

泥岩の工学的性質

信州大学大学院

○大塚十司

信州大学工学部 正会員 川上 浩, 阿部広史

1. はじめに トンネル掘削時に膨張性を示す

第三紀層泥岩の地域では、その地表部では地すべりが多発している。すなわち、地下深部の泥岩と地表部の泥岩が共に風化して軟弱化しているが、その原因の1つとして、塩分の溶脱作用が考えられる。北欧及びカナダ等のクイッククレイの生成が塩分の溶脱作用によることは広く知られる所である。膨張性トンネルの要因としては、地層のしゅう曲、土被り厚さ、一軸圧縮強さ、含まれるモンモリロナイト量、せん断時のダイレタンスー特性が挙げられる。本文では、海底で堆積固結した泥岩に、しゅう曲作用により生成された節理を通して地下水が浸透し、溶脱作用が進行して、軟弱化しているとの観点から、泥岩のもつNaCl量が、物理的性質や力学的挙動に、どのような影響を及ぼすのかを、実験的に検討した。

2. 物理試験

表1に、各地のトンネル現場及び地すべり地の泥岩に含まれるNaCl量を測定した結果を示す。その一般的傾向として、地すべり地の泥岩は、トンネル現場の泥岩にくらべてそのNaCl量が非常に少ない。また、トンネル現場より採取したもののNaCl量は地域によってかなり異っているが、大まかな傾向として、膨張性の高い泥岩程、NaCl量が、少ない事が指摘できる。この事から地表に近い地すべり地の泥岩では完全に溶脱が進行しており、地下深部でも溶脱が進行している所で、膨張性を示すものと考えられる。

これら泥岩は、図1に示すように、塑性図上ではA線より上方に位置し、ほぼ、 $I_p = w_L - 20$ の線に並ぶ。これは、通常土に比べて塑性及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及びNaCl量によって液性限界が変化するとみられる。北陸自動車道の正善寺トンネルの試料土にNaClを添加した時の液性限界の変化を図2に示す。自然乾燥させた試料土に、純水を加えて、落下回数を40回前後にし、その後、土の乾燥

表 1 各地の泥岩中のNaCl量

採取場所	試料名	NaCl/土 (%)	NaCl/水 (%)	含水比 (%)	膨張量 (mm)
トンネル	折爪泥岩	0.005	0.017	37.5	100~150
	新奥シ				
	(長岡側)	0.009	0.040	22.7	170
	(師尾側)	0.014	0.066	21.3	30
	正善寺泥岩	0.022	0.181	15.8	—
	鍋立山シ	0.047	0.334	—	—
地すべり	飯山シ	0.086	0.723	10.3	25
	飯生シ	0.152	1.116	10.5	2.6
	姥捨泥岩	0.003	0.009	31.9	
	地附山シ	0.003	0.048	6.3	
地すべり	大木戸シ				
	(軟弱化)	0.005	0.020	19.8	
	(硬い)	0.009	0.067	13.4	
参考	海水 (標準)	—	3.5	—	
	海砂 (飯生)	0.070	3.371	2.1	
	東京湾泥岩 (海底)	0.132	0.495	30.5	

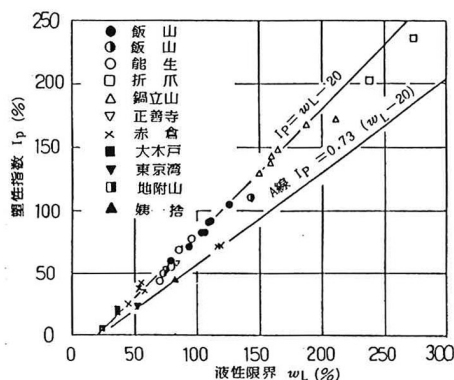


図 1 塑性図

写真 1 浸水後の泥岩



重量比 NaCl を、0.1, 1, 10% 添加している。0.1 と 1% のものは、NaCl 添加直後に、粘性が増し、NaCl を添加しないものに対して、液性限界が、それぞれ 12, 26% 増加したが、10% のものは、34% 低下している。また、塑性限界は、NaCl を添加しないものと、0.1, 1% 添加したものは、それぞれ 26, 26, 25% と、ほとんど変りないが、10% のものは、34% に増加している。

3. 浸水前壊度試験 乾燥の影響をあまり受けていない泥岩を、純水と塩水(3.5%)中に浸水させ、前壊度の差を調べた。純水中のものは、浸水直後から、激しくスレーキング現象を起こし、2 時間後、ほとんど原形を残さなかった(写真 1)のに比べ、塩水中のものは、24 時間後でもスレーキングを起こしていない。

4. 力学試験 図 3 では、NaCl 添加土の圧縮特性への差を調べている。いずれもスラリー状態にし、それぞれ、1, 0.5 kgf/cm² まで予圧密した試料である。NaCl を添加してもその圧縮性には影響がないとみられるが、膨張過程でその膨張量に差がみられ、無添加のものは、膨張量が大きくなっている。図 4 には三軸圧縮試験の結果を示しているが、強度的に顕著な違いはみられない。図 5 は、旧地すべり地(長野県更埴市)から採取した不攪乱の泥岩を、三軸室内で塩水(0.3%)を通したものである。NaCl/soil 値は、0.003 から 0.072 % になった。この場合も同様に差はみられない。

5. まとめ 今回は、NaCl 量の少ない試料土に、NaCl を添加した場合の影響を調べたが、適量の NaCl を添加すると液性限界が増大する。また、圧縮特性及び強度特性には顕著な差は認められないが、圧密試験膨張過程には影響がみられる。

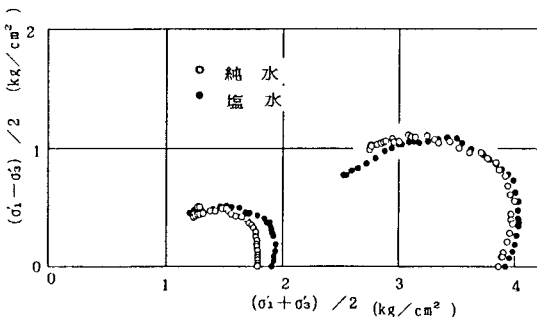


図 4 正善寺泥岩の $\bar{c}_u$ -TEST

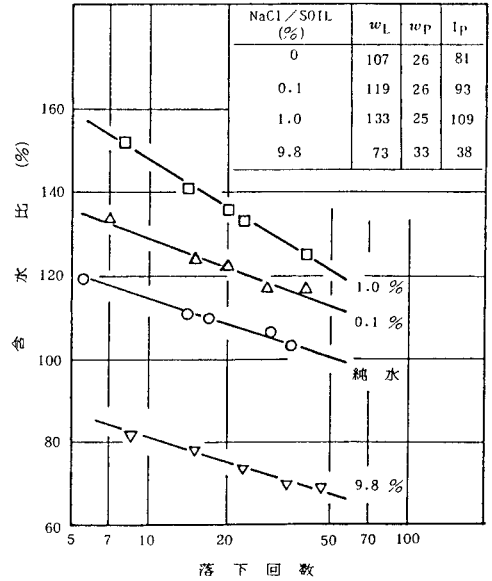


図 2 塩分を加えた時の液性限界

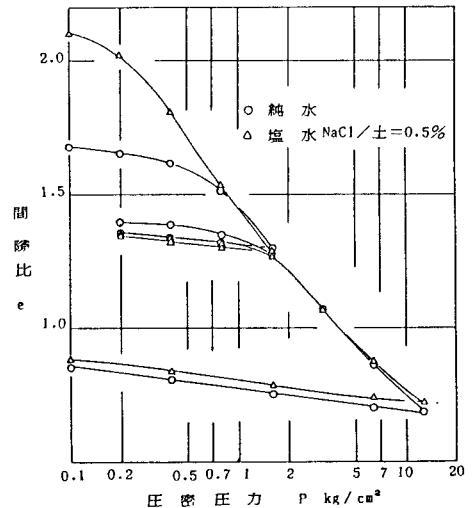


図 3 e-logP 曲線

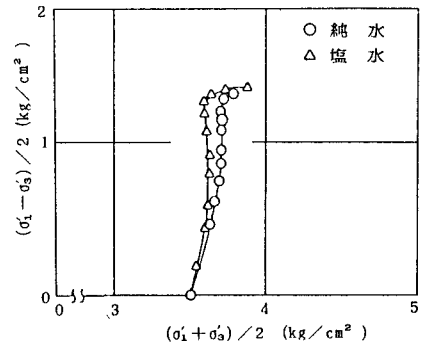


図 5 姥捨泥岩の $\bar{c}_u$ -TEST