

東海地区に分布する温泉余土の基本的土質特性について

宇都宮大学 学生会員 ○戸部那奈美 正会員 海野寿康 吉直卓也
小野建設株式会社 正会員 小野大和

1. はじめに

鳴子温泉や箱根温泉，別府温泉を中心とした温泉余土の存在する地域では，温泉地すべりの大規模な崩壊事例が幾つか存在しトンネル事故も発生している。これらの発生は，温泉作用や硫化作用等，後火山作用といわれる地質現象により岩石が特殊な変質を受けて分解，変質してできた粘土鉱物である温泉余土が原因とされている¹⁾。

東海地震など今後予想される大規模地震の被害予想地域には，温泉余土分布地が含まれており，ゲリラ豪雨の頻発も含め温泉余土分布地の土砂災害対策のため温泉余土の物理特性や力学特性の把握が必要である。しかし，これらの温泉余土に関して地域ごとに異なる性質を持つ地域特有の土質（ローカル土）であるために基本的な力学挙動を調べた研究事例はほとんど無く地域によっては不明な点が多い²⁾。温泉余土の工学的性質や力学特性を系統立てて把握し，土質力学に基づく工学的評価手法の確立が望まれる。

以上の背景より，本研究では箱根地区の温泉余土の基本的な土質特性の把握を行った。

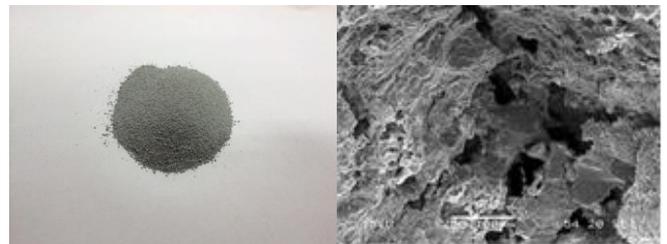
2. 温泉余土の性質

用いた試料は，東海地方に分布する温泉余土として静岡県駿東郡で採取された土である。写真-1 に土の基となった母岩ならびに温泉作用により劣化した母岩を示す。この地域は箱根温泉の範囲内にあり，火山岩類非アルカリ苦鉄質の岩石が分布する³⁾ 地域であり，この岩が温泉水により劣化したものである。母岩である苦鉄質岩の特徴として有色鉱物（苦鉄質鉱物）の含有量が高く，火成岩であるため岩として存在する際，その強度は高いとされる⁴⁾。一方，劣化すると白色になり手で触れる程度で崩れ粉末状になる。写真-2 は実験で使用した写真-1 b) を粉末にしたものの概要写真と電子顕微鏡写真である。本来，風化作用によってこれらの土は劣化岩から風化作用を経て粉末化するが，本研究では写真-1 b) の白色劣化岩に強制的に外乱を与え，粉末化させて得られた土を使用した。写真-2 b) の SEM から分かるように本試料の土粒子には多くの空隙が存在している。

この試料に対し基礎的な性質を知るため，土粒子の密度試験(JIS A 1202)，土の粒度試験(JIS A 1204)，土の液性限界・塑性限界試験(JIS A 1205)，をそれぞれおこなった。



a) 母岩片 b) 劣化した母岩
写真-1 劣化前後の苦鉄質岩



a) 土粒子全体 b) SEMによる土粒子表面
写真-2 温泉余土

表-1 実験により得られた土質特性

| | |
|-------------------------------------|------|
| 土粒子密度 ρ_s (g/cm ³) | 2.82 |
| 液性限界 w_L (%) | 27.2 |
| 塑性限界 w_p (%) | 11.9 |
| 塑性指数 I_p | 15.3 |

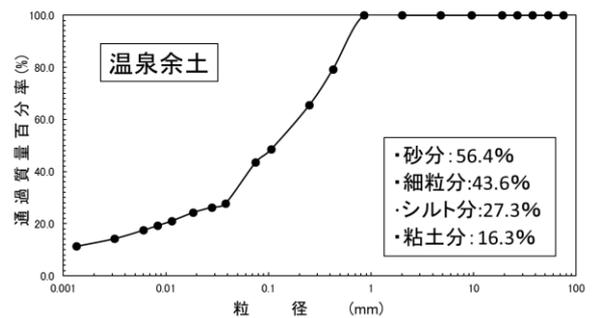


図-1 粒径加積曲線

表-1 は試験より与えられた温泉余土の土質特性であり，図-1 は粒径加積曲線である。土粒子の密度は 2.82(g/cm³)であり，シリカ由来の豊浦砂 $\rho_s=2.64$ (g/cm³)と比べると若干高い値である。本試料の工学的分類は，細粒分質砂(SF)と分類

キーワード 温泉余土，特殊土，一次的性質，力学特性

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部 TEL. 028-689-6218

されるが、砂分が 56.4(%)、細粒分が 43.6(%) (シルト分が 27.3(%)、粘土分が 16.3(%)) であり分類上砂質土となるが半分程度が細粒分である。

土の液性限界・塑性限界試験から得られた温泉余土の液性限界 w_L と塑性限界 w_p と塑性指数 I_p は、それぞれ $w_L=27.2(%)$ 、 $w_p=11.9(%)$ 、 $I_p=15.3$ であり低塑性である。

3. 温泉余土の締固め特性

締固め特性を調べるため、突固めによる土の締固め試験を JIS A 1210 に準拠しておこなった。本研究では、粒子破碎が生じやすい土試料のため、非繰返し法でおこなうとともに加水する水も蒸留水を用いている。締固め曲線を図-2 に示す。最大乾燥密度 ρ_{dmax} は $2.03(g/cm^3)$ であり、最適含水比 w_{opt} は $11.0(%)$ であった。なお、本試料は粒子破碎を生じやすく、オーバーコンパクションになりやすい試料であった。

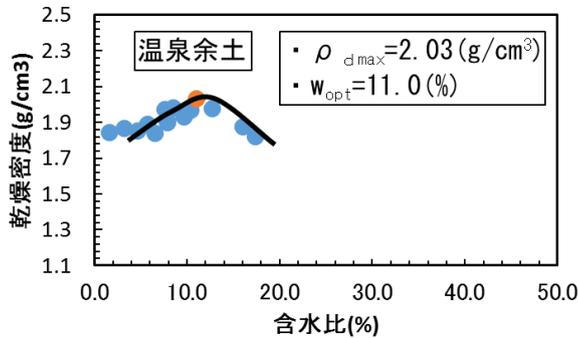


図-2 締固め曲線

4. 圧縮強度特性について

温泉余土の基本的な圧縮強度特性を把握するために三軸圧縮試験をおこなった。圧密非排水(CUbar)試験は JGS 0523-2000、圧密排水(CD)試験は JGS 0524-2000 に準拠しておこない、ひずみ速度 $0.125(mm/min)$ でひずみ $12.0%$ までせん断した。供試体は ρ_{dmax} の $70\sim75(%)$ 程度の稠密状態を目安に自然落下させ作製した供試体を使用した。

図-3 は圧密非排水試験の有効応力経路、図-4 は圧密排水試験の有効応力経路である。圧密非排水試験における有効応力経路の挙動を見ると、過剰間隙水圧の発生によりせん断にともなって有効応力は低下し破壊線にぶつかった段階で試験が終了するような経路を辿っている。若干だが正のダイレイタンスの挙動を生じるようにも見えるが、一般的な砂質土とは異なる。

試験から得た粘着力と内部摩擦角は、それぞれ表-2 に示す値となった。圧密非排水せん断強度ならびに圧密排水せん断強度における粘着力 (c' , c_d) はほとんど無く、内部摩擦角 (ϕ' , ϕ_d) も非常に小さい値を示す結果となった。

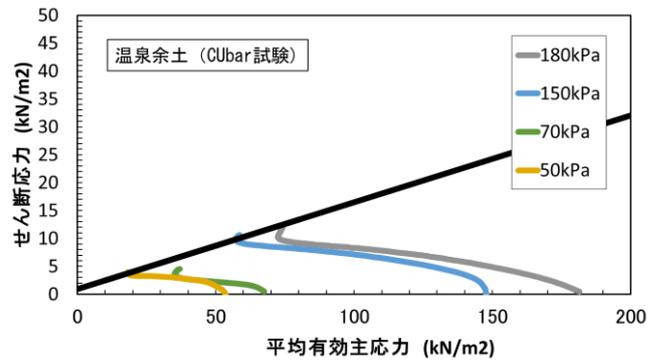


図-3 温泉余土 (CUbar 試験) の有効応力経路

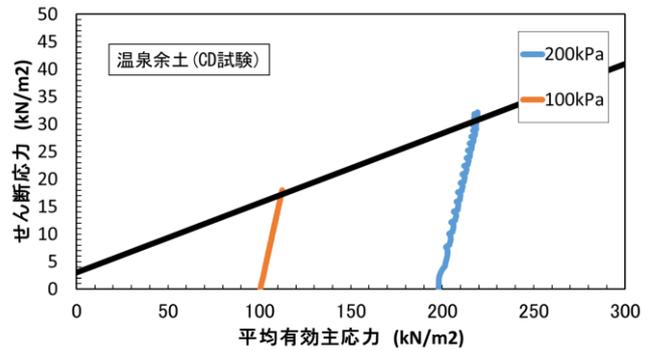


図-4 温泉余土 (CD 試験) の有効応力経路

表-2 粘着力と内部摩擦角

| | CUbar | CD |
|--------------------------|-------|------|
| c (kN/m ²) | 0.93 | 3.02 |
| ϕ (°) | 8.84 | 7.21 |

5. 結論

本報告より得られた知見は以下の通りである。

- 本研究に用いた温泉余土の密度は $2.82(g/cm^3)$ であり、土の工学的分類は細粒分質砂(SF)で、砂分が $56.4(%)$ であり、シルト分が $27.3(%)$ 、粘土分が $16.3(%)$ であった。
- 一方、最大乾燥密度は $2.03(g/cm^3)$ 、最適含水比は $11.0(%)$ であり、締固め曲線は砂質土のような形状をとる。
- 圧縮試験により得られた粘着力 c と内部摩擦角 ϕ は CUbar 試験で $c'=0.9(KN/m^2)$ 、 $\phi'=8.8(^{\circ})$ 、CD 試験で $c_d=3.0(KN/m^2)$ 、 $\phi_d=7.2(^{\circ})$ であった。

参考文献

1) 宮下義幸・永瀬英生・廣岡明彦・田上裕・持永修史：そうら層および温泉余土の動的変形・強度特性，土木学会西部支部研究発表会，pp.410-411，1998. 2) 落合英俊・松下博通・江頭和彦・一瀬久光：温泉余土と基礎工，土と基礎，Vol.36，No.3，pp.61-66，1988. 3) 産業技術総合研究所地質調査総合センター（編）(2015) 20 万分の 1 日本シームレス地質図 2015 年 5 月 29 日版. 産業技術総合研究所地質調査総合センター：

<https://gbank.gsj.jp/seamless/index.html?lang=ja&p=download> (2015 年 12 月 16 日閲覧) 4) 地学団体研究会：新版 地学事典，p346