

海面埋立処分場の鉛直遮水継手部充填材の開発（その1） 耐海水性土質系遮水材の基本物性

(株)大林組 (正)○塩田 耕三 (フェロー)久保 博 甚野 智子 (正)高橋 真一

1. まえがき

海面埋立処分場の鉛直護岸の鋼管矢板継手部の遮水性は、処分場建設の重要な要件である。この継手部への遮水用充填材として、アスファルト系・粘土系のものがあるが、それぞれ高温施工、長期耐久性、大きな沈下などいくつかの課題を抱えている。その課題となる充填性・遮水性・耐海水性・微生物性・耐紫外線性・経済性・材料供給安定性などに優れた無機系の砂質系遮水材を開発した。その難透水性、変形追従性、長期安定性、施工性などの基本物性について以下に示す。

2. 使用材料

2.1 ベントナイト 使用したベントナイト3種の化学的性状を表-1に示す。ベントナイトA（以下 Be-A と示す）の特徴は耐海水性で、粒度が小さく、電気伝導度(EC)、および膨潤度が大きい。また、TOC を約 1%含む。ベントナイトB (Be-B)は、一般的なもののの中では高膨潤度である。ベントナイトC (Be-C)は土木工事等に使われる膨潤度の低い 16 程度のものである。

2.2 砂・海水 砂は全国どこでも規格が揃うコンクリート用砕砂を用いた。混練用海水はベントナイトの挙動実験では人工海水、遮水材の混練配合では天然海水を用いた。いずれも pH8、EC3.3～3.5S/m、比重 1.02g/cm³であった。

3. ベントナイトの海水中での挙動

3.1 試験方法 水 1000mL（海水濃度 0%、40%、100%）にベントナイト 30g を高速攪拌混合し、ベントナイト泥水を作り、ファンネル粘度、減圧脱水量、沈降体積を測定した。

3.2 粘性、脱水性、沈降性 海水濃度の増大に伴うベントナイト泥水の性状を調査した結果を表-1に示す。泥水の粘性・脱水性・沈降体積は、ベントナイトの膨潤・分散/凝集に起因する。

ファンネル粘度はいずれのベントナイトでも海水濃度の増大に伴って低下した。Be-A は清水練で他の 2 倍近い値を示し、海水練で他の清水練りと同等の 22 秒前後であった。また、減圧脱水量は、清水練の場合、いずれのベントナイトでも 0.5～4mL で小さい。しかし、Be-B および Be-C は海水濃度の増大に伴って脱水量が大きくなった。減圧脱水量が小さいほど、泥水中のベントナイトはよく分散し、ろ紙上に難透水性の泥膜を形成するため遮水される。一方、Be-C は凝集状態になり不良泥膜を形成し、遮水機能が著しく低下しており、海水練の遮水材としては不適である。Be-A は海水 100%でも良好な泥膜を形成し、遮水機能を維持できる。Be-B および Be-C は、海水濃度の増大とともに沈降体積が減少し凝集状態になった。Be-A は海水濃度が増大しても分散状態を維持していた。これらのことから、海水条件下で遮水材に用いるベントナイトは Be-A が最適であると判断される。

4. 海水練り遮水材の配合と性能

4.1 試験方法

土質系遮水材では、まず、砂・粘土などの量(kg/m³)を設定し、それに混練水量(L/m³)を調整して適度の流動性（JH シリンダーフロー値で管理）を確保する配合を求める。その最適配合の遮水材料の流動性、ブリーディング率、含水比、密度、透水試験等を実施した。狭隙で長尺な空間に充填される遮水材は、流動性・充填性を確保するために含水比は自ずと高くなる。加えて鋼管との摩擦と、材料そのものの沈下などで上載圧のかかり

表-1 ベントナイトの基本的性状

ベントナイト種	Be-A	Be-B	Be-C
特徴、用途	耐海水性	高膨潤性	一般
含水比(%)	12.0	11.1	10.5
粒度	200メッシュ 80%以上 通過	250メッシュ 90%以上 通過	250メッシュ 90%以上 通過
pH (1:50)	9.77	9.33	10.08
電気伝導度 EC (mS/m, 1:50)	63.1	31.9	24.3
土粒子密度(g/cm ³)	2.6	2.6	2.6
清水	膨潤度(mL/2g)	25～30	23以上
	液性限界(%)	900	600
	塑性限界(%)	72	61
海水	膨潤度(mL/2g)	8.5	10
	液性限界(%)	170	150
	塑性限界(%)	55	54
TOC(%)	0.96	0.01	0.0

表-2 ベントナイト泥水の性状

ベントナイト種	Be-A	Be-B	Be-C
3%泥水 (清水)	ファンネル粘度(秒)	36.7	22.4
	減圧脱水量 (mL/5分-500mgHg)	0.5	2.5
	沈降体積(mL/500mL)	500	500
3%泥水 (海水 40%)	ファンネル粘度(秒)	22.8	19.6
	減圧脱水量 (mL/5分-500mgHg)	0.5	10.5
	沈降体積(mL/500mL)	500	225
3%泥水 (海水)	ファンネル粘度(秒)	22.5	19.3
	減圧脱水量 (mL/5分-500mgHg)	1.0	19.0
	沈降体積(mL/500mL)	500	132

キーワード：土質系遮水材、変形追従性、耐海水性、透水係数、ベントナイト

連絡先：〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 土壌・水域環境研究室 TEL0424-95-1060

にくい環境下にある。このような条件下での遮水性を評価するため、上載荷重を加えない変水位透水試験で土被り厚の少ない鋼管矢板の鋼材との界面の影響を考慮した表層部分の遮水性を評価する方法と、上載圧を考慮した方法の双方でその透水性を評価した。ベントナイトの3種について、混合量を 70kg/m^3 とした。

4.2 配合と諸性状 土質系遮水材料として、砂(砕砂)と粘土(ベントナイト)で構成されるものと、粘土(ベントナイトのみ)で構成されるものを比較検討した。ベントナイトは、前述の A, B, C の3種類を採用した。具体的配合と諸性状を表-3に示す。

表-3 「砂・粘土」系および「粘土」系土質遮水材料の標準配合と諸性状

分類	整理記号	上載圧 (kPa)	遮水材料 1m^3 当りの配合			遮水材料の性状 (透水係数は概略値である)					
			砕砂 (kg)	ベントナイト (kg)	海水 (L)	流動性フロー値 (cm)	ブリーディング率 (%)	含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm^3)	初期透水係数 (cm/s)	後期透水係数 (cm/s)
砂・粘	S+Be-A	なし	1439	A-70	440	11.6	0.0	29.2	1.96	5×10^{-7}	4×10^{-7}
	S+Be-B	なし	1517	B-70	410	10.5	2.3	27.0	2.01	1×10^{-5}	4×10^{-6}
	S+Be-C	なし	1598	C-70	380	9.5	3.5	23.8	2.06	4×10^{-4}	中止
粘土	Be-B	なし	なし	B-500	800	8.0	0.0	181.0	1.26	1×10^{-7}	8×10^{-6}
	Be-C	なし	なし	C-800	687	10.8	0.2	100.0	1.47	3×10^{-6}	9×10^{-5}
載荷	S+Be-B-5kPa	5	1275	B-150	470	11.7	6.9	32.6	1.92	3×10^{-6}	3×10^{-7}
	S+Be-C-10kPa	10	687	C-150	410	12.2	6.6	25.5	2.02	9×10^{-6}	3×10^{-6}

4.3 透水性・遮水性 図-1に透水試験結果を示す。 70kg/m^3 の配合では耐海水性の Be-A のみが基準値の $1 \times 10^{-6}\text{cm/s}$ 以下を満たし $4 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ となった。それ以外の Be-B と Be-C は、浸透圧による体積収縮¹⁾が側壁との隙間を発生させ水道ができることが原因と考えられる遮水性の低下で基準値以上になる。浸透圧による体積収縮が起こり難い土被りを期待できる環境として、砂粘土系遮水材料を水中で 0.5m を想定し、 5kPa の上載圧をかけると、Be-B を 150kg/m^3 に増大させたとき基準値を満たす²⁾。最も廉価な膨潤度の低い Be-C では、量を 150kg/m^3 とし、上載圧を2倍の 10kPa にしても基準値を満足できない。一方、砂を用いないベントナイトと海水の混合による遮水材は、充填性するための流動性を確保するために含水比を極めて高くする必要がある。そのため、材料の密度が小さくなり浸透圧による体積変化が大きく $1 \times 10^{-6}\text{cm/s}$ を満たすことができない。

5. まとめ

1. 砂を骨格とすることで、遮水材の湿潤密度が大きくなり、水中打設時に密実に充填でき、沈下も少なくなる。
2. 長期的に遮水材中の間隙水が海水に置き換わるため、海水練によって海水との接触や浸透による物性変化リスクを事前に与え、所定の性能(流動性・ブリーディング抵抗性・遮水性)を確保することが肝要である。
3. 耐海水性 Be-A は膨潤性が高く、減圧脱水量や沈降体積の結果から、海水練でも遮水材として重要な遮水性能を発揮でき 70kg/m^3 混合で基準値 $1 \times 10^{-6}\text{cm/s}$ を満たす。膨潤性の低い Be-C を用いて海水練した遮水材は塩類の影響を受け、上載荷重 (10kPa) で Be-C を 150kg/m^3 にしても遮水基準を満たせない。膨潤性がやや高い Be-B は Be-A と Be-C の中間で上載荷重 (5kPa) をかけ、 150kg/m^3 に増やすと基準値を満たす。一方、ベントナイトと海水のみの遮水材は、初期含水比が極めて大きく、体積収縮の影響で遮水性能を発揮出来ない。

参考文献 1) 高田直俊, 村中一郎, 他: 浸透圧密試験について, 第29回土質工学研究発表会, pp355-356, 1994.

2) Daisaku Matsushita and Masashi Kamon: Effects of Non-Prehydration and Bentonite Content on the Hydraulic Barrier Performance of Soil-Bentonite Mixture Cutt-Off Wall, Geo-Environmental Engineering 2006, 2006.

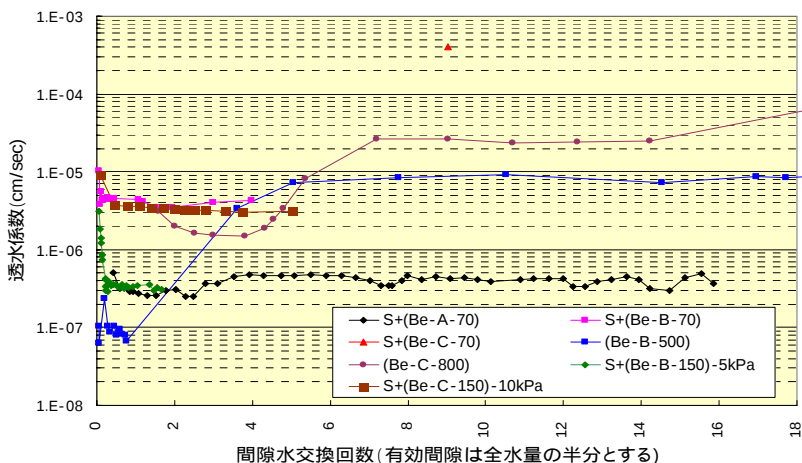


図-1 砂・ベントナイト種・上載圧の有無による遮水性能の変化