

堆積環境の及ぼす粘性土の繰り返し圧縮特性への影響

長岡技術科学大学大学院 非会員 ○伊與和真 元長岡技術科学大学大学院 非会員 衣川元貴
長岡技術科学大学 会員 大塚悟 長岡技術科学大学 非会員 福元豊

1. はじめに



図.1 対象区間

新潟県では冬期の消雪に地下水を利用する、消雪パイプが普及している。しかし、地下水の大量利用は地下水位の低下を生じて地盤沈下を引き起こす問題がある。地盤沈下の原因は軟弱地盤の圧密現象であるが、地下水の利用が毎年同じ規模で安定的に実施されれば地盤沈下は収束すると推測されるが、現実には地盤沈下の進行する実態がある。

様々な理由が考えられるが、本研究では旧紫雲寺潟から採取した自然堆積粘土を対象に繰り返し圧密試験を実施した。軟弱地盤の繰り返し圧縮特性から、地盤沈下の原因を考察する。

2-1. 繰り返し圧密について

地下水位の変動を圧密荷重の載荷・除荷の応力サイクルで考慮する1次元圧密試験を実施した。繰り返し荷重に対する粘性土の変形挙動は交通荷重を念頭にした、せん断応力の繰り返し載荷が実施されてきたが、本研究では1次元圧密のためにせん断応力の繰り返し載荷は考慮しないため、過去に未実施の試験であり、試験データは参考文献に見当たらない。本研究では自然堆積粘土の軟弱地盤が厚く堆積する旧紫雲寺潟から不攪乱試料を採取して繰り返し圧密試験を実施する。また北陸農政局・信濃川水系土地改良調査管理事務所が実施した他地点の試験結果と比較し、圧縮沈下を生じやすい土の特徴を明らかにする。

2-2. 試料の物理特性

新潟県内の4地点における繰り返し圧密試験を比較考察する。

採取試料の物性値を表.1に示す。表.1より、すべての試料に共通して主にシルト分と粘土分で構成されている。砂分・シルト分・粘土分の構成比はほぼ同じ値となっているにも関わらず、その他の物性値には大きな差異がある。これは陸成、海成などの土の堆積条件や、有機物含有量の大小によると考えられる。

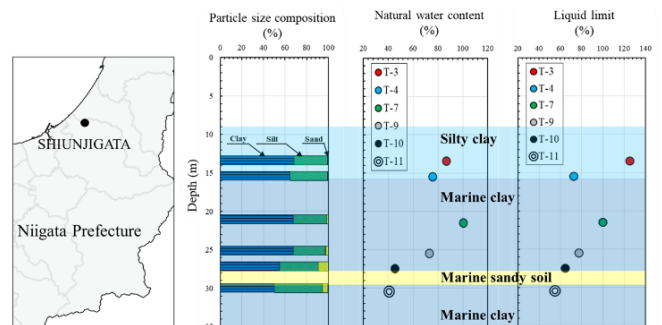


図.2 旧紫雲寺潟の地盤特性

2-3. 圧密試験結果

旧紫雲寺潟 T-3試料を使用した繰り返し圧密試験の結果を図.3、図.4に示す。繰り返し荷重の影響を調べるために、大きな荷重サイクルを課している。図.4より、荷重の繰り返しは従来の土質力で定義する弾性領域内の応答にも拘らずに、塑性変形が進展して間隙比が大きく減少する。間隙比の減少は荷重サイクルに伴って収束する傾向が見られる。サイクル後に載荷すると、正規圧密曲線に戻って推移した。膨潤曲線を利用して降伏応力を算出すると、降伏応力は荷重サイクルの繰り返しの伴って大きくなる(図.4)。繰り返し5回後の過圧密比は $OCR=315/250=1.26$ となった。図.5には繰り返し回数と載荷時の C_s 、除荷時の C_s の関係を示す。図より載荷時の C_s が除荷時の C_s よりも大きく、これらの差が $\Delta \epsilon_s$ を生じさせている。図.6に繰り返

表.1 採取試料 物性値表

試料名	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	自然含水比 (%)	間隙比	液性限界 w_L (%)	塑性指数 I_p	圧縮指数 C_c	膨潤指数 C_s	最終 $\Delta \epsilon_s$ (%)	グループ	
紫雲寺潟	T-3	0.4	30.1	69.5	86.8	1.94	125.5	82.4	1.66	0.06	B	
	T-4	0.3	31.5	68.2	75.5	1.65	72.4	38.1	0.66	0.02	A	
	T-7	0.7	30.3	69	100.3	2.30	99.7	59.8	1.49	0.04		
	T-9	0.5	30.9	68.6	73	1.42	77.1	45.1	0.92	0.04		
	T-10	9.2	35.3	55.5	45.2	1.13	64.3	34.2	0.37	0.02		
	T-11	5	45	50	40.5	1.09	54.6	28.1	0.27	0.01		
豊栄	No.1.2	2	58	40	58.2	1.54	76.3	47.2	0.68	0.04	A	
	No.1.4	1	51	48	107.8	2.84	182.2	141	1.91	0.10	7.26	C
	No.1.9	3	56	41	54	1.43	63.0	35.3	0.56	0.03	3.19	A
	No.1.12	1	54	45	63.8	1.70	88.2	56.8	1.04	0.05	5.08	B
	No.1.14	1	51	48	75.3	2.03	120.9	78.4	1.55	0.10	4.93	
	No.1.17	1	48	51	75.5	2.04	87.1	52.4	1.38	0.08	3.76	
	No.1.20	1	48	51	50.7	1.38	67.1	42.4	0.58	0.04	2.59	
黒崎	黒崎-13	7.3	92.7	0	220.1	4.67	258.7	162.3	2.46	0.15	10.94	C
白根	T 1-1	3.5	34.5	62	51.6	1.49	55.1	25.2	0.57	0.03	2.61	A

返し回数と繰り返し1回当たりに生じるひずみ増分 $\Delta\epsilon$ の関係を示す。図より、繰り返し回数大きくなるのに伴い1回当たりに生じる $\Delta\epsilon$ は小さくなる。また、 $\Delta\epsilon$ は繰り返し5回では収束せず、繰り返しの増加に伴い、変形が生じる可能性があるが、今回の試験では確認できていない。

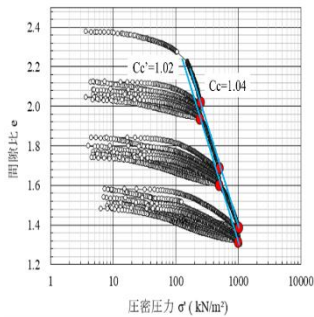


図.3 圧密試験結果

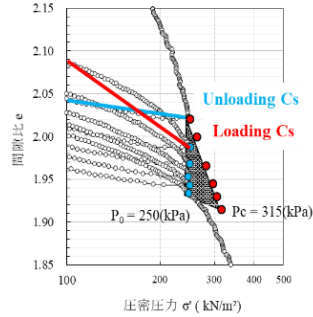


図.4 繰り返し部分拡大図

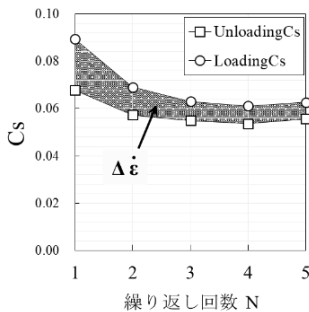


図.5 Csと繰り返し回数

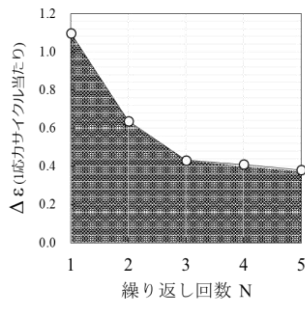


図.6 $\Delta\epsilon$ と繰り返し回数

2-4. 自然堆積粘土と再構成土の比較

土の骨格構造の有無が繰り返し载荷に伴う土の圧密挙動にどのような影響を与えるかを把握するために、旧紫雲寺瀉T-3試料から作成した再構成土において繰り返し圧密試験を実施した。

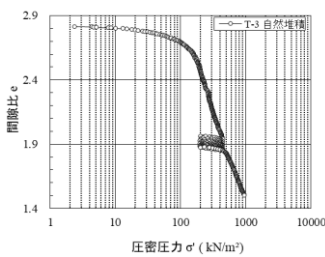


図.7 自然堆積粘土

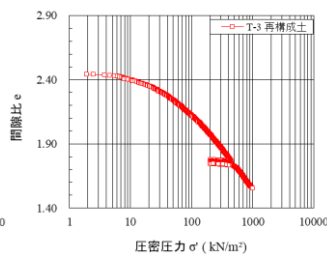


図.8 再構成土

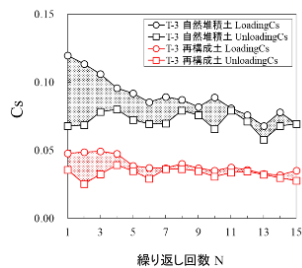


図.9 Csと繰り返し回数

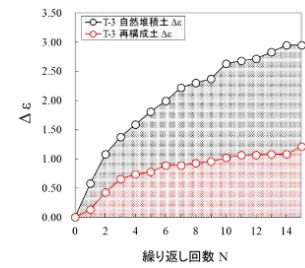


図.10 $\Delta\epsilon$ と繰り返し回数

図.7, 8に試験結果を示す。繰り返し荷重は450(kPa)~200(kPa), 繰り返し回数15回であり, 図.3に比較するとひずみ増分はやや小さい。図.9には繰り返し回数と載荷時のCs, 除荷時のCsの関係を示す。自然堆積粘土と比較し構成土の膨潤曲線の勾配Csは小さくなる。また再構成土の載荷時のCsと除荷時のCsの差分は小さいことから、再構成土は繰り返し荷重による圧縮沈下を生じづらい。繰り返し回数が増加するとこの傾向は顕著に表れ、載荷時Csと除荷時Csの差分は概ね0に収束していることが分かる。図.10には繰り返し回数と繰り返し1回当たりに生じる $\Delta\epsilon$ の関係を示す。図より、自然堆積土と比較し再構成土のひずみ量は小さいことが分かる。

2-5. 土の物理特性と繰り返し圧縮特性

図.11, 12に繰り返し荷重による $\Delta\epsilon$ と液性限界, 自然含水比の関係をそれぞれ示す。図より $\Delta\epsilon$ とこれらの指標の相関係数は0.95以上であり、特に液性限界 W_L とは強い相関があることがわかった。液性限界, 自然含水比の値が大きな地盤では地下水位変動による地盤沈下が発生しやすいことが分かった。

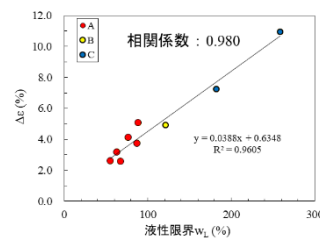


図.11 $\Delta\epsilon$ と液性限界

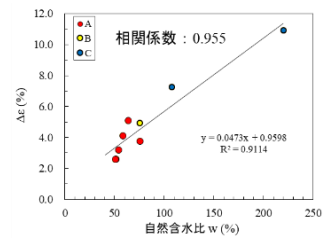


図.12 $\Delta\epsilon$ と自然含水比

3. 結論

本研究により得られた成果を箇条書きにする。

- 1) 自然堆積粘土, 再構成土ともに繰り返し载荷に伴う塑性的な圧縮ひずみを生じることが確認できた。圧縮ひずみは繰り返し回数により減少する傾向を示す。降伏応力を求めると繰り返しにより増大するため、過圧密比が増加することを示した。
- 2) 自然堆積土と比較し再構成土のひずみ量は小さい。
- 3) 繰り返し荷重に伴い発生するひずみ量は塑性指数・自然含水比・液性限界と直線的な関係が得られた。

参考文献

北陸農政局・信濃川水系土地改良調査管理事務所: H29年度新瀉地盤沈下対策調査報告書, 2018.