

気泡混合処理土に適したベントナイトの特性調査

港湾空港技術研究所 正会員 渡部 要一
SGM 軽量土工法協会 正会員 ○吉田 貴昭
SGM 軽量土工法協会 白井 朗

1. 目的

港湾事業等で発生する高含水軟弱土を有効利用するため、気泡や EPS ビーズを混合処理する SGM 軽量土工法が開発された。同工法は、既設構造物の耐震性能強化や岸壁施設機能向上といったリニューアル事業に多く採用されている。既設護岸や岸壁の背面土砂は一般に砂質土が多く、気泡混合処理して裏込め・埋戻し材に再利用するには、本来適していない。そこで、砂質土を気泡混合処理土として利用するために、粘性土やベントナイトを増粘材料として添加する必要がある。中でも、市販のベントナイトを使用する事例は増えてきているが、ベントナイトの物性は多種多様であり、十数種ある市販ベントナイトについて、気泡混合処理土の増粘材料としての要求性能や採用基準をどの程度満足しているか確認する必要がある。本報告では、市販されているベントナイトの物理特性をまとめ、これを基に SGM の配合試験を行い、条件に適したベントナイト選定の目安を提案する。

2. 調査試験方法と項目

(1) 試料の選定

ベントナイトの選定：市販価格から高級品・中級品・普通品に分類し、その中から代表的な製品を 2 種類選定して、計 6 種類を検討対象とした。原料土：砂質土を対象としているので標準砂を使用した。

膨潤水：水道水と人工海水を使用した。起泡剤：界面活性剤系を希釈して使用した。

(2) ベントナイトの基礎試験

ベントナイトの液性限界試験、水道水による膨潤性能試験（見掛け粘度を 24 時間経過まで測定）、人工海水による膨潤性能試験（粉体を直接投入）を実施した。

(3) 配合設計条件と配合設計例

標準砂に対する重量比 5% のベントナイトを水道水で事前膨潤した場合の配合例を表-1 に示す。

表-1 ベントナイトを水道水で事前膨潤した場合の配合設計

区 分	調整泥土				固化材	軽量化材				合 計
	乾燥土	ベントナイト	膨潤水	海 水		起泡剤	希釈水	空 気	気 泡	
質 量 (kg/m ³)	417.2	22.0	102.1	424.8	120.0	0.7	13.3	0.0	14.0	1,100
容 積 (l/m ³)	158.6	8.4	102.1	412.5	39.5	0.7	13.3	265.3	279.3	1,000

標準砂に対する重量比 20% のベントナイトを人工海水で膨潤した場合の配合例を表-2 に示す。

表-2 ベントナイトを人工海水に粉体投入した場合の配合設計

区 分	調整泥土				固化材	軽量化材				合 計
	乾燥土	ベントナイト	膨潤水	海 水		気泡剤	希釈水	空 気	気 泡	
質 量 (kg/m ³)	351.2	87.8	0.0	526.9	120.0	0.7	13.4	0.0	14.1	1,100
容 積 (l/m ³)	133.5	33.8	0.0	511.5	39.5	0.7	13.0	268.0	281.7	1,000

配合設計に従い作製した気泡混合処理土の密度、フロー値、一軸圧縮強度を調べた。

目標密度 $1.10 \pm 0.03 \text{ g/cm}^3$ 、シリンダーフロー値 $200 \pm 50 \text{ mm}$ の試料を合格とし、一軸圧縮試験により 28 日強度の目標 $300 \pm 50 \text{ kN/m}^2$ を確認する。

キーワード 軽量土，増粘材，ベントナイト，固化処理、気泡

連絡先 〒101-8463 東京都千代田区神田錦町 3-7-1（興和一橋ビル）東洋建設(株) TEL 03-3296-4623，FAX 03-3296-4633

3. 調査試験結果

(1) 基礎試験結果

ベントナイトの液性限界試験結果を表-3 に示す。

表-3 ベントナイトの液性限界試験結果

項 目	高級-SC	高級-MAX	中級-V1	中級-250	普通-AG	普通-HN
液性限界値(%)	645.2	562.0	465.0	277.1	267.9	179.1

水道水による膨潤性能試験結果（ビスコテスターによる計測）を表-4 に示す。

適正な膨潤水量と膨潤速度を把握するため、膨潤はベントナイトの液性限界（ w_L ）を基本に w_L の 1.2 倍 1.5 倍、2.0 倍と設定した。表-4 は

表-4 水道水による事前膨潤試験結果

膨潤水 1.2 倍 w_L の結果を示している。

人工海水による膨潤性能試験

ビスコテスターによる計測を実施した。水道水と同様に w_L の 1.2 倍、1.5 倍、2.0 倍まで実施したが変化は見られず、水道水の場合のビスコテスターの測定値と

試験項目	ベントナイトの種類	時間（分）					
		1	5	10	30	60	1440
ビスコテスター測定 (dPa/s)	高級-SC	100	100	105	120	120	160
	高級-MAX	165	175	175	175	180	220
	中級-V1	175	190	200	205	215	250
	中級-250	120	125	145	200	225	225
	普通-AG	130	170	175	215	245	275
	普通-HN	75	95	105	135	155	170

比較すると 1/4 ~ 1/9 の膨潤性能（例えば中級-V1 の初期値は 40 dPa/s）しかなかった。

(2) 配合試験結果

水道水による事前膨潤および人工海水に直接投入したベントナイトを用いて作製した SGM の物理特性を表-5 に示す。

表-5 水道水および人工海水を用いた SGM の物理特性

ベントナイトの種類	高級-SC		高級-MAX		中級-V1		中級-250		普通-AG		普通-HN	
膨潤水の種類	水道	海水	水道	海水	水道	海水	水道	海水	水道	海水	水道	海水
調整泥土含水比(%)	160	120	120	120	120	120	80	80	120	80	60	80
密度(g/cm ³)	1.105	1.071	1.106	1.103	1.071	—	1.106	—	1.073	—	1.095	—
平均フロー値(mm)	215.5	209.5	182.5	229.0	208.0	分離	214.0	分離	258.5	分離	233.0	分離

(3) 気泡混合処理土の 28 日一軸圧縮強度試験結果を表-6 に示す。

表-6 気泡混合処理土の 28 日一軸圧縮強度試験結果（単位：kN/m²）

ベントナイトの種類	高級-SC	高級-MAX	中級-V1	中級-250	普通-AG	普通-HN
事前膨潤ベントナイト5%添加の気泡混合処理土（SGM 材）	264	329	268	371	250	346
海水にベントナイト20%添加の気泡混合処理土（SGM 材）	265	275	添加量 30% 以上必要	添加量 30% 以上必要	添加量 30% 以上必要	添加量 30% 以上必要

4. まとめ

添加するベントナイトの特性を有効活用すれば、添加量を抑え、気泡混合処理土の施工単価を軽減出来る。そのベントナイトの特性として、液性限界が最も有効な評価指標になることがわかった。水道水により、事前膨潤したベントナイトを原料土（標準砂）の重量比 5%程度添加するだけで、気泡混合処理土を製作可能であることを確認するとともに、ベントナイトは調整泥土含水比の適切な設定により適用範囲が拡大することが判明した。液性限界が 450%程度以下の製品は、標準砂を気泡混合処理土にするには困難な可能性も示唆された。しかし、現場からの発生土は、通常 10 ~ 20%程度の細粒分を含んだ砂質土であることから、土質条件として標準砂を原料土として気泡混合処理土を作成するより有利であり、事前室内配合調査でベントナイトとの適切な配合を確認すれば、さらに安定した材料となる。海水にベントナイトを直接添加して調整泥土を製造する方法においては、20%程度の添加で SGM 製造が可能であることを確認した。この場合、液性限界が 450%以上の製品が優位であるが、450%以下の場合でも、当該ベントナイトを利用できる可能性はあるが、添加率は 30%以上となり不経済である。