津波堆積物を用いた放射能汚染土覆土材の強度特性と透水性との関係

東北大学大学院　正会員　○里見　知昭
東北大学大学院　非会員　栗原　弘樹
東北大学大学院　正会員　高橋　弘

１．はじめに

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震によって発生した津波堆積物(土砂，ヘドロ)は約 2,500 万トンになると言われている．さらに，原子力発電所事故に伴う放射性物質の汚染も問題となっており，放射性物質によって汚染された廃棄物や土壌の除染が急務となっている．環境省はその処理対策として，まず除染で大量に発生した汚染土を 3 年程度仮置き場で保管し，その後中間貯蔵施設で 30 年程度保管して最終処分するという方針を示している．仮置き場の安全保管の方法として，汚染土の飛散や流出を防ぐための覆土や雨水などの流入を防ぐためのシートの使用が挙げられている．しかし，通常土による覆土やシートでは風雨や日光によって劣化するおそれがあることから，これまで以上の二重三重の対策が必要になると考えられる．

ところで，建設汚泥やヘドロなどの高含水比泥土のリサイクル率向上を目指し，泥土に古紙破砕物とセメント系固化材を混合して良質な土砂を生成する「繊維質固化処理土工法」が開発されている [1)]．本工法により生成される改良土は，破壊強度および破壊ひずみが大きく，乾湿繰返しに対する耐久性が高いなど優れた強度特性を持つ．

そこで，津波堆積物を繊維質固化処理土工法で再資源化して，放射能汚染土の覆土材に活用できれば，津波堆積物を有効活用し，かつ汚染土の安全保管ができるなど震災の復旧・復興に対して貢献できると期待される．覆土材に求められる性能には，優れた強度特性，高い耐久性，降雨に対する高い耐侵食性，雨水を地下に浸透させない難透水性などが考えられる．本報告では津波堆積物を用いて作製した繊維質固化処理土の強度特性と透水性との関係について，一軸圧縮試験と変水位透水試験の結果を用いて考察する．

２．供試体の作製および試験条件

本試験では宮城県仙台市と気仙沼市で採取した砂質土と粘性土が混合した津波堆積物を用いた．図-1 に粒径加積曲線を示す．土粒子密度は 2.67 g/cm^3，塩分濃度は 0%，強熱原料は 7.2%であった．なお，採取土には多くのがれきが混入していたため，炉乾燥で乾燥させた津波堆積物を 2 mm のふるいを使ってがれきを取り除き，ふるいを通過した土で供試体を作製した．供試体の作製手順は次のとおりである．

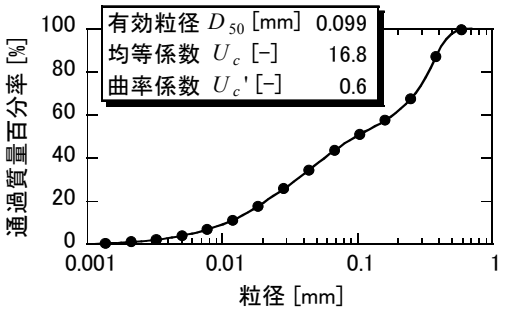


図-1　粒径加積曲線

① 津波堆積物に古紙破砕物を混合しやすくするため，含水比が 100%となるように加水調整する．
② 加水調整した試料に古紙破砕物とセメント系固化材を加え混合する．今回は古紙破砕物の添加量を 0, 10, 30, 50 kg/m^3，セメント系固化材の添加量を 60, 80, 100 kg/m^3 と種々変えて改良土を作製した．
③ 初期養生として，上述の改良土を容器に入れて密封し，20±3℃で 3 日間静置する．
④ 突固めによって供試体を作製する．具体的には 1.5 kg のランマーを高さ 20 cm から落下させ，突固めの層数は 4 層とし，突固め回数は 1 層目を 5 回，2 層目と 3 層目を 10 回，4 層目を 20 回とした．
⑤ その後，供試体から水分が蒸発しないように密封材で被覆し，20±3 ℃で 7 日間養生する．

以上の手順のあと，一軸圧縮試験と変水位透水試験を行った．供試体は各条件に対して 3 個作製した．透水試験用の供試体は 7 日間養生後に水浸と真空ポンプで供試体の飽和度を高めた．

３．試験結果と考察

一軸圧縮試験器は丸東製作所製の S56A 型を使用し，破壊強度と破壊ひずみを求めた．一方，透水試験器は大起

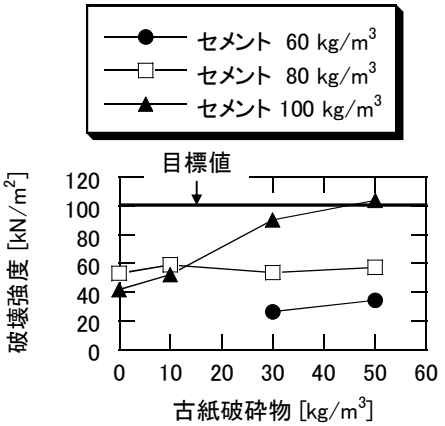
キーワード　津波堆積物，繊維質固化処理土工法，放射能汚染土覆土材，強度特性，透水性
連絡先　〒980-8579　仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-20　東北大学大学院環境科学研究科　TEL022-795-7396

理化工業株式会社製の DIK-4012 で変水位透水試験を行い，透水係数を測定した. 破壊強度の目標値は津波堆積物再資源化の現場試験施工 [2]を参考に 100 kN/m^2 以上と設定し，破壊ひずみはこれまでの研究成果 [3]に基づいて 5%以上と設定した．改良土の難透水性は環境省が示した方針 [4]を参考に透水係数 1×10^{-6} cm/sec 以下を目標とした.

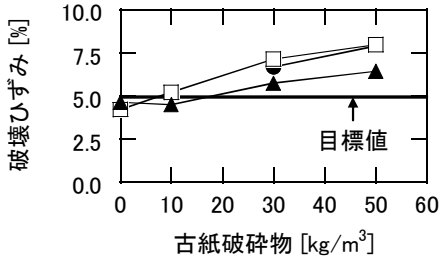
古紙破砕物の添加量の違いに伴う一軸圧縮試験の結果(破壊強度，破壊ひずみ)，透水試験の結果(透水係数)を図-2 に示す．なお，セメント系固化材の添加量が 60 kg/m^3 で，古紙破砕物の添加量が 0, 10 kg/m^3 の一軸圧縮試験用の供試体は軟弱で自立しなかったため，透水試験のみ行った．図-2(a), (b)より，セメント系固化材の添加量が増えると破壊強度は増加し，古紙破砕物の添加量が増えると破壊ひずみは増加することが確認できる．図-2(c)より，セメント系固化材の添加量が増えると透水係数は低くなった．ただし，今回は覆土材の目標性能を満たすことができなかった.

ところで，土の締固め特性は土の含水比の影響を受ける．そこで，改良土を作るときの含水比を適切に調整することで，土の締固め特性は良くなる可能性があると考えた．具体的には津波堆積物の初期含水比を 100%から 50%に減らし，セメント系固化材の添加量を 100 kg/m^3，古紙破砕物の添加量を 0, 10, 30, 50 kg/m^3 に設定して供試体を作製した.

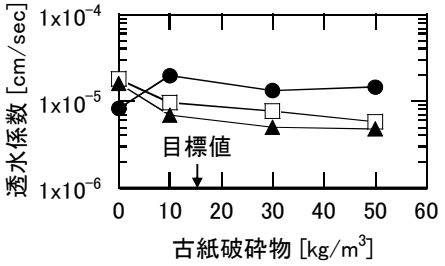
強度特性と透水係数との関係を図-3 に示す．含水比 w の違いによる結果を比べるため，含水比 100%の結果も再掲している．図-3(a)より，含水比が減ると破壊強度は約 2 倍向上し，図-3(b)に示すように透水係数は約 1/10 低くなった. つまり, 適切な加水によって改良土を作製することで，改良土の諸特性を改善できることが分かった．さらに古紙破砕物を 30 kg/m^3 以上添加することで，覆土材の目標性能を満たすことが確認できた.



(a) 古紙破砕物～破壊強度

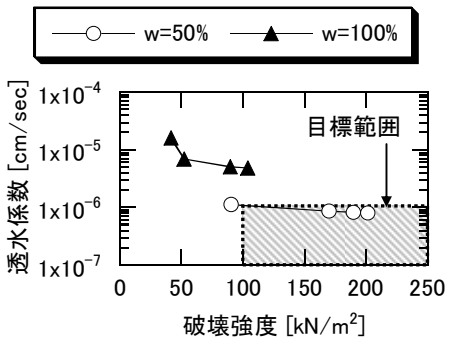


(b) 古紙破砕物～破壊ひずみ

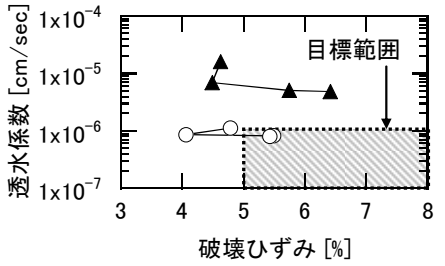


(c) 古紙破砕物～透水係数

図-2 試験結果



(a) 破壊強度～透水係数



(b) 破壊ひずみ～透水係数

図-3 強度特性と透水係数との関係

4．おわりに

本報告では津波堆積物を用いた繊維質固化処理土の強度特性と透水性について考察した．その結果，津波堆積物に適切な水を加えて改良土を作ることで目標性能を満たす覆土材を生成できることが分かった.

謝辞 本研究は環境省「平成 24 年度環境研究総合推進費補助金」(K122104)を受けて実施しました．記して謝意を表します.

参考文献

1) 森雅人，高橋弘ら：故紙破砕物と高分子系改良剤を用いた新しい高含水比泥土リサイクル工法の提案と繊維質固化処理土の強度特性，J. of MMIJ，Vol.119，No.4-5，pp.15-20，2003.
2) 高橋弘，里見知昭，森雅人：津波堆積物の再資源化による人工地盤造成，第 6 回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp.7-12, 2012.
3) 森雅人，高橋弘，熊倉宏治：ペーパースラッジを用いた繊維質固化処理土の強度特性および乾湿繰り返し試験における耐久性に関する実験的研究，J. of MMIJ，Vol.122，No.6-7，pp.353-361，2006.
4) 環境省：東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質による環境汚染の対処において必要な中間貯蔵施設等の基本的考え方について，http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/roadmap111029_a-0.pdf（2013.03.21 現在）