

ベントナイト系人工バリア切削技術の開発 (その2)

— ドライアイスブラストによるトレンチ掘削 —

(株)大林組技術研究所 正会員 ○森 拓雄

〃

土井 暁

1. はじめに

近年、放射性廃棄物処分場において定置後に廃棄体の回収可能性を担保しておく機運が高まってきている¹⁾。定置した廃棄体を回収するためには人工バリアを除去する必要がある、その方策として筆者らはドライアイスブラストなどによる人工バリア掘削技術を検討してきた²⁾。今回、ドライアイスブラストでトレンチ状に掘削できることを確認するため、模擬緩衝材を製作し切削を試みた。さらに、新たに掘削ずりを回収する機構を設けた専用ノズルを開発し、その能力についても検証した。

2. 実験概要

2-1 模擬人工バリアの製作

模擬人工バリア材料として、HLW で検討されている表-1 に示す配合のベントナイト混合土を使用した³⁾。1つのブロックの大きさが $150 \times 150 \times 50 \text{ mm}$ で乾燥密度が $\rho_d = 1.60 \text{ Mg/m}^3$ になるように専用の型枠を用いて圧縮成型した。そのブロックを 54 個 (6 列 $\times$ 9 段) 作製し、図-1 に示す内側寸法 $930 \times 500 \times 180 \text{ mm}$ の鋼製土槽内に積み上げた。積み上げる際のブロック同士の接着方法は、予備実験を行い決定した。水を塗布する方法、ベントナイト混合土に水を加えペーストとして用いる方法、さらに接着面のかき乱しの効果などについて点载荷試験で検討し、図-2 に示す接着面をかき乱さずに水を塗布する方法とした。今回のブロックの一軸圧縮強度は約 500 kN/m^2 で、西村らの研究で引張強度 = 一軸圧縮強度 $\times 10$ 倍の関係が得られており、母材の引張強度は約 50 kN/m^2 と推定される^{4,5)}。点载荷試験の結果、接着面の引張強度は 36.6 kN/m^2 で母材の 7 割程度の強度が確保できたと考えられる。なお土槽とブロックの隙間はベントナイト混合土を充填し突固めた。

表-1 人工バリア材料

材料	ベントナイト	Na型 (山形産)
	砂(乾燥重量比)	珪砂3号 : 5号 = 1:1
配合(乾燥重量比)	ベントナイト : 砂 = 7 : 3	
調整含水比	10.5%	

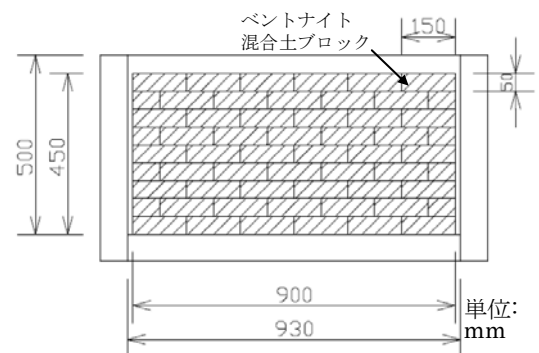


図-1 鋼製土槽 (奥行 180mm)

2-2 切削装置

図-3 に切削装置を示す。ドライアイスブラストのノズルを自走式ロボットアームに取り付けたもので、遠隔作業を想定し、ロボットアームの動作はあらかじめプログラミングしておき、切削作業を自動化した。ノズルは直径 90mm の吸引用のカバーで覆われており、掘削ずりを回収 (吸引) する機構になっている。廃棄体堅置き方式での回収を想定し、2-1 で作製した土槽を縦に置き深さ方向に切削する場合と、横置き方式を想定した土槽を横向きに置き奥行方向に切削する 2 ケースの実験を行った。これまでの研究で、ブラストの空気圧、ノズルの移動速度、噴射距離 (ノズルと模擬緩衝材の間隔)、ノズル長などのパラメーターのうち空気圧が最も切削に及ぼす影響が明らかになっていることから、今回は空気圧を $0.9 \sim 1.2 \text{ MPa}$ まで変化させた²⁾。

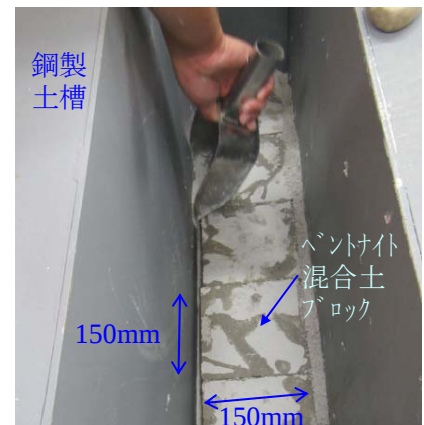


図-2 混合土ブロックの敷き並べ

キーワード ベントナイト混合土、放射性廃棄物処分、緩衝材、回収性

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 042-495-1015

3. 実験結果

ノズルの移動範囲は一次元で 700mm (土層の両端からそれぞれ 100mm ずつ) とし, 1 往復させる毎に, 切削開始前と切削後に鋼製土槽上端から模擬人工バリアまでの距離を 5 か所 (100mm ピッチ) 測定し, その差を掘削深さとした. ノズルの移動速度は 10mm/s とした. 実験は縦置きから実施した.

3-1 縦置き方式

図-4 にブラスト空気圧と 5 か所の平均掘削深さの関係を示す. 空気圧が大きくなると掘削量が多くなる傾向がみられる. 掘削ズリ回収機構を取り付けていない前回の結果と比較するとプロットが全体的に右側にシフトしている²⁾. すなわち切削能力が若干低下しているが, これは掘削ズリ回収機構の吸引する空気の流れでブラストの空気の勢いが弱められているためと考えられる. ただしブラスト空気圧が 1.2MPa あれば深さ 20mm 程度掘削できることが確認できた. ブラスト空気圧が 1.2MPa のとき掘削面の幅 (ノズルの移動方向に対して鉛直方向) は 180mm 以上 (土槽の幅) で吸引カバーの直径 (90mm) よりも十分大きい. よってノズルの水平移動を繰り返していけば, 深さ方向にトレンチ状に掘削できることが確認できた.

3-2 横置き方式

図-5 に示すように土槽を横向きに置き, ドライアイスブラストを横方向に噴射した. 図-4 に掘削結果を示したが, 縦置き方式と同様にブラスト空気圧が大きくなると掘削量が多くなる傾向がみられる. また縦置き方式と比較すると, 掘削ズリが重力によって下方に移動し, よりスムーズに回収されていく状況が観察された.

4. まとめ

以上の結果, ドライアイスブラストで, 縦置き方式では深さ方向に, 横置き方式では奥行き方向に, 無人で掘削できることが確認できた. また今回開発した掘削ズリ回収機構も有効に機能することが確認できた. 今回はブロック方式で構築した人工バリアを想定した切削技術の開発を行ったが, 今後も人工バリアのそれぞれの構築方式および回収のタイミングに 適した切削技術の開発が必要である.

参考文献

- 1)朝野:放射性廃棄物の地層処分における可逆性と回収可能性—考え方と技術開発等の状況—, 原環センタートピックス, No. 102, 2012. 2)森, 土井:ペントナイト系人工バリア切削技術の開発(その1)—切削方法の実験的検討—, 土木学会第70回年次学術講演会, CS12-08, 2015. 3)藤田, 中山, 棚井, 杉田: Plan of Full-scale Experiment on Engineered Barrier System in Horonobe Underground Research Laboratory, International Conference on the Performance of Engineered Barriers, pp. 435-442, 2014. 4)核燃料サイクル開発機構:わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—分冊2 地層処分の工学技術, JNC-TN1400 99-022, 1999. 5)西村和夫, 土門剛, 岡戸秀樹:ポイントロードインデックスによる圧縮強度の評価, トンネル工学研究論文, 報告集第11巻, 報告34, pp.251-256, 2001

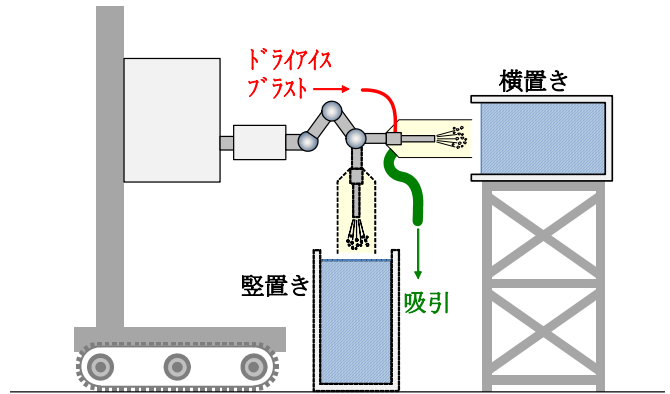


図-3 切削装置

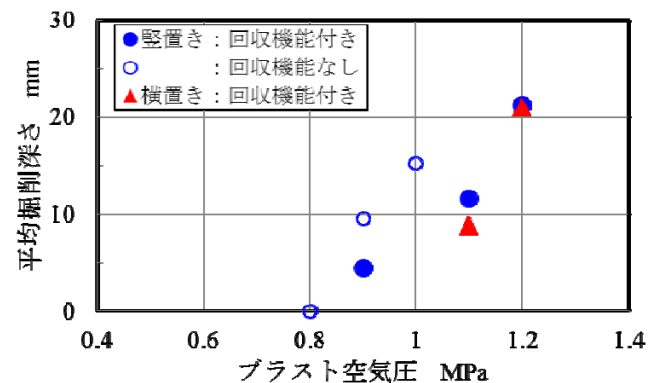


図-4 ブラスト空気圧と掘削深さの関係：縦置き



図-5 切削実験 (横置き)