

廃棄物最終処分場におけるベントナイト混合土の材料選定に関わる研究

西武建設(株) 正会員 成島誠一
 (株)ホーゲン 正会員 水野克己
 (財)地域地盤環境研究所 正会員 藤原照幸

1. はじめに

近年、廃棄物最終処分場の遮水構造としてベントナイト混合土の採用が増えてきている。これは、事業者である主に自治体と地域住民との合意形成を進める上でフェールセーフを考慮した場合、ベントナイト混合土を適用することによって協定が締結される事例が増えていることが一因であろう。

本稿では、ベントナイト混合土において、特に重要項目である母材およびベントナイトの材料選定の留意点を9事例から分析した結果、有用な知見が得られたのでその結果を提示する。

2. ベントナイト混合土の要求性能

ベントナイト混合土は、一般に母材とベントナイトが均一に混合された混合土を最適含水比 opt の状態で、母材の最大乾燥密度 d_{max} 90% 時における規定透水係数 $k = 1 \times 10^{-6} \text{ cm/s} \sim 1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ を要求性能としている。ベントナイト混合率は、母材に対するベントナイトの添加率を変化させて透水試験をおこない、要求性能の透水係数が確保される混合率を見出す。混合率については、母材にベントナイトを添加すると添加量の増加に伴って透水係数が低下し、ある添加量から透水係数がほぼ一定になる点があり、これを閾値(しきいち)という。閾値より少ない添加量では、添加量の減少に伴って透水係数が急上昇する。これは、母材の間隙構造およびベントナイトゲル自体の不均質性によって、混合土の連続性に欠陥が生じ、いわゆる水路(みずみち)ができるためと考えられる。このためベントナイト混合土は、閾値以上のベントナイトを添加することが必要である。但し事例では、母材が最適含水比 opt の状態以下の乾燥側においても、規定透水係数 $k = 1 \times 10^{-6} \text{ cm/s} \sim 1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ が確保できる混合率としている。これは、母材の天候による自然含水比のばらつきや施工性を考慮したものである。

3. 母材の選定

現地発生土を母材に使用している事例では、現場から発生する土砂を使用することにより、経済性の向上を目的として検討される傾向がある。しかし、現地発生土を使用する便益に比べて、攪拌混合、敷設施工について困難な材料であることが後に判明し、経済的損失が大きくなり、母材を現地発生土から購入土に変更した事例が見受けられた。このような状況の背景には、未だにベントナイト混合土の

表-1 母材の物性値

原料土	土質分類	礫分 (%)	砂分 (%)	細粒分 (%)	自然含水比 (%)	最適含水比 (%)	使用したベントナイト	透水係数 (cm/sec)	混合方法
A市1(砂質系火山灰)	礫混じり細粒分質砂(SF-G)	8.7	58.7	32.6	27	23.9	ス-N-94I(13%)	1×10^{-7}	自走式土質改良機
A市2(砂質系火山灰)	礫混じり細粒分質砂(SF-G)	9.6	65.2	25.2	16	27.8	ス-N-94I(14%)	1×10^{-7}	自走式土質改良機
B市(まさ土)	礫混じり細粒分質砂(SF-G)	8.9	66.3	24.8	-	16.5	ス-N-94I(13%)	1×10^{-7}	自走式土質改良機
C町(火山灰質土)	細粒分質砂(SF)	0	73.4	26.6	31.1	22.9	赤城(13%)	1×10^{-6}	自走式土質改良機
D町(しらす)	細粒分質砂(SF)	1.3	72.5	26.2	24.1	-	ス-N-94I(11%)	1×10^{-7}	自走式土質改良機
E町(砂)	分級された砂(SP)	0	99.6	0.4	5.1	20.7	赤城(10%)	1×10^{-6}	自走式土質改良機
F町(細粒分質砂)	細粒分質砂(SF)	0.3	87.2	12.5	27.5	19.9	赤城(10%)	1×10^{-6}	自走式土質改良機
G町(細粒分質砂)	細粒分質砂(SF)	1.8	54.9	43.3	30.3	25.5	ス-N-94I(11%)	1×10^{-7}	リフタ/スリットリフタ
H市(細粒分質砂)	細粒分質砂(SF)	0	94.7	5.3	10.6	20.9	樽名	1×10^{-6}	スタビライザー
I町(細粒分質砂)	細粒分質砂(SF)	3.3	69.9	26.8	17.1	15.6	赤城(10%)	1×10^{-6}	自走式土質改良機

母材に対する明確な規定が存在していないことが主たる原因であると考えられる。そこで、これまでのベントナイト混合土の事例より採用された母材に関するデータを分析したところ共通する知見が得られたので、母材選定の留意点について提示する。表-1に示すように、母材の実績として9事例、10種類それぞれの土質分類は、礫混じり細粒分質砂を含めると10種類中9種類の母材が細粒分質砂(SF)の分類に属している。さらに、残りの1事例も分級された砂であり、ベントナイト混合土の母材には、粗粒土のなかでも砂に分類されるものが選定されてきたといえる。また、要求されるベントナイト混合土の遮水性能は、事例により様々だが、透水係数 $k = 1 \times 10^{-6} \text{ cm/s} \sim 1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ で規定されており、ベントナイトの種類も米国産、国産の2種類に限定されている。

キーワード：ベントナイト混合土、母材、粒度分布、ベントナイト、膨潤力

連絡先：〒359-8550 所沢市くすのき台 1-11-2 西武建設(株)技術部環境技術研究室 TEL 042-926-3414

なお、混合率は、要求性能には差異があるものの、概ね10～15%のベントナイト添加量で推移している。

ベントナイト混合土の製造方法には、事例として原位置混合とプラント混合があるが、最近ではベントナイトの添加量を厳密に管理することができるプラント混合が主流となってきており、その中でも表-1に示すように自走式土質改良機を使用した実績が数多く見受けられる。

一方、ベントナイト混合土の母材に採用された粒度分布は、図-1に示すようにある一定の範囲内に集中している。なお、10種類の母材粒度分布の平均値による粒度分布を太線で示した。太線で示すような土砂は、土質分類的に前述の通り細粒分質砂（SF）に属する。また、参考としてA市現地発生土の粒径加積曲線も併記した。これは試験混合の結果、ベントナイトと母材を均一に混合することが困難であったため、母材として不適切であると判断された材料である。この原因としては、礫分の混入が多いためと考えられる。また、母材の自然含水比が最適含水比付近か2～3%程度乾燥側の状態にある場合において、均一に混合されやすいことがわかっている。これは、細粒分が多く粘性に富み、最適含水比に比べ著しく自然含水比の高い土砂では均一に攪拌することが困難であることを示唆している。ベントナイト混合土の場合、母材にベントナイトを攪拌混合し、ベントナイトの持つ膨潤特性を利用して遮水性能が確保される。ゆえに、母材自体に難透水性を求める必要はなく、含水比調整が容易で混合施工性の良好な砂質系の母材を選定することが肝要である¹⁾。

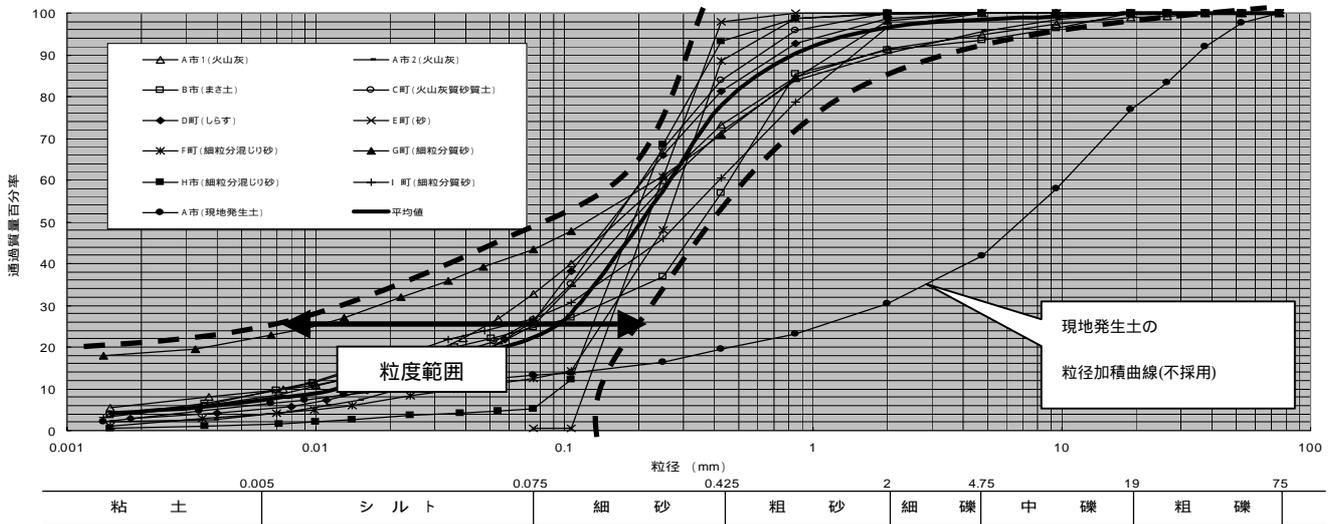


図-1 母材粒径加積曲線の比較事例¹⁾

4. ベントナイトの選定

ベントナイトの選定は、膨潤力(ASTM D 5890, JBAS-104-77)と液性限界(JIS A 1205)を指標に天然 Na 型ベントナイトを使用し、配合は一般に土砂の乾燥質量に対するベントナイトの質量百分率と規定している。なお、ベントナイト品質の良否は、原鉱石の特性に大きく影響されるため、採用するベントナイトの選定は、表-1に示す事例から群馬県富岡鉱山産(赤城)、USA, WYO, M-I, Greybull 産など過去の実績を重視している。また、ある事例では粉末エックス線解析(XRD 測定チャートによる解析)をおこない、他のカオリンなどの鉱物と人工的に混合した改質ベントナイト、あるいは CMC、アクリル系などを添加しているベントナイト製品は除外した上で、表-2に示す膨潤力、液性限界により選定している。

表-2 ベントナイト選定基準例

膨潤力	20ml/2g以上
液性限界	550%以上

5. まとめ

本稿では、廃棄物最終処分場におけるベントナイト混合土の採用事例により、母材およびベントナイトという材料選定の見地からその留意点について論じてきた。ベントナイト混合土は、母材とベントナイト双方の選定基準を明確にした上で、均一攪拌混合できる機材の選定、敷設時の施工管理など綿密な品質管理が必要である。ゆえに今後は、これらを体系化した技術監理を提示し事業者ならびに地域住民から信頼される技術提供を進めたい。

参考文献

1) 成島・水野・市川・大塚・西山・小嶋・中村・関 ベントナイト混合土を用いた複合ライナーの品質管理とデザインに関する研究 第5回環境工学シンポジウム 投稿中 2003年