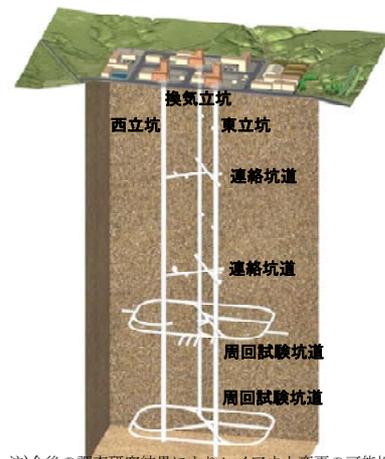


大深度立坑周囲に構築した止水壁による地盤の透水性の低減および立坑湧水量の予測解析結果

(独) 日本原子力研究開発機構 正会員 ○尾留川 剛, 山上 光憲, 操上 広志
 (独) 日本原子力研究開発機構 柴野 一則, 舟木 泰智
 大成建設(株) 正会員 名合 牧人
 大成建設(株) 本間 和人, 萩原 健司

1. はじめに

日本原子力研究開発機構では、北海道幌延町において、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発を推進するため、深度 500m 程度の立坑ならびに連絡坑道および周回試験坑道からなる深地層の研究施設の建設を平成 17 年 11 月から開始している(図 1)。研究施設周辺の地下 30m 程度までの浅部には、第四紀の未固結堆積物からなる段丘堆積物と新第三紀の珪藻質泥岩からなる声問層が分布しており、近傍の地下 20m 程度の範囲に、比較的透水性の高い区間が存在することが明らかになっている¹⁾。このことから、現在建設中の換気立坑および東立坑付近において、当該高透水性区間の三次元分布や立坑内への湧水量の把握を目的とするボーリング調査を実施した結果、浅部において既調査結果と同様の高透水区間を確認した。この影響により立坑内への湧水量が排水処理計画流量を大幅に上回る可能性が示唆されたため、両立坑の周囲に止水壁を構築することで透水性を低減し、立坑内への湧水量を低減することとした。本稿では、止水壁による透水性の低減および立坑湧水量の予測解析結果について報告する。



注)今後の調査研究結果によりレイアウト変更の可能性
がある

図 1 地下研究施設イメージ

2. 事前ボーリング調査

換気立坑および東立坑を囲むように掘削長 26~30m のボーリング孔を掘削し、コア観察および透水試験(孔内水位回復法 JGS1321-2003)を実施した(換気立坑 4 本, 東立坑 3 本)。コア観察の結果、立坑周辺の地下約 30m までは、上位から「段丘堆積物(周水河性角礫堆積物)」、「声問層の物理的風化部」、物理的風化を受けていない「声問層の新鮮部」に分類できることが確認された。また、透水試験の結果、段丘堆積物では $10^{-7} \sim 10^{-5} \text{m/s}$ オーダー、声問層の物理的風化部では $10^{-6} \sim 10^{-5} \text{m/s}$ オーダー、声問層の新鮮部のうち上面約 3m では $10^{-8} \sim 10^{-4} \text{m/s}$ オーダー、それ以深の声問層の新鮮部では 10^{-8}m/s オーダーの透水性が確認された。これらの調査結果から、段丘堆積物よりも声問層の物理的風化部の方が高い透水性を示し、また声問層の新鮮部の上面付近の一部に比較的高い透水性を示す区間が分布することが明らかとなった²⁾。この結果、立坑内への湧水量が井戸理論³⁾により地表から掘削深度 30m の時点で約 $1,100 \text{m}^3/\text{day}$ と算定され、立坑の排水処理計画流量を大幅に上回る可能性が示唆された。

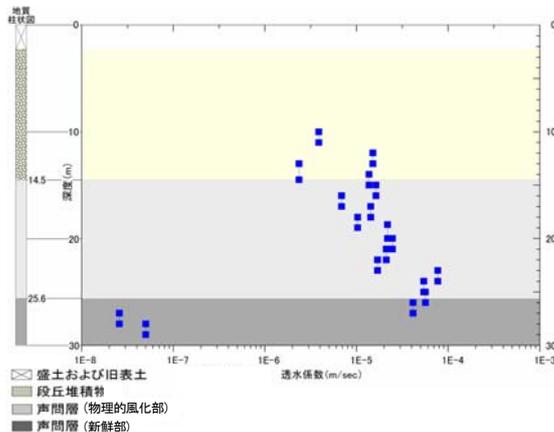


図 2 透水試験結果(換気立坑の一例)

3. 止水壁の室内配合試験

止水壁は、経済性や実績等を考慮し連続地中壁とした。なお、止水壁の造成深度は声問層新鮮部から 3m 程度までの範囲とし、換気立坑では地表から 28m、東立坑では地表から 25m とした。また、止水壁は固化材に分散剤を配合することで均一な止水壁の構築や、固化材添加量の低減、地盤混連時に発生する廃泥量の抑制を図った。また、止水壁の透水係数の目標は、声問層新鮮部と同等の 10^{-8}m/s オーダーとし、これを確保する配合を室内配合試験により決定した。

現場での施工は、粘性地盤に対して改良効果のばらつきが普通ポルトランドセメントと比較して小さいとされる高炉セメント B 種を固化材として使用した⁴⁾。室内配合試験で実施した配合一覧を表 1 に、試験結果を図 3 に示す。試験結果から、目標とする透水係数が確保され、最も小さい透水係数が得られる配合 A を採用した。

キーワード 止水壁, 透水性, 堆積岩, 浸透流解析

連絡先 〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2 (独)日本原子力研究開発機構 TEL 01632-5-2022

表 1 室内配合試験配合表

配合	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	分散剤A (kg/m ³)	分散剤B (kg/m ³)	W/C (%)	六価クロム溶出量 (mg/L)
A	180	414	8	12	230%	<0.02
B	180	414	6	9	230%	<0.02
C	170	391	10	5	230%	<0.02

4. 止水壁の透水性

止水壁中のボーリング孔を利用した原位置透水試験により、止水壁の透水性を確認した。換気立坑での原位置透水試験箇所および止水壁レイアウトを図4に示す。原位置透水試験は、所定の材齢時にボーリングを行い、孔内水位回復法により実施した。試験の結果、10⁻⁹m/sオーダーの透水係数が得られ、目標値として定めていた10⁻⁸m/sオーダーを確保した(図5)。

5. 有限要素法による立坑湧水量の把握

5.1 解析条件

換気立坑を対象とし、今後の立坑内への湧水量の把握を行うために、飽和-不飽和浸透流解析を有限要素法(FEM)により実施した。対象とした水理地質区分は、段丘堆積物、声間層の物理的風化部、声間層の新鮮部とした。FEM解析メッシュを図6に示す。

解析条件は、①東立坑との相互作用は考慮しない、②各層の透水係数および掘削深度の設定は表2のとおり、③降雨は考慮しない、④立坑掘削面は浸出面境界、⑤側方境界の水位は過去の水理試験結果からGL-2m、⑥水分特性曲線は図7に示すとおりとした。

5.2 解析結果

解析結果を表2に示す。この結果、止水壁の透水係数を原位置透水試験結果で得られた10⁻⁹m/sとしたCase2において、立坑湧水量5m³/dayと示された。これは、実際の立坑からの湧水量(約3m³/day)と比較し、若干大きい値ではあるものの、ほぼ同一の結果を示していることから、本解析の有効性を示すことができたといえる。なお、止水壁の透水係数を実測のそれよりも低く設定したケースにおいて湧水量が実測値と近い結果となった原因の一つは、地下水温が約8℃と低かったために、原位置透水試験時は止水壁の水和が進行しておらず、高い透水係数を示していたことが想定される。

6. まとめ

幌延地下研究施設の換気立坑および東立坑周囲に構築した止水壁により地盤の透水性の低減を行うことで立坑内への湧水量低減を図った。事前に実施した室内配合試験の結果を反映した止水壁により、目標とする透水係数まで地盤を改善することができ、その結果、立坑内への湧水量を抑制することができた。また、FEMによる浸透流解析により立坑内への湧水量予測を行った。今後は東立坑との相互作用を考慮したモデルの構築が不可欠であるが、本解析により現状の湧水量とほぼ同一の結果が得られ、有効性が確認されたことから、今後は本モデルを利用した湧水量の予測を適宜実施しながら工事を進めていく予定としている。

参考文献：1) 池田光良，関根達夫，堀内康光：地下水水位・土壌水分観測システムの設置，JNC TJ5410 2004-014，2005 2) 舟木泰智，安江健一，國丸貴紀，尾留川剛，名合牧人：周氷河作用を経験した地域における表層部の水理地質構造，日本地質学会第113年学術大会講演要旨，2006 3) 建設産業調査会：地下水ハンドブック，1998 4) 地盤工学会：地盤改良効果の予測と実際，2000

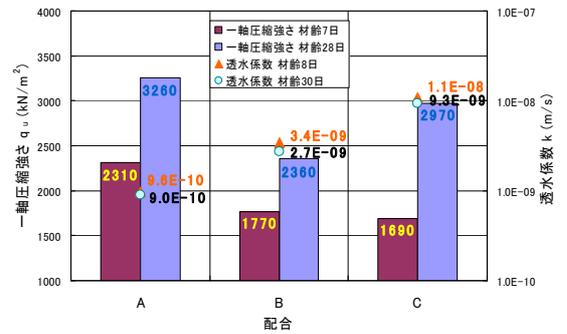


図3 室内配合試験結果

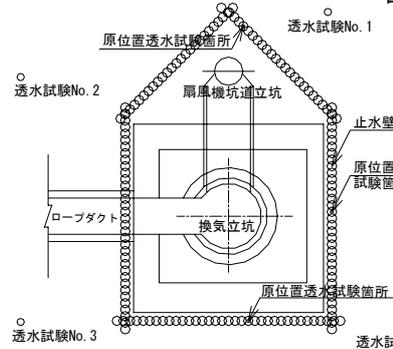


図4 原位置透水試験位置および止水壁レイアウト(換気立坑)

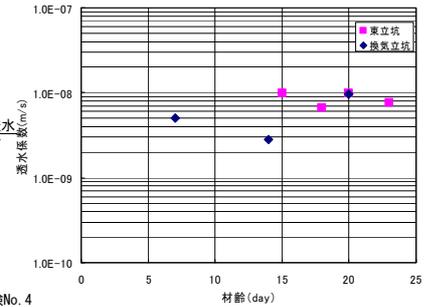


図5 原位置透水試験結果

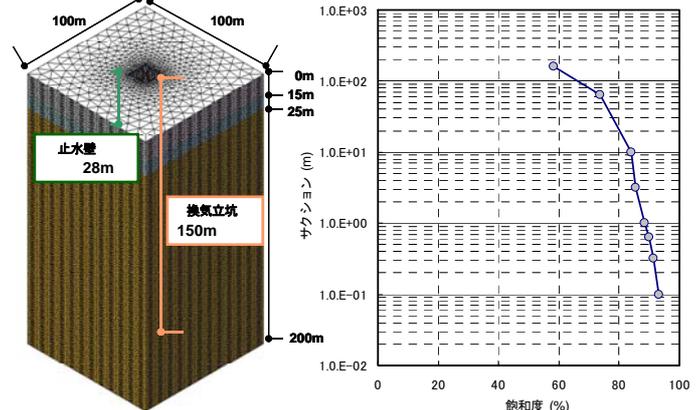


図6 FEM解析メッシュ

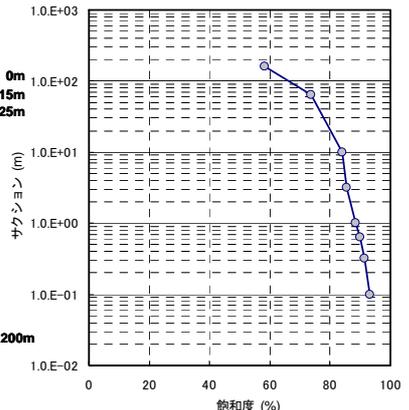


図7 水分特性曲線¹⁾

表2 解析条件および結果

	Case1	Case2	Case3
<解析条件>			
① 段丘堆積物(周氷河性角礫堆積物)		10 ⁻⁷	
② 声間層の物理的風化部		10 ⁻⁵	
③ 声間層の新鮮部		10 ⁻⁸	
④ 止水壁	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸
掘削深度(m)		50m	
<解析結果>			
湧水量 (m ³ /day)	3	5	17