

繰返しせん断を受けた高有機質土の再圧密沈下に関する考察

東北大学 学 ○片寄 滋章 正 風間 基樹・渦岡 良介

1. はじめに

東北地方は北海道に次いで高有機質土の分布が多く、その面積は約 1500 km^2 に及ぶ。また、高有機質土層の厚さが 10m を越える地域が多く存在していることも報告されている¹⁾。高有機質土は圧縮性が大きく、地震時においてはその増幅特性が構造物の被害に大きな影響を及ぼしている。1978年に発生した宮城県沖地震でも、高有機質土が多く分布している地区において、地震後に沈下が加速した地域があることが知られており、高有機質土の地震後の沈下特性を検討する必要がある。

本研究では、仙台市苦竹地区の日の出町公園から高有機質土の乱さない試料を採取し、乱さない試料及び繰返し試料に関して、中空ねじりせん断試験機を用いて繰返しせん断荷重を載荷させ、再圧密沈下について考察を行った。

2. 試料および試験方法

2.1 試料

本研究では仙台市にある日の出町公園から試料をサンプリングした。図-1に試料採取地点の土質柱状図を示す。試験はサンプリングした試料のうち、 $2.7\sim 3.0 \text{ m}$ 、 $3.7\sim 4.0 \text{ m}$ 、 $5.7\sim 6.0 \text{ m}$ の3深度を対象試料として行った。また、基礎物性データを得るために密度試験、含水比試験、分解度試験、強熱減量試験、定ひずみ速度圧密試験もあわせて行った。

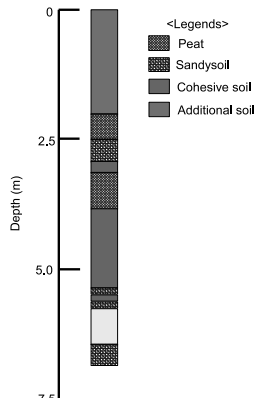


図-1 土質柱状図

2.2 中空ねじり繰返しせん断試験

本研究では、外径 7 cm 、内径 3 cm 、高さ 10 cm の供試体を作成して試験を行った。乱さない試料は 30 cm で保存されているものを二等分し、トリマーに設置してワイヤーソーやストレートエッジを用いて側面を整形し、続けて上下端面及び内孔の整形を行う。整形の際、植物の茎や根などの切断が困難な繊維質に対してははさみやカッターを使用した。乱した供試体は、試験後に炉乾燥した乱さない供試体を 2 mm ふるいを通して粉砕し、水を加えて練り返した後で、中空ねじりせん断試験供試体用モールドに3回に分け

て投入し、1層につき 30 kPa で3時間圧密を行って作成した。試験は非排水条件の下で、片振幅せん断ひずみが 0.2% 、 0.4% 、 0.8% 、 1.2% 、 1.6% の三角波をそれぞれ10波ずつ与えた。載荷後は軸方向ひずみと排水量が一定になるまで圧密を行った。本研究ではこの一連の操作を1ステージとし、1つの試料につき3ステージまで試験を行った。

3. 結果・考察

物性試験の結果を表-1示す。表-1からわかるように今回用いた高有機質土の含水比は $100\sim 270\%$ 程度の範囲に分布している。また、同表では Li の値が大きいほど H の値は小さくなっており、有機物を多く含む試料の方が分解度が低いことが確認できる。

図-2には定ひずみ速度圧密試験結果を示す。この試験では、各試料の初期間隙比は $2\sim 7$ 程度の範囲に分布しており、深度によって違いがあることがわかる。一般に砂の間隙比は $0.43\sim 1$ 程度、粘土の間隙比は $0.8\sim 9$ 程度といわれており²⁾、今回の試験による測定値は比較的高い値であるといえる。また、同図からはいずれの試料も正規圧密領域において $e\text{-log}P$ 曲線が直線関係を示さず、圧密応力が大きくなるほど圧縮指数 C_c が減少していることが確認できる。

圧密降伏応力 P_c の算出は、最大勾配を C_c とみなし、三笠法に従って行った。算出の結果、今回使用した試料の P_c は $60\sim 90 \text{ kPa}$ 程度の範囲に分布していることがわかり、深度によってそれほど大きな差は無いということがわかった。

表-1 物性試験結果

試料種類	深さ (m)	w_n (%)	ρ_s (g/cm^3)	H (%)	Li (%)	w_n/Li
hinode1	2.7-3.0	99.7	2.2	96.2	8.8	11.3
hinode2	3.7-4.0	272.6	2.3	96.2	11.6	23.4
hinode3	5.7-6.0	115.5	2.6	72.8	20.6	5.6

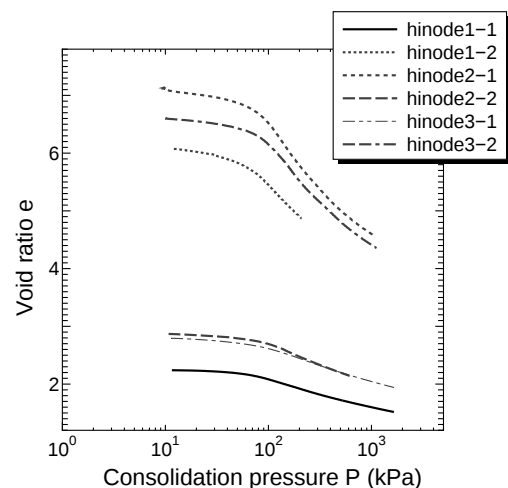


図-2 e-logP 曲線

表-2には中空ねじり繰返しせん断試験の試験ケース

と体積変化量，初期間隙比及び間隙比の総変化量を示す．表-2 における Δe は図-3 における e_0 から e_3 を差し引いた値であり，すなわち 3 回の繰返し载荷による変化量を表す．表-2 より，乱さない状態では深度の浅い Case1 の体積変化が大きく生じている．深度が深い部分ほど圧密が進行しているため，体積変化量は深度に反比例すると予想していたが，今回の試験ではそのような結果は得られなかった．体積変化量は大きい順に Case1，Case3，Case2 となっているが，これは含水比の大小関係に対応しており，体積変化量は含水比に大きく影響されると考えられる．乱した供試体の体積変化量は採取時の深度に反比例しており，hinode1 の試料（Case1 と Case4）を除き，その値は乱さない状態の供試体の 2 倍以上になっている．この原因としては，炉乾燥試料を粉碎した際に，比較的大きめな土粒子の塊が残留したことにより供試体内に空隙ができ，透水性が向上したことや，本来多量の水分を含む有機質も乾燥して粉碎したことにより，有機質内に蓄えられる水分が存在しなくなり，排水されやすくなったことなどが考えられる．また，繰返しの不十分さや土粒子骨格の構造，初期段階の空隙の割合なども影響していることが予想される．

図-3 には有効応力と間隙比の推移を示す．図のように，乱さない状態と乱した状態の初期間隙比には大きな差が生じており，すべてのケースでこの大小関係が確認された．これは，炉乾燥試料を粉碎したことにより，全体的に粒子が細くなり，供試体が密な状態になったことが原因である．また，同表から体積変化量と間隙比の総変化量の大きさ，ともに大きい順に Case1，Case3，Case2 となっており，両者の大小関係は比例するということが確認できた

図-4 には時間とせん断ひずみ及び過剰間隙水圧比との関係の一例を示す．繰返しせん断载荷後の排水に伴い，その次のステージの過剰間隙水圧発生量は徐々に小さくなっていることが確認できる．また，乱さない供試体と乱した供試体を比較すると，後者の方が過剰間隙水圧の発生が大きくなる傾向が見られた．この傾向はすべての試料で確認された．

今回の様な乱した供試体の作成方法では，有機質を粉々に粉碎したことなどが起因して，乱さない状態と異なる骨格構造の供試体になってしまったため，比較を行うことは意味が乏しいといえる．試験はすべて定められた方法で実施したことから，このような結果を得た原因の 1 つとして，乱した試料を用いた供試体の作成過程に問題があったと考えられる．1 層あたりの圧密時間を長くするなど，供試体作成にかかる時間を長くすれば，得られる結果も変わってくる可能性がある．したがって，よりの確で効率的な繰返し試料を用いた供試体の作成方法を検討することが今後の課題となる．

4. 結論

今回の試験を通して得られた結論を以下に示す．

- 1 深度（30 cm）の間でも間隙比にはばらつきが

ある．

- 正規圧密領域における e -logP 曲線は直線関係を示さず，圧密圧力が大きくなるほど C_c は減少する．
- 乱さない状態では，軸変位は体積変化や間隙比の変化量と比例するとは限らない．すなわち，体積変化量や間隙比の変化量は深度に反比例するとは限らない．
- 繰返しせん断荷重を受けた際に発生する過剰間隙水圧は，乱さない状態より攪乱状態の方が大きく現れる．
- 今回のような乱した供試体の作成方法では，有機質が粉々に粉碎することなどにより骨格構造が乱さない状態と全く異なってしまうため，乱さない状態との比較を行うことは意味が乏しい．

表- 2 中空ねじり繰返しせん断試験の結果

Case	深さ (m)	状態	体積変化 (cm ³)	e_{00} (圧密前)	e_0 (載荷前)	Δe
1	2.7-3.0	乱さない	6.83	1.754	1.681	0.056
2	3.7-4.0	乱さない	3.04	3.409	3.297	0.041
3	5.7-6.0	乱さない	4.27	2.663	2.583	0.047
4	2.7-3.0	乱した	7.78	0.958	0.942	0.046
5	3.7-4.0	乱した	8.04	2.067	1.990	0.076
6	5.7-6.0	乱した	8.88	1.552	1.513	0.069

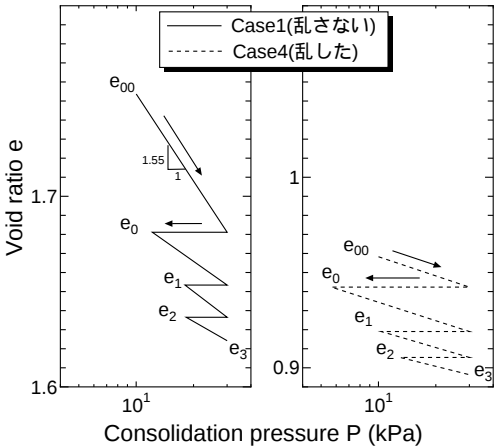


図- 3 有効応力と間隙比の推移

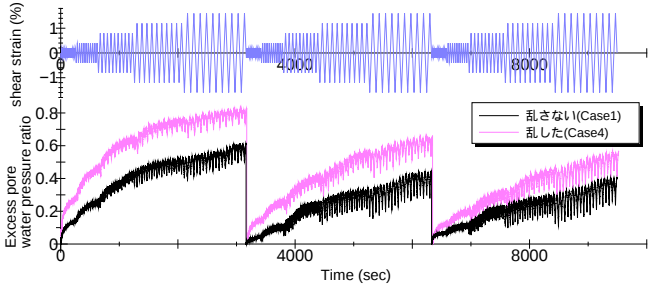


図- 4 過剰間隙水圧比（hinode1）

参考文献

1) 及川洋, 対馬雅己, 東山勇, 天間則光:東北地方における土質工学的諸問題 東北地方における泥炭の土質工学的性質, 土と基礎, Vol.37, No.3, 1880 .
2) 澤孝平, 渡辺康二, 沖村孝, 青木一男, 佐野博昭:建設工学シリーズ 地盤工学, 森北出版株式会社, pp.16-17, 1999 .