

高密度ベントナイト吹付け工法の開発(その2)

ー密度のばらつきと施工方法の検討ー

鹿島建設株式会社 正会員 ○戸井田克 田中俊行 中嶋誠門 小林一三

正会員 福田勝美 非会員 佐藤竜郎

日本プライブリコ株式会社 正会員 野中克美 非会員 矢部順一 神津圭輔

1. はじめに

余裕深度処分埋設施設や TRU 廃棄物処分施設のベントナイト系人工バリアのうち、上部・側部緩衝材やプラグ等の狭隘部施工に適用すること目的として、筆者らはベントナイト吹付け工法の開発を実施中である。これまで吹付けで実現が困難であった有効ベントナイト乾燥密度 1.6Mg/m^3 以上の高密度を達成し、安定な施工をするために不可欠な材料供給方法について検討した¹⁾。そして、この工法を実施に供するためには、吹付け方向等の具体的な施工方法について検討する必要がある。本報では、鉛直下向きおよび水平向きに吹付けた場合の乾燥密度のばらつきを調べて、最適な吹付け方向を選定し、その施工性を検討した結果について報告する。

2. 試験概要

- (1) **使用材料**: 材料はベントナイト原鉱石 100% (クミネ製, $G_{\max}=5\text{mm}$) を加水混合で含水比調整したものを使用した。含水比 w は事前の検討で乾燥密度 $\rho_d=1.6\text{Mg/m}^3$ が達成できる 21% に設定した²⁾。
- (2) **使用機械**: 吹付け機械は図-1 に示すベントナイト吹付けユニット(吹付け機+材料供給機)を使用した²⁾。空気圧縮機的能力は $18.5\text{m}^3/\text{min}$ (ドライエアタイプ) とした。
- (3) **吹付け条件**: 吹付けは側部緩衝材を模擬した幅 $1100\text{mm} \times$ 高さ $1000\text{mm} \times$ 長さ 2000mm の試験体に行った。底部は、実施工を模擬してベントナイトを予め 100mm の厚さに吹付け平滑にした。吹付け方向は、図-2 に示すように①鉛直下向き(小断面用吹付けロボット)、②水平向き(吹付けロボット)、③水平向き(人力)の3通りとした。
- (4) **吹付け方法**: 吹付け手順は以下のとおりとした。①含水比調整した材料を入れたトン袋(約 500kg) をクレーンで材料供給機のホッパーに投入した。②空気圧縮機からエアーを供給して超音速ノズル(最狭径 25mm) でノズルから吹付け面まで約 1000mm の距離を保持して吹付けた。とくに、リバウンドの処理は行わなかった。③吹付け後、ベントナイトを所定の位置からコアサンプリングし、大きさ約 50mm の密度をシリコン比重法³⁾によって求めて、密度分布および含水比を調べた。

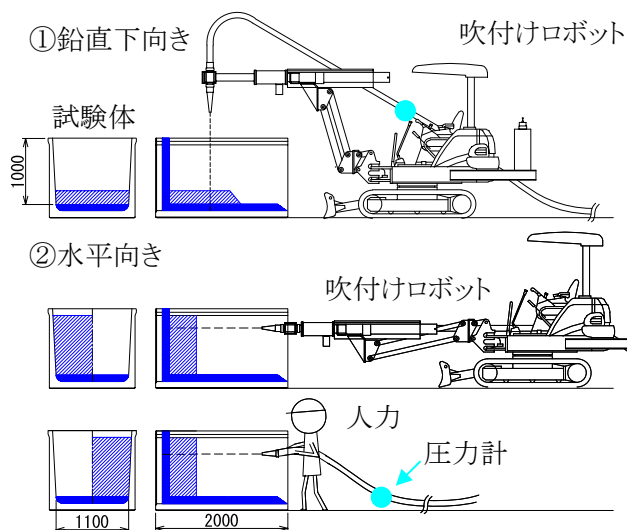


図-2 吹付け方向

- (5) **施工管理**: ノズル後方に圧力計を空気圧縮機の出口に質量流量計を設置して、吹付け時の圧力および空気流量を測定して一定に保つよう管理した。

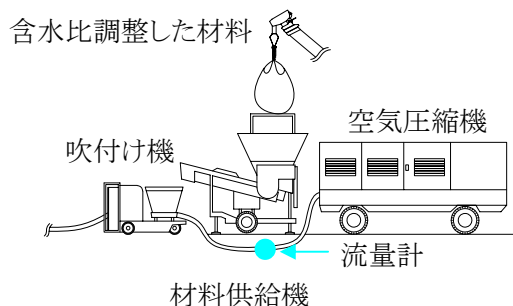


図-1 ベントナイト吹付けユニット

キーワード 放射性廃棄物処分, 人工バリア, ベントナイト, 吹付け, 施工法, 高密度

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-7081

3. 試験結果

図-3 に吹き付けた断面中央部の ρd の分布状況を、図-4 にサンプリングした全データの ρd と w の関係を示す。

鉛直下向きに吹いた平均 ρd ①は 1.60 Mg/m^3 、標準偏差 $\sigma = 0.01 \text{ Mg/m}^3$ で、密度のばらつきは大変小さかった。試験体との境界部の ρd も中心部の値と変わらず、また鉛直方向(吹付け方向)に対する密度差もほとんど生じなかった。

水平向きロボットの平均 ρd ②は 1.62 Mg/m^3 、人力③は 1.61 Mg/m^3 、 $\sigma = 0.02 \text{ Mg/m}^3$ とばらつきが小さかった。ロボットと人力の密度の有意な差は無かった。③の試験体の境界部に密度低下が見られたが、 0.02 Mg/m^3 程度であった。

これらの結果から、吹付けた密度は、空気圧縮機で個々の材料粒子にエネルギーを与えるためばらつきが小さくなり、現場締固め施工の結果²⁾で見られるような層内の密度差が生じなかったと考えられる。また、鉛直下向きの吹付けで発生したリバウンドが巻き込んで密度が低下する現象は見られず、試験体の境界部でも密度の低下は無かった。したがって、どんな方向に吹付けても、発生するリバウンドが品質に及ぼす影響はほとんど無いと考えられる。

そこで、鉛直下向きはリバウンドを集積することが困難であるため、リバウンドを集積し易い水平向きの吹付けを選定して、図-5 に示す実施工を模擬した施工試験を行った。

吹付けは、幅 1m以下で施工可能である小型施工機械(ミニバックホウ PC02, 幅 690mm)の先端にノズルを装着し、凍結混合³⁾した設定含水比 21%の材料(吹付け量約 500kg)で行った。吹付け厚さは、試験体上面に抑え型枠を設置して 1 層あたり約 100mm とし、約 0.15 m^3 の施工体を構築した。リバウンドは、強力空気搬送機で処理し、トン袋に回収してリバウンド量を測定した。

その結果、小型施工機械での施工は、材料の閉塞も無く良好に吹付けできた。リバウンド率(=リバウンド量/投入量 $\times 100\%$)は 30~35%で、施工速度は約 2.5 t/hr (出来形 $1.3 \text{ m}^3/\text{hr}$)であった。また、発生するリバウンドは、吹付け施工中に約 70%を処理回収できた。

4. おわりに

以上、ベントナイト吹付け工法の実用化に向けた施工方法の検討を行った。吹付け施工で得られた密度は、現場締固め施工のような密度差が生じず、ばらつきが小さく均一であった。さらに、水平向きに吹付けることで、①現場締固め施工に必要な妻側型枠が要らず、大規模な揚重設備も不要であること、②必要な延長分の施工が可能であり建設工程が容易であること、等の長所がある。今後、施工の効率化およびコストを低減させるため、吹付けロボットの自動化やリバウンド再利用方法について検討する予定である。また、吹付けの品質管理方法は別途報告する予定である。

参考文献 1) 中嶋他: 高密度ベントナイト吹付け工法の開発(その 1), 土木学会第 62 回年次講演会, 2007.9(投稿中)

2) 千々松他: ベントナイトバリアの現場締固め施工に関する検討, 土木学会第 61 回年次講演会, 2006.9

3) 小林他: ベントナイト吹付け技術の開発(その 1)ー混合方法と品質管理方法の検討, 鹿島技術研究所年報, 2006.9.

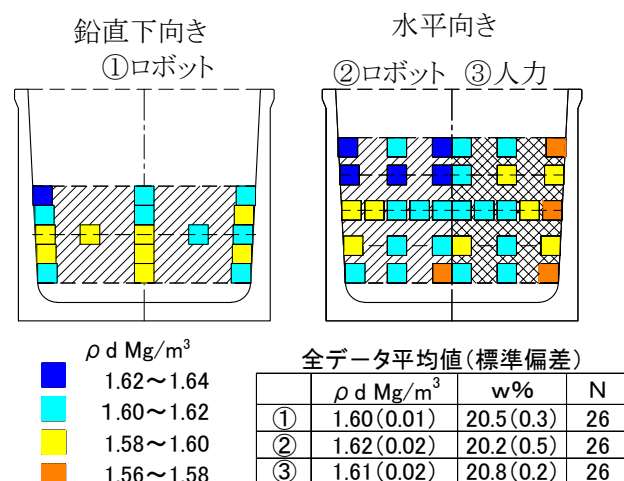


図-3 断面中央部の ρd の分布状況

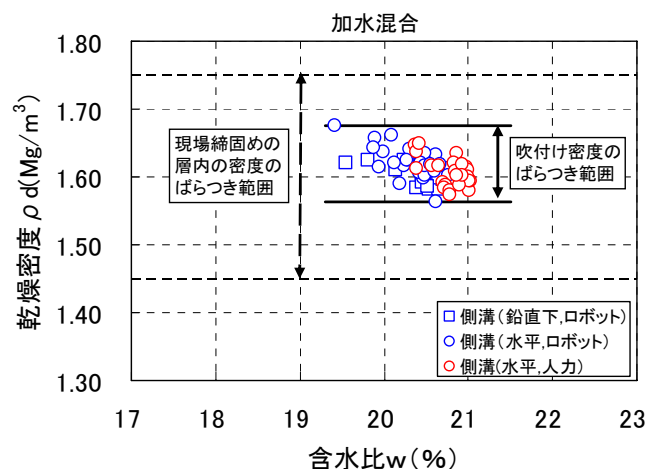


図-4 サンプリングした ρd と w の関係



図-5 水平向きの吹付け施工