

III-320 泥岩の工学的性質と溶脱作用の影響

東電設計（株） 正会員

犬塚圭司

信州大学工学部

"

川上

浩

阿部 廣史

1.はじめに 第三紀の泥岩や凝灰岩のなかには、膨張性地山であったり、地すべり、斜面崩壊を引起こすものが多く見られる。このような現象を生ずる堆積岩は、海成堆積物であることが多く、この成因から、海水成分の Na や Mg が堆積物の交換性塩基となり、土のコンシステンシーなどに影響をあたえる。一方、泥岩地域における膨張性地山あるいは地すべりの原因としては、地層のしゅう曲、風化、土被り厚さ、圧縮強さ、モンモリロナイト含有量、ダイレイタンス特性などがある。

ここでは、堆積岩中の塩化物の溶脱作用に着目し、泥岩中の塩分量が、その物理的性質および力学的性質に与える影響について実験的に検討している。

2.物理的性質と塩化物量 塩化物含有量試験は、モール法と呼ばれる土質工学会基準にもとづいた。図-1は、不攪乱試料として採取出来たものの、自然含水比と乾燥密度の関係を示した。図中のA～Eの区分は、Duncanにより提案され、小野寺が結合度により区分1)したものである。比較的結合度の高いものから、非常に低い物まで幅広く調べている。これらの試料を、採取場所により、トンネルと地すべり地に分けて塩化物量を

示したのが、表-1である。その結果、トンネル現場より採取した泥岩は、相対的に、膨張量が大きいほど塩化物が少ないと言える。また、地すべり地の泥岩は、トンネル現場に比べて、塩化物量が非常に少ないと指摘できる。

塑性図上の泥岩は、図-2に示すように、A線より上方に位置し、 $I_p = w_L - 20$ の線上に並んでくる。これは、通常土に比べて、塑性および保水性が高いことを示しており、含まれるモンモリロナイトの量に影響されていると思われる。採取した泥岩試料に塩分を加え、塩分濃度と液性限界の関係を調べると、図-3が得られた。両試料とも、ある塩分濃度で液性限界のピークがみられ、塩分量の変化により泥岩の土性が変化する

ことを示した。一方、塑性限界は、表-2に示したように、塩分量が増してもほとんど変わらない。塩分量は液性限界にのみ影響し、このため塑性指数にも影響を及ぼす。この傾向は、陽イオン交換容量(CEC)とコンシステンシーの関係でも指摘されている2)。

泥岩が以上のような傾

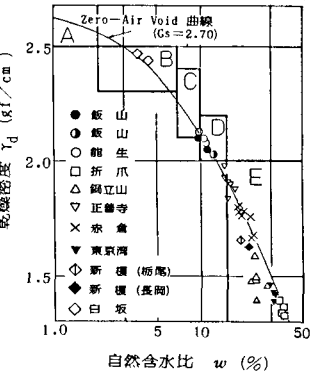


図-1 泥岩の自然含水比と乾燥密度

表-1 各地の泥岩中の塩化物量

採取場所	試料名	塩化物／土 (%)	塩化物／水 (%)	含水比 (%)	膨張 (mm)	pH
ト	折爪	0.005	0.013	38	150	8.4
	新橋 (長岡側)	0.009	0.040	23	170	9.1
	新橋 (栃尾側)	0.014	0.066	21	30	8.9
	正徳寺	0.022	0.139	16	8	8.7
	鶴立山	0.047	—	—	—	8.4
ネ	飯山	0.086	0.835	10	25	8.7
	龍生	0.152	1.445	10	2.6	8.4
	白坂	0.011	0.289	4	100	8.9
	28.6	0.004	0.010	40	—	—
地すべり	鶴立山	0.003	0.009	32	—	7.6
	地附山	0.003	0.048	6	—	7.4
	大木戸 (軟弱化)	0.005	0.025	20	—	8.1
	(硬い)	0.009	0.067	13	—	8.5
	大門	0.0002	0.001	15	—	6.1
	谷地	—	—	41	—	3.3
	C	—	—	41	—	2.8
参考	海砂	0.070	3.333	2.1	—	7.1
	砂岩	0.132	0.433	31	—	7.1

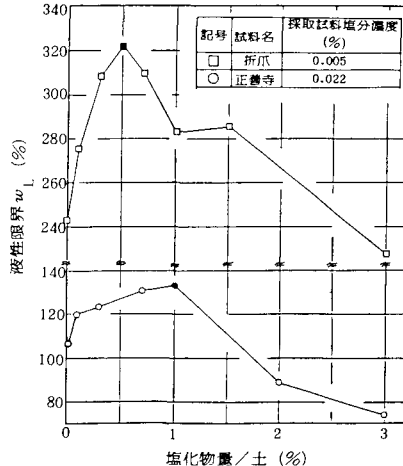


図-3 塩分濃度と液性限界

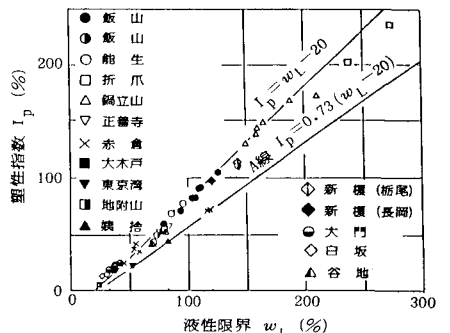


図-2 塑性図上の泥岩

向を示してくると、含まれるモンモリロナイト量が問題となる。しかしながら、モンモリロナイトの定量は必ずしも容易ではない。そこで、本来は、泥水中のベントナイト含有量測定法の一つであるメチレンブルー吸着法³⁾を用いて泥岩中のベントナイト含有量を測定し、液性限界との関係を示したのが、図-4である。図中に平均的な線として実線を入れたが、この線の下側にあるのが、塩化物濃度の特に高い東京湾泥岩であり、上方に位置する谷地泥岩は、pHが他に比べて極端に低い。このような例外を除くと、メチレンブルー吸着法はモンモリロナイトへの吸着と関係づけられている方法であり、モンモリロナイトの定量に、簡便な方法として利用できそうである。

表-2 塩分量とコンシステンシー（正善寺）

塩分量/土 (%)	w_L	w_P	I_P
0.02	107	26	81
0.1	119	26	93
1.0	133	25	109

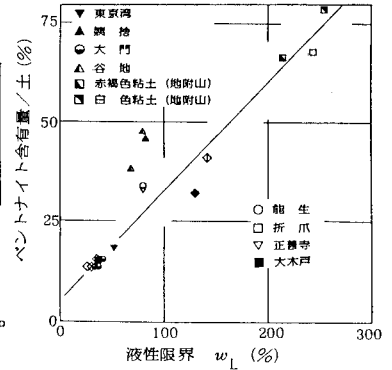


図-4 液性限界とベントナイト含有率

表-3 塩分濃度と圧密変形特性

試料名	折爪泥岩	正善寺泥岩
試料番号	1 2 3 4 5 6	
スラリー状態	0.01 0.11 1.01 0.02 0.52 1.02	
予圧密後 (1.0 kgf/cm^2)	0.01 0.02 0.50 0.01 0.33 0.44	
圧密終了後	0.01 0.01 0.39 0.01 0.19 0.43	
圧縮指数 C_c	2.49 2.17 1.97 0.67 0.63 0.47	
膨張指数 C_s	0.56 0.41 0.21 0.11 0.06 0.05	

3. 力学的性質と塩化物 a. 圧密試験 表-3には、塩分濃度を変えて実施した圧密試験結果を示した。試料はいずれも、液性限界の2倍の含水比で充分練返され、 1.0 kgf/cm^2 で予圧密した後、供試体とした。圧密変形特性は、圧縮指数、膨張指数とも、塩分濃度の影響を顕著に示す。b. 平均主応力一定試験

トンネル掘削前後の地山の応力状態は、その平均主応力は変化せず、掘削にともないトンネル周辺のせん断応力のみが増大する⁴⁾。そこで、平均主応力一定試験時の体積変化挙動が、トンネル掘削時の膨張性を支配するといえる。圧密試験と同様な手法で供試体を作り、平均主応力一定試験を行った結果が、図-5である。いずれも、過圧密比 $=8$ 、 $\sigma_m = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ であるが、塩分の影響を受け、初期含水比・間隙比にかなりの差が生ずる。破壊時の体積膨張は、塩分の多いものに比べ、約2倍にも達する。c. 圧密非排水試験 圧密および平均主応力一定試験では、スラリー状試料を再圧密して供試体を作製したため、塩分濃度の差異は、主に圧密特性の相違にともなう供試体の初期状態の差として現れた。そこで、供試体の初期構造をできるだけ変えずに、塩分濃度の影響を調べた圧密非排水試験結果が図-6である。新複泥岩の不攪乱試料に、一方は、純水を、他方は、海水に相当する3.5%の塩水を一週間かけて通水した後、試験が行われた。その塩化量は、図中の表に示したように変わり、せん断特性、間隙水圧変化に著しい影響を及ぼしていることがわかる。せん断破壊後の供試体観察でも、塩水を通したT-2に比べ、純水を通したT-1が、全体に軟弱化していることが明らかに認められた。

5. まとめ 泥岩中に含まれる塩化量は、その物理的・力学的性質に及ぼす例について示した。泥岩では、塩化物濃度の低いものが要注意であると指摘できる。しかし、ここに示した問題は、塩化物濃度のほか、陽イオン交換容量 (CEC) も考慮しなければならない。

【文献】1) 土質学会編(1974): 岩の工学的性質と設計~, pp161. 2) 庄子(1986): 土と基礎, Vol. 34, No. 4. 3) F.O. Jones, Jr. (1964): Oil and Gas Journal, June, 1. 4) 長, 川上他(1982): 第27回土質工学シンポ.

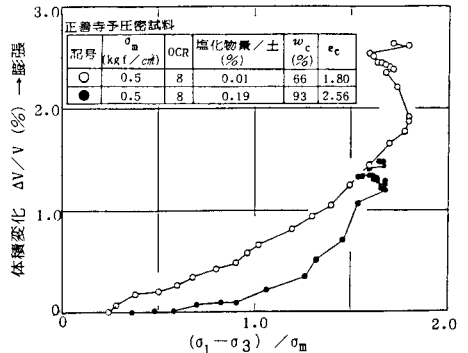


図-5 過圧密土の平均主応力一定試験

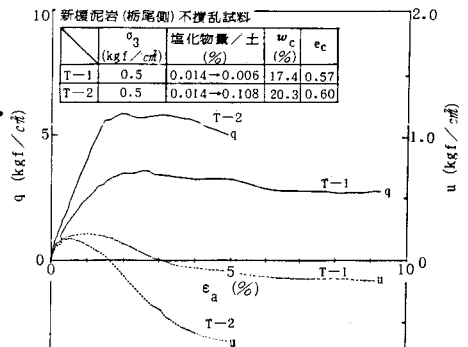


図-6 塩分濃度を変えた圧密非排水試験