

# 猪苗代湖西側地域に分布する高有機質土の物理・力学特性について

新協地水(株) 石幡 和也、原 勝重

## 1. はじめに

福島県のほぼ中央に位置する猪苗代湖岸の西側地域には、赤井谷地泥炭層と呼ばれる高有機質土(表-1の分類でいずれも泥炭に分類されるため、以下泥炭とする)が分布する。筆者らは、道路盛土をはじめとする土木構造物設計の基礎資料とするため、当該地域の複数箇所の泥炭について室内土質試験を実施した。

本発表では、室内土質試験により得られた当該地域の泥炭の物理特性、力学特性および提案した軟弱地盤対策の例について報告する。

## 2. 赤井谷地泥炭層について

東北地方の最南にある福島県中央部には、標高514mで国内第4位の面積の猪苗代湖が位置する。猪苗代湖の西岸に沿って、西岸に平行に北流する赤井川の谷は、出口付近が丘陵と火山砕屑物によって、遮断されて、ぬかるみの深い湿地帯が広がった。



図-1 猪苗代周辺の地形<sup>1)</sup>



図-2 赤井谷地周辺の地質分布<sup>1)</sup>

これが赤井谷地とよばれる北方系の植物相陸化型の高層湿原であり、昭和3年には天然記念物に指定されている。当該谷地を北端とし、その南方に「赤井谷地泥炭層」が広く分布する(図-3参照)。

分布域の南北方向の分布状況(A-A'断面)と東西方向の分布状況(B-B'断面)は、図-3に示すように南北方向では、全体に2~7m程度の層厚で、谷地から南に1.5km付近で泥炭層が層厚を増している。東西方向では、盆地形最上部に厚さ7m程度で水平に分布する。

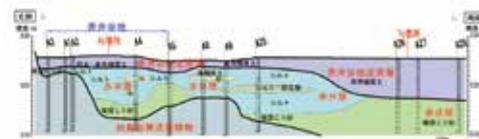


図-3.a 分布状況(A-A'断面, 南北方向)

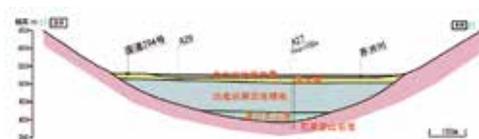


図-3.b 分布状況(B-B'断面, 東西方向)

表-1 室内土質試験結果および北海道地域の泥炭

試料番号		土質区分		AY-1	AY-3	Yo-1	Yo-2	Yo-3	Yo-4	北海道の泥炭	
				高有機質土	高有機質土	高有機質土	高有機質土	高有機質土	高有機質土		
物理特性	一般	湿潤密度	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.968	0.926	1.001	1.004	1.026	0.989	0.97~1.14	
		乾燥密度	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.151	0.108	0.131	0.168	0.212	0.182	0.09~0.27	
		土粒子の密度	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.261	1.512	1.514	1.587	1.569	1.796	1.3~2.1	
		自然含水比	$w_n$ (%)	545.1	769.2	666.6	503.2	510.3	442.2	115~1115	
		間隙比	$e$	14.04	12.95	10.61	8.53	6.66	8.84	5~19	
		飽和度	$S_r$ (%)	87.8	88.2	95.4	93.6	94.3	89.9	78~100	
	コンシステンシー	粗粒分含有率	$C_c$ (%)	25.0	繊維分が多いため試験不可						-
		細粒分含有率	$F_c$ (%)	75.0							-
		液性限界	$w_L$ (%)	125.0	-	397.9	565.7	529.6	485.9	-	
		塑性限界	$w_p$ (%)	63.3	-	211.7	247.4	202.1	182.0	-	
分類	塑性指数	$I_p$	61.7	-	186.2	318.3	327.5	303.9	-		
	地盤材料の分類名		泥炭(Pt)	泥炭(Pt)	泥炭(Pt)	泥炭(Pt)	泥炭(Pt)	泥炭(Pt)	-		
力学特性	圧密	圧縮指数	$C_c$	8.828	6.277~10.050	6.429	6.161	3.584	4.608	2.6~5.3	
		圧密降伏応力	$P_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	26.5	15.8~18.8	24.1	25.8	15.8	26.9	-	
	三軸圧縮	全応力	$c_{cu}$ (kN/m <sup>2</sup> )	13.9	-	-	11.2	5.9	-	-	
			$\phi_{cu}$ (°)	0.0	-	-	5.5	1.5	-	-	
			$c_{cv}$ (kN/m <sup>2</sup> )	9.1	-	5.9	14.5	10.6	29.4	-	
		有効応力	$\phi^*$ (°)	12.4	-	18.1	17.6	18.1	32.9	-	
			$S_u/P$	0.221	-	0.327	0.318	0.327	0.351	0.5~1.0	
			$\sigma^*$ (kN/m <sup>2</sup> )	4.4	-	5.9	6.9	5.6	18.0	-	
	その他	対数N値	N	1/40	-	-	0/45~2	0/45	1/65	-	
		強熱減量	Li (%)	93.1	-	87.8	74.4	64.5	64.3	30~90	
その他	有機物含有量		-	47.1	-	-	-	-	-		
	pH		-	-	5.3	5.7	5.4	5.7	-		

試験に供した試料は、図-2に示すAy箇所とYo箇所の採取試料を用いた。当地域の泥炭は、写真-1のようなヨシやミズゴケの未分解部主体の泥炭が多く、周辺の道路では沈下が長期に渡って続いている。そのため、土構造物の築造には、軟弱地盤対策が必要であり、対策検討に供する泥炭の土質特性把握のため、表-1に示す物理特性・力学特性に関する室内試験を行った。



写真-1 採取試料 (Yo)

### 3. 土質特性について

#### (1) 物理特性について

物理特性は、土粒子の密度が、 $\rho_s=1.512 \sim 2.261\text{g/cm}^3$ 、含水比が  $w_n=442 \sim 769\%$ 、湿潤密度が  $\rho_t=0.926 \sim 1.026$

g/cm<sup>3</sup>、間隙比が  $e=6.6 \sim 14.0$ 、塑性指数  $I_p=61.7 \sim 318.3$  を示した。また、強熱減量は、 $Li=64.3 \sim 93.1\%$  を示し、 $pH=5.3 \sim 5.7$  と弱酸性の値を示した。

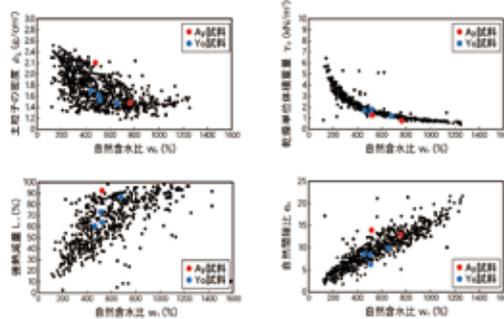


図-4 各物理特性の関係<sup>2)</sup>

図-4に示す北海道地方の泥炭および赤井谷地泥炭層の物理特性の関係では、北海道地方の泥炭の分布範囲内にあることが分かる

#### (2) 力学特性について

力学特性では、圧縮指数が  $C_c=3.58 \sim 10.05$ 、圧密降伏応力が  $P_c=15.8 \sim 26.9\text{kN/m}^2$ 、非圧密非排水強度が  $c_{cu}=5.9$

.....

～13.9kN/m<sup>2</sup>、 $\phi_{uu}=0.0 \sim 5.5^\circ$ 、圧密非排水強度が $c_{cu}=5.9 \sim 29.4$  kN/m<sup>2</sup>、 $\phi_{cu}=12.4 \sim 32.9^\circ$ 、有効応力が $c'=4.4 \sim 18.0$  kN/m<sup>2</sup>、 $\phi'=35.4 \sim 50.8^\circ$ を示した。また、N値は、 $N=0/45 \sim 2$ と非常に軟弱な値を示した。図-5に示す一般的な含水比の圧密曲線と赤井谷地泥炭層の圧密曲線の関係では、近い含水比の曲線よりも初期間隙比が高い傾向を示し、一般的な粘性土と、同等な扱いはできないことが分かる。

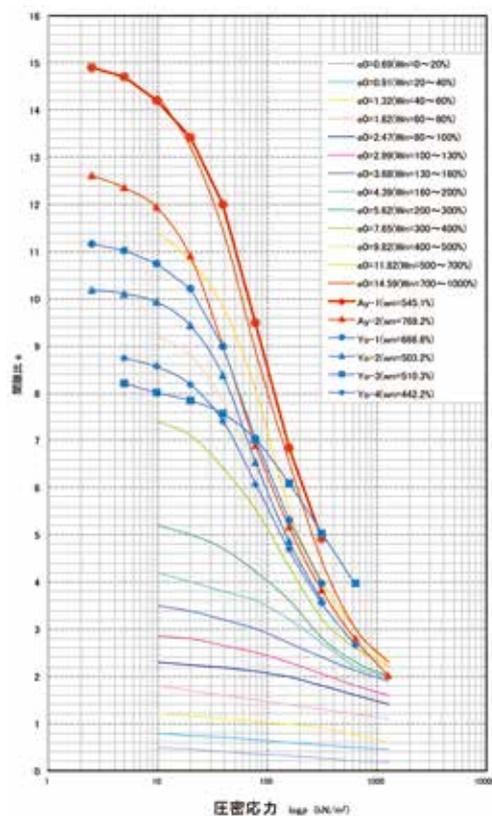


図-5 含水比毎の圧密曲線<sup>4)</sup>

#### 4. 軟弱層の厚いYo箇所軟弱地盤対策について

##### (1) 対策検討結果について

Yo試料を採取した赤井谷地南方の地域では、延長1km程度の道路低盛土が計画

されている。当地域は、泥炭層の最大厚さが約7mと厚く、計画前後の既存道路でも長期的な沈下が生じていることから、沈下が懸念される。そのことから、Yo試料採取地域における盛土等の土構造物の築造に際しては、軟弱地盤対策が必須である。

道路築造を行う国道は、湖岸西側地域の南北をつなぐ主要道路であるため、対策の検討に際しては、常時の作用、地震時作用(レベル2まで)沈下の検討を行った。検討の結果、沈下量が計画盛土高1.3mに対し、1.2mの沈下が生じるため、対策が必要と判断した。対策工は、種々あるが、当地域では、天然記念物保全の観点から泥炭層の乾燥化および水環境の変化への配慮が必要なことから、適用性のある工法として、余盛工法、EPS工法および締固め砂杭工法の3工法を選定し、比較することとした。比較は、それぞれ許容沈下量と許容沈下量とするための費用を主眼に置き、総合的に比較を行った。以下に各盛土高1.3mに対する対策工後の沈下量を示す。それぞれ、供用開始後の残留沈下量を30cm以内と設定した。

余盛工法：余盛4.1m→残留沈下量26.5cm

EPS工法：置換深さ3.0m→残留沈下量0.0cm

締固め砂杭工法：改良率90%→残留沈下量20.3cm

検討の結果、余盛工法は、多くの盛土が必要となるが、他の工法と比較し、費用が10分の1程度で、材料等も入手し易い。また、一般的な重機等での施工が可能など適用性の良さや周辺環境への影響を考慮し、余盛工法が最も適すると判断した。盛土の不安定化も懸念されたため、敷網による盛土補強も併用することとした。

## (2) 要求性能について

検討対象は、一般国道であり、北側近傍では、2桁国道と合流する重要道路である。そのため、平成27年4月より適用の国土交通省「道路土工構造物技術基準」<sup>5)</sup>（以下、基準）の内容に照らし合わせると、重要度1に該当する道路土工構造物であり、常時、降雨時およびレベル1地震時の要求性能が性能1、レベル2地震時の要求性能が性能2であり、また、盛土構造物であるため、著しい沈下を生じない性能が必要となる。今回行った検討は、基準が制定される以前に行った業務であるが、レベル2地震時の作用および沈下（二次圧密まで）までの検討を行っていたため、概ね基準に沿う内容となった。

2011.3.

- 3) 同上、p.50～51
- 4) (社)日本道路協会：道路土工-軟弱地盤対策工指針、p50、2012.8.
- 5) 国土交通省：道路土工構造物技術基準、2015.3.

## 5. 今後について

北海道地域と比較し、福島県における泥炭地盤の分布範囲は、限定的であるため、土木関係者内で泥炭性地盤の特異性は周知されていない。また、低盛土の場合、実施する調査は、路床構築のためのCBR試験等の路床土調査のみであるため、長期的な沈下への対策が行われず、不陸箇所等が多く見られる。今後は、県内の泥炭性地盤を始めとするローカルソイルについて、情報を蓄積、広く周知し、国土交通省により改定された基準を背景とし、工事の大小に関わらず、適切な調査を提案・実施し、長期的な視野でのコスト低減に貢献したい。

### 《引用・参考文献》

- 1) 福島県：赤井谷地とその周辺自然、p.12、1997.3.
- 2) (独)土木研究所寒地土木研究所：泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル、p.5、