

III-110

陽イオン交換容量(CEC)の異なる海底土の処理土強度発現

五洋建設(株) 技術研究所 正員 中司泰雄

1、まえがき

深層混合処理工法では安定材の遅硬性が望まれるが、水砕スラグを主体とした遅硬セメントではアルカリ刺激剤添加量が発現強度などに大きく影響する。しかも改良対象地盤に含まれる各種粘土鉱物の構成比率、腐植物量、非晶質鉱物量などがそれぞれの地盤で異なる。したがって、粘土鉱物の結晶構造末端の破壊原子価、非晶質物および腐植物の酸基などからのプロトン解離により生ずるPH依存性陰電荷量や粘土鉱物の同形置換に基づく永久陰電荷量に差異が生じ、陽イオン交換容量や遊離水素イオン容量が異なる。これらの陰電荷に水砕スラグのアルカリ刺激剤として添加したセメント系材料が遊離する Ca^{2+} が吸着消費されるためそれぞれの改良対象地盤に有用な強度を発現させるには、アルカリ刺激剤有効添加量を調整する必要がある。

今回、上記事項を勘案し安定処理土の凝結、硬化時間のより適確な制御法を目途として以下の試験をした。

$$\begin{aligned} \text{置換性H}^+ &= \text{全置換量} - (\text{置換性}\text{Ca}^{2+} + \text{置換性}\text{Mg}^{2+} + \text{置換性}\text{Na}^+ \\ &\quad + \text{置換性}\text{K}^+) \\ &= \text{吸着された}\text{Ca}^{2+} (\text{置換性}\text{Mg}^{2+} + \text{置換性}\text{Na}^+ + \text{置換性}\text{K}^+) \end{aligned}$$

2、試験概要

2.1 試料土のCEC測定

過剰塩分を蒸留水で洗浄、濾過して取り除いた後、風乾整粒した海底土のCEC値を図-1の要領で求めた。なお、 Ca^{2+} の吸着量は共栓付三角フラスコに消石灰飽和溶液(PH=13)を採取、風乾整粒した試料土を投入、フラスコ内部を窒素ガスで満たし、回転台で3時間攪拌後、濾過した濾液と消石灰飽和溶液中の Ca^{2+} 量を測り、両液の濃度差から求めた。

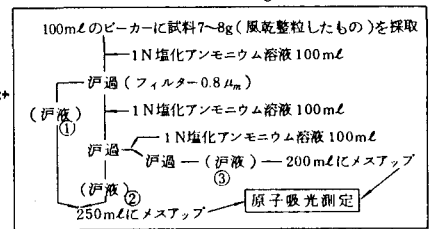


図-1 CECの測定法

表-2 土質特性

試料番号	A (愛媛)	B (東京)	C (福岡)	D (福岡)	E (大阪)	F (石川)	
比 重	2.861	2.680	2.679	2.562	2.626	2.682	
自然含水比(%)	53.6	123.8	112.2	144.7	183.1	110.0	
液性限界(%)	45.7	116.0	105.8	98.4	126.2	89.7	
塑性限界(%)	27.6	51.1	37.6	34.9	43.0	38.0	
塑性指数	18.1	64.9	68.2	63.5	83.2	51.7	
粒度	砂(%)	52.5	1.2	2.8	4.0	0.8	6.6
	シルト(%)	31.0	27.8	41.6	39.2	34.7	23.2
	粘土(%)	16.5	71.0	55.6	56.8	64.5	70.2
強熱減量(%)	6.5	9.9	10.5	8.8	10.6	11.5	
pH (1:10)	8.3	8.8	7.6	8.3	7.8	8.6	
pH (KCl)	8.0	8.3	7.0	7.4	7.5	7.7	

2.2 結合材

スラグ：中層熟セメント=6.5：3.5.

6：4の結合材に用いたスラグの成分を表-1に示す。

表-1 水砕スラグ成分(%)

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	Total
33.5	15.0	42.1	5.5	0.7	96.8

3、試験結果

3.1 試料土の土質特性

海底試料土の土質特性を表-2に示す。

3.2 試料土の含有粘土鉱物

試料土乾燥重量100g中に含まれる粘土鉱物の定量分析結果を表-3に示す。A,D試料土にはイライト/モンモリロナイトの混合層が存在した。また、B,E試料土は他試料土より多量のクロライトを含む。

3.3 試料土のCEC値

CEC値の測定結果を表-4に示す。A試料土は含有粘土鉱物量が極端に少なく最小CECを示した。B試料土は粘土鉱物を最多量含み最大CEC値を示した。

3.4 処理土中の Ca^{2+} 量

処理3時間経過後に、真空ポンプで濾過吸引で濾過吸引した各処理土に含まれる Ca^{2+} 量をイオンメーターで計測した結果、単位水量あたりに含まれる Ca^{2+} 量はA~F処理土の順に低下していた。A~E処理土は $6.98 \sim 6.04 \text{ mg/cc}$ の範囲内であったが、F処理土は 4.01 mg/cc と低い値を示した。

表-3 試料土含有粘土鉱物の定量分析結果(%)

試料番号	A(愛媛)	B(東京)	C(福岡)	D(福岡)	E(大阪)	F(石川)
クロライト	3.8	26.9	3.9	4.6	26.1	0
イライト	5.5	20.4	11.6	14.2	14.7	17.6
カオリナイト	0	20.4	32.3	24.9	0	9.8
モンモリロナイト	0	3.3	3.9	3.6	23.7	22.5
パーミキュライト	5.1	0	3.9	3.6	0	20.3
混合層	2.1	0	0	5.9	0	0

表-4 試料土のCEC (meq/100g)

項目	吸着された Ca^{2+} の量	置換性 Na^+ 量	置換性 Mg^{2+} 量	置換性 K^+ 量	置換性 Ca^{2+} 量	置換性 H^+ 量	全塩基置換容量(CEC)
A(愛媛)	33.6	8.3	1.4	6.3	4.4	17.6	38.0
B(東京)	87.2	37.6	7.5	3.8	7.5	38.3	94.7
C(福岡)	72.8	30.6	6.8	1.5	6.0	33.9	78.8
D(福岡)	78.4	45.5	7.6	1.6	5.9	27.1	80.0
E(大阪)	60.8	39.8	3.9	1.4	8.2	15.7	69.0
F(石川)	77.6	43.9	10.4	3.5	5.6	19.8	83.2

3.5 処理土の発現強度

結合材の添加率 $A_w = 20\%$ (試料土乾燥重量当たり%) で処理した各試料土供試体 ($\Phi 5\text{ cm} \times H 10\text{ cm}$) の一軸圧縮強度試験結果を図-2、3に示す。図-3上の黒印はE試料土の含水比 $W = 130\%$ に調整後、処理した供試体強度であり、B試料土を除く、他試料土の発現強度はCEC値に逆比例している。

3.6 水和生成物の相違

B処理土の発現強度

にはその構成粘土鉱物と結合材の相互作用が影響しているものと考えられ、クロライト(高知県本山産)、イライト(米国イリノイ産)カオリナイト(鹿児島県入来産)、モンモリロナイト(山形県左沢産)の各標準粘土鉱物を含水比 $W = 100\%$ に調整し、結合材(スラグ:中庸熱セ = 6:4、 $W/C = 60\%$)、 $A_w = 20\%$ で処理し経過12時間後、標準粘土鉱物中の結合材水和物を走査型電子顕微鏡で観察、撮影した結果、針状水和物がクロライト中に最も多く観察された。

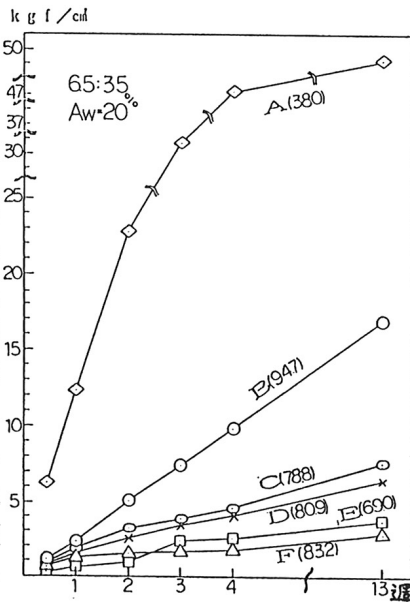


図-2 処理土の発現強度

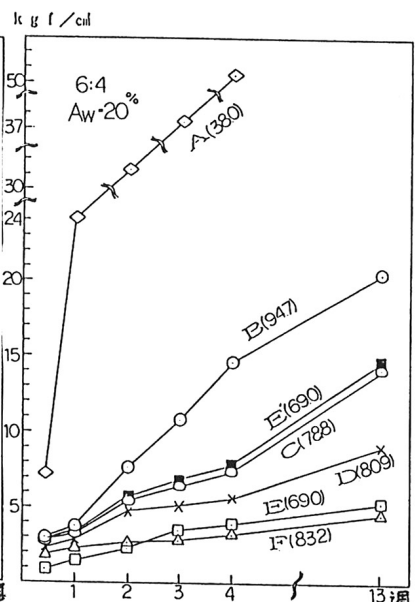


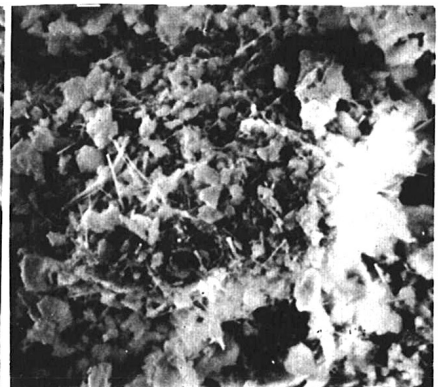
図-3 処理土の発現強度

(Pht、No 1) 次いで

イライト中にも観察されたが(Pht、No 2) カオリナイト、モンモリロナイト中には全く観察されなかった。

4、結 論

改良対象地盤中に多量のクロライト、イライトが存在する時、この両粘土鉱物は化学的反作用が小さく、結合材の水和反応は阻害されず順調に進行するため、地盤のCEC値が比較的大きくても水砕スラグを主体とする結合材処理土発現強度は



比較的大きいものと考えられる。また、各種粘土鉱物の構成比率が相対的通常の場合には、処理土発現強度は、含水比がほぼ等しい時、CEC値に反比例して、CEC値が小さいほど、処理土の強度発現速度は早く、発現強度は大きい。