

(株)大林組技術研究所 正会員 喜田 大三
正会員 〇辻 博和

II. はじめに

わが国には三紀層から由来する砂岩、泥岩、凝灰岩が広く分布している。これらの岩は固結度が低く風化して粘土質の土となり易く、その粘土の主要粘土鉱物であるモンモリロナイトは層間結合力が弱く、水和性も高いため可塑性、膨潤性などに特異な性質を示す。その結果、モンモリロナイトを含む土を対象とした道路土工時には、盛土の崩壊、切り取り法面の地すべり、トンネル工事では膨張性土圧の発生による崩壊、陥没などのお事故が起り、大きな問題となっている。

一般に、粘性土の工学的性質は、土粒子表面に形成される水膜の存在形態と深い関係を持つている。この水膜の形成に深く関与するものとして、土粒子の形態的性質（粘土鉱物の種類、比表面積等）と土粒子界面の物理化学的性質をあげることができる。特に、筆者らは先般で、土粒子界面に吸着している陽イオンの種類と量さらに土粒子間の結合物質としての活性鉄等の土粒子の界面化学的性質が土の工学的性質に大きく影響していることを予報として報告した。そこで、今報告では、モンモリロナイト（以下M土と略す）を含む土を対象として、土の界面化学的性質、特に土粒子間の結合物質としての活性鉄の土の工学的性質に及ぼす影響を検討した。

2. 供試試料

試料は第三紀神戶群から含まれる某地区の3地帯から採取し、合計3地帯である。試料の土色、含有粘土鉱物ならびに土の物理的性質は表-1に示す。

3. 物理的性質の検討

図-1はコンシステンシーの値と塑性図にプロットしたものであり、試料はA帯よりやや上部をA帯に因ってプロットされた。つき、膨潤率と塑性指数との関係について見ると、図-2のよう、塑性指数を関数として膨潤率は比例的に増加している、相関係数は $r=0.969$ とかなりよい相関を示し、Dakshinamathy³⁾が膨張性土に関して報告している内容と一致している。以下供試土の工学的性質の指標として塑性指数を用いることとする。

なお試料の膨潤率は1.6~2.8、粘土の活性

試料	湿潤土の土色※	含水率 (%)	コンシステンシー			液性限界 (%)	塑性指数 (%)	膨潤率 (%)	粘土の活性
			LL (%)	PL (%)	PI (%)				
1	5Y 5/3 灰オリブ	17.7	44.8	15.0	29.8	23.9	M土	CL	1.25
2	5Y 6/4 オリブ黄	39.3	80.8	20.5	60.3	43.8	M土	CH	1.38
3	5Y 6/3 オリブ黄	41.4	86.1	21.8	64.3	42.3	M土	CH	1.99
4	5Y 5/3 灰オリブ	23.5	73.4	19.9	53.5	27.2	M土	CH	1.97
5	7.5Y 6/3 オリブ黄	17.9	50.7	16.1	34.6	29.7	M土	CH	1.16
6	5YR 3/4 暗赤褐	14.9	43.7	14.1	29.6	27.6	M土	CL	1.07
7	7.5Y 6/2 灰オリブ	67.5	84.2	26.4	57.8	43.1	M土	CH	1.34
8	2.5Y 6/2 灰黄	44.1	99.5	25.7	73.8	33.1	M土	CH	2.22
9	5Y 5/4 オリブ	21.3	77.2	20.6	51.6	40.1	M土	CH	1.29
10	10Y 6/2 オリーブ	16.4	45.5	15.0	30.5	28.7	M土	CL	1.06
11	5Y 5/4 オリブ	13.2	41.1	14.2	26.9	24.4	M土	CL	1.10
12	2.5YR 3/4 暗赤褐	27.6	66.6	16.2	50.4	26.0	M土	CL	1.17
13	5Y 5/4 オリブ	39.9	94.1	22.5	71.6	39.1	M土	CH	1.83

※ 新版標準土色帳(地質院)による ※ 青酸処理アルカリ完全分解液にヤマトの測定

表-1 供試土の土質的特長と物理的性質

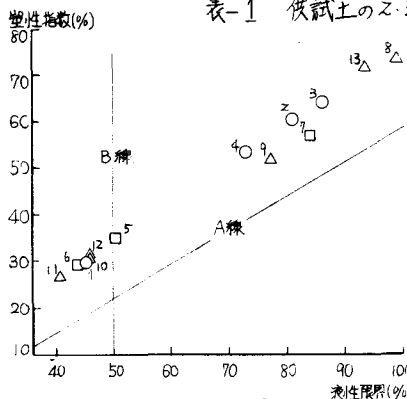


図-1 試料の塑性図上の位置

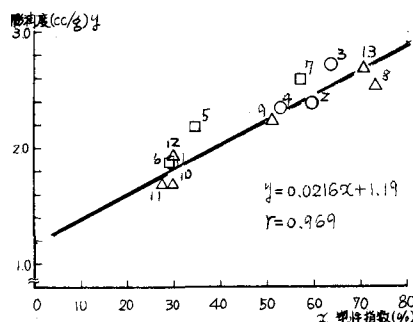


図-2 膨潤率と塑性指数の相関

度は1.0～2.2の間にあり、土に含まれるMxはCa型Mxであろうと予想される。

4. 界面化学的性質の検討ならびにMx含有量の測定
全炭素含有量は、全試料とも0.5%以下と少なく、有機物が土の工学的性質に与える影響は少ないと考えられる。交換性陽イオンについては、大部分Caイオンであり、しかも、Caイオンが陽イオン交換容量の60～90%を占め、pH、塩基飽和度と考え合えると、MxはCa型Mxであると推定される。このことは、先の物理的性質の検討の項で述べたことと一致している。

つぎに、試料中に含まれるMx含有量について述べる。その算出方法は先般の方法に準じ、陽イオン交換容量(CEC)から算出する方法(基準値90.5 me/100g)とグリセロール吸着法から求めた比表面積から算出する方法(基準値590.3 m²/g)の2法を用い、その平均値をMx含有量とした。試料のMx含有量は2.4以下、粘土含有量よりやや高い値を示しているが、ほぼ対応しており、試料の粘土分はすべてMxであると言える。

5. 活性鉄の工学的性質に関する影響

まず、粘土含有量と塑性指数の関係を示す図-3の中、活性鉄含有量の大小(1%以上)・中(1～0.5%)・小(0.5%以下)の3種に分類し、示した。

当然のこととして、粘土含有量に比例して、塑性指数は増大しているが、その増大の傾きは活性鉄の含有量によって大きく左右されていることが認められる。そこで、粘土含有量あるいはMx含有量と塑性指数の両方における傾きの度を示す活性鉄に対する活性鉄含有量の影響を図-4、図-5に示す。粘土の活性度が、2.0付近にある試料については、Ca型Mxとしては大きな値である、これらの試料はCECの約15%近くを1価のNaイオンが占めており、Na型Mxに近いMxであると推定される。この試料以外の試料について見ると、活性鉄含有量が0%から1.0%まで増加するに比例して、粘土あるいはMxの活性度は減少し、1%以上になると、活性度はほぼ一定値を示している。Skemptonによれば、粘土の活性度は膨脹特性と密着の両方あり、活性度の大きいものは粘土の膨脹は粘着力に依存し、小さくなるほど粘着力に依存すると言われている。上記の実験結果から、考え合えると、土粒子間の結合物質としての活性鉄の存在は土の工学的性質に大きく影響しているに判定される。

参考文献

- 1) 喜田 達; ベントナイト性土の土質学的検討 初版 地学調査会(1972)
- 2) 喜田 達; 土壌構造と結合物質の作用および改良剤の利用に関する研究(1961)
- 3) V. Dakshinamurthy; Soil and Foundations Vol. 13, No. 1 (1973)
- 4) Kinter; Clay and Clay Minerals 5, 318 (1958)
- 5) Skempton, Proc 3rd Inter Conf. Soil mech. Vol. 1 (1953)

試料	pH (水)	交換性陽イオン (me/100g)					CEC (me/100g)	比表面積 (m ² /g)			Mx 含有量 (%)
		Ca	Mg	Na	K	計		13	7	2	
1	7.24	21.4	3.7	1.6	1.0	26.7	26.6	182	0.75	30.0	
2	7.46	32.6	5.8	1.3	2.1	41.8	41.7	298	0.34	48.2	
3	7.94	38.2	1.1	6.1	1.9	47.3	47.2	288	0.34	51.5	
4	7.78	27.7	0.8	5.1	2.5	36.1	36.2	255	0.81	43.1	
5	6.84	18.4	2.3	0.7	0.8	19.8	24.3	194	0.71	28.1	
6	7.26	18.6	2.4	1.0	0.7	22.7	25.4	148	7.54	26.6	
7	7.18	24.9	11.0	1.8	1.9	39.6	41.0	324	0.82	55.6	
8	7.40	27.8	4.8	5.0	3.5	41.1	45.9	328	0.50	43.1	
9	7.25	23.5	3.2	3.6	1.0	31.3	37.6	272	0.67	43.6	
10	7.15	15.1	2.7	0.8	0.8	19.0	24.6	149	1.00	26.2	
11	7.68	15.0	2.5	0.7	1.1	17.3	24.1	160	1.89	26.8	
12	7.62	14.7	2.2	0.7	1.4	19.0	24.2	192	2.68	29.6	
13	7.60	22.9	3.3	3.5	1.1	30.8	37.8	257	0.81	42.6	

* バイトロライトで還元し、EDTAとキレート形成し、鉄も0-7ナントロリンで比色測定。

表-2 試料の化学的性質

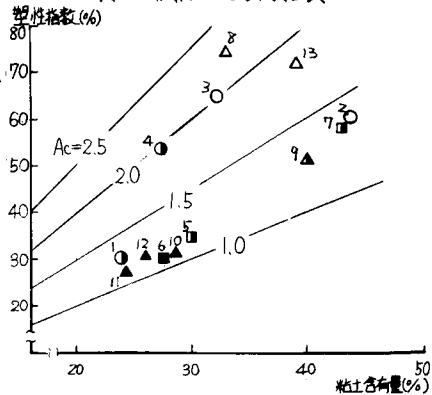


図-3 塑性指数と粘土含有量の関係

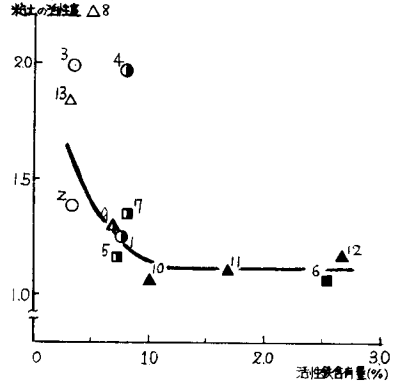


図-4 粘土の活性度と活性鉄含有量の関係

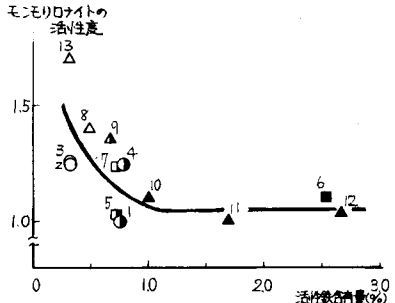


図-5 モニロライトの活性度と活性鉄含有量の関係