

鳥取県中部地区の高有機質土の工学的特性

Engineering Properties of Organic Soils in Central Tottori Prefecture

桜井博幸 Hiroyuki SAKURAI ((株) ジーアイシー)
 津村拓美 Takumi THUMURA ((株) ウエスコ)
 新任修 Thugunobu ATARASI (西谷技術コンサルタント (株))
 坂口雅範 Masanori SAKAGUCHI (日本舗道 (株))
 藤村 尚 Hisashi FUJIMURA (鳥取大学工学部)

高有機質土に含まれる有機物は主に植物遺体である。この植物遺体は、分解過程にあるため粘性土など一般の土とは異なった性質を有している。このような土質で構成される地盤に対して、道路盛土に伴う圧密沈下及び地盤の破壊などの問題を考えるとき、高有機質土の物理的・力学的性質を調べておく必要があった。これらの性質を調べると同時に、固化材添加量を変化させ安定処理の効果についても調べた。これらの結果、高有機質土の自然含水比は、強熱減量と相関性がみられた。高有機質土の強度は、植物繊維の切断による抵抗などが発揮されやすいものと考えた。高有機質土の固化特性において、強熱減量の増加と強度低下は比例関係にあることがわかった。しかし、自然含水比の増加と強度低下については比例関係がみられなかった。この理由は、高有機質土が圧縮を受け、有機物内の間隙水が排水されたものと考えた。固化材を用いて安定処理を行う場合は、固化阻害成分を考慮した安定処理の必要性についても述べている。

キーワード：高有機質土，植物遺体，自然含水比，強熱減量，安定処理，固化阻害成分
 (IGC : B-11, D-2, D-5, D-10)

1. はじめに

一般に高有機質土は、枯死した植物遺体の集合体であり、かつ植物遺体が分解過程にあるため、粘性土など一般の土とは異なった性質を有している。

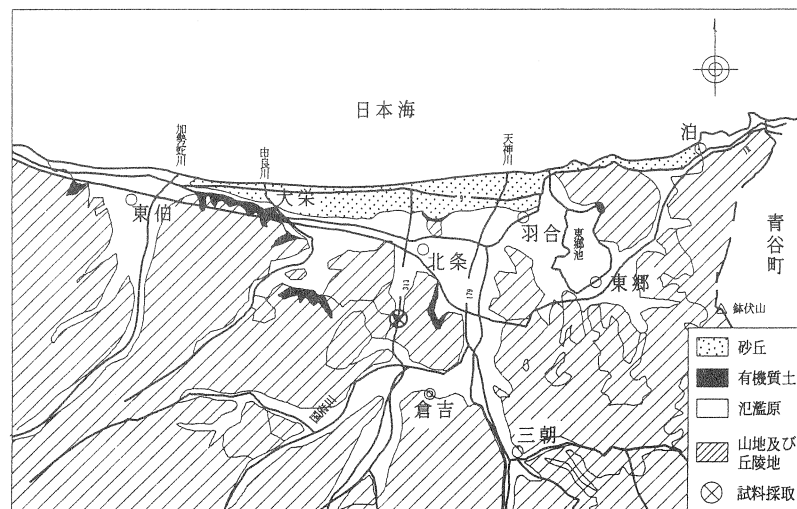
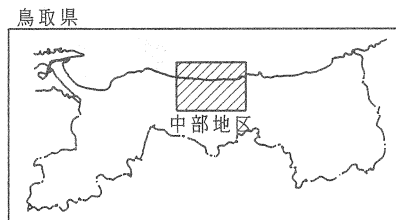
このため、道路盛土に伴う地盤の圧密沈下及び地盤の破壊などの問題を考えるとき、高有機質土の物理的・力学的性質を調べておく必要がある。そこでまず物理的性質を調べるため自然含水比、湿潤密度、コンシステンシーについて土質試験を行った。高有機質土の有機物含有量は、強熱減量試験によって調べた。次に力学的性質を調べるため一軸圧縮試験、標準圧密試験を行った。なお、粘性土についても同様な土質試験を行い、両土質の性質について比較した。

植物遺体が骨格構造を形成する高有機質土では、有機物の量と質が土自体の基本的性質を支配する要因となり、特に固化特性については一般的な土と異なり、化学的性質が重要な意義を持つ。そこで高有機質土の強熱減量値に注目し、セメント系固化材による安定処理についても調べた。

2. 地形・地質

鳥取県中部地区の地質平面を図一1に示す。地形は南方から北方にかけて、①山地及び丘陵地、②低地（氾濫原、有機質土）、③砂丘に分類される。

山地及び丘陵地は、古第三紀以前の花崗岩類を基岩とし、その上位に第三紀の火山岩類である安山岩、玄武岩、流紋岩及び第四紀更新世の火山碎屑物（凝灰角礫岩、火山灰）などにより形成されている。



図一1 鳥取県中部地区の地質平面図

低地は、縄文海進によって陸地の内部まで海水が進入し、その後の海退と上流からの土砂堆積によって形成された。低地のうち、低平な氾濫原には、粘性土・砂などが堆積する。また湖沼跡地や砂丘の背後地の低湿地及び丘陵地に挟まれた凹地（小おぼれ谷）には高有機質土が分布する。凹地は海岸線が沿岸州でせき止められると波浪の少ない静かな湾となる。上流側から運ばれた土砂は、南側から徐々に湾内を埋め高有機質土の沈積は急速に進んでいったとみられる。

砂丘は、河川の出口付近で上流から運搬された土砂が冬季の北西季節風、あるいは沿岸流などによって東西に細長く形成されている。

3. 地盤の物理的・力学的性質

3.1 物理的性質

試料は図-1 に示す採取位置においてブロックサンプリングし、室内土質試験を実施した。

サンプリングした試料は、日本統一土質分類体系に基づいて、無機質土粒子を主体とした分類体系に入れない土質として、高有機質土 (Pt) とした。

図-2 に高有機質土と粘性土の湿潤密度と自然含水比の関係を示す。

高有機質土の自然含水比は $w_n=100\sim700\%$ にあって、湿潤密度は $\rho_i=1.0\sim1.4\text{g/cm}^3$ の範囲にある。高有機質土は粘

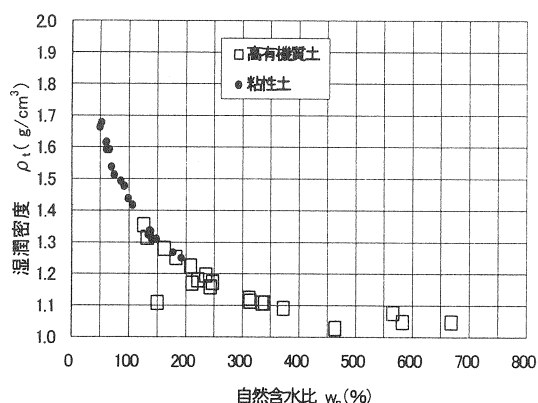


図-2 自然含水比と湿潤密度の関係

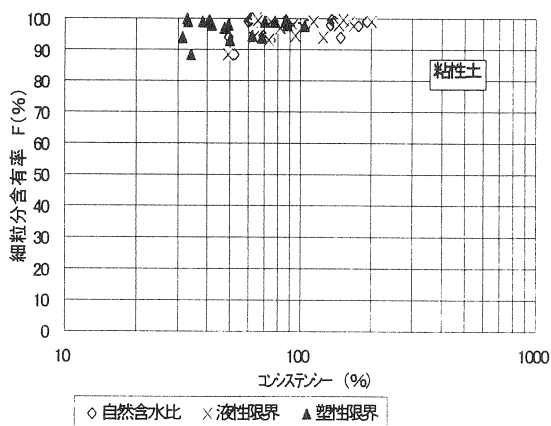


図-4 粘性土の細粒分含有率とコンシステンシーの関係

性土に比べ w_n は高く、 ρ_i は低い値を示す。

高有機質土の自然含水比と強熱減量の関係は、図-3 のようになる。

及川・石川¹⁾ が、我が国における各地域の多くのデータをもとに両者の相関をまとめている。これによると、両者の相関は $w_n/L_i=8\sim12$ (破線) に示す範囲に分布しているとされている。

今回の土質試験で得られた自然含水比 w_n と強熱減量 L_i の関係は、図示するように $L_i<45\%$ において $w_n=10L_i$ (実線) の直線関係が認められるようである。

これらのことから、高有機質土の w_n は L_i と相関性があり、土の基本的物理量である w_n と ρ_i は、 L_i に影響されることがわかる。

図-4、図-5 に粘性土と高有機質土の細粒分含有率とコンシステンシーの関係について示す。高有機質土の細粒分含有率は 60% 以上で、粘性土に比べ少ない。また、高有機質土のコンシステンシー限界はその限界の幅が粘性土に比べ大きい傾向を示す。

高有機質土の物理的性質を知る上で w_n と ρ_i は一般の土と同様に重要な意味をもつ。しかし、高有機質土のコンシステンシー限界は、一般の土のそれと直接比較できないので、コンシステンシー限界についてこれ以上の言及は避けるものとする。

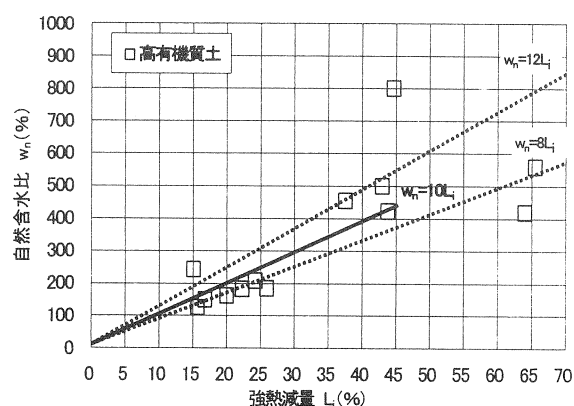


図-3 自然含水比と強熱減量の関係

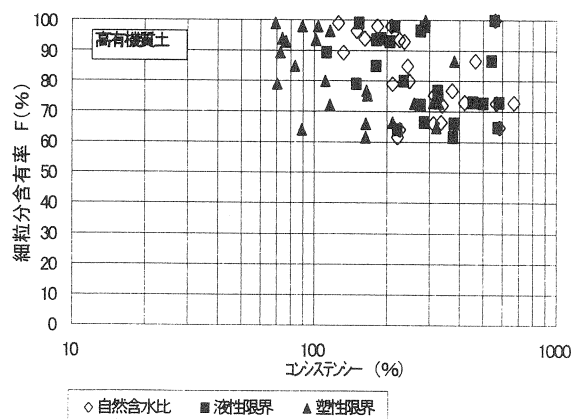


図-5 高有機質土の細粒分含有率とコンシステンシーの関係

3.2 力学的性質

1) 強度特性

一軸圧縮強度 q_u は、自然状態の地盤から採取した乱さない試料の供試体の一軸圧縮強さを基にその試料が原位置にあった状態での非排水せん断強さを推定することである。高有機質土は土質が不均一であり供試体を大きくするなどの工夫を必要とすることがあるが、当地の土質においては特に工夫を行わなかった。

一軸圧縮強度 q_u と地盤の標高との関係について図-6にまとめた。同図にみられるように、高有機質土の堆積している標高は、粘性土に比べ高位に位置していることがわかる。

高有機質土の強度は、 $q_u=10\sim 80\text{ kN/m}^2$ ($0.1\sim 0.8\text{ kgf/cm}^2$) 付近に分布し、平均 $q_u=40\text{ kN/m}^2$ となる。一方、粘性土の強度は $q_u=80\sim 160\text{ kN/m}^2$ ($0.8\sim 1.6\text{ kgf/cm}^2$) 付近に分布し、平均 $q_u=120\text{ kN/m}^2$ となる。

粘性土は土粒子から構成され、そのせん断強さは基本的に個々の土粒子の接触点でのせん断抵抗から成り立っている。高有機質土は、主に植物繊維から構成されており、そのせん断強さは、繊維の切断による抵抗などが発揮しやすい。これらのことから高有機質土の強度特性は、土の構造自体が粘性土と異なり、せん断挙動が繊維質有機物の量・質によって影響を受けやすいものと考えられる。その強度は、粘性土と比較して小さい。

2) 圧密特性

高有機質土は、繊維質な有機物が骨格の主体となっている。したがって、圧密はこの有機物の圧縮に大きく支配されることが特徴的である。一次圧密は主として有機物間や有機物と土粒子等の間に介在する間隙からの排水である。二次圧密は、有機物自身がつもつ間隙からの排水であり、一次圧密に比べ長期にわたって継続し、その量も大きいことが特徴的である。

高有機質土を標準圧密試験に従って供試体を作成する際、供試体の上下両端面の成形は、完全な平面とすることは困難である。このため、供試体と加圧板のなじみが良くなるまでの間、初期補正を大きく行うなどの工夫が必要である。

圧密係数 c_v あるいは体積圧縮係数 m_v は、土の標準圧密試験から得られる係数である。

図-7に高有機質土と粘性土の圧密係数 $\log c_v$ -圧密圧力 $\log p$ 曲線を示す。粘性土は、圧密圧力 $P>1000\text{ kN/m}^2$ (10.0 kgf/cm^2) において $c_v=70\sim 200\text{ cm}^2/\text{d}$ の範囲で c_v を一定とみなすことができる。しかし、高有機質土の圧密係数 c_v は正規圧密領域において一定値とは言えず、圧密圧力の増大に伴って次第に低下している。高有機質土の c_v は粘性土のものより小さい。これは、高有機質土の間隙が大きく、圧密圧力の進行により透水係数が著しく低下することが原因と考えられる。このため設計値としての圧密係数の決定にあたっては、圧密圧力に応じた c_v 値の選定が重要である。

図-8に体積圧縮係数 $\log m_v$ と圧密圧力 $\log p$ 曲線を示す。体積圧縮係数 m_v は、正規圧密領域に入ると増加し、

圧密圧力が増加されるとまた減少していくことが知られている。高有機質土の m_v 値の最大は、圧密圧力 $p=30\text{ kN/m}^2$ (0.3 kgf/cm^2) 付近で $m_v=1.0\times 10^{-1}\text{ cm}^2/\text{N}$ ($1.0\text{ cm}^2/\text{kgf}$) 程度をピークとし圧密圧力の増加に伴い m_v 値が減少していく。

高有機質土の圧密降伏応力 P_y は、 $10\sim 20\text{ kN/m}^2$ ($0.1\sim 0.2\text{ kgf/cm}^2$) 付近である。この付近の m_v 値は、 $0.1\times 10^{-1}\sim 1.0\times 10^{-1}\text{ cm}^2/\text{N}$ ($0.1\sim 1.0\text{ cm}^2/\text{kgf}$) を示す。一方、粘性土の P_y は、 $150\sim 300\text{ kN/m}^2$ ($1.5\sim 3.0\text{ kgf/cm}^2$) 付近である。この付近における m_v 値は、 $0.01\times 10^{-1}\sim 0.05\times 10^{-1}\text{ cm}^2/\text{N}$ ($0.01\sim 0.05\text{ cm}^2/\text{kgf}$) を示す。

これらのことから高有機質土は、粘性土と比較して約10~20倍の圧縮量を有することがわかる。また高有機質土の m_v 値は、圧密圧力の増大に伴って急速に低下する傾向を示す。圧密沈下量を m_v 法で算定する場合は、圧密圧力に応じた m_v 値の選定が重要である。

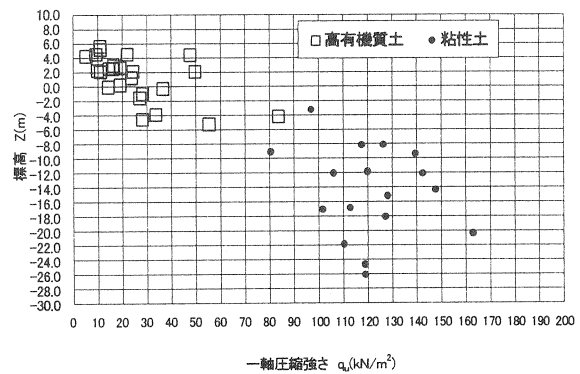


図-6 一軸圧縮強度と標高の関係

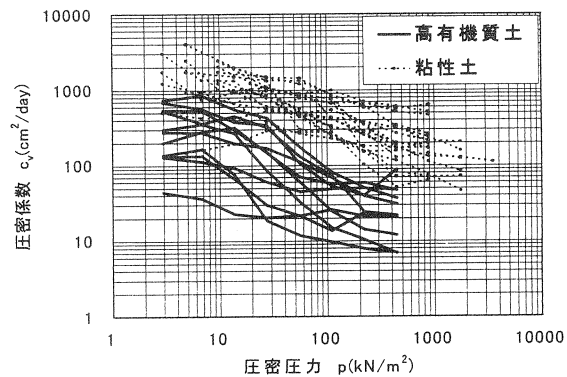


図-7 圧密圧力と圧密係数の関係

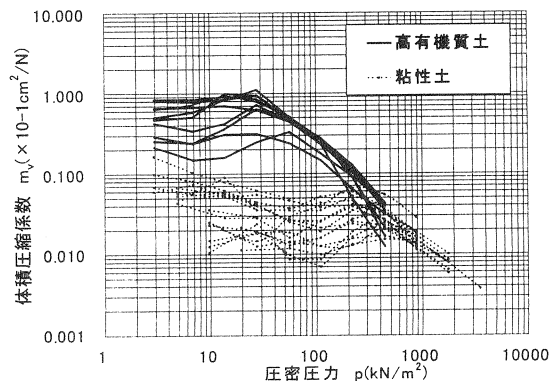


図-8 圧密圧力と体積圧縮係数の関係

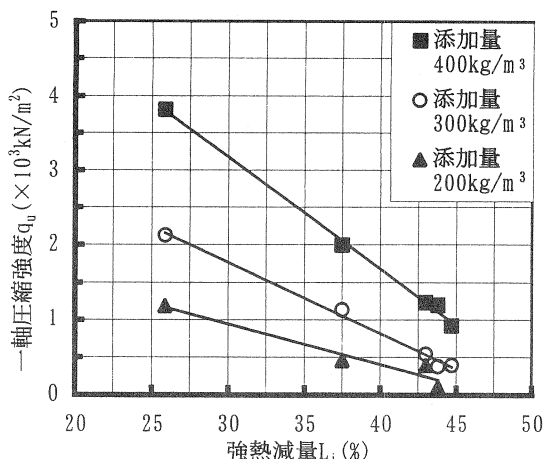


図-9 固化材添加量の違いにおける強熱減量と一軸圧縮強度の関係

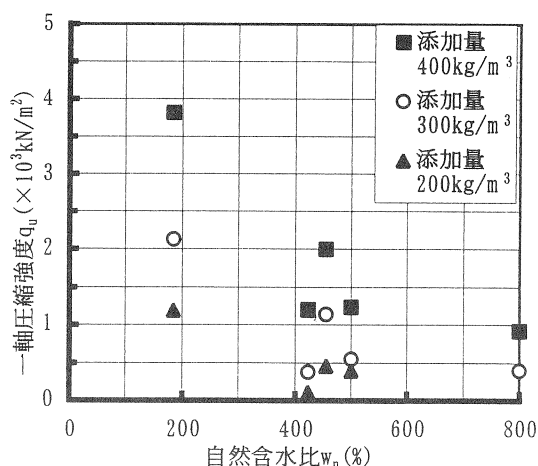


図-10 固化材添加量の違いにおける含水比と一軸圧縮強度の関係

表-1 各試料の強熱減量、自然含水比の値

試料番号 NO.	1	2	3	4	5
強熱減量 L_i (%)	25.9	43.8	37.5	43.0	44.7
自然含水比 w_n (%)	185	423	455	500	800

4. 固化特性について

1) 試験の概要

高有機質土用固化材で安定処理した時の、採取試料の強熱減量と自然含水比による影響を調べる。

固化材添加量は、200, 300, 400kg/m³の三種類とし、養生期間は28日間の湿空養生とする。

試験で用いる高有機質土は、ブロックサンプリングにより採取し、自然含水比と強熱減量の値が異なる5試料を使用した。表-1にその値を示す。なお、高有機質土の採取深度はGL-1.0m、水位はほぼ地表面にあり、堆積層厚は2.0~9.0mである。

また今回実施した土の強熱減量試験、安定処理土の締固めをしない供試体作製方法、土の一軸圧縮試験は地盤工学会基準、JGS T 221-1990, JGS T 821-1990, JGS T 511-1990により行った。

2) 実験結果及び考察

図-9に安定処理土の一軸圧縮強度と強熱減量の関係を、図-10に安定処理土の一軸圧縮強度と自然含水比の関係を、3種の固化材添加量毎に示す。

図-9は、すべての固化材添加量でも強熱減量の増加に伴う一軸圧縮強度の低下が見られ、強熱減量と強度に比例関係があることがわかる。しかし、図-10での含水比と強度の関係では比例関係は見られない。

含水比と強度の関係において比例関係が見られない理由は、高有機質土が圧縮を受け、有機物内の間隙水が排水されたことが考えられる。今回用いたブロックサンプリングによる試料採取は、その採取・運搬過程で圧縮力

が加わり排水が生じ、自然含水比の正確な測定が困難となる。一方、強熱減量試験での試料はサンプリングによる影響はない。

また今回の試験結果によれば、自然含水比 $w_n=800\%$ の試料を、一軸圧縮強度 $q_u=0.98 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$ (10kgf/cm²)とするためには、高有機質土用固化材を400kg/m³添加する必要がある。湿潤密度 $\rho_i=10.79 \text{ kN/m}^3$ (1.11t/m³)、飽和度 $S_r=100\%$ での高有機質土1m³に対し、固化材400kg添加した場合の安定処理土の状態は、水分の重量が安定処理土の65%の重量を占める上に、固化材量が土粒子の3.3倍となる。このような構造は、有機物に含まれる間隙水と、固化阻害成分の影響が考えられる。既往の研究によれば、岡田ら²⁾はピチューメンを、大場ら³⁾は腐植酸をそれぞれ固化阻害成分と述べている。今後、高有機質土に対し安定処理を行う場合では、水分量及び土粒子内に含まれる固化阻害成分を考慮した安定処理の方法を考える必要がある。

5. おわりに

高有機質土の自然含水比 w_n 、一軸圧縮強度 q_u は、繊維質有機物の量・質の影響を受けやすい。また安定処理土の一軸圧縮強度 q_u は、強熱減量 L_i と比例関係にあるが、安定処理を行う場合は、水分量及び土粒子内に含まれる固化阻害成分を考慮した安定処理の方法を考える必要がある。

《 参考文献 》

- 1) 及川洋・石川剛：泥炭の物理化学的性質に関する一考察、高有機質土の諸問題に関するシンポジウム発表論文集、土質工学会, pp. 97~100, 1993.
- 2) 岡田能彦・下田正雄：泥炭によるセメントの水和遅延作用に関する研究(1) - 泥炭の有機物組成 -, 小野田研究報告, Vol. 32, No. 103, pp. 11~24, 1980
- 3) 大場正男：土中の有機物がセメンティング効果に及ぼす影響, 土木技術資料, Vol. 10, No. 12, pp. 606~611, 1968