

回転式破碎混合工法による低品質な建設発生土の改良手法の検討

－ 解砕粒径が強度に及ぼす影響について －

福岡大学大学院

学生会員 近松 周平

日本国土開発株式会社

正会員 中島 典昭

福岡大学工学部

正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

1. はじめに 著者らは、これまで低品質な建設発生土の改良を目的に、従来は改良が困難な建設発生土も処理を可能とする回転式破碎混合工法¹⁾に着目し、**図-1**に示す改良手法を施工に適用した場合を想定して、室内で基礎的な検討を行ってきた²⁾。本報告では、既往の結果²⁾から解砕粒径によって強度が異なる傾向を示すことに着目し、解きほぐし土の粒度を変化させた時の解きほぐし締固め土の強度・変形特性について検討を行った結果について報告する。

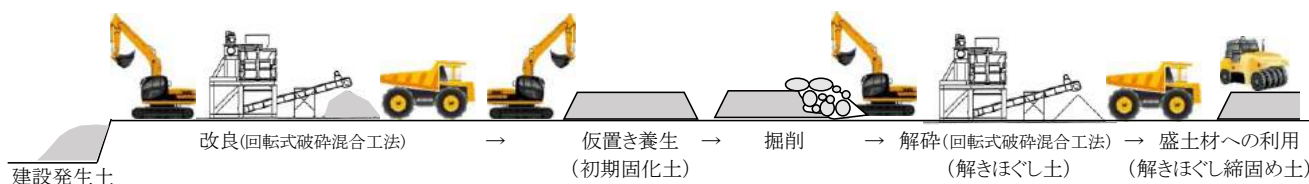


図-1 改良手法の概要

2. 実験概要

2-1 初期固化土の配合 初期固化土は既往の試験²⁾と同様に木節粘土の含水比を $w=66\%$ に調整した低品質模擬発生土に、高炉セメント B 種を模擬発生土の乾燥土砂重量に対して 20% 添加し、配合を行った。

2-2 粒度の異なる解きほぐし締固め土の作製 初期固化土は、前節の配合に従い各材料を計量した後、ホバートミキサーで 3 分間攪拌混合し、直径 $\phi 100\text{mm}$ × 高さ $H200\text{mm}$ のモールドに 1 層あたり 25 回の 5 層に分けてタッピングにより気泡を抜きながら充填した。その後、上端面をラップ等で密閉して温度 20°C の恒温室内にて 7 日間初期養生を行った。初期養生後、初期固化土の一軸圧縮強さを測定したのち、ストレートエッジを用いて一軸圧縮試験後の初期固化土を中礫(9.5mm~4.75mm)、細礫(4.75mm~2mm)、2mm 以下の 3 種類の粒径に解砕した。この 3 種類の粒径に解砕した解きほぐし土の様子を**写真-1**に示す。これらの試料を**表-1**に示す A~F の 6 パターンの粒度に質量比で調整し、直径 $\phi 50\text{mm}$ × 高さ $H100\text{mm}$ のモールドを用いて、締固めエネルギー $E_c \approx 550\text{kJ/m}^3$ となるように質量 1.5kg、落下高さ 20cm のランマーで 1 層あたり 12 回の 3 層突固めて解きほぐし締固め土を作成した。また、本検討における実験手順の概要図を**図-2**に示す。

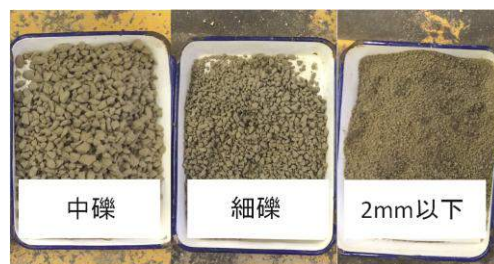


写真-1 解砕後の試料様子

表-1 粒度パターン

	中礫 : 細礫 : 2mm以下
A	1 : 0 : 0
B	0 : 1 : 0
C	0 : 0 : 1
D	1 : 0 : 1
E	0 : 1 : 1
F	1 : 1 : 1

2-3 解きほぐし締固め土の強度・変形特性 強度・変形特性は、解きほぐし締固め土を作成した直後に JIS A 1216 土の一軸圧縮試験に準拠し強度・変形特性を確認した。

3. 実験結果及び考察 **写真-2**にパターン A~F の粒度構成で作成した解きほぐし締固め土の供試体の締固め状況を示す。**写真-2**から、単一粒径で構成されたパターン A、B、C において、パターン A、B では供試体側面に空隙が認められるが、パターン C は大きな空隙はなく密実な状態であることが分かる。また、複数の粒径で構成されたパターン D、E、F は、いずれも供試体側面の空隙は認められず、パターン C と同様に密実な状態であることが確認出来る。ここで、パターン A、B、C の一軸圧縮試験結果を**図-3**に示し、パ

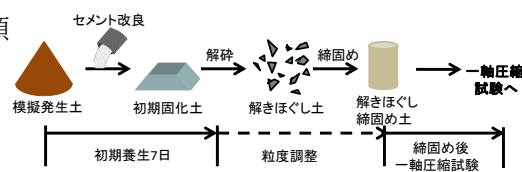


図-2 実験手順の概要図

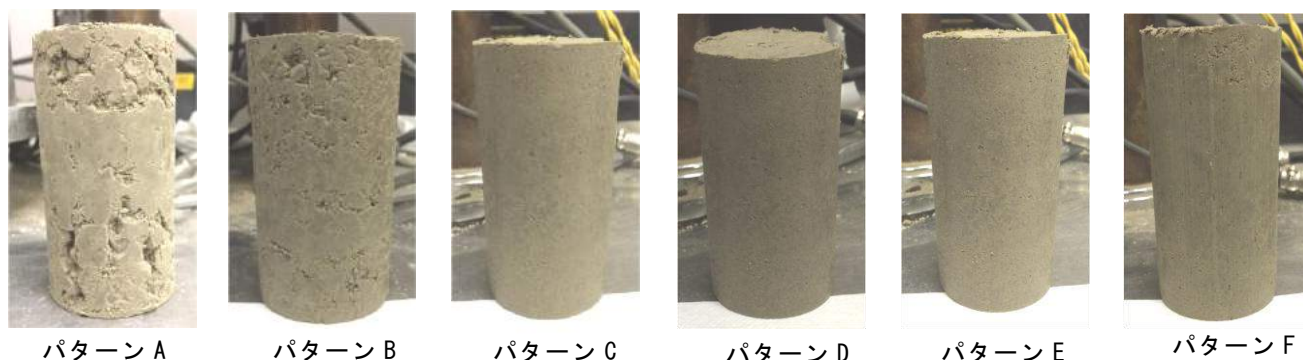


写真-2 解きほぐし締固め土作製直後の様子

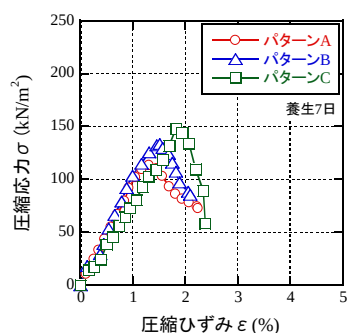
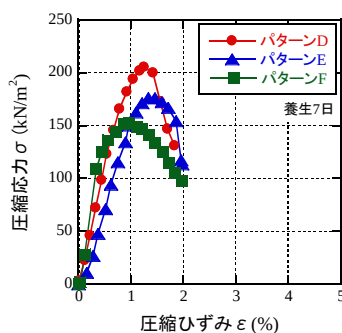
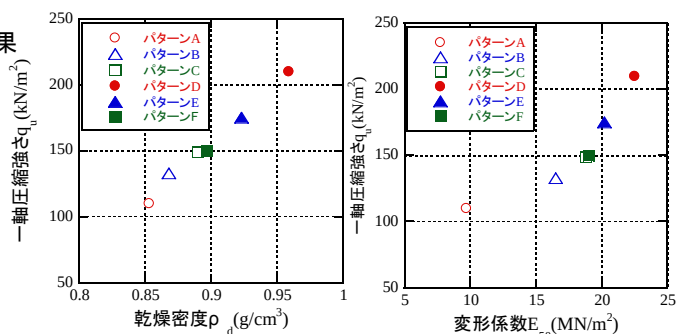
図-3 一軸圧縮試験結果
(パターンA～C)図-4 一軸圧縮試験結果
(パターンD～F)

表-2 試験結果一覧表

No.	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	一軸圧縮強さ $q_u(\text{kN/m}^2)$	変形係数 $E_{50}(\text{MN/m}^2)$
パターンA	0.853	110	9.7
パターンB	0.868	133	16.5
パターンC	0.890	149	18.8
パターンD	0.959	210	22.5
パターンE	0.923	175	20.2
パターンF	0.897	150	19.0

図-5 一軸圧縮強さと
乾燥密度の関係図-6 一軸圧縮強さと
変形係数の関係

パターン D、E、F の一軸圧縮試験結果を図-4 に示す。また、表-2 に試験結果一覧表を示す。図-3 に示す単一粒径の解きほぐし締固め土の一軸圧縮強さに着目してみると、粒径が小さいほど、強度は大きくなっている。ここに、土塊径が強度に及ぼす影響について調査した中島ら¹⁾の研究によれば土塊径が小さいほど強度は増加すると報告されており、本検討においても同様な結果になったと考えられる。一方、図-4 に示す複数の粒径で構成される解きほぐし締固め土のうち、2mm 以下の含有量が同一で、且つ、最大粒径のみの変化を持たせているパターン D、E に着目してみると、細礫より大きい中礫を用いて作製したパターン D の方が強度は大きくなっている。これは、図-5 に示す一軸圧縮強さと乾燥密度の関係から、パターン D と E の乾燥密度を比較するとパターン D の方が乾燥密度は高いことが分かる。このことから、2mm 以下の含有量が同一で、且つ、最大粒径のみを変化させた複数の粒径で構成される解きほぐし締固め土の場合、骨格となる粒径が大きいほど密度が増加して、強度は大きくなると考えられる。一方、単一粒径のパターン A、B、C の乾燥密度に着目してみると、粒径が大きいほど乾燥密度は低く強度も小さいことがわかる。これら、単一粒径や複数の粒径で構成される解きほぐし締固め土の傾向は、図-6 に示す一軸圧縮強さと変形係数の関係においても同様な結果を示しており、密度の増加と共に剛性が増すことがわかる。これらの結果から、同一締固めエネルギーで締固めた解きほぐし締固め土においては、空隙を埋める粒子が混在する場合、骨格となる粒子が大きいほど密度が増加し、強度が大きくなることがわかった。一方、空隙を埋める粒子が混在しない場合には、粒径が大きいほど空隙が大きくなり密度、強度は低下傾向を示すことが明らかとなった。

ター D、E、F の一軸圧縮試験結果を図-4 に示す。また、表-2 に試験結果一覧表を示す。図-3 に示す単一粒径の解きほぐし締固め土の一軸圧縮強さに着目してみると、粒径が小さいほど、強度は大きくなっている。ここに、土塊径が強度に及ぼす影響について調査した中島ら¹⁾の研究によれば土塊径が小さいほど強度は増加すると報告されており、本検討においても同様な結果になったと考えられる。一方、図-4 に示す複数の粒径で構成される解きほぐし締固め土のうち、2mm 以下の含有量が同一で、且つ、最大粒径のみの変化を持たせているパターン D、E に着目してみると、細礫より大きい中礫を用いて作製したパターン D の方が強度は大きくなっている。これは、図-5 に示す一軸圧縮強さと乾燥密度の関係から、パターン D と E の乾燥密度を比較するとパターン D の方が乾燥密度は高いことが分かる。このことから、2mm 以下の含有量が同一で、且つ、最大粒径のみを変化させた複数の粒径で構成される解きほぐし締固め土の場合、骨格となる粒径が大きいほど密度が増加して、強度は大きくなると考えられる。一方、単一粒径のパターン A、B、C の乾燥密度に着目してみると、粒径が大きいほど乾燥密度は低く強度も小さいことがわかる。これら、単一粒径や複数の粒径で構成される解きほぐし締固め土の傾向は、図-6 に示す一軸圧縮強さと変形係数の関係においても同様な結果を示しており、密度の増加と共に剛性が増すことがわかる。これらの結果から、同一締固めエネルギーで締固めた解きほぐし締固め土においては、空隙を埋める粒子が混在する場合、骨格となる粒子が大きいほど密度が増加し、強度が大きくなることがわかった。一方、空隙を埋める粒子が混在しない場合には、粒径が大きいほど空隙が大きくなり密度、強度は低下傾向を示すことが明らかとなった。

4. まとめ 単一粒径と複数の粒径を含む解きほぐし締固め土の強度・変形特性においては、中礫の含有量が多く、且つ、中礫の間隙を充填する細粒土を含む粒度が最も密度と強度を増加させる構成であることが明らかとなった。また、単一粒径と複数の粒径では複数の粒径の方が強度増加することが明らかとなった。

【参考文献】1) 中島ら:土塊径がセメント安定処理土の強度に及ぼす影響, 土木学会第61回年次学術講演会, III-152, pp299-300, 2006.2)近松ら:回転式破砕混合工法を用いた低品質な建設発生土の改良効果に関する基礎的研究, 第12回地盤改良シンポジウム, No9-5, pp413-416, 2016.