

自然堆積粘土の圧密特性と骨格構造の評価法

呉工業高等専門学校 正会員 森脇 武夫
 呉工業高等専門学校 学生会員 ○山根 菜摘
 JR 西日本 吉川 秀平

1.はじめに

比較的大きな荷重を受ける洪積粘土地盤の圧密沈下や交通荷重などのような繰返し荷重を受ける沖積粘土地盤の長期沈下が事前の予測を大きく上回る事例が数多く報告されている。これは、長年月の堆積期間に形成された粘土の骨格構造が新たな載荷によって劣化する現象を現在の圧密沈下予測法では的確に考慮できていないためと考えられる。土の構造の定義や評価方法はさまざまであり、また、土の構造と力学特性との関連性についても統一的に整理されていないのが現状である。そこで本研究では、9種類の不攪乱自然堆積粘土試料とそれを含水比を変えないで練り返して構造を乱した試料に対して、定ひずみ速度圧密試験と一軸圧縮試験を行い、自然堆積粘土の圧密特性を明らかにするとともに、構造の程度を表す指標を検討する。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は表1に示す沖積粘土である。実験では自然堆積粘土の骨格構造を評価するために、これらの試料をそのまま不攪乱試料として使用するとともに、試料をビニール袋の中で含水比が変化せず、かつ気泡が混入しないように注意深く十分練り返し、自然堆積過程で形成された骨格構造を完全に破壊させた試料を攪乱試料として使用した。これらの粘土の不攪乱試料と攪乱試料に対して、定ひずみ速度圧密試験と一軸試験を実施した。なお、定ひずみ速度圧密試験ではひずみ速度を試料の塑性指数 I_p から $0.01\%/min$ と決定した。

3. 実験結果と考察

図1は代表的な不攪乱試料と練り返し試料の圧縮曲線を比較したものである。図1から、攪乱試料が圧密圧力の増加に伴い緩やかに減少しているのに対し、不攪乱試料では骨格構造の発達した粘土で見られるように、圧密降伏応力付近で間隙比が急減していることが読み取れる。不攪乱試料と練り返し試料の圧縮曲線の差は堆積過程に形成された骨格構造の差と考えられるため、この差を定量的な指標で表すことができれば自然堆積粘土の持つ骨格構造の影響を定量的に評価することが可能となる。そこで図2に示すように直線①～④を引き、自然堆積粘土の骨格構造の程度を表す指標として、圧縮性からみた鋭敏比 $St_{C1} = p_{12} / p_{11}$ と同じ間隙比における直線③と④の圧密応力の比を $St_{C2} = p_{22} / p_{21}$ と定義する。また、同じ圧密圧力における間隙比の最も大きな差は、堆積過程で形成された骨格構造の影響によってもたらされたと考えられるため、図に示すように直線①と②の間隙比の差を Δe_{St1} 、直線③と④の間隙比の差を Δe_{St2} と定義する。この方法によって評価した結果および一軸試験から得られた鋭敏比 St を表2に示す。さらに過去に実験した試料の結果も同時に示し、それと比較しながら考察する¹⁾。

表1 試料の物理特性

種類	GL(m)	$\rho_s(g/cm^3)$	$w_L(\%)$	$w_P(\%)$	I_p
長崎港④	-2.0~	2.583	91.4	47.6	43.8
長崎港⑤	-4.0~	2.574	96.4	44.0	52.4
福山駅①	-3.4~	2.588	70.5	43.5	27.1
福山駅②	-14.0~	2.687	37.8	26.1	11.7
出雲空港	-9.0~	2.707	111.6	47.3	64.3
笹岡・茂平	-6.0~	3.296	101.0	32.9	68.1
伊吹港①	-7.0~	2.782	164.1	58.6	150.6
伊吹港②	-16.0~	2.742	63.0	27.4	35.6
伊吹港③	-23.0~	2.623	104.3	35.5	68.8

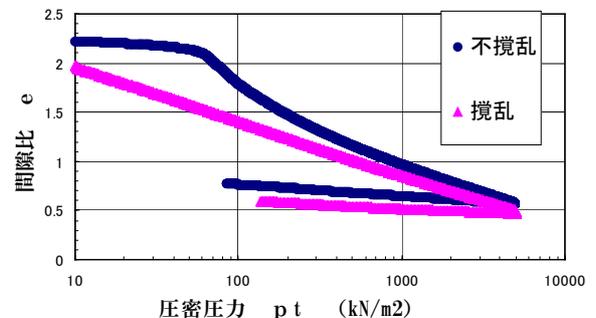


図1 圧縮曲線（長崎港粘土（深度2.0~2.8））

図3と4は、一軸圧縮試験で得られた鋭敏比 St と Stc_1 、 Stc_2 および Δe_{st1} 、 Δe_{st2} の関係を調べたものである。これらの図よりそれぞれの関係にはある程度線形関係が認められる。しかし、液性指数の低い粘土や鋭敏比が高く構造が高位な粘土や砂質成分が多く含んでいるとこの関係から大きく逸脱しているため、一軸圧縮試験によって得られる鋭敏比から構造の程度を単純には評価できないことを示している。図5は攪乱試料の圧縮曲線から求めた構造比 Stc_1 と構造劣化後の圧縮曲線から求めた構造比 Stc_2 の関係を調べたものである。この両者には強い線形関係が認められる。また図6は攪乱試料の圧縮曲線から求めた間隙比差と構造劣化後の圧縮曲線から求めた間隙比差の関係を示したものである。この関係も強い線形関係を認められる。

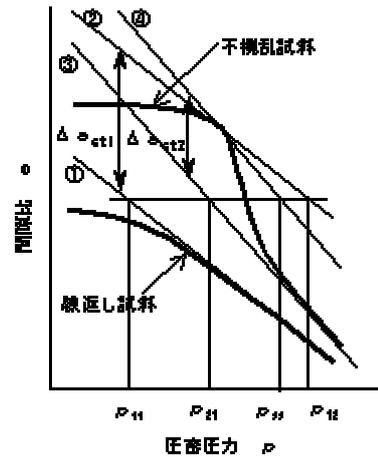


図2 骨格構造を表す指標

図3、4では線形関係の線から離れたプロットが図5、6では線形関係の線上に乗っている。これは自然堆積粘土の構造を評価するのに、一軸圧縮試験で得られる鋭敏比によって圧縮性に関する構造の程度を評価するのは単純ではないが、定みずみ速度圧密試験から得られる圧縮曲線からは容易に評価できることを示している。

表2 圧縮性に関する構造の程度を表わす指標

種類	鋭敏比	圧密圧力からの定義		間隙比からの定義	
	St	Stc_1	Stc_2	Δest_1	Δest_2
長崎港④	11.3	13.3	4.9	0.55	0.32
福山駅①	1.3	3.8	3.6	0.5	0.34
福山駅②	8.5	4.4	1.0	0.12	0.00
出雲空港	10.4	16.7	6.0	0.8	0.65
笹岡・茂平	1.2	3.2	1.5	0.12	0.03
伊吹港①	6.0	5000.0	5.0	2.7	0.70
伊吹港②	2.5	3.4	2.2	0.29	0.14
伊吹港③	13.3	1000.0	2.9	1.2	0.45

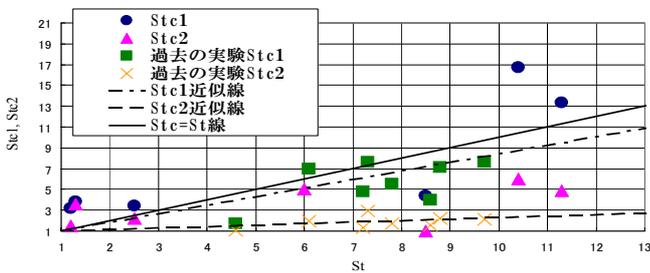


図3 StとStcの関係

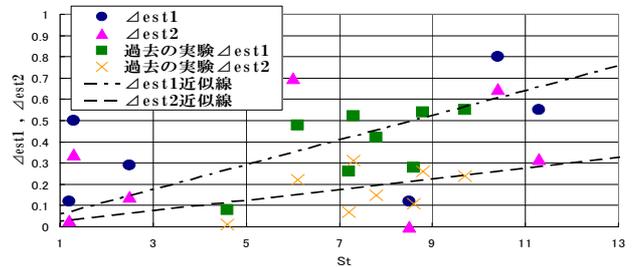


図4 StとΔestの関係

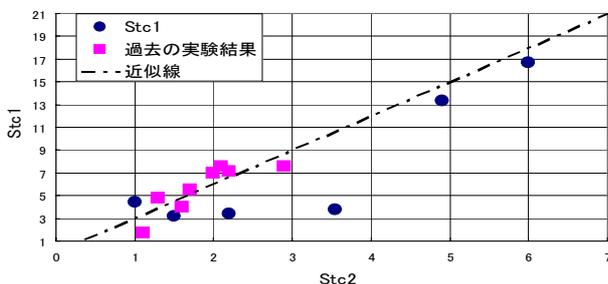


図5 Stc1とStc2の関係

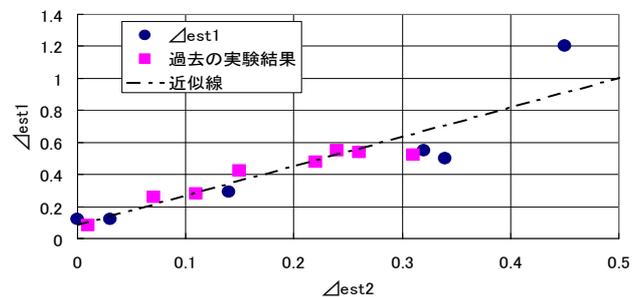


図6 Δest1とΔest2の関係

4. まとめ

圧縮曲線から求めた構造比 Stc_1 と構造劣化後の圧縮曲線から求めた構造比 Stc_2 の関係、乱試料の圧縮曲線から求めた間隙比差と構造劣化後の圧縮曲線から求めた間隙比差の関係はそれぞれにおいて強い関係性が認められ、一般的な自然堆積粘土の骨格構造の程度を評価できる。

5.参考文献 1) 森脇武夫、松井章弘：自然堆積粘土の圧密特性と骨格構造の評価法：第41回地盤工学研究発表会講演集、pp219-220,2006