

ベントナイト原鉱石を用いたラドンバリア材の特性調査（その2）

日本国土開発(株) 正会員 横田 茂幸
 核燃料サイクル開発機構 長柄 収一
 核燃料サイクル開発機構 佐藤 和彦
 核燃料サイクル開発機構 時澤 孝之
 日本国土開発(株) 正会員 佐藤 泰
 日本国土開発(株) 正会員 大西 利満

1. はじめに

ベントナイト原鉱石を用いたラドンバリア材の特性調査（その1）¹⁾では、回転式破碎混合装置（以後、「ツイスター」と記す。）によりベントナイト原鉱石を用いてラドンバリア材を試験的に製造し、透水特性、透気特性、トラフィカビリティなどの特性を検証した。本報告（その2）では新たに製造したラドンバリア材を原位置に盛土施工し、ラドンバリア材としての物理性能調査を行った。

2. 試験概要

(1) ラドンバリア材の素材

ラドンバリア材には以下の性能が要求されるため、添加材としてベントナイトを選定した。

- ・ラドン散逸率の抑制（ラドン透気抑制）
- ・放射線の遮へい
- ・浸透水量の低減
- ・施工性の確保
- ・長期間にわたる健全性

平成15年度のベントナイト原鉱石を用いたラドンバリア材の特性調査（その1）の結果から上記要求性能および経済性を考慮し、表-1のように母材にはまさ土、添加材にはボルクレイ原鉱石、混合装置には「ツイスター」を選定した。平成16年度には母材、添加材を新たに調達し、その物性を調査した。素材の物性を表-2に示す。

(2) 試験手順

まさ土（母材）にボルクレイ原鉱石（添加材）を内割り添加率（乾燥質量比）12.5%で添加し、自然含水比の状態ツイスターを用いて破碎混合を行った。この混合土の締固め試験（図-1）によって最適含水比を把握し、最適含水比+3%となるようにベルコン上で加水調整し、ツイスターに投入し、盛土施工用混合土を製造した。なお、ツイスターは15年度と同様に1,000mmの実験機を用い、チェーン回転数1,050rpm、チェーン本数4本×3段（計12本）の条件で運転した。

表-1 母材、添加材、混合装置の仕様

項目	種類	適用	備考
母材	鳥取県倉吉産まさ土	16年度試料	
添加材	米国産ボルクレイベントナイト原鉱石	内割り12.5%添加	乾燥質量比
混合装置	回転式破碎混合装置（ツイスター）	チェーン回転数1,050rpm	

表-2 16年度使用材料の物性

項目	単位	試験結果	備考(前年度データ)
母材(まさ土)の調査			
土粒子密度	g/cm ³	2.665	(2.650)
土の含水比(自然含水比)	%	5.7	(6.2)
土の粒度試験	-	-	
土の液性限界	%	36.5	(41.6)
土の塑性限界	%	20.3	(18.6)
土の締固め特性 最適含水比	%	10.6	(10.9)
同上 最大乾燥密度	g/cm ³	2.026	(2.020)
メチレンブルー吸着量	mmol/100g	2.0	(4.0)
添加材(ボルクレイ原鉱石)の調査			
膨潤力	ml/2g	44	(36)
メチレンブルー吸着量	mmol/100g	97	(95)
土の含水比(自然含水比)	%	9.5	(9.5)

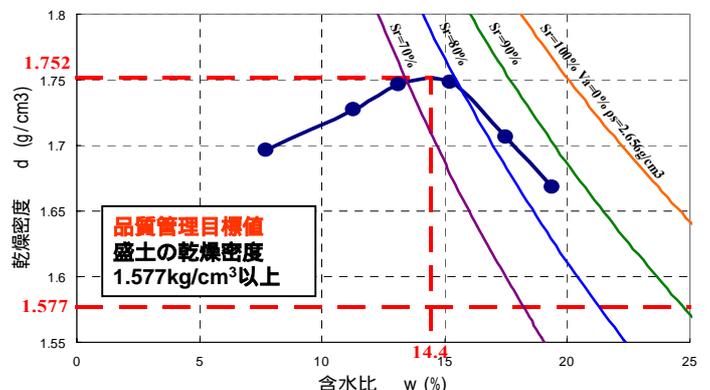


図-1 事前混合時の混合土の締固め試験結果

キーワード:ラドンバリア材, ベントナイト原鉱石, 盛土施工, 透水係数, 回転式破碎混合装置

連絡先: 〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4036-1 日本国土開発(株) TEL:046-285-3339 FAX:046-286-1642

(3) 盛土施工用混合土の物性

ツイスターを用いて製造した盛土施工用混合土の状況を図-2に示す。また、その混合土の物性を表-3に示す。



図-2 母材、添加材ならびに混合土の状況

表-3 16年度盛土施工材料の物性

項目	単位	測定結果	備考
土粒子密度	g/cm ³	2.656	飽和度の把握
土の含水比(自然含水比)	%	17.0	最適含水比0~+3%確認
土の液性限界	%	165.8	一般的な土質性能の把握
土の塑性限界	%	14.9	"
最適含水比(土の締固め特性)	%	14.4	施工時の締固めに反映
最大乾燥密度()	g/cm ³	1.752	締固め度の把握

(4) 盛土試験の方法

製造したラドンバリア材を輸送し、原位置に2m×2mの範囲、厚さ10cmで施工した。施工は表土を剥ぎ取った後、ラドンバリア材を人力で敷き均し、振動ローラ4tを使用して締固めた。そして、盛土の一部から不攪乱試料を採取し、表-4に示す土質試験を実施した。

3. 試験結果および考察

(1) 飽和度

ラドンバリア材にはラドンの散逸抑制性能が求められる。ラドンの透気係数や拡散係数は飽和度の上昇に伴って小さくなると考えられている²⁾。盛土の結果、表-5に示すように87.2%の飽和度となり、目標値としていた飽和度80%以上を確保可能であることがわかった。

(2) 透水試験

ラドンバリア材には浸透水量の低減性能が求められる。盛土の不攪乱試料を対象とした透水試験の結果、 1.05×10^{-11} m/s が得られ、目標値としていた透水係数 1×10^{-9} m/s を確保可能であることがわかった。

(3) 締固め度

施工性、飽和度、透水係数等を確保するため、施工では90%以上の目標値を設定していた。工期の都合で降雨直後の盛土施工を余儀なくされたが、締固め度は95.5%を確保することができた。

(4) 考察

ラドンバリア層は上部に遮水層、排水層、表土層を配し、1m程度以上の層厚が検討されている。今回の盛土厚はわずか10cmであったが、盛土のない部分との比較から79%のラドン散逸抑制効果が認められた³⁾。ラドンの半減期は4日程度と短いため、例えば層厚を10cmから100cmに増やすことでラドン散逸抑制効果は飛躍的に高まることが予測できる。

4. おわりに

本試験の結果、使用した素材およびツイスターのラドンバリア材への適用性が示された。ただし、実施工において求められる飽和度および透水係数を得るためには、製造段階、盛土施工段階のいずれでも管理目標を満足する必要がある。したがって、施工開始前には、実際に使用する規模の機械を用いた連続破碎混合および盛土施工の実証試験を行って、品質管理目標値を満足する製造時の添加率や含水比のバラツキ、盛土時の締固め度等を調査しておく必要がある。

【参考文献】

- 1) 佐藤,松村他: ベントナイト原鉱石を用いたラドンバリア材の特性調査(その1),土木学会第60回年次学術講演概要集第3部,2005年(投稿中)
- 2) 松村,芳澤他: 覆土材等の施工性試験(),日本原子力学会2004年秋の大会予稿集,pp.703,2004.9.
- 3) 長柄,大西他: ベントナイト覆土によるラドン散逸抑制効果の評価(1),日本原子力学会2005年春の年会予稿集,pp.86,2005.3.

表-4 盛土不攪乱試料の土質試験結果

項目	単位	目標値	試験結果	備考(前年度データ)
土の乾燥密度(コアカッター)	g/cm ³	-	1.62	
土の含水比(コアカッター)	%	-	19.5	
乾燥密度(ノギス法)	g/cm ³	1.577	1.673	0.9 d _{max} = 1.577
土の含水比(ノギス法)	%	-	19.3	
土の透水係数(不攪乱試料)	m/s	1.0×10^{-9}	1.05×10^{-11}	
土の透水係数(攪乱試料締固め度95%)	m/s	-	1.81×10^{-11}	(3.52×10^{-11})

表-5 ラドンバリア材としての性能試験結果

項目	試験結果	目標値
飽和度	87.2%	80%以上
透水係数	1.05×10^{-11} m/s	1×10^{-9} m/s以下
締固め度	95.5%	90%以上