

新生界の花崗岩類を母岩にもつまさ土の基本的性質と締固め特性の関係

Relationship between Soil Properties and Compaction Characteristics of
Weathered Cenozoic Granite Soils

土 倉 泰 (つちくら とおる)

山梨大学助手 工学部土木環境工学科

五 味 貞 夫 (ごみ さだお)

山梨大学助手 工学部土木環境工学科

村 上 幸 利 (むらかみ ゆきとし)

山梨大学教授 工学部土木環境工学科

1. はじめに

まさ土は土粒子の破碎性に富み、一般に高い締固め効果を発揮することから、土木材料としてアースダム・堤防の築堤材および道路の路床・路盤材などに大いに利用され、したがってまさ土の締固め特性に関する研究は従来から精力的に進められてきた。しかし、締固め特性の把握のみにとどまらず、母岩の種類、まさ土の基本的性質および締固め特性の関係を系統的に掌握することは、土木材料としての種々のまさ土を相対的に評価するうえにおいて有効であると思われる。

さて、まさ土の母岩となる花崗岩類は、図-1に示すように北海道から九州までの日本各地に分布し、その生成年代や進入深度などの地質条件あるいは鉱物組成、風化の程度等の違いによって、各地域のまさ土はそれぞれ独自の物理的・力学的特性を有することが考えられる。したがって、まさ土の諸性質を研究する上で、まさ土の母岩である花崗岩類の生成年代や分布地域の範囲については注意する必要がある。本報文では、新生代に進入した花崗岩類（新生界の花崗岩類）を母岩にもつ山梨県内のまさ土を対象として、まさ土の基本的性質が締固め特性に及ぼす影響に留意しながら、母岩の種類、まさ土の

基本的性質と締固め特性の相互関係について調べた結果を概述する。

2. 母岩の区分とまさ土の基本的性質の評価

花崗岩類は、石英、カリ長石、斜長石および黒雲母を主要鉱物とする酸性または弱酸性の深成岩である。造岩鉱物の割合によって、岩石学上種々の名称が付けられており、その主なものは、表-1に示すとおりである。

本報告では、前述の理由から、進入年代や分布地域をほぼ同じくする山梨県内の花崗岩類から生成したまさ土のみを対象とする。代表的な花崗岩類は、御岳型黒雲母花崗岩、鳳凰型閃雲花崗岩、徳和型花崗閃緑岩、大鳥型石英閃緑岩、小鳥型石英閃緑岩、および芦川型石英閃緑岩であり²⁾、いずれも進入年代は今から1 000万年前程度と推定される。その分布を図-2に示しておく。上記6種類のうち4種の花崗岩類について、試料の採取場所をできるだけ分散するように定め、表土を取り除いた50～

表-1 花崗岩類岩石の造岩鉱物

岩石名	主 な 造 岩 鉱 物
黒雲母花崗岩	石英、カリ長石、斜長石、黒雲母
閃雲花崗岩	石英、カリ長石、斜長石、黒雲母、角閃石
花崗閃緑岩	石英、斜長石、黒雲母、角閃石
石英閃緑岩	石英、斜長石、黒雲母、角閃石、輝石

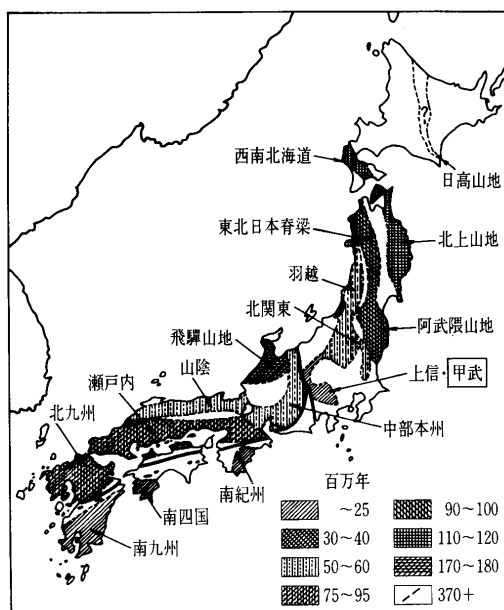


図-1 日本における花崗岩類の帯状構造と絶対年代¹⁾

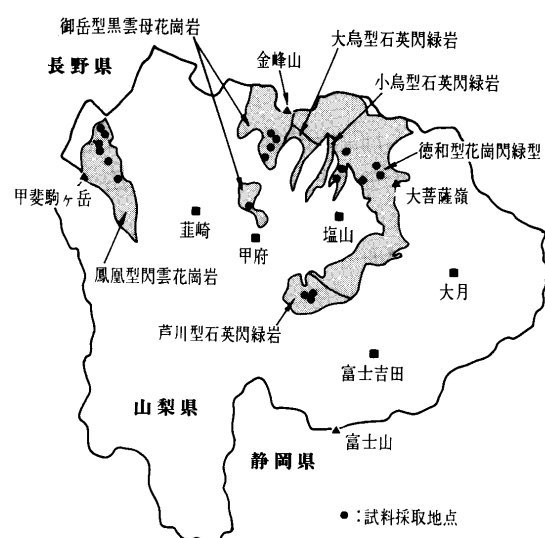
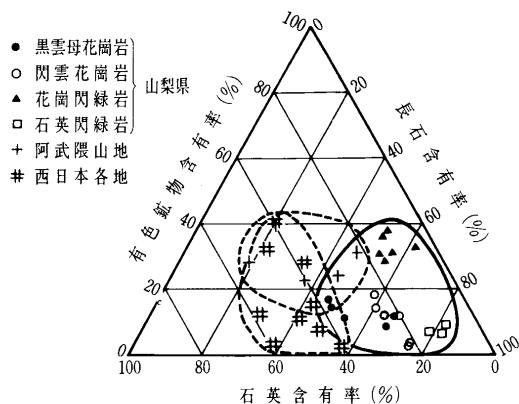


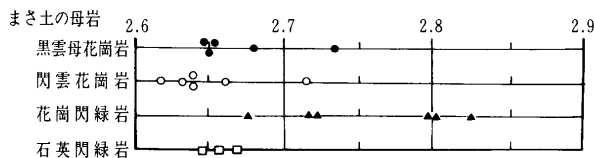
図-2 山梨県での花崗岩質岩石分布地域

表—2 母岩が異なるまさ土の粒度特性

まさ土の母岩	有効径	均等係数	細粒分
黒雲母花崗岩	0.16~0.30mm	6.1~9.1	1.8~3.3%
閃雲花崗岩	0.06~0.19	6.4~18.7	2.4~10.8
花崗閃緑岩	0.11~0.41	6.0~8.5	1.1~5.0
石英閃緑岩	0.12~0.24	11.3~20.4	3.8~5.0



図—3 鉱物組成 (三角座標)

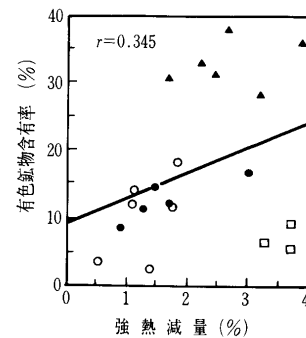


図—4 土粒子比重

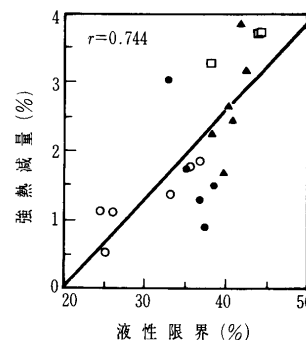
70 cm の深度からまさ土を採取した。その採取地点を図—2 に併せて示しておく。なお、大鳥型と小鳥型の石英閃緑岩については、分布地域が狭小であることと、山岳域に相当するために、今回の対象から除外した。

採取試料の自然含水比を測定した後、各種の試験に供するようにふるい分け、円錐四分法、超音波洗浄などにより調整を行い、試料の状態が変化しないように保存した。まさ土の諸物性を把握するために、それぞれの試料について、実体顕微鏡検査、着色識別法による鉱物組成評価⁴⁾、および土粒子比重 (JIS A 1202)、粒度 (JIS A 1204)、強熱減量 (JSF T 221) に関する各種試験、円錐落下法によるコンシステンシー試験⁵⁾を順次行った。さらに、必要に応じて、偏光顕微鏡検査、SEM (走査電子顕微鏡)、XMA (X 線マイクロアナライザー) による解析を実施した。

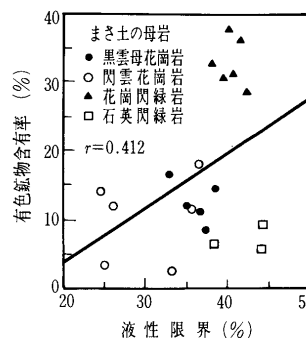
粒度試験および各種の物性試験から得られた代表的な結果を母岩の種別でまとめると、表—2、図—3、4 および図—5 のようになる。表—2 は、使用したまさ土試料の粒度試験の結果を示すが、有効径ならびに均等係数がほぼ限られた範囲内であって、母岩の種類によって粒度のばらつきはほとんど見られない。図—3 はまさ土の鉱物組成の状態を表すが、中生界の花崗岩類を母岩とする西日本のまさ土⁶⁾や阿武隈山地のまさ土⁷⁾と比較して、山梨県のまさ土は相対的に長石類の含有率が高い。また、同じ山梨県内のまさ土であっても、石英、長石類および有色鉱物の3者でみた造岩鉱物の割合は母岩の種類によって相異なることが分かる。図—4 は土粒子比重を



(a) 有色鉱物含有率～強熱減量



(b) 強熱減量～液性限界



(c) 有色鉱物含有率～液性限界

図—5 基本的性質の相関関係

示しており、図—3 において高い有色鉱物含有率を示した花崗閃緑岩で相対的に高い値となっている。図—5 は、母岩を種別して、まさ土の有色鉱物含有率、強熱減量および液性限界の相関関係を表したものである。記号 r と実線はそれぞれ、図中のすべてのデータに関する相関係数と一次関係でみた回帰線を示す。これをみると、全体的な相関性は高いわけではないが、母岩の種類ごとにひとまとめしてみた場合にはそれぞれに特徴的な相関関係があることが分かる。

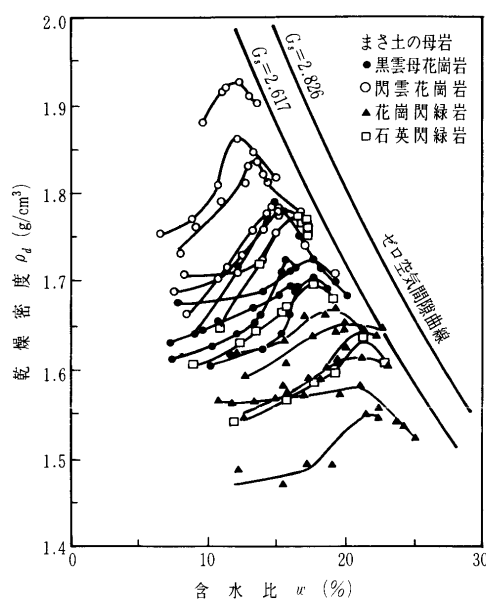
強熱減量は土粒子鉱物内での結晶水の発達程度や土粒子の内部空隙に浸透している水の量を表すので、間接的にまさ土の風化の程度を指標する物理量のひとつと考えられるが、図—5 においては、これが石英閃緑岩および花崗閃緑岩を母岩にもつまさ土において大きい。その理由としては、図—3 に見られるようにこれらの岩種では風化を起こしやすい長石類と有色鉱物の割合が合わせて全体の90%近くを占めており、その一部が既に風化しているためと考えられる。なお今回、試料の風化程度は、別途、研磨・染色処理を施した検体を実体顕微鏡下で比較観察し、特に長石類の表面と形状の変化から定性的に

はあるが確認している。また、この強熱減量は土のコンシステンシーを表す液性限界と相関性が比較的高いことが分かる。コンシステンシーとは、水分の変化に伴う土粒子の流動性の程度を表し、土粒子の表面特性や形状、鉱物組成などによって影響を受けるものであるが、このことと上記の相関関係を考えると、やはり風化の程度を表す一つの指標としてみる事ができよう。

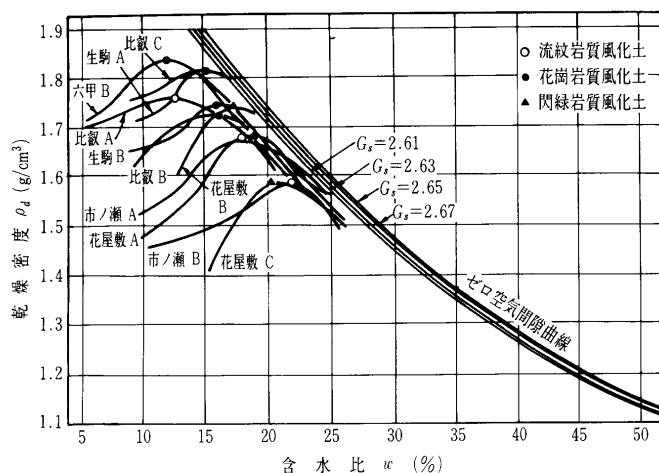
3. まさ土の基本的性質が締固め特性に及ぼす影響

前述したように、一般にまさ土には優れた締固め効果が期待できるので、アースダムの築堤材、道路の路床・路盤材あるいは造成地の盛土材などとして大いに利用される。したがって、その基本的性質と締固め特性の関係を把握しておくことは、材料としての評価の拠り所を明確にするうえで重要である。

前述した4種の花崗岩類を母岩とするまさ土試料について、JIS A 1210に基づく動的締固め試験を実施した。得られた締固め曲線を母岩の種類で区別して整理すると、

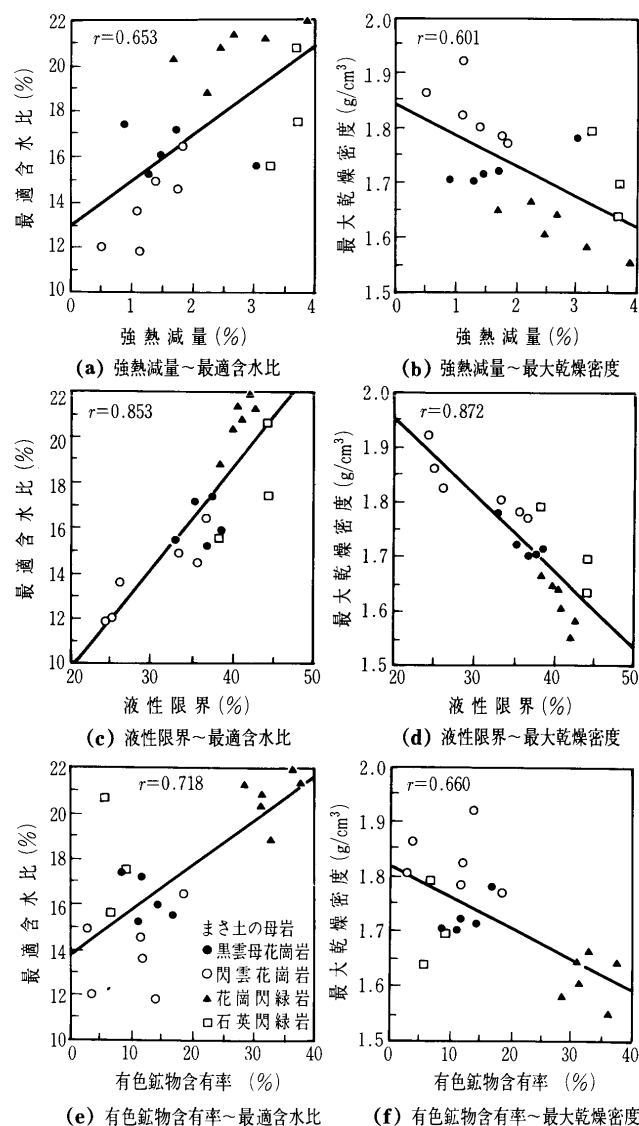


図一6 締固め曲線



図一7 近畿地方のまさ土の締固め曲線⁸⁾

図一6 のようになる。まず、母岩の種類によってまさ土試料の締固め曲線の位置が異なっている様子が分かる。すなわち、閃雲花崗岩あるいは黒雲母花崗岩の花崗岩系岩石を母岩とするまさ土では、相対的に最適含水比が小さく、最大乾燥密度が大きくなっている。一方、花崗閃緑岩あるいは石英閃緑岩といった閃緑岩系岩石を母岩とするまさ土では最適含水比が大きく、最大乾燥密度が小さくなっている。これを図一7に示すような近畿地方に分布しているまさ土の締固め曲線と比較してみると、類似した関係が認められる⁸⁾。この理由としては、花崗岩系岩石が閃緑岩系岩石より一般に高い石英含有率をもち(図一3を参照)、その石英鉱物の粒子が一般に硬質で、粒度の変化に富み、比較的球状に近い形と低い保水性を有するために、それから生成したまさ土を締固めた場合、相対的に高い乾燥密度と低い含水比を有することになると考えられる。しかし、このことだけからまさ土の一般的な締固め特性を理解することはできないので、母岩の種類をあえて考慮せずに、まさ土の基本的性質だけに注目して、それが締固め曲線に及ぼす影響を調べてみた。図一8は、試料として用いたすべてのまさ土の物性値と



図一8 まさ土の基本的性質と最適含水比・最大乾燥密度の相関関係

最適含水比または最大乾燥密度の関係を示す。なお、図中の r と実線は図—5と同様にそれぞれ相関係数と回帰線を表す。これを見ると、液性限界が最適含水比あるいは最大乾燥密度と最も強い相関性をもつ。図—8に示される関係のうち、強熱減量と最適含水比の関係、あるいは液性限界と最大乾燥密度の関係は今までによく知られたものであり、また有色鉱物の含有率が締固め特性に強く影響することは、既に他研究者によって指摘されているところである⁷⁾⁹⁾。しかし、それは、主として中生代に進入した西日本を中心とした花崗岩類を母岩にもつまさ土に対して示されたものであった。これらの知見が一般にまさ土の母岩の種類や生成年代などによらず、まさ土一般に成り立つものと考えられる。

なお、すでに表—2に示したように、まさ土試料の粒度には、大きな差異がほとんど認められない。花崗閃緑岩および石英閃緑岩を母岩にもつまさ土の締固め曲線は、含水比-乾燥密度の関係図の中で相対的に右下部に位置しており、細粒土的な締固め特性を示している反面、相対的には有効径が小さくなく、細粒分が多い。むしろ、最も粗粒土的な締固め曲線を示す閃雲花崗岩系のまさ土において、有効径が小さく、細粒分が多い。したがって、今回実施した試験の範囲内においては、まさ土試料の粒度が締固め特性に強く影響しているとは考えにくいことを付記しておく。

4. ま と め

まさ土の母岩にあたる花崗岩類の岩種を念頭に置きながら、山梨県に分布するまさ土を対象として、鉱物組成、強熱減量およびコンシステンシー等の基本的性質、締固め特性のうち最適含水比と最大乾燥密度、ならびにそれらの関係を調べた。この結果、まさ土の母岩の種類によって、まさ土の基本的性質や締固め特性が異なることが分かった。また、まさ土の基本的性質のうち、強熱減量、液性限界、有色鉱物含有率と締固め特性との関係について検討した。その結果、まさ土の液性限界は、母岩の種

類にかかわらず締固め特性とよい相関性が存在することが明らかにされた。得られた結果の一部は、中生界の花崗岩類を母岩にもつまさ土について従来発表されている研究成果と同じくするものであり、母岩の生成年代等とは関係なく、まさ土全般に共通する特性が相当の程度にあることが分かった。

最後に、本研究を進めるに当たって実験等でお世話になった山梨県建設技術センターの梅谷英二氏ならびに山梨県科学捜査研究所の木下新一技術員に対して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 小貫義男：応用地学概論（改訂版），p. 9，森北出版，1990.
- 2) たとえば，福本武明：締固めたマサ土の破碎特性—巨視的立場からの考察—，第18回土質工学シンポジウム発表論文集，pp. 31～36，1973.
- 3) 山梨県：山梨県地質誌，pp. 19～175，1970.
- 4) 土質工学会：土質試験の方法と解説，pp. 515～516，1990.
- 5) 北郷 繁・佐藤正義：液性塑性両限界の同時測定法に関する研究（第5報），土と基礎，Vol. 18，No. 6，pp. 9～15，1970.
- 6) Matsuo, S. and Nishida, K.: Physical and Chemical Properties of Decomposed Granite Soil Grains, Soils and Foundations, Vol. 8, No. 4, pp. 10～20, 1968.
- 7) 古河幸雄・藤田龍之：阿武隈山系に分布するまさ土の工学的性質，土質工学会・風化残積土に関するシンポジウム論文集，pp. 133～138，1988.
- 8) 福田 護：マサ土のコンシステンシーと工学的性質について，第18回土質工学シンポジウム発表論文集，pp. 25～30，1973.
- 9) 松尾新一郎・西田一彦：マサ土の組成と工学的性質について—とくに有色鉱物の影響について—，昭和41年度土木学会関西支部講演概要集，pp. 161～162，1966.

（原稿受理 1994.11.16）