

鳥取大学 正員 久保田 敬一
 " " 〇 藤村 尚

1. はじめに

本研究は大火山灰土(鳥取県・西高尾)のうち, 黒色を呈する上部火山灰土(以下, 黒ぼくと称す)と赤褐色の中部火山灰土(以下, D₂と称す)の2種類について, それらの工学的性質を究明するため, 物理的諸性質と締固め特性について, 実験的に研究したものであり, 特に, 突き固め試験については, 試料の初期含水比ならびに試料の状態を乾燥過程, 湿潤過程に依りて行ない, 締固め特性を検討した。また, 当火山灰土のランマーによる破碎についても併せて示したものである。

2. 試料および実験方法

試料の名称および物理的性質を図-1, 表-1に示す。

突き固め試験は10 cm径モールドならびに15 cm径モールドを用いて行ない, 試料の状態は次のようにした。

非繰返し試料の突き固め(15 cm径モールド)。

《I》自然土を乾燥させながら, 任意の含水比で, 試料を繰返して使用しないで締固める(非繰返し乾燥法)。

《II》自然土を一旦, 気乾状態まで乾燥した後, 所定の含水比になるように加水し, 試料を繰返して使用しないで締固める(非繰返し湿潤法)。

《III》一度使用した試料をときほごし, 気乾状態まで乾燥した後, IIの方法に準じて行なう(非繰返し湿潤法)。

繰返し試料の突き固め(10 cm径モールド)。

〈1〉Iの方法に準じて, 試料を繰返して使用して締固める(繰返し乾燥法)。

〈2〉IIの方法に準じて, 試料を繰返して使用して締固める(繰返し湿潤法)。

なお, 非繰返しおよび繰返し試料の最大粒径は, それぞれ19.1 mm, 4760 μ とした。突き固め回数は前者については5層で1層あたり55, 25, 10回とし, 後者は3層25回で行なった。また, ランマーによる土粒子の破碎を検討するため粒度試験を併せて行なった。

3. 試験結果と考察

3.1 物理的性質

比重は火山灰土の特殊性により, 気体除去の問題, 土粒子を形成している鉱物の種類および土の組

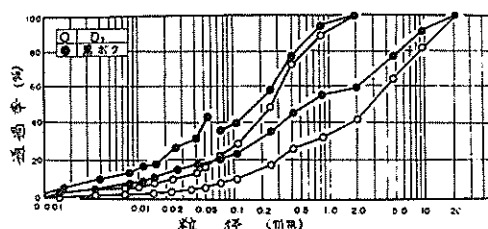


図-1 粒径加積曲線

表-1 物理的性質

土質名称	D ₂	黒ぼく
比重	2.71	2.41
自然含水比%	80-95	83-99
液性限界%	35.0 A	46.8 A
	57.5 B	100.4 B
	91.6 C	87.6 C
塑性限界%	40.7 A	42.1 A
	43.0 B	75.9 B
	52.0 C	68.6 C
塑性指数	NP	4.7 A
	14.5 B	24.5 B
	39.6 C	19.0 C
収縮限界%	31.33 A	43.40 A
	30.00 B	55.20 B
	35.50 C	42.50 C
液性含水率%	24.9 A	32.3 A
砂分%	80.0	68.0
シルト分%	10.0	20.0
粘土分%	10.0	12.0
均等係数	16.00	70.27
三角分級	砂質ローム	砂質ローム
乾燥収縮率%	11.03	23.39

A 地乾試料; B 乾乾; C 自然

織、風化過程により生じる化学的結合水の問題、粒度等によって得られる値に差が生じてくるものと考えられるが、表-1の値はJISに準拠して行なって得た結果である。これによると黒ぼく(2.41)がD₃(2.71)と比較して低いのは、黒ぼく粒子の多孔性のため脱気が十分でなかったことが考えられる。コンシステンシー試験は試料の乾燥程度と絶乾試料(A)、気乾試料(B)、自然試料(C)の3種類について行なった。表-1の結果から、粘性限界、塑性限界、および塑性指数は試料の乾燥程度によっていろいろしく変化している。このことから、乾燥程度によって火山灰土の他の物理的性質および力学的諸性質に影響を及ぼすものと思われる。次に、当火山灰土の乗上性については、達心含水当量ならびに強熱減量の値とも関連して要注意の土であると考えられる。特に、黒ぼくについては乗上性が強い。火山灰土の粒度合分については、試料の処理方法や分散方法によって粒度試験結果が非常に異なる。図-1に示すものは、気乾試料を用い、過酸化水素水処理とカ性ソーダ(黒ぼく)、リン酸ナトリウム(D₃)のそれぞれの分散剤を用いた結果である。黒ぼくの方がD₃よりも細粒であった。

3.2 突き固め特性

繰返し試料の突き固め試験結果(乾燥密度と含水比)は図-2に示す。図中、実線は湿潤過程(2)、破線は乾燥過程(1)の突き固め曲線を表わし、W₀は初期含水比である。

乾燥過程における突き固め特性は、一般の土にみられるピークは現われず、偏平で、かつ、2個以上の極大値が現われるなど最大乾燥密度($\gamma_d \max.$)の決定が困難である。一方、自然土を一旦、室内で約20~25日間放置し乾燥させ、その後に加水分して締固める湿潤

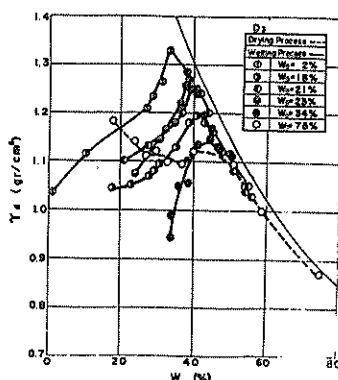


図-2・a

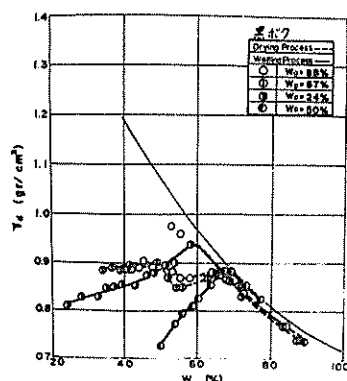


図-2・b

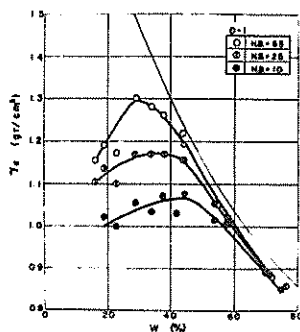


図-3・a

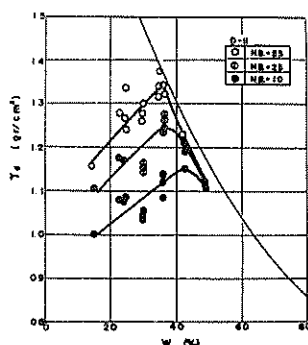


図-3・b

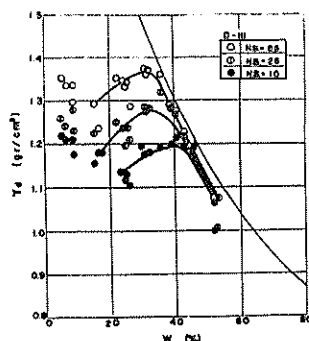


図-3・c

過程の突き固め曲線の特性は凍空げき曲線と乾燥過程曲線との間で明らかな最大値 (γ_d) が生じた。一般に初期含水比が低いほど γ_d max. は大きく、最適含水比 ($W_{opt.}$) は低くなる。また、低含水比からピーフまでの勾配、 γ_d の増加割合は初期含水比が高くなるにつれて急になっているが、これは試料の繰返しの影響が現われたものと思われる。両試料を比較すると、それぞれの $W_{opt.}$, γ_d max. および突き固め曲線から判断して、土の構造的な強さは黒ぼくよりも D_3 の方がすぐれていると思われる。

非繰返し試料の突き固め曲線は図-3.4に示す。

図-3.a, b, c はそれぞれ D_3 試料の I, II, III 方法による突き固め曲線である。非繰返し乾燥法による突き固め曲線は前述の繰返し乾燥法の曲線と異なり、ピーフが現われた。これは締固めエネルギー、ならびに試料の繰返し使用と非繰返しの違いによるものと思われる。なお、この極大値時の飽和度は他の II, III 方法での飽和度が一般土質のいわゆる最適領域、80% 以上に現われたが I の方法では 80% 以下にあったことが注目される。非繰返し湿潤法は I, II, III のなかで、最も突き固め効果がみられる曲線形状となった。次に一度使用した試料を II の方法に準じて行った非繰返し湿潤法 (III) の突き固め曲線は I, II の中間的形状を示しているが、 γ_d max. は最も大きく現われた。これら I, II, III の方法による一連の突き固め曲線の異なりは、土の構造の変化と含有水分状態の違いによるものと思われる。

図-4は黒ぼくの突き固め曲線を示す。図-4.a は I の方法によるものであるが、高含水比においては凍空げき曲線に平行に γ_d が増加する、凍空げき曲線から離れたところで γ_d max. を示し、さらに含水比が低くなると γ_d も一旦減少するが、それ以後の含水比 (50% 以下) では γ_d は一定値となる。図-4.b は II

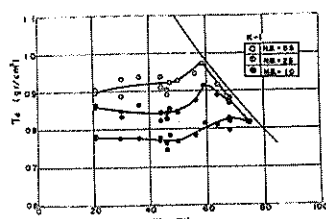


図-4.a

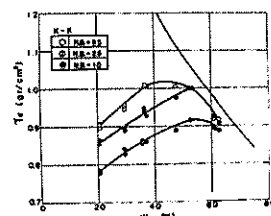


図-4.b

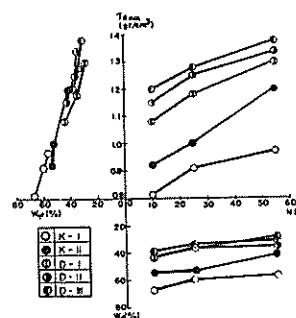


図-5

表-2

No.	D-I		D-II		D-III		K-I		K-II	
	Wopt (%)	γ_d max (g/cm ³)	Wopt (%)	γ_d max (g/cm ³)	Wopt (%)	γ_d max (g/cm ³)	Wopt (%)	γ_d max (g/cm ³)	Wopt (%)	γ_d max (g/cm ³)
55	29	1.30	35	1.34	31	1.37	57	0.97	41	1.2
25	35	1.18	36	1.25	34	1.28	60	0.95	53	1.0
10	46	1.08	43	1.15	39	1.20	67	0.82	54	0.92

の方法による結果である、D-II に比べて γ_d の増加割合は少ないが、同様の傾向を示している。ここで、II の突き固め効果が I のそれよりも良い結果を示していることは乾燥過程と湿潤過程において、たとえ同一含水比であっても、それら試料の含水状態 (自由水、拘束水あるいは有初水²⁾) が異なる。これらの水分のうち、拘束水は土粒子の一部とみなし、突き固めには関与しないものとされ、自由水が突き固めに直接影響すると考えられている。本研究に用いた試料においても同様の考え方ができるものと思われる。特に、黒ぼくは有機質を多量に含み、かつ、土粒子が多孔質であるために、水分状態が複雑なものとなることから、上述の結果を示したものと思われる。次に、試験方法、突き固め回数による $W_{opt.}$, γ_d max. の変化を図-5、表-2に示す。一般に、突き固め回数が多くなると、

すなわちエネルギーが大きくなると $\gamma_d \max$ は大きくなり、試験方法ではⅠ<Ⅱ<Ⅲに大きくなっていく、 W_{opt} は回数が増すといくぶん低くなる傾向を示している。

土粒子の破碎について。

火山灰土粒子はランマーによる突き固めで破碎され易く、繰返し法で試験した場合は破碎により細粒化し密度が高まる結果非繰返し法より高めの締固め曲線が描かれるものと思われる。繰返し乾燥過程の D_3 、黒ぼく試料の試験前と突き固め試験後の粒度分析結果を図-6に示す。この結果面試験とも破碎されていることがわかる。ゆえに、 $\gamma_d \max$ を求める場合には破碎された土を繰返し使用するのは好ましくない。非繰返し試料 (D_3) について、試料状態、含水比もパラメーターに、破碎率と突き固め回数の関係を図-7に示す。縦軸は試験後の平均粒径/試験前の平均粒径の比率で示した。含水比は14%○、24%●、23%◎、51%⊙である。Ⅰでは突き固め回数の増加と共に破碎率が大きくなっていくが、Ⅱでは回数による変化はみられない。さらに、試料状態、含水比の変化によって、破碎率が異なる。この破碎性については、今後、火山灰土の粒度分析試験の問題をも考慮し、乾燥状態を種々変化させて詳細に検討したいと考えている。(平均粒径 $D_n = \frac{\sum f \cdot d}{\sum f}$, f : フレイ残留%, d : フレイ径)

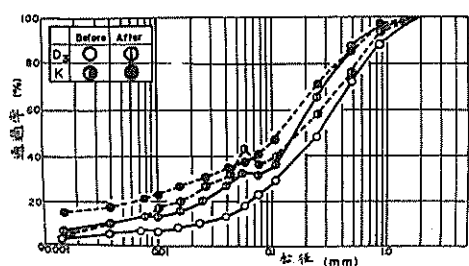


図-6

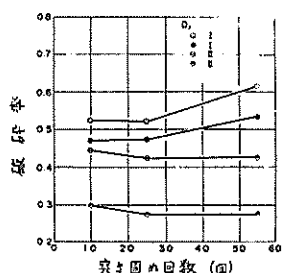


図-7

4. まとめ

山陰地方の有機質土、特に火山火山灰土の上部火山灰土(黒ぼく)、中部火山灰土 (D_3) の2種類について、それらの物理的性質、ならびに締固め特性について述べれば要約すると、次のようになる。
1) 黒ぼく、 D_3 の諸物理的性質はそれぞれ異なる。コンシステンシーは試料状態(特に、初期含水比)によって変化する。したがって、これらの土質試験においては自然土の含水比と実験時の含水比の関係に十分注意を払わねばならない。
2) 当火山灰土の突き固め特性は他の火山灰土同様、試料の湿潤、乾燥過程ならびに乾燥の程度によって異なる。ここで、繰返し試料による突き固め方法は乾燥過程において $\gamma_d \max$ を求める際に種々の不合理が生じ、粒子の破碎とも関連して、この方法は好ましくないと思われる。
3) 締固めエネルギーと γ_d の関係は一般土質と同じ傾向を示し、エネルギーが大きくなると γ_d が大きくなり、 W_{opt} は低くなった。
4) 火山灰土粒子の破碎は認められしたが、それはランマーの突き固め回数や突き固め時の含水比ならびに試料の湿潤、乾燥過程によって異なる。一般に、当火山灰土についても多孔質土粒子からなり、また、団粒化した土であると考えられる。これらの土の突き固め特性は含有水分状態(自由水・拘束水)と関連させて検討する必要があると思われるので、今後、これらの問題について検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 久保田・藤村：火山火山灰土の強度に関する実験的研究，土木学会中西国支部(昭和46年)
- 2) たとえば 久野悟郎；土の締固め，技報堂