

幌延 URL における人工バリア性能確認試験 堆積岩の掘削ズリを用いた埋め戻し材による坑道埋め戻しの検討及び施工

大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体 ○正会員 白瀬 光泰, 正会員 丹生屋 純夫
正会員 矢吹 義生, 正会員 名合 牧人
日本原子力研究開発機構 正会員 中山 雅, 大野 宏和

1. はじめに

日本原子力研究開発機構は、幌延深地層研究センター地下施設の深度 350m に位置する調査坑道において、実物大の人工バリアを対象に人工バリア設置後の過渡期の現象に着目した熱・水・応力・化学連成現象を評価するためのデータの取得を目的とした原位置試験（人工バリア性能確認試験）を実施している¹⁾。同試験では、坑道の一部をベントナイトと現地掘削ズリ（堆積岩）を混合した埋め戻し材で埋め戻し、埋め戻し材の膨潤圧と地下水圧に耐えるためのプラグコンクリートを設置している。本稿では、坑道埋め戻し材の仕様・施工法の検討、さらに実施工時の品質管理結果等について報告する。

2. 坑道埋め戻しの概要

坑道の埋め戻しを含む人工バリア性能確認試験の概要を図-1、図-2 に示す。本試験の埋め戻し材は、ベントナイトと掘削ズリを混合したベントナイト混合土を使用した。また、坑道内の狭隘な施工条件のもと、必要とされる埋め戻し材の仕様（乾燥密度）を確保するため、坑道の下半部は小型転圧機械を用いた転圧締め固め、上半部は圧縮成型により製作した埋め戻し材ブロックの設置を併用する施工法を選定・実施し、その施工性及び品質についての確認を行った。

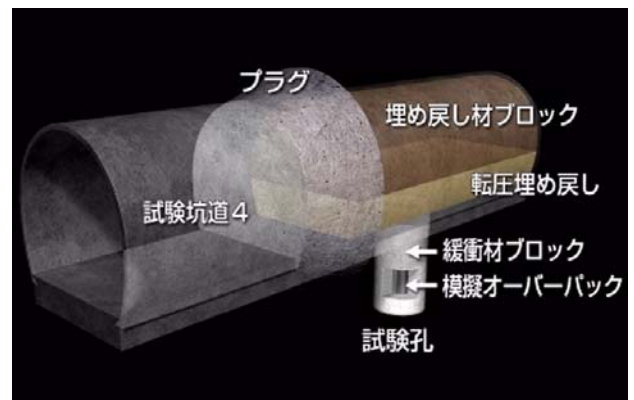


図-1 人工バリア性能確認試験 概要図(全体 鳥瞰図)

3. 埋め戻し材の仕様・施工法検討

3.1 埋め戻し材の仕様検討

本試験において求められる埋め戻し材の性能は、幌延 URL の原位置岩盤（透水係数： $1.0 \times 10^{-9} \text{ m/sec}$ ）²⁾と同等以下の低透水性を持つこと、緩衝材の膨出抑制等に必要自己シール性のひとつの指標として 0.1MPa 以上の膨潤圧の確保である。ベントナイトと混合する母材は掘削ズリとし、供試体の作成方法（圧縮成型、突固め）、試験水（塩水系地下水）を試験条件とした透水試験、膨潤圧試験等の室内試験を事前に実施し、要求性能を満たす埋め戻し材の仕様を、ベントナイトと掘削ズリを混合した埋め戻し材（ベントナイト混合率 40 (wt%)）、乾燥密度 1.2 Mg/m^3 以上と決定した。

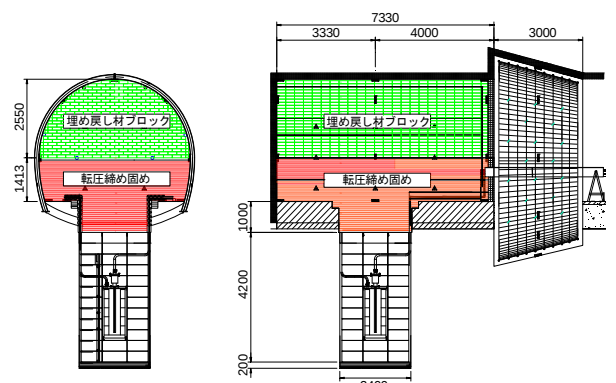


図-2 人工バリア性能確認試験 概要図(埋め戻し 断面図)

3.2 坑道下半部 施工法検討(転圧締め固め)

埋め戻し材の仕様（乾燥密度 1.2 Mg/m^3 以上）が達成可能な転圧締め固めによる施工法を検討するため、施工試験を実施、その結果から、埋め戻し材の目標含水比（33～39%）、使用機械（ハンドガイドローラ 0.6t 級）、撒き出し厚さ（100mm）・仕上がり厚さ（65mm）、転圧回数（無振動 2 回+振動転圧 16 回）を決定した。

キーワード：幌延深地層研究計画、原位置試験、人工バリア、埋め戻し、ベントナイト、堆積岩

連絡先：〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2 大成・大林・三井住友 JV TEL01632-5-2080

また、坑道内の側壁端部等の狭隘部は、ハンドガイドローラを用いた転圧締め固めの施工が非常に困難となるため、転圧締め固め機械として電動ランマを選定した。

3.3 坑道上半部 施工法検討(埋め戻し材ブロック)

埋め戻し材ブロック製作の事前検討として、埋め戻し材の仕様（乾燥密度 1.2Mg/m³ 以上）を満たす 3 種類のサンプルブロックを製作し、製作性、作業性、加工性及び坑内環境下における経時変形を確認した。検討の結果、埋め戻し材ブロックの仕様は乾燥密度 1.4Mg/m³ 程度、目標含水比 30%と決定し、人力による設置を前提とした形状の 300mm×300mm×100mm（約 16kg/個）を採用した。

4. 埋め戻しの施工及び品質管理

4.1 施工概要

事前検討により決定した埋め戻し材の仕様を表-1 に示す。埋め戻し材の混合はポットミキサを使用して行い、混合した埋め戻し材は内袋付きの大型土のうに収納して保管した。埋め戻し材ブロックは工場の圧縮成型機械（800kN）にて製作し、製作後のブロックはラップ養生して設置直前まで保管した。坑道下半部は人力による埋め戻し材の撒き出し（100mm）後、小型転圧機械（ハンドガイドローラ及び電動ランマ）にて所定の仕上がり厚さ（65mm）まで転圧締め固めを行い、坑道上半部は人力による埋め戻し材ブロックの設置（約 8700 個）を行った。なお、埋め戻しの施工と併行して、計測機器類、注水管、模擬オーバーパック関連配管の設置を実施した。

4.2 品質管理概要

埋め戻しに関する主要な品質管理項目の一覧表を表-2 に示す。埋め戻し材用混合土の品質管理として含水比試験による含水比の確認、メチレンブルー吸着量試験によるベントナイト混合率の確認を実施した。また、転圧締め固めの品質管理として埋め戻し材の各層ごとの投入量管理・レベル測定、及び所定位置での乾燥密度の確認（砂置換法）を実施した。埋め戻し材ブロックの品質管理として、出来形寸法・重量測定による乾燥密度の確認を実施した。

4.2 品質管理結果

品質管理結果の一例として、坑道下半部の転圧締め固めにおける試験結果を表-3 に示す。本結果より、小型転圧機械を用いた転圧締め固めの施工法により、埋め戻し材の仕様として設定された乾燥密度 1.2Mg/m³ 以上の達成が可能であることが示唆された。

5. まとめ

幌延 URL における人工バリア性能確認試験のうち、堆積岩の掘削ズリを用いた埋め戻し材（ベントナイト混合率 40（wt%））による坑道埋め戻しの検討及び施工を実施した。坑道の上半部を埋め戻し材ブロック、下半部を転圧締め固めとした埋め戻しの施工性を確認し、併せて埋め戻し材の仕様として設定された品質管理項目である乾燥密度 1.2Mg/m³ 以上の達成が可能であることが示唆された。

参考文献：1) 中山ほか（2013）：幌延 URL における人工バリアの性能確認試験（1）試験計画の全体概要，日本原子力学会 2013 年春の年会，予稿集 A14 p. 14.
：2) 幌延深地層研究センター(2014)：幌延深地層研究計画 平成 25 年度調査研究成果報告
：3) 幌延深地層研究センター(2015)：幌延深地層研究計画 平成 26 年度調査研究成果報告

表-1 埋め戻し材の仕様

項目	転圧締め固め	埋め戻し材ブロック
使用材料	掘削ズリ(種内層) ベントナイト(クニゲルV1)	掘削ズリ(種内層) ベントナイト(クニゲルV1)
ベントナイト混合率	40 (wt. %)	40 (wt. %)
掘削ズリの粒度	20mm以下 ふるい分けによる粒度調整	20mm以下 ふるい分けによる粒度調整
混合水	工事用水 (幌延町内井戸水)	工事用水 (幌延町内井戸水)
設定含水比	33～39%	30%
目標乾燥密度	1.2Mg/m ³	1.4Mg/m ³
寸法	—	30cm×30cm×10cm

表-2 埋め戻しに関する品質管理項目(主要)

確認対象	品質管理項目	確認方法
埋め戻し材用混合土	含水比	含水比試験
	ベントナイト混合率	メチレンブルー吸着量試験
転圧締め固め	乾燥密度	砂置換法、Ri測定
	埋め戻し材用ブロック	材料投入量、レベルによる層厚測定

表-3 坑道下半部転圧締め固め
品質管理結果(一部)³⁾

試験方法		砂置換法		
層番号	実施箇所	湿潤密度	乾燥密度	含水比
		ρ_t (Mg/m ³)	ρ_d (Mg/m ³)	w (%)
4層目	B側線CL	1.665	1.232	35.1
7層目	"	1.681	1.238	35.8
10層目	"	—	—	—
14層目	"	1.688	1.234	36.8
17層目	A側線	—	—	—
18層目	"	1.661	1.223	35.8
20層目	C側線	1.657	1.209	37.1
22層目	B側線	1.669	1.210	37.9
24層目	"	—	—	—
26層目	C側線	1.665	1.217	36.8
27層目	A側線	1.661	1.217	36.5
29層目	C側線	—	—	—
31層目	B側線	1.665	1.216	37.0
33層目	C側線	1.661	1.223	35.8
35層目	A側線	1.658	1.220	35.8
36層目	B側線	1.649	1.214	35.8
37層目	A側線	—	—	—
平均		1.665	1.221	36.4

:試験孔部 :坑道下部