

吹付け工法による高密度ベントナイトの施工試験－施工条件の検討－

鹿島建設技術研究所 正会員 ○中畠 誠門
 鹿島建設技術研究所 正会員 小林 一三
 鹿島建設技術研究所 正会員 田中 俊行
 鹿島建設技術研究所 正会員 戸井田 克

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物のうち次期埋設施設や TRU 廃棄物処分施設では、廃棄体に入った構造躯体を緩衝材（ベントナイト）で覆うバリア概念が想定されている。この概念において緩衝材には高い止水性が期待されているため高密度に施工することが必要になる。例えば、緩衝材の透水係数を 1×10^{-12} m/sec 以下にするためには、ベントナイト単体で乾燥密度 1.6 Mg/m^3 以上に施工する必要がある。現在、この緩衝材の施工方法として振動締固めやベントナイトブロック等の施工方法が検討されており、特に狭隘部における緩衝材の構築は、施工面・品質面共に難易度が高いと考えられる。

そこで、狭隘部においてベントナイトを高密度に施工する方法として吹付け工法について検討した。本報では、これまでの試験結果¹⁾を基に、目標とする乾燥密度ならびにリバウンド率で吹付けるための施工条件を検討した結果を報告する。

2. 試験方法

図-1 に試験フローを示す。これまでの室内および現場試験結果¹⁾から、乾燥密度 1.6 Mg/m^3 以上を達成することができた。そこで、次の段階として下記に示す施工目標を満足する施工条件の検討を行った。

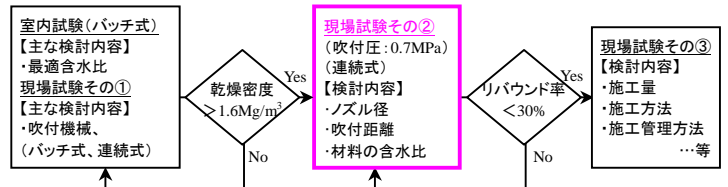


図-1 試験フロー

【施工目標】平均乾燥密度 1.6 Mg/m^3 以上、リバウンド率 30%以下(国交省積算基準、コンクリート吹付工を参考に設定)を施工目標として試験を実施した。

【材料条件】材料は図-2 に示す粒度分布のベントナイト原鉱石単体(山形県産、最大粒径 5mm、均等係数 7.2、土粒子密度 2.733 Mg/m^3)を、凍結混合方法²⁾で均一に含水比調整して使用した。

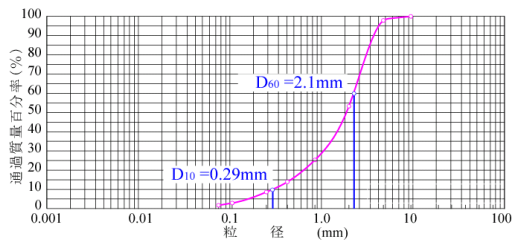


図-2 吹付け材料の粒度分布

【吹付け条件】ノズルは吹付け速度を増加させるため、図-3 に示す超音速ノズルを使用した。吹付けは長さ 600mm×幅 600mm×高さ 300mm の箱に対して行った(「吹付けコンクリートのはね返り率試験方法(案)(JSCE-F 563-2005)」に準拠)。なお、箱底部には実施工を模擬してベントナイトを仕上げ厚 50mm、乾燥密度 1.6 Mg/m^3 に締固めた。

表-1 使用機器

吹付け機	ノズル径 [mm]	ホース径 [mm]	空気圧縮機仕様	材料供給装置
連続式(ロータリ式)	19~33	50.8	18.5m ³ /min (0.69MPa)	スクリーコンベア

【機械構成】図-4 に機械配置図を、表-1 に使用機器を示す。今回の試験では、ロータリ式で連続的な吹付けが可能な吹付け機と材料の定量供給が可能なスクリーコンベアを使用した。スクリーコンベアは吐出量 2~3m³/hr になるよう設定した。

【管理項目】施工管理は、吹付け機出口およびノズル後方 2m の位置に圧力計を設置し、吹付け時の圧力を一定に保つよう管理した。また、品質管理項目は、吹付け後に 1 ケースあたり 9 本のコアを採取して平均乾燥密度を求めた。

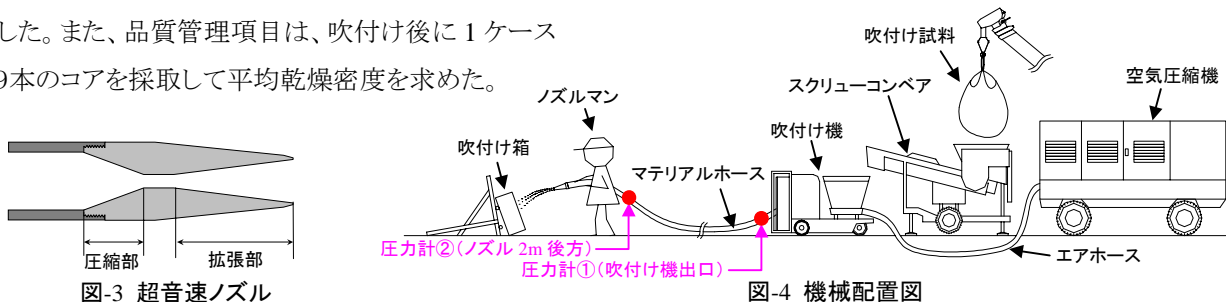


図-3 超音速ノズル

図-4 機械配置図

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、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 TEL0424-89-7081

3. 試験結果

図-5 に設定含水比 18% (前回までの試験結果から得た最適含水比) で吹付けた乾燥密度とノズル径の関係を示す。径 19・25・30・33mm の4種類のノズルで吹付けた結果、径が小さいほど乾燥密度は大きくなる傾向が得られた。これは、ノズル径を小さくすることでホース先端付近の内圧が高まり、吹付け速度が増したためと考えられる。この結果、ノズル径 25mm 以下で目標平均乾燥密度 1.6 Mg/m^3 以上を達成できた。

次に、平均乾燥密度 1.6 Mg/m^3 以上が得られる径 19mm のノズルを使用して、吹付け距離が乾燥密度に及ぼす影響を調べた結果を図-6 に示す。同図から、吹付け距離を 500・1000・1500・2000mm と変えても、乾燥密度の増減傾向は見られず、全ケースで目標乾燥密度 1.6 Mg/m^3 以上を達成できた。これより、実施工でノズルマンが吹付け面から2m程度離れて吹付けを行っても品質確保ができると共に、吹付け距離が多少変動しても安定した品質を得られることが分かった。従って、吹付け距離は、従来の吹付けコンクリートの知見や作業性を考慮して 1000mm と設定した。

最後に、ノズル径 19mm、吹付け距離 1000mm の条件下で、材料の含水比が乾燥密度やリバウンド率に及ぼす影響を調べた。既往の室内試験結果から、材料の含水比が吹付け試料の乾燥密度に与える影響が大きいことが分かっている。そこで、18.0% (最適含水比) を基本として 19.5%、21.0% に含水比調整した材料で吹付けた試料の乾燥密度と含水比の関係を図-7 に示す。この結果から、室内試験と同様に、含水比が大きくなるに従って乾燥密度が小さくなる傾向が得られ、含水比 19.5% 以下で目標平均乾燥密度 1.6 Mg/m^3 以上を達成することができた。次に、同一の吹付け条件で得られたリバウンド率 (= リバウンド量 / (付着量 + リバウンド量) × 100 [%]) と含水比の関係を図-8 に示す。この結果から、含水比 19.5% でリバウンド率 26~33%、21% で 24% となり、ばらつきはあるものの、含水比 19.5% 以上であればリバウンド率 30% 以下を達成でき、吹付けコンクリートと同等のリバウンド率に抑制できることが確認できた。

以上のことから、表-1 に示す機械を使用して、ノズル径 19mm、吹付け距離 1000mm、含水比 19.5% の施工条件で吹付けを行えば、目標平均乾燥密度 1.6 Mg/m^3 以上と目標リバウンド率 30% 以下を達成できることが分かった。

4. おわりに

今回の試験結果から、一般的な吹付け機械を使用して目標乾燥密度 1.6 Mg/m^3 以上、リバウンド率 30% 以下を達成することができた。今後は、さらなる品質の安定化と施工量確保に向けた検討を行うと共に施工方法および施工管理方法の確立を行う予定である。

参考文献

- 1) 中畷他:吹付け工法によるベントナイト系人工バリアの施工試験、地盤工学科会研究発表会、2006.7
- 2) 小林他:冷却ベントナイトと微粒子氷による含水比調整法、土木学会第 60 回年次講演会、2005.9

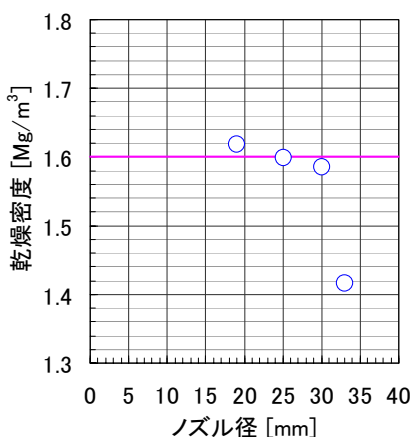


図-5 乾燥密度とノズル径の関係 (設定含水比 18%)

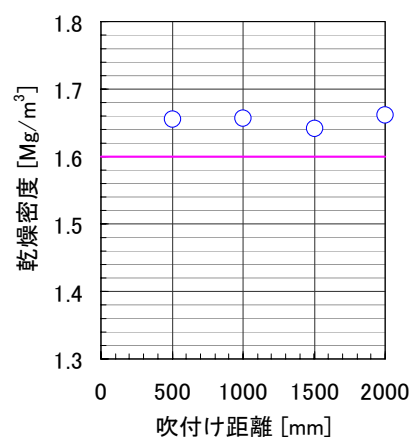


図-6 乾燥密度と吹付け距離の関係 (設定含水比 18%、ノズル径 19mm)

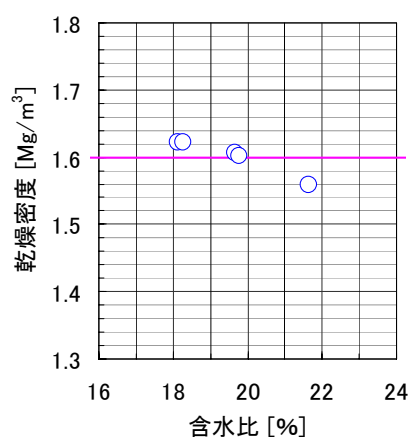


図-7 乾燥密度と含水比の関係 (ノズル径 19mm、吹付け距離 1000mm)

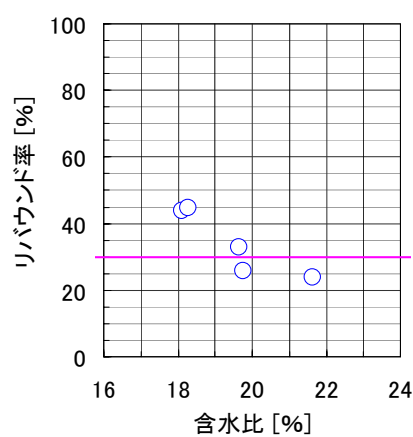


図-8 リバウンド率と含水比の関係 (ノズル径 19mm、吹付け距離 1000mm)