

火山灰の比重と粒子破碎性の関係

池 浦 勲*

Relationship between Specific Gravity and Particle Crushability of Volcanic Ashes

Isao IKEURA

要 旨

火山灰では、突き固め試験中にかなりの粒子破碎が生じることと、粒径によって比重が異なることを示した。また粒子内空ゲキの定量的表示法として内部空ゲキ率を定義し、それと破碎性との関係を示した。

Synopsis

It is shown on volcanic ashes that a significant particle crushing arises during compaction tests, and that specific gravity varies with particle size. Also, internal porosity is defined as a qualitative explanation of void space within a particle. The internal porosity has a close relation with crushability of grains.

1. ま え が き

前報においては、苫小牧市高丘から採取した火山灰についての締固め特性や CBR 値について¹⁾、さらに三軸圧縮試験による強度やそれによぼすせん断中の粒子破碎の影響について²⁾報告した。火山灰は高丘のみならず苫小牧市街北部の台地を構成しており、現在施工中の道央自動車道苫小牧東インターチェンジから苫小牧西 I. C. 間もその多くが火山灰土の土工区間であると報告されている³⁾。

今回、苫小牧西 I. C. の切取り斜面から 3 種の火山灰を入手する機会を得たので、その 2・3 の性質についてここに報告する。

2. 試料および実験方法

2-1 試 料

実験に用いた試料は、支笏火山噴出物の一構成員である豊平軽石流堆積物⁴⁾と、その上に堆積する恵庭火山噴出物、樽前火山噴出物の 3 種である。以下においてはおのおのを支笏、恵庭、樽前と略

記する。採取地点では樽前、恵庭は地表面から約 2 m の深さを占めるに過ぎず、支笏が切取り斜面の大部分を占めており、近くの盛土材料として流用されている。

2-2 実験方法

(1) 粒度試験

支笏、恵庭の粒度試験は JIS A 1204 によった。恵庭は見掛け上の粗レキが指圧でつぶされるほど風化が進んでおり取扱いに苦慮したが、この試験の目的が、突き固めエネルギーを受けた際の粒子破碎の程度を調べるものであることから、指圧でつぶれる粒子をつぶした後に粒度試験を行った。

樽前は細粒分が少ないことから、比重計による粒度分析は省略した。粒度試験は後述の突き固め試験の前後に行なった。

(2) 比重試験

ほぼ JIS A 1202 によったが、試料が粗レキを含むことから、容量約 1000 ml、口径約 3 cm の軽量骨材用ピクノメーターを用いた。試料は炉乾燥後 24 時間以上水浸したものをを用い、煮沸時間は 4 時間以上とした。乳鉢で粉碎した試料についても比重試験を行なったが、その際には容量約 100 ml のピクノメーターによった。

*助教授 土木工学科

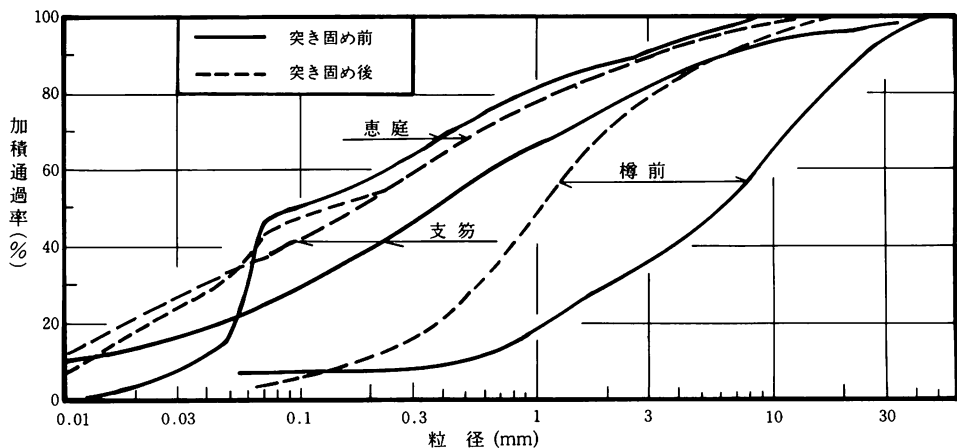


図-1 粒径加積曲線

(3) 突き固め試験

JIS A 1210 のなかの1・4-a法によった。すなわち気乾試料を繰返して使用し、容積 1000 ml のモールドと、重量 2.5 kg、落下高 30 cm のランマーを用いた。試料中の 25.4 mm 以上のレキは取り除いた。

3. 実験結果と考察

3-1 粒度試験について

図-1 は粒径加積曲線を示す。突き固めを受ける前の粒度を日本統一分類法の区分で表わせば、支笏は砂質土 {SF}，樽前は細粒分混りれき {G-F}，恵庭は細粒土 F となる。

3-2 突き固め試験について

図-2 は突き固め時の含水比と乾燥密度の関係すなわち締固め曲線を示す。支笏と恵庭については最適状態(最適含水比 w_{opt} と最大乾燥密度 $\gamma_d \text{ max.}$) が明瞭に存在する。それらの状態を表わす点は、併記した他の火山灰やマサ土など多種の土の最適状態の領域内に収まっている¹⁾。しかし樽前については含水比の増加につれて乾燥密度も増加し、やがて火山灰と水分が分離する状態に至る。すなわち最適状態は認められず、試験は火山灰と水分の分離が明確になったところで終了とした。

このような現象の理由としては、後述するように、含水比の増加につれてすなわち試料が繰返し突き固めエネルギーを受けるにつれて粒子が破碎することが考えられる。図-1 の粒径加積曲線には突き固め試験後のものも示したが、樽前が他に較べて細粒化の著しいことがわかる。

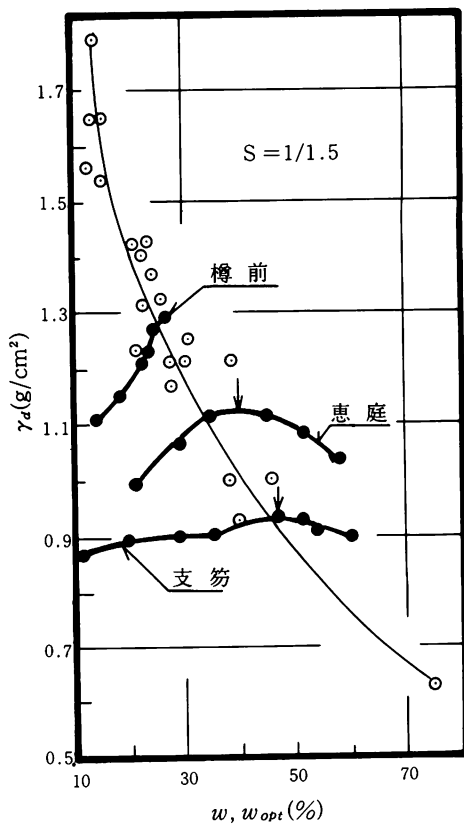


図-2 含水比と乾燥密度の関係

3-3 突き固め試験時の粒子破碎について

突き固め中は図-1 に示したように粒子破碎が生じており、特に樽前では突き固め前後の均等係数(=60%径/10%径)が 8.17 となり、突き固め後(締固め後)の土の性質を論じるために突き固め前に粒度試験を行なうことの意義が疑わしくな

表－1 破碎量

	支 笏	樽 前	恵 庭
S ₀	7.62 K	0.150 K	5.51 K
S _a	11.6 K	0.477 K	8.12 K
log(S _a /S ₀)	0.18	0.50	0.17

るほど破碎が著しい。

このような破碎の程度を表示する方法として多数の提案があるが、ここでは突き固め前後の比表面積を S₀、S_a として log(S_a/S₀) を破碎量と定義する⁵⁾。比表面積を測定する方法も多数あるが、今回使用した試料は比較的粗粒であることから粒度分析結果を用いて次式で計算した。

$$S = \frac{K}{G_s \gamma_w} \cdot \frac{\sum (y_i / D_i)}{\sum y_i} \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに K : 粒子形状係数
G_sγ_w : 土粒子単位体積重量
y_i : i 番目のフルイ径間の残留率
D_i : そのフルイ径間の平均径

表－1 はその計算結果を示す。

表によれば支笏と恵庭の破碎の難易は同程度と考えられ、樽前はそれらの2倍強の破碎を示している。前述の図－1で、樽前に最適状態が存在しないことの理由として破碎の影響をあげたのはこのことを根拠としている。

次に表－1の値を図－3に示すセン断中の粒子破碎量⁵⁾と比較してみる。今回の突き固め試験の一含水比当りの締固め仕事量は 5.6 kg・cm/cm³ であり、それを支笏、恵庭、樽前ではそれぞれ

れ 8, 6, 7 回繰返したのであるから、S₀ から S_a に至るまでに受けた仕事量 E はそれぞれ 44.8, 33.6, 39.2 kg・cm/cm³ である。従って単位仕事量当りの破碎量の log(S_a/S₀)/E は支笏、恵庭で 0.005、樽前で 0.013 程度であり図－3 に比して極めて小さい。これは突き固め時に生じる間ゲキ水圧のために締固めに有効に使われる仕事量が減じるであろうことや、ランマーからの仕事量が土の表面近くのみ集中するであろうことが影響しており、セン断のほうが突き固めより破碎が生じやすいと結論することは早計である。

3－5 粉碎後の比重について

前節に示した粒径別の比重値は、粒子を構成する鉱物の種類の他に粒子の内部空ゲキによっても影響を受けた結果と考えられる、ここで内部空ゲキとは、外部との連絡を絶たれた粒子内の細孔のことで、比重試験時の長時間の煮沸によって水が入り込めないような空ゲキである。

いま土粒子のうち内部空ゲキを除いた実質部分の比重を G_s とし、内部空ゲキも含めた土粒子全体の体積と比重を V、G とすれば、V の内に占める空ゲキ V_o の割合すなわち内部空ゲキ率は次式で表わされよう。

$$n_v = (V_o / V) \times 100 = (1 - G / G_s) \times 100 (\%) \quad \cdots \cdots (2)$$

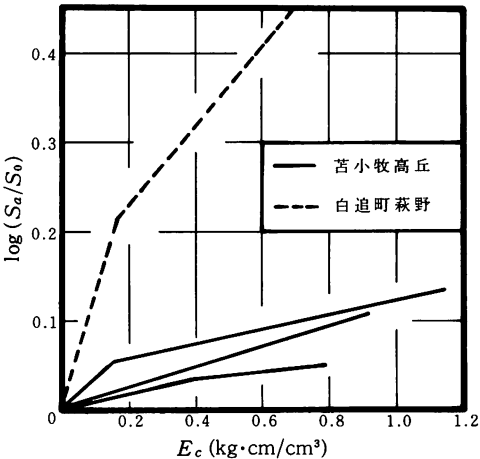
すなわち内部空ゲキを残した状態と、消滅した状態での比重を測定すれば内部空ゲキ率が求められる。

ここで問題となるのは、空ゲキの消滅した状態での比重 G_s の求め方である。内部空ゲキは粒子を粉碎することによって外部と接するようになるであろう。この粉碎の程度には限界はなかろうが、今回は便宜上、74μ フルイを通過するまで乳針内ですりつぶした火山灰の比重をもって G_s とした。この G_s の大小は主として鉱物組成によって支配される。図－4 は各試料の粒径別の G_s 値を破線で併示した。それによると次のことがいえそうである。

① 支笏火山灰は粒径別の G_s の値はほぼ等しい。これは鉱物組成が細粒土でも粗レキでも大差ないことを暗示している。

樽前は 2 mm を境に 2 種の G_s に大別される。これは 2 mm を境界として粒子の鉱物組成か内部空ゲキの残存程度が異なることを示している。

③ 恵庭は粒径によって G と同様な変化をする。



図－3 セン断試験時の破碎量

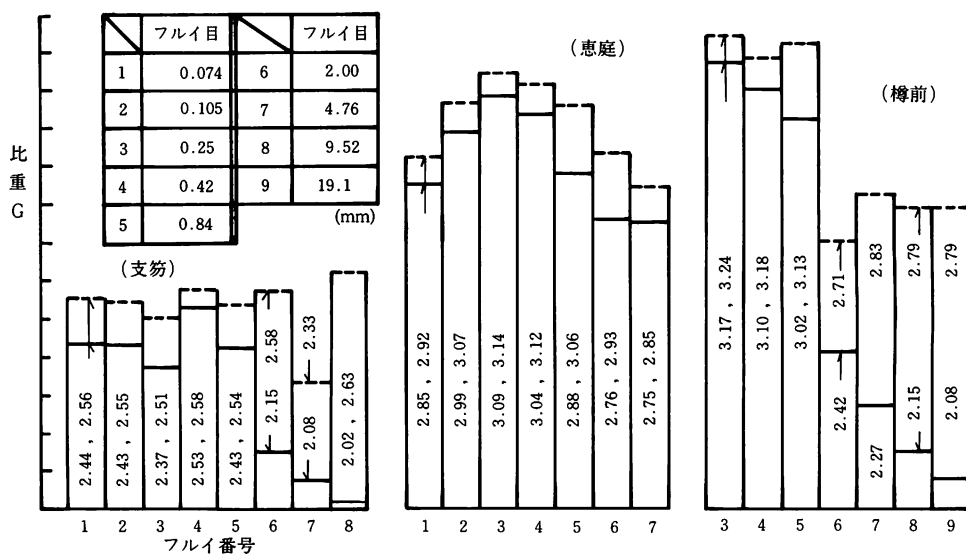


図-4 粒径別比重

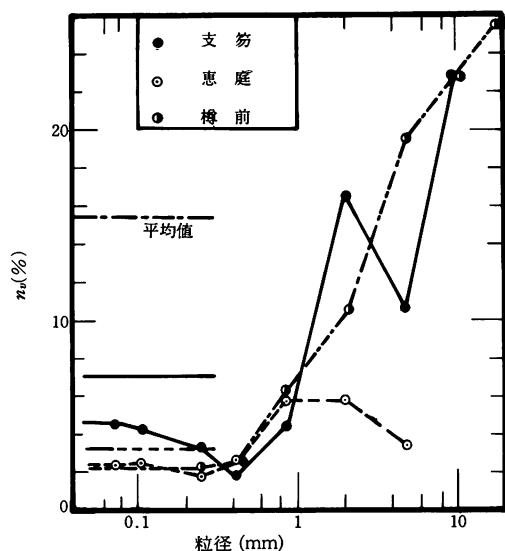


図-5 粒径と内部空ゲキ率の関係

これは今回程度の細粒化ではまだ内部空ゲキが残っていることを示していよう。

④恵庭と樽前の G_s は近似しており、支笏はそれより小さい。

次に(2)式により求めた内部空ゲキ率 n_v と粒径の間係を図-5に示す。図中にはまた、原試料での含有率を重みとして全粒径にわたって平均した内部空ゲキ率も併示した。ただし、 74μ フルイ通過試料の G_s は 74μ フルイ残留試料の G_s に等しいものとした。この図によると、樽前は全体積のうちに15%もの内部空ゲキを有していることに

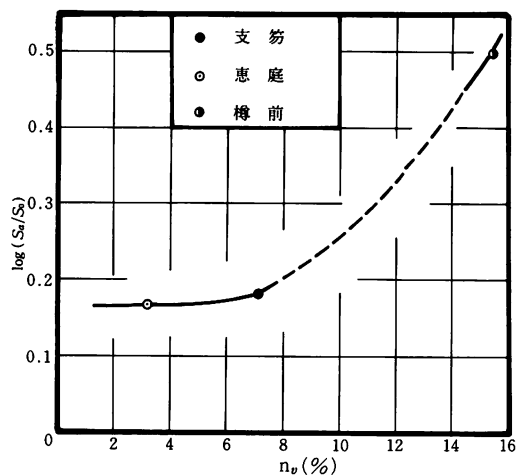


図-6 内部空ゲキ率と破砕量の関係

なり、支笏、恵庭の順に内部空ゲキ率は小さくなる。この順序は、3-4に示した通常の方法による比重 G の小さい順に並べた場合と等しい。

次に平均内部空ゲキ率と表-1に示した突き固め試験中の粒子破砕量との関係は図-6のようになる。当然のことながら、内部空ゲキ率の大きいものほど破砕量も大きいことが示されている。実験した試料数が少ないため断定はできないが、図-6が各種火山灰について一本の曲線で表わされると予想しており現在追試験を行なっている。

4. ま と め

これまでに述べてきた内容をまとめると次のようである。

(1) 支笏は粒度、突き固め特性の点では実用上の難点は見出せない。

(2) 恵庭は突き固めは可能ではあるが、風化の程度が他の火山灰より著しい。

(3) 樽前も風化の徴候がなく細粒分も少ないが最適含水比が求められない。

(4) いずれの火山灰も JIS の繰返し法による突き固め試験中の破碎量は大きく、特に樽前で著しい。

(5) 粒子の内部空ゲキ率の大きい火山灰ほど突き固め時の破碎量が大きい。

今回の実験はわずか 3 種類の試料についてであって、破碎量と内部空ゲキ率などの間に定量的な関係をつけることができなかったが今後さらに実験を続けていきたい。また内部空ゲキ率とセン断中の破碎量の関係や、破碎による土の性質とくに透水係数の変化なども実用的に重要と考えている。

本研究を行なうにあたっては実験や資料整理に佐々木宏視技官、本校卒業生の金子人之、中野晃の諸氏に多大の御協力を得た。記して深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 池浦勲；火山灰土のセン断特性について，苫小牧高専紀要，No 10，1975
- 2) 池浦勲；火山灰土の強度におよぼす粒子破碎の影響，苫小牧高専紀要，No 12，1977
- 3) 編集委員会；北海道の土質工学に関する諸問題（座談会），土と基礎，No 260，1979，土質工学会
- 4) 土居繁雄；5 万分の 1 地質図幅（苫小牧），北海道開発庁，1959
- 5) 池浦勲；火山灰土の三軸圧縮試験における粒子破碎について，技術報告集，No 19，1979，土質工学会北海道支部

（昭和 54 年 11 月 30 日受理）

