放射性廃棄物等の地層処分にに関する技術開発事業(JPJ007597)（回収可能性高度化技術開発））の一環として、実施したものである。

参考文献

1) 例えば、公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター，国立研究開発法人日本原子力研究開発機構：令和 3 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分にに関する技術開発事業（回収可能性技術高度化開発）報告書，p. 5-1～p. 5-198，2022.

2) 笠井芳夫編著：コンクリート総覧，技術書院，1998.

3) 公益社団法人地盤工学会：新規制定地盤工学会基準・同解説 低透水性材料の透水試験方法（JGS 0312-2018），地盤工学会，2018.

4) 村田二郎：コンクリートの水密性とコンクリート構造物の水密設計，技報堂，p. 13～p. 26，2002.

表 2 得られた透水係数

供試体	透水係数 m/s	排水量/注水量 (収束目安 50%～150%)
気中養生 炭酸化面注水①	2.15E-12	99.0%
気中養生 炭酸化面注水②	5.50E-12	99.3%
気中養生 健全面注水①	9.62E-13	95.8%
気中養生 健全面注水②	3.09E-12	98.8%
水中養生 炭酸化面注水①	5.58E-14	—（排水無し）
水中養生 炭酸化面注水②	2.63E-14	—（排水無し）
水中養生 健全面注水①	2.78E-14	—（排水無し）
水中養生 健全面注水②	2.29E-14	—（排水無し）

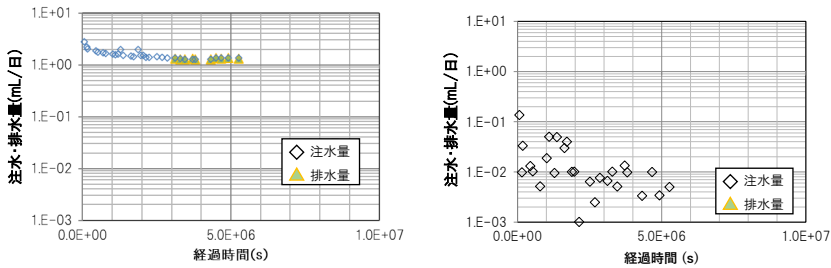
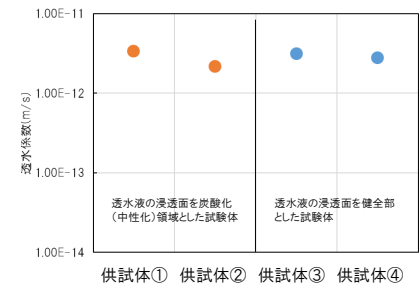
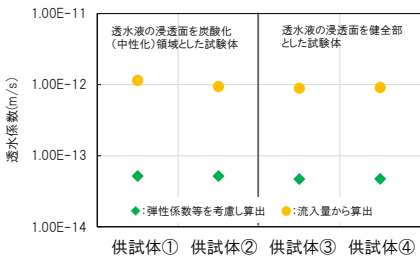


図 4 注水・排水量の経時変化の例
(左：気中下端部供試体、右：水中下端部供試体)



a) 気中養生供試体（アウトプット法）



b) 水中養生供試体（インプット法）

図 5 他の試験法で評価した透水係数