

ベントナイト混合土の吹付け施工に関する検討

ハザマ 正会員 ○石濱裕幸，千々松正和，荻原績，中越章雄

1. はじめに

余剰深度処分や高レベル放射性廃棄物処分における埋め戻し材としてのベントナイト混合土の施工方法のひとつとして、圧力釜式吹付機による施工方法の検討および施工品質の確認を行った。最初に、試験シリーズ1として吹付け施工に適する材料配合を選定し、試験シリーズ2でホース等の試験条件の影響を確認した。また試験シリーズ3として連続式二軸強制ミキサ¹⁾により練混ぜた材料を使用して実施工への適用性を確認した。

2. 試験に使用した吹付機

既存の吹付け機械に関して比較検討を行い、事前に含水調整した粘りの強い材料を強制的に吐出口に送り、吹付け施工することが可能であると思われる写真-1に示す圧力釜式の機種を選定した。

形式:モルタルコンクリート吹付機(法面用)湿式
機器名称:S4C-1T 最大礫径:20mm
全高:2.9m 全長:3.5m
機械質量:2.7t 使用圧力:0.7MPa
吐出量:3~6m³/hr
上部タンク容量:272ℓ 下部タンク容量:350ℓ



写真-1 試験に使用した吹付機

表-1 試験ケースと施工能力：シリーズ1

0.7MPa、空気量 11m³/min とし、ベルトコンベアにより材料投入を行った。吹付けは吹付コンクリートの試験方法²⁾を参考に製作した縦横 0.5m×0.5m、深さ 0.2m の供試体箱と、埋戻しを模擬した間口 0.9m×0.9m、奥行き 1.8m の箱に向けて行った。

3. 試験シリーズ1

ベントナイトはクニゲル V1 を使用し、ベントナイトの混合率を 15%として表-1 に示す組合せの材料により試験を行い、吹付け施工に適した材料配合の選定を行った。表-1 のうち、ケース2はケース3の結果から FNS5C

試験ケース	使用材料			乾燥質量比	設定含水比(%)	ホース長(m)	ノズル距離(m)	ホース配置	施工能力(t/hr)	リバウンド率
	ベントナイト	砂	スラグ							
1 (1)	クニゲルV1	山砂	—	15 : 85 : 0	17	30	0.8	水平	1.54	10.3%
2 (1)	クニゲルV1	—	FNS 5C	15 : 0 : 85	—	—	—	—	—	—
3 (1)	クニゲルV1	山砂	FNS 5C	15 : 35 : 50	17	30	0.8	水平	0.64	12.4%
4 (1)	クニゲルV1	山砂	FNS 5A	15 : 35 : 50	20	30	0.8	水平	0.52	13.7%
4-1 (1)	クニゲルV1	山砂	FNS 5A	15 : 35 : 50	17	30	0.8	水平	1.37	8.5%
4-2 (1)	クニゲルV1	—	FNS 5A	15 : 0 : 85	17	30	0.8	水平	1.11	7.0%
5 (1)	クニゲルV1	山砂	FNS 5-0.3A	15 : 35 : 50	20	30	0.8	水平	0.60	20.5%

FNS 5C : バムコラストン (-5mm)
FNS 5A : バムコサンド (-5mm)
FNS 5-0.3A : バムコサンド (0.3-5mm)

表-2 試験ケースと施工能力：シリーズ2

の混合率を高めると施工が困難になると予想されたため吹付けは実施しなかった。結果(施工性、仕上がり密度)が比較的良好なのはスラグを混合しないケース1であった。なお、試験後圧力釜内への材料付着が確認されたため、試験シリーズ2実施前に吹付機の一部改良を行った。

配合ケース	試験ケース	使用材料			乾燥質量比	設定含水比(%)	ホース長(m)	ノズル距離(m)	ホース配置	施工能力(t/hr)	リバウンド率
		ベントナイト	砂	スラグ							
1 (2)	A1	クニゲルV1	山砂	—	15 : 85 : 0	16	20	1	水平	4.3 t/hr	2.0%
	A2	クニゲルV1	山砂	—	15 : 85 : 0	20	20	1	水平	2.2 t/hr	2.9%
	B	クニゲルV1	山砂	—	15 : 85 : 0	16	20	2	水平	3.2 t/hr	3.1%
	C	クニゲルV1	山砂	—	15 : 85 : 0	16	60	1	水平	3.0 t/hr	5.5%
	D	クニゲルV1	山砂	—	15 : 85 : 0	16	60	1	5m吊上げ	3.8 t/hr	3.6%
2 (2)	A	クニゲルV1	山砂	FNS 5C	15 : 35 : 50	16	20	1	水平	1.4 t/hr	4.1%

4. 試験シリーズ2

シリーズ1で比較的良好な結果だった、ベントナイト15%、山砂85%の混合土を主な対象とし、試験条件の違いによる影響を確認するために試験シリーズ2を実施した。表-2に示すように、ホース長、ノズルから吹付け面までの距離、ホースの吊り上げ有無を変化させた試験を行うとともに、試験シリーズ1で吹付け施工への悪影響があったFNS5Cを混合したケースについても試験を行った。図-1に吹付け後の試験体からサンプリングした試料からパラフィン法により密度を測定した結果を示す。ノズルから施工箇所までの距離が1~2m程度であれば、その距離が仕上がりに密度に与える影響は少ないこと、また、吹付けホース長やホース位置に関しても、今回の試験の範囲では、その影響は少ないことが分かった。また、FNS5Cを混合したケース2Aについても問題なく施工できた。図-2には透水係数の測定結果を既存値³⁾と比較した結果を示す。有効粘土密度と透水係数の関係については、既存値³⁾と比較的整合していることが分かる。得られた透水係数は、約 10^{-11} m/s程度であった。

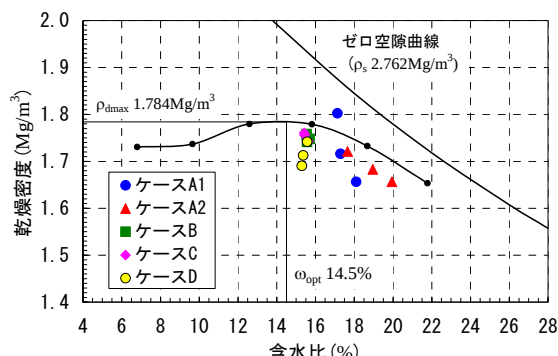


図-1 吹付け試験結果
(室内締固め曲線との比較)

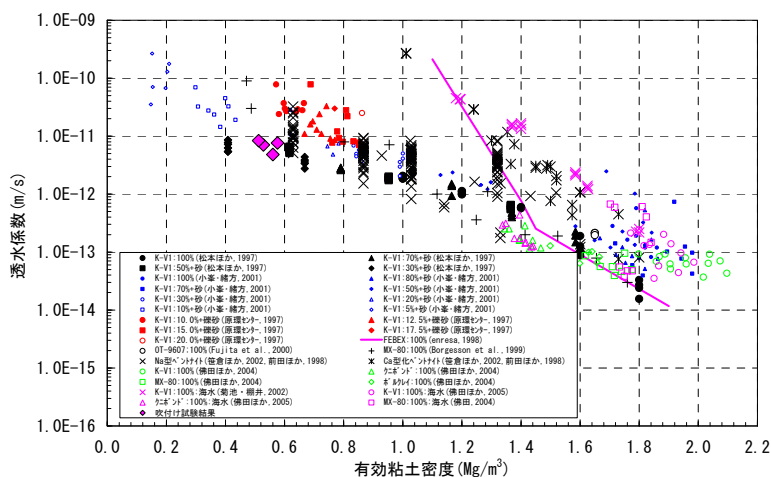


図-2 透水係数の既存値との比較

5. 試験シリーズ3

連続式二軸強制ミキサ¹⁾を用いた場合の吹付け材料の練混ぜ品質および製造した材料による吹付け性能を確認する試験を実施した。練混ぜた材料には図-3、図-4に示すように大きなバラツキはなかったが、ベントナイト混合率が設定値(15%)より高くなった。これは既往検討¹⁾に倣って材料供給にスクリーフィーダを使用したため、砂の吐出量が少なかったため、ベントナイト供給を調整可能な下限付近で行ったことによる影響と思われる。練り混ぜた材料の吹付けは問題なく行うことができた。また、混合率30%の材料についても練混ぜおよび吹付け施工ができることを確認した。

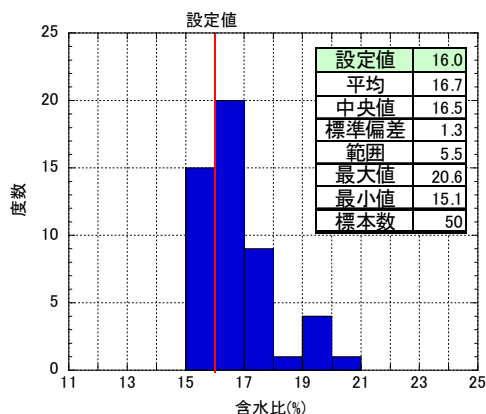


図-3 練混ぜ試験結果 (含水比)

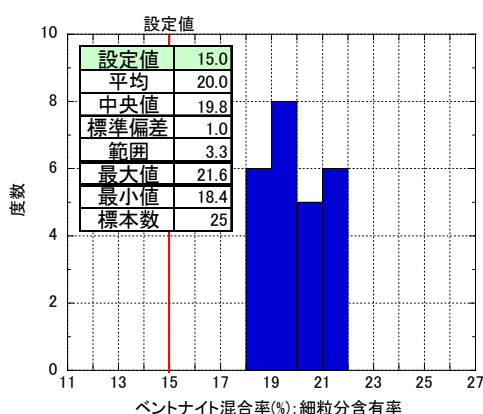


図-4 練混ぜ試験結果 (混合率)

4. まとめ

ベントナイト混合土による埋戻し施工方法のひとつとして、吹付けによる施工試験を実施した。圧力釜式吹付け機の一部改良により、混合率15%のベントナイト混合土を4t/hr程度の能力で吹き付けることができた。また、締固め度は95%以上、リバウンド率も5%程度以下で施工できた。透水係数も 10^{-11} m/s以下を達成できた。

【参考文献】1) 石濱ほか；混合率30~50%のベントナイト混合土の練混ぜに関する検討，第66回年次学術講演会講演概要集，土木学会，CS3-030，pp.59-60，2011，2) 土木学会：吹付コンクリート(モルタル)のはね返り率試験方法(案)，(JSCE-F 563-2005)，2005，3) 土木学会：余裕深度処分における地価施設の設計，品質管理および検査の考え方，p.151，2009