

III-37 (置換性陽イオン量-推定CEC)と発現強度の相関

五洋建設(株) 中司 泰雄

1. まえがき

筆者は、過去に水砕スラグを主材とする結合材による処理土およびNPC(普通ポルトランドセメント)による比較的非晶質物の少ない標準粘土鉱物の処理土の場合、その発現強度とCEC(陽イオン交換容量)間には密接な関係があることを確認できた^{1), 2)}。しかし、NPCによる比較的非晶質物の多い自然土の処理土では、その発現強度とCEC間には明確な相関が得られなかった³⁾。今回これらを勘案してNPC処理における(置換性陽イオン量-推定CEC)と発現強度の関係を追求した結果、両者間の密実な関係を得た。

2. 試験概要

2.1 試料土

試験に用いた海底試料土の土質特性を表-1に示す。F試料土の自然含水比 $w_n = 90\%$ で最も低く、他試料土は $w_n = 120 \sim 190\%$ であった。そこで、処理土発現強度に対する含水比の相違による影響を避けるために、空気圧を利用した圧密脱水装置で含水比 $w = 90\%$ に統一した。

2.2 試料土中の粘土鉱物

粘土鉱物以外を重量分析し、X線でチェックできない少量の非晶質物をネグレクトし残りをすべて粘土鉱物として割り振った結果が表-2である。

2.3 試料土の置換性陽イオン量

過剰塩分を蒸留水で洗浄し風乾整粒した海底試料土5gに1規定酢酸アンモニウム($\text{CH}_3\text{COONH}_4$)300mlを用いて NH_4^+ 置換、浸出させた土粒子に吸着されていた主な元素 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ を原子吸光度器で測定した。その結果が表-3である。

2.4 供試体の作成および供試体中水和物

NPC添加率 $A_w = 20\%$ (乾燥土重量に対する%)で処理した試料土をモールド($\phi 5\text{cm} \times H 10\text{cm}$)で成形、この一軸圧縮強度試験用供試体を恒温恒湿槽(20℃, 湿度100%)で各週あたり3個養生した。さらに、強度試験後、供試体中の水和物をSEMで観察、写真撮影した。

3. 試験結果

3.1 処理土の発現強度

各週あたり3個の供試体の一軸圧縮試験の平均値を図-1に示す。表-4に示す通り、(置換性陽イオン量-推定CEC)値が大きい試料土ほど、その処理土の発現強度は大きいことが判別できる。

3.2 供試体中水和物

表-1 土質特性

項目	試料	A (御井)	B (仁保)	C (徳山)	D (宇品)	E (名古屋)	F (富山)
比重		2.586	2.554	2.591	2.615	2.568	2.643
含水比(%)		90	90	90	90	90	90
液性限界(%)		131.0	120.8	122.5	84.3	115.0	69.9
塑性限界(%)		39.4	42.6	38.5	35.9	39.7	33.8
塑性指数		91.6	78.2	84.0	48.4	75.3	36.1
粘土	砂(%)	4.2	3.7	0.6	5.9	9.3	13.3
	シルト(%)	38.8	42.5	26.9	57.3	48.9	57.2
	粘土(%)	57.0	53.8	72.5	36.8	41.8	29.5
強熱減量(%)		14.0	12.2	12.5	9.9	13.9	6.31
PH(kCl)		7.4	7.4	7.5	7.0	7.4	3.7

表-2 粘土鉱物などの同定(乾燥土重量%)

項目	試料	A	B	C	D	E	F
Smectite(%)		3	2	0	0	2	4
Chlorite	"	9	10	16	16	14	15
Mica	"	16	10	19	8	10	5
Kaolin	"	32	36	32	30	32	15
Vermiculite	"	0	0	0	0	0	10
Amphibole	"	1	1	2	1	1	0
Feldspar	"	12	14	10	26	13	10
Quartz	"	15	22	14	15	22	37
Calcite	"	4	1	0	0	0	4
Dolomite	"	8	4	7	4	6	0

表-3 置換性陽イオン量

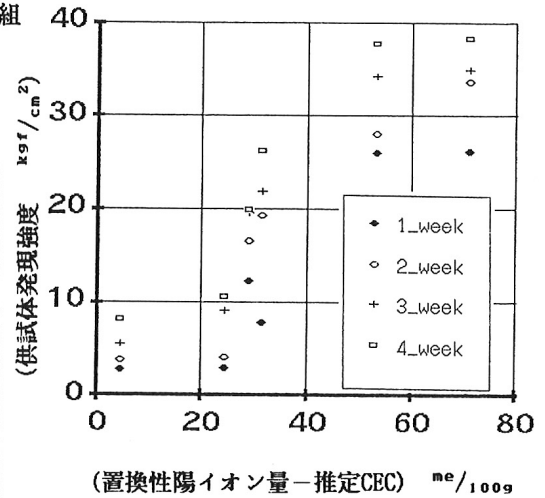
項目	試料	A	B	C	D	E	F
置換性 Ca^{2+} ($\text{me}/100\text{g}$)		61.8	35.3	17.0	17.7	18.6	18.0
Mg^{2+}	"	11.5	12.6	14.3	12.4	10.2	7.4
K^+	"	2.4	3.1	3.1	2.5	2.9	1.4
Na^+	"	7.7	12.5	8.3	4.9	3.7	1.1
TOTAL	"	83.4	63.5	42.7	37.5	35.4	27.9

写真No.1～No.6は倍率5000で撮影したものである。今回示差熱分析などによる水和物の成分、種類を調べていないが、発現強度が大きいほど水和物量は多くかつ一見、力強い組織体が生成されている傾向にある。

4. 考 察

表-4 置換性陽イオン量-推定CEC (me/100g)

項目	試料	A	B	C	D	E	F	備考 (粘土鉱物種)
Smectite		2.4 ~4.5	1.6 ~3.0	0	0	1.6 ~3.0	3.2 ~6.0	me/100g 80~150
Chlorite		0.9 ~3.6	1.0 ~4.0	1.6 ~6.4	1.6 ~6.4	1.4 ~5.6	1.5 ~6.0	10~40 "
Mica		1.6 ~6.4	1.0 ~4.0	1.9 ~7.6	0.8 ~3.2	1.0 ~4.0	0.5 ~2.0	10~40 "
Kaolin		0.96 ~4.8	1.08 ~5.4	0.96 ~4.8	0.9 ~4.5	0.96 ~4.8	0.45 ~2.25	3~15 "
Vermiculite		0	0	0	0	0	10.0 ~15.0	100~150 "
CEC		5.9 ~19.3	4.7 ~16.4	4.5 ~18.8	3.3 ~14.1	5.0 ~17.4	15.7 ~31.3	
(Replaceable Cations -CEC)		77.5 ~64.1	58.8 ~47.1	38.2 ~23.9	34.2 ~23.4	30.4 ~18.0	12.2 ~3.4	



A試料土の場合、表-2により乾燥土重量あたり、図-1 各週発現強度と（置換性陽イオン量-推定CEC）

スメクタイト3%，クローライト9%，ミカ16%，カオリン32%の粘土鉱物を含有している。資料により、スメクタイト=80~150(me/100g),クローライト=10~40 (me/100g),カオリン= 3~15 (me/100g),バーミキュライト=100 ~150(me/100g) のCECを保有する。したがって、A試料土の乾燥土重量100gあたりの推定CECは、 $(80\sim150)\times0.03 + (10\sim40)\times0.09 + (10\sim40)\times0.16 + (3\sim15)\times0.32 = 5.9\sim19.3\text{me}/100\text{g}$ となる。また、表-3より置換性陽イオン量は84.3 (me/100g)であるから、 $(置換性陽イオン量-推定CEC) = 77.5\sim64.1\text{me}/100\text{g}$ となる。同様に他試料のものを求めた結果が表-4である。

一方、高温で焼成されたセメントの化学的活性は大きいものと想定される。したがって、土中で攪拌混合直後、セメント中の Ca^{2+} などが粘土鉱物などの負電荷に相当する化学当量だけ吸着、消費される。しかし、セメントと同一の化学成分を含む非晶質物が土中に存在する時、セメント中から消費された成分を補填するものと考えられる。したがって、表-4に示した値が大きいほど、その処理土の発現強度は大きい。

参考文献

- 1) 中司；イオン交換容量の異なる海底土の処理土強度発現、土木学会第41回年次学術講演集、Ⅲ-10
- 2) 中司；セメント処理粘土鉱物におけるCECと強度の相関、第22回土質工学研究発表講演集pp.1893-94
- 3) 中司；セメント処理土におけるCECと強度の相関、土木学会第42回年次学術講演集、Ⅲ-380

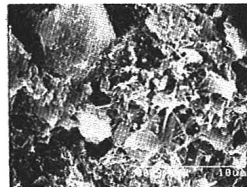


写真 No. 1 A

右中央で針状物と薄い板状物が絡んでいる。

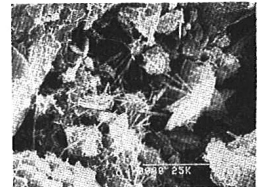


写真 No. 4 D

比較的細い針状物と網目状物が絡んでいる。

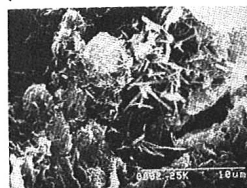


写真 No. 2 B

比較的太い針状物が土粒子を良くブリッジしている。

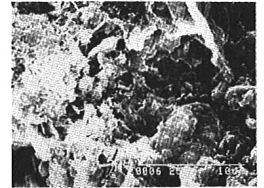


写真 No. 5 E

右下部に果粒状物が観察される。



写真 No. 3 C

力強い繊維状物が全体に生成されている。



写真 No. 6 F

中央上側に網目状の水和物が観察される。