

琉球大学学術リポジトリ

礫混合土の締固め密度について(生産環境学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): 締固め密度, 礫質土, 礫率, 透水係数 キーワード (En): compaction, gravelly soil, ratio of gravel, permeability 作成者: 宮城, 調勝, 新城, 俊也, 小宮, 康明, Miyagi, Norikatsu, Sinjyo, Tosiya, Komiya, Yasuaki メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3770

礫混合土の締固め密度について

宮城調勝*・新城俊也*・小宮康明*

Norikatsu MIYAGI, Tosiya SINJO and Yasuaki KOMIYA On the density of compacted gravelly soil by laboratory testing

キーワード：締固め密度，礫質土，礫率，透水係数

Key words : compaction, gravelly soil, ratio of gravel, permeability

Summary

Cohesive soils are frequently mixed with gravelly soil for soil improvement. Soil materials are improved in soil mechanics by mixing gravelly soils. But in a case of materials used as a core of fill dam, it is necessary for compacted soil to be impervious.

In this paper, the dry density which is separated the part of excepting gravel from gravelly compacted soil were investigated. The results obtained are as follows.

1. The values of dry density and coefficient of permeability of compacted soil increased with the increase of gravelly ratio.
2. Dry density in the part of excepting gravel contrarily decreases with the increase of gravelly ratio.
3. It seems that the dry density of gravelly soil depends on size of gravel and specific surface area of gravel in the same gravelly ratio.

緒 論

一般に粘性土は、遮水性には富むが、剪断強度の面で問題がある場合が多い。粘性土を築堤材料として取り扱う場合は、できるだけ剪断強度の強い土がよいが、そのままでは必要な強度が得られず、また設計段階で対応できない場合は土質改良が必要となってくる。沖縄地方でもっとも広範囲に分布する国頭マージはダムの築堤材料、とくに遮水材料として用いられることが多いが、ここでは、国頭マージを使用した礫混合土の密度と透水特性について研究している。

一般に国頭マージは、千枚岩、頁岩、砂岩および火成岩類の風化残積土と第四紀更新世などの赤色化した部分を総称し、基岩の風化岩および未風化岩とははっきり区別される。

また母岩の種類が多岐にわたること、更に場所によって風化の程度が異なるため国頭マージの土性は砂質土から粘質土のものまで広範囲にまたがる³⁾が、このことは土質材料として使用する場合の力学的性と大きな関わりをもつ。

土質材料としては、一般盛土はもちろんのこと、フィルダムの遮水材料として広く用いられている。

細粒分を多く含むため遮水性は非常に高く問題はないが、強度の面で問題になる土もある。

国頭マージに礫または礫質土を混合する必要のあるものは、国頭マージの分類⁴⁾の中でCグループに属するものが多い。強度の低いこれらの土の特徴としては、まず細粒分が多く、また自然の状態で高含水比にあるため、そのままでは締固め密度が上がらないことである。強度の高い礫質土の混合および施工含水比の低減を計ることで、締固め土は高い密度が得られ、土性を改良することができるが、一方では国頭マージが遮水性材料として使用される場合は、土性の改良は遮水性の範囲にあることが必要である。

この研究では、代表的国頭マージである千枚岩風化土について、礫を混合した場合の締固め土の密度、透水性の変化などの特性を、礫率および礫の粒径の変化に対して実験した結果を報告する。

試料土および実験

1. 試料土

試料土は地質的に中生代から古生代に属するといわれる名護層群²⁾の千枚岩の風化残積土を、読谷村長浜にて採取したものをを用いた。採取した試料は風乾後、試料調整機で2mm以下に団粒を破碎して使用した。実験に使用した試料の物理的性質はTable 1に示す。また礫は、古生代に属するといわれる結晶質の石灰岩を20mm以下に破碎したものを使用した。

礫は粒径別に分けたA, B, Cと、それらを混合したDの4種類に分けて用いている。礫の粒径範囲はFig. 1に示すとおりである。

Table 1 Physical properties of sample

Specific gravity	2.748
Clay	47.5%
Silt	35.5%
Sand	17.0%
Liquid limit	57.0%
Plastic limit	31.7%
Plasticity index	25.3%
Bulk dry density of gravel	2.68 g/cm ³
Water absorption of gravel	0.21%

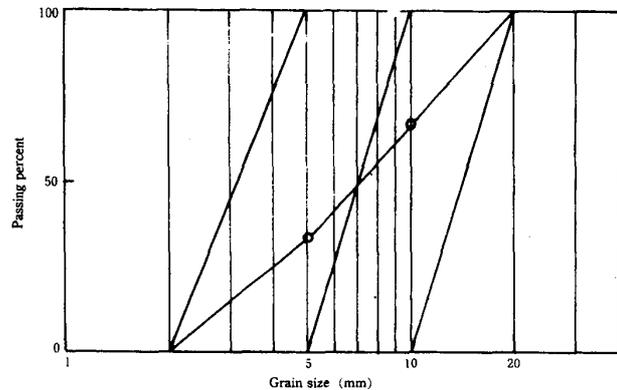


Fig. 1 Grain size distribution

2. 実験方法

礫混合土の締固め試験には、高さ7cm、直径10cm、容積550cm³の特製モールドを使用した。この場合の締固めエネルギーはProctorのエネルギーの式により突固め回数を調整することで $5.6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{kgf/cm}^3$ に合わせている。礫の混合は、まず礫を質量比で10%間隔に混合し、締固め試験および試料の計量後は、モールド内の試料を水洗し、混合した礫を回収して確かな礫率を求めている。

礫以外の土部分の乾燥密度は次のように求めている⁸⁾。

$$\rho_{ds} = \frac{W - W_{Gr}}{V - V_{Gr}} V_{Gr} = \frac{W_{Gr}}{\gamma_{Gr}}$$

ρ_{ds} : 土部分の乾燥密度 V_{Gr} : 礫の体積
 V : 礫混合土の体積 W_{Gr} : 礫の質量
 W : 礫混合土の質量 γ_{Gr} : 礫の仮比重

透水試験は、締固め試験後の試料をそのまま使用して変水位透水試験によって行った。またエネルギーの変化による締固め試験は、直径=15cm、高さ=12.7cmの標準モールドを使用し、Proctorのエネルギーの式の中で突固め回数を変化させて行った。

実験結果および考察

1. 礫混合土の締固め結果

2~19.1mmの範囲の粒径(D礫)を混合した場合の締固めた混合土の含水比~乾燥密度の関係を、礫率30%の例についてFig. 2に示す。突固め試験の結果、試料全体の乾燥密度は左上の曲線で表されるが、試料を水洗し試料から礫を取り除いた部分の締固め曲線を計算により求めると、右の曲線のように最大乾燥密度が1.520g/cm³が得られる。また、あらかじめ仮定していた各試料の礫率を正確に求めると、図に示すような曲線になる。これらの結果をまとめるとFig. 3, Fig. 4のようになる。

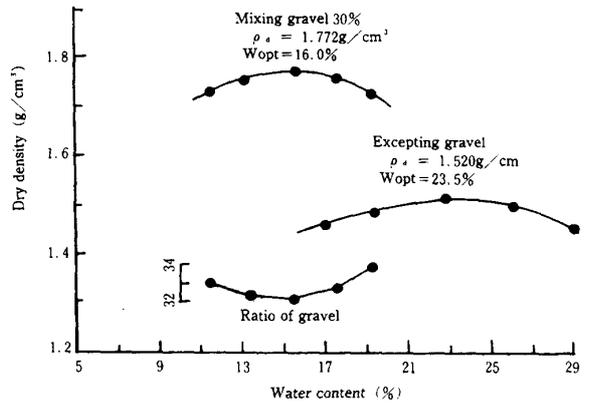


Fig. 2 Compaction curve

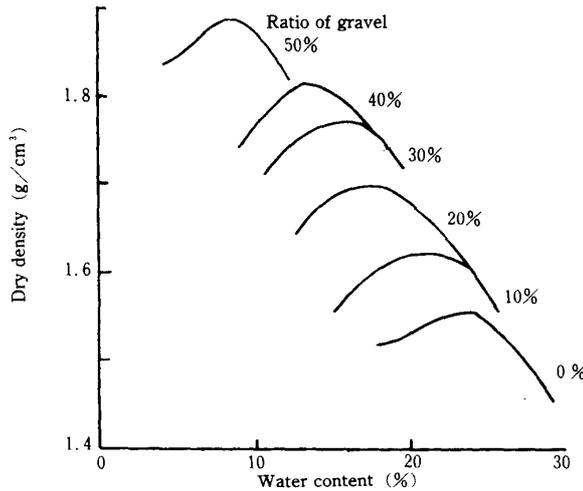


Fig. 3 Compaction curve for various ratio of gravel

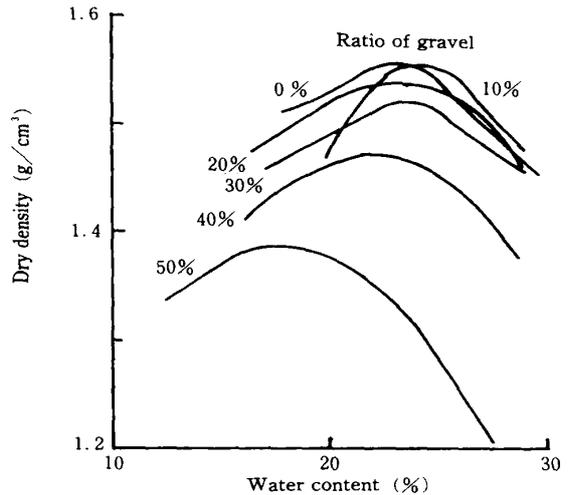


Fig. 4 Compaction curve of soils excepting gravel

Fig. 3は混合土全体についての締固め曲線である。礫率の増加とともに乾燥密度は高くなり、最適含水比はしだいに低くなる。これは粒度組成が粗になる場合の土の一般的特徴である。しかし、Fig. 4に示すように礫を除いた土部分の含水比~乾燥密度の関係は、Fig. 3とは全く逆の傾向を示し、礫率20%まではあまり変化はないが、それ以降は極端な密度の低下が現れ、締固め曲線も乾燥側へ移行している⁵⁾。このように水を通す部分の間隙の拡大が礫率の増加と共に透水係数を大きくする原因であると考えられる。混合土の密度は礫率の増加と共に大きくなって、礫の周辺の密度が緩くなるのは、礫が多くなると締固めの際礫同士がかみ合うためといわれるが、礫の比率を体積比で表すと、この混合土の場合質量比30%が体積比に換算して19%、質量比50%が体積比34.7%に相当する。

礫混合土の、礫以外の土部分の乾燥密度がわずかな礫量の増減によって変化するのは、締固め時の礫の表面積の大きさも関与していると考えられる。混合する礫の粒径を変えた場合の試験結果をFig. 5に示す。図には、A~Dの粒径の異なる礫混合土の締固め曲線の最大乾燥密度を、各礫率に対してプロットしている。また礫径はFig. 1に示すようにABCの順に小さく、Dはそれらの混合である。

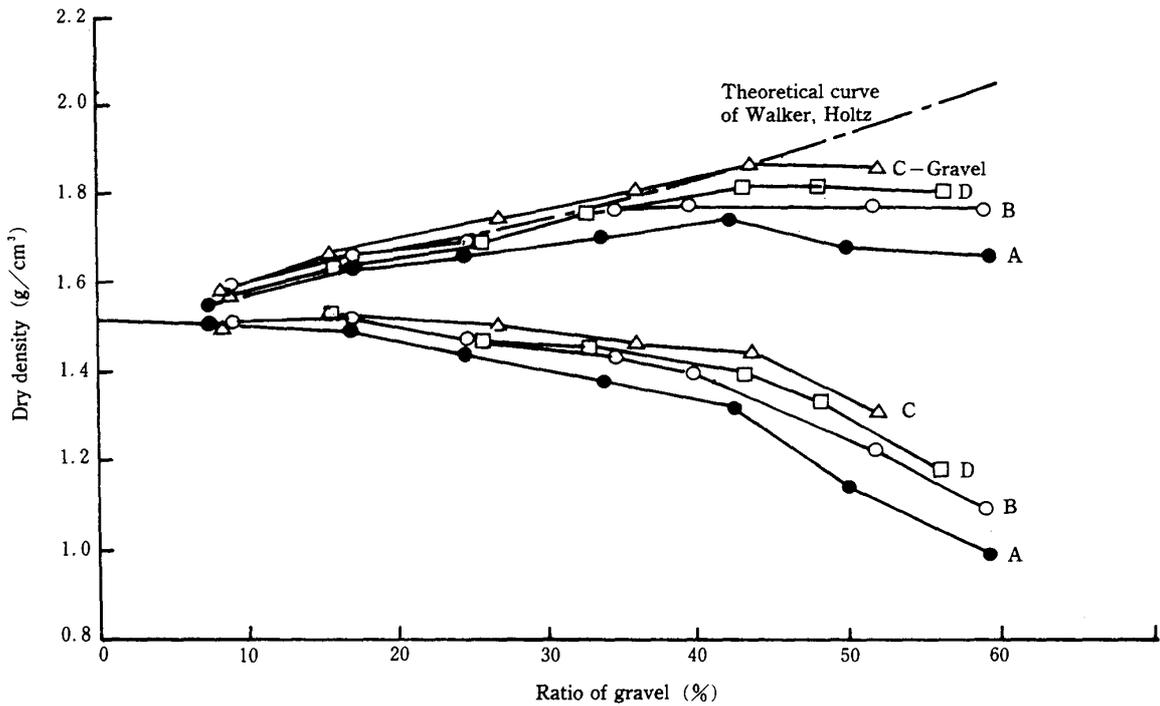


Fig. 5 Relation between ratio of gravel and maximum dry density

Fig. 5の結果から、礫混合土の乾燥密度は、礫の質量比が等しい場合、各礫率に対して礫粒径の大きいものほど大きな密度を示している。また、礫を除く部分の乾燥密度も同様な傾向を示し、礫径が大きいほど礫の増加に対する乾燥密度の低下率が小さいことを示している。このことは、締め固めの際の土の動きが、礫の表面積と関係していることを示し、表面積の小さい礫ほどよく締め固まっている。またA~Cの混合であるD礫の混合土はA~Cの中間に位置する。

図中には Walker, Holts⁹⁾による理論曲線も示している。Walker, Holtsによる理論曲線から実際の締め固め曲線が離れる礫率は、礫率30~40%といわれるが¹⁾、礫径によって異なり、礫径の最も小さいA礫の場合20%、B礫で30%、C礫の場合は45%程度を示している。

締め固め効果の低い土の土質改良の手段としては、礫質土の混合、施工含水比の低減および締め固めエネルギーの増大を計ることである。これらの項目はそれぞれが独立したものではなく、互いに関連を持つ。たとえば締め固めエネルギーの増大は施工含水比の低減のもとに実現するものであり、施工含水比の低減は礫質土の混合に頼ることもある。ここでエネルギーを増大させた実験は、この土の自然含水比に近い状態での転圧エネルギー増大による施工の可否と、同時に最適含水比の移動量を把握するためである。実験の結果は、Fig. 6に示すように突固めエネルギー $5.6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{kgf} / \text{cm}^3$ を基準として150%で乾燥密度が3.5%増、200%で5.5%増、400%では9.5%増となり、転圧荷重を増加することで高密度が得られることが分かる。またその時の最適含水比は1~1.5%づつ乾燥側へ移行し、400%では5%も移動することが分かる。実際問題としては転圧機種、走行速度、転圧回数、巻出し厚、土質の種類、施工含水比等多くの関係要素があって、室内試験に

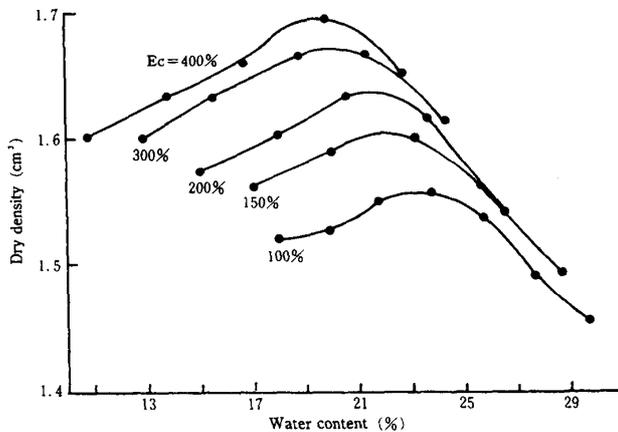


Fig. 6 Compaction curve for various compaction energy (Standard Proctor = 100%)

おける締固めエネルギーとの対比はできないが、大まかには現場において密度を測定しつつ対応できるはずである。

礫混合土の透水試験の結果は、締固め密度の場合と同様に、透水係数を礫の種類毎に礫率に対して Fig. 7 に表示している。透水係数は全体として礫率の増加と共に大きくなる傾向にあり、混合に使用した礫径の小さいものほど透水係数は大きくなることを示している。これは混合した礫径が小さいほど礫以外の部分の乾燥密度が小さくなり、水を透し易くなることと一致する。また国頭マージを遮水材料として使用する場合の礫率と締固め土の透水係数の関係⁶⁾では、適当な礫率はほぼ30%程度以下であろうとしている。

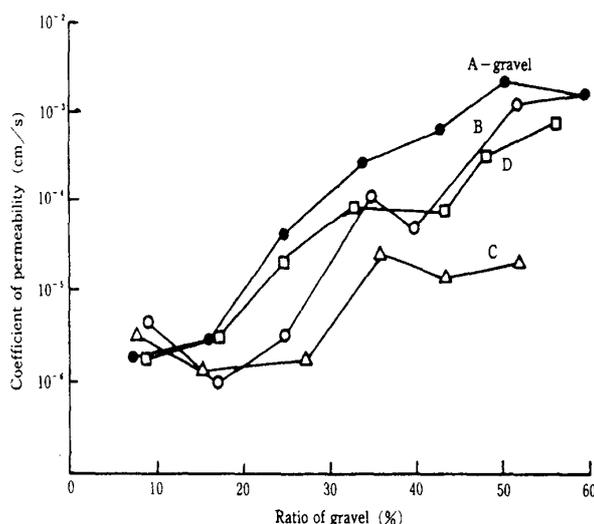


Fig. 7 Relation between coefficient of permeability and ratio of gravel

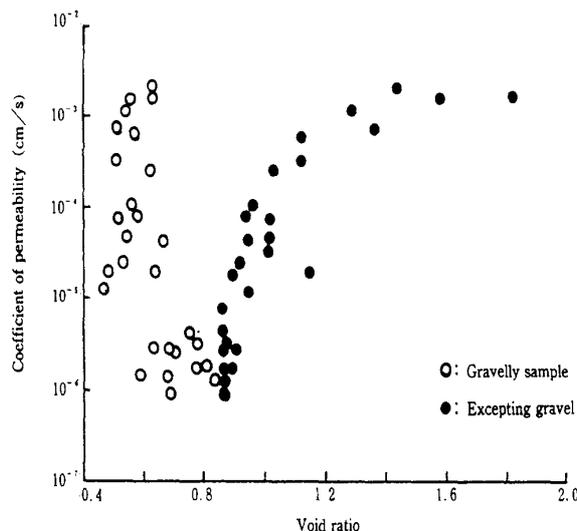


Fig. 8 Relation between coefficient of permeability and void ratio

Fig. 8 は間隙比に対する透水係数を、試料全体と礫以外の部分について表している。混合土の間隙比が小さくなると、すなわち礫率が増加して密度が大きくなると、透水係数は大きくなる。これを土部分だけについて表すと逆の傾向になり、間隙比の増加と共に透水係数は大きくなる。ただし、一般に粘性土における透水係数と間隙比の関係は直線関係にあるといわれているが、ここでは直線関係にならず、空隙径の分布の乱れが生ずることがうかがえる。また、国頭マージのよく締まった状態は、間隙比に置き換えて0.7程度であり、これより間隙比が小さい、すなわち大きい密度の状態は礫混ざりの土で起こり得ることになる。このことは築堤材料としての多くの国頭マージの結果でも示されている⁷⁾。

結 論

国頭マージの中で一般的である千枚岩風化土について、礫を混合した場合の混合土の密度、礫以外の部分の密度の変化および礫の粒径を変えた場合の土の密度の変化などについて実験をしながら、同時に透水係数の礫率による変化を調べた。礫混合の場合、礫率が増すと土全体の密度は高まり、締固めた土の強度が増すことは一般的に判断される。しかしこの土を遮水材料として使用する場合は、礫を混合する時の透水係数の増大が問題になる。

この実験の結果から、礫率が増加するにつれて礫以外の部分の密度は低下し、透水係数も大きくなることを示した。また礫率が同じであれば、混合に使用する礫の粒径が大きいものほど混合土の密度は大きくなることが分かった。また透水の難易を支配する礫以外の部分も、礫の粒径が大きいものほど大きい密度を示すことが分かった。このことは、礫混合土における透水係数の増大は、単に礫同士の噛み合いによるだけではなく、礫の表面積の大きさ、いかえれば礫が押し込まれるときの全体としての表面

積が小さいものほど、礫以外の部分の密度が低下しないことになる。また、室内試験における締固めエネルギーの大きさの、現場に於ける対応については、前述のように支配要素は多すぎるが、いくつかの条件を固定すればある程度の用途は立つものと考えられる。

引用文献

- 1) 土質工学会編 1987 土質試験法 土質工学会
- 2) 古川恭博 1981 九州・沖縄の地下水九州大学出版会
- 3) 宮城調勝・近藤 武 1990 国頭マージの物理的性質について 国頭マージの理工学的性質に関する研究 (I) 農土論集 149 39~44
- 4) 宮城調勝・近藤 武 1991 沖縄地方の残積土の締固め特性と盛土材料への適用性について 国頭マージの理工学的性質に関する研究 (II) 農土論集 155 11~17
- 5) 宮城調勝・新城俊也・小宮康明 1992 締固めた礫混合土の密度変化について 農業土木学会九州支部講演集 187~188
- 6) 宮城調勝 1988 国頭マージの締固め特性と土質改良 九州・沖縄のローカルソイルの特性と土質改良 科学研究費 (総合研究 A) 研究成果報告書
- 7) 宮城調勝・親泊安次 1991 国頭マージ土の圧縮特性について 琉大農報 38 183~194
- 8) 谷本善男・宮城調勝 1994 礫混合土の締固め特性について 卒業論文
- 9) Walker, F.C. and Holts, W.G. 1951 Control of embankment material by laboratory testing, Proc. ASCE, No.180