

7. 津波堆積物と廃木材チップを用いた機能性地盤材料の開発

東北大学大学院環境科学研究科

○栗原弘樹, 里見知昭, 高橋弘

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の影響により、場所によっては波高10m以上の津波が発生し、沿岸部に大きな被害をもたらした。この地震と津波被害により発生しがれきの量は、宮城県、岩手県、福島県の3県合計で約2500万トンと推定され、これと同程度の津波堆積物が生じているといわれている。現在、がれきに関しては、可燃物は焼却処分し、金属類は分別してリサイクルするなどの処理が進んでいるが、津波堆積物に関しては処理がほとんど行われていない。また、約2500万トンと推定される津波堆積物をすべて埋立処分することは不可能であり、津波堆積物の積極的な再利用が期待される。一方、震災で発生した廃木材は終末処分場でチップ化され、再資源化するために製紙工場に搬送されている。そこでふり分けを行い、規定値より細くなったチップに関しては、用途がないため再び終末処分場に戻されているのが現状である。津波堆積物を基礎とし、さらに多少でも廃木材チップを混合して地盤材料として再資源化できれば、被災地の復旧・復興に大いに貢献できると考えられる。

ところで、高含水比泥土の再資源化に対して既に多くの実績を挙げている工法に繊維質固化処理土工法がある。本工法は高含水比泥土に古紙破砕物およびセメント系固化材を混合することにより、破壊強度および破壊ひずみが大きく、乾湿繰り返し・凍結融解に対して高い耐久性を有し、動的強度の高い改良土を生成する工法である。本工法により高含水比泥土の早期再資源化が可能となり、循環型社会の構築の一役を担っている。そこで、本研究では津波堆積物と廃木材チップを使用した繊維質固化処理土を作製し、地盤材料としての利用可能性を実験的に検討することとした。

2. 津波堆積物を用いた廃木材チップ入り繊維質固化処理土の強度特性に関する実験的検討

津波堆積物と廃木材チップを使用してチップ入り繊維質固化処理土を作製し、一軸圧縮試験により強度特性に関して検討を行った。津波堆積物は仙台市若林区藤塚で採取した砂質系の堆積物と粘土系の堆積物の2種類を使用し、廃木材チップは気仙沼市の終末処分場より頂いたものを使用した。結果を図-1 および図-2

に示す。砂質系の津波堆積物はチップの添加量を増やすと破壊ひずみは増加するが破壊強度は減少する傾向を示した。一方、粘土系の津波堆積物はチップの添加量を増やすと破壊強度および破壊ひずみともに増加する傾向を示した。2種類の津波堆積物が異なる強度特性を示すのは、粒度分布の違いにより、土粒子とチップや古紙などの繊維質物質とのなじみ具合に差があるためであると推察される。

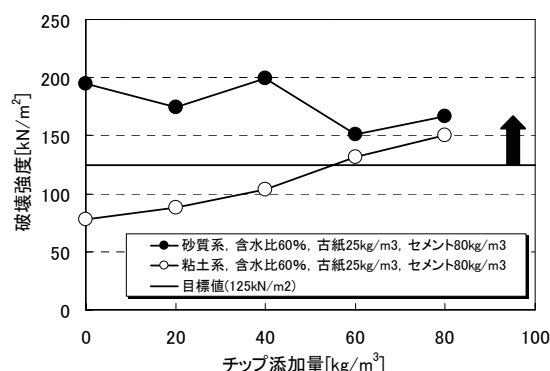


図-1 チップ添加量と破壊強度の関係

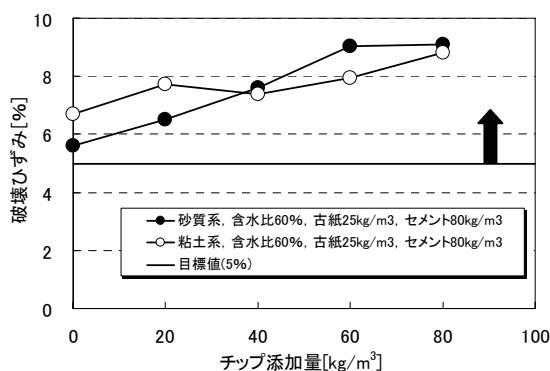


図-2 チップ添加量と破壊ひずみの関係

3. 津波堆積物を用いた繊維質固化処理土の乾湿繰り返し試験による耐久性に関する実験的検討

試験方法を表-1に示す。40℃炉乾燥2日、20℃水浸1日の合計3日間を1サイクルとし、各サイクルの乾燥後と水浸後に供試体の状況観察・写真撮影を行うとともに、所定サイクル終了後に一軸圧縮試験を行い、サイクル数の増加に伴う一軸圧縮強度の変化を調べた。状況観察としては供試体の健全度をA～Hのランクで

評価した。試料は砂質系の津波堆積物、粘土系の津波堆積物、砂質系と粘土系の堆積物を 1:1 で混合した Mix の 3 種類を使用した。それぞれセメントのみの固化処理土、それに古紙を加えた繊維質固化処理土、それにチップを加えたチップ入り繊維質固化処理土を作製し、計 9 条件で試験を行った。その結果を図-3 に示す。すべての条件でサイクル数の増加に伴う破壊強度の増加がみられた。これは試験中にセメントの水和反応が進んだためであると考えられる。固化処理土(粘土系)はサイクル数に伴う供試体の劣化がみられたが、固化処理土(砂質系)は劣化がみられなかった。繊維質固化処理土およびチップ入り繊維質固化処理土はサイクル数が増加しても劣化せず、乾湿繰り返しに対して高い耐久性を示すことが分かった。

表-1 乾湿繰り返し試験方法

供試体	乾湿1サイクル	確認項目
Φ5×10 [cm]	40[°C]炉乾燥2日 20[°C]水浸1日 の合計3日	・所定サイクル終了後、一軸圧縮試験 ・各サイクルの乾燥後、水浸後に供試体の状況観察、写真撮影

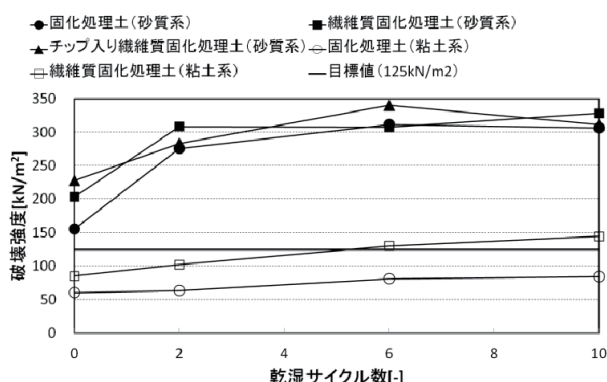


図-3 乾湿サイクル数と破壊強度の関係

4. 繊維質固化処理土の覆土材としての利用

福島県では除染作業の 1 つとして放射性物質が降り積もった土壌の地表面を剥ぎ取る掘削作業が行われているが、掘削土壌の処分先は未だ決まっておらず、しばらくの間、仮置きせざるを得ない状況にある。覆土は空間線量を下げる効果的な方法であるが、単に汚染土壌を通常土で覆うだけでは耐久性の観点から不十分である。津波堆積物を用いて高機能性(高耐久性、高耐侵食性、難透水性、高耐震性)を有する地盤材料を生成することができれば、津波堆積物の再資源化が進むとともに汚染掘削土壌の安心・安全保管が可能となる。そこで、津波堆積物を用いて高機能性地盤材料を生成し、これを覆土材として用いるための研究を実施している。ここでは、粘土系津波堆積物を使った場合の改良土に対する透水性の試験結果の一部を報告する。な

お、津波堆積物を用いた改良土の難透水性の評価は、環境省が示した「8,000 Bq/kg を超え 100,000 Bq/kg 以下の焼却灰等の処分方法に関する方針」を参考にした。具体的には、雨水浸入を防止するための隔離層として、厚さ 30 cm 程度以上の土壌の層で、透水係数の低いベントナイト等の土壌（透水係数 1.0×10^{-6} cm/s 以下）を目指した。

ところで、一般に土の締固め特性は土の含水状態の影響を受ける。そこで、改良土の作製時における加水条件を変えた場合の透水性について検討することも重要であると考え、含水比を 40 %、60 %となるように加水調整した粘土系津波堆積物で改良土を作製した。古紙破碎物の添加量は 20 kg/m^3 と一定とし、セメント系固化材の添加量の違いについて検討した。

図-4 に透水試験結果(透水係数 k_{15} (水温 15 °C に補正)、間隙率 n) を示す。図-4 より、含水比が 60 % から 40 % に減ると締固め特性は改善するために間隙率は小さくなり、透水係数も小さくなっている。また、含水比 60 % ではセメントを添加するほどセメントの水和反応が進んで透水係数は低下しているが、含水比 40 % ではセメントの水和反応の限界が影響して透水係数の変化は小さくなっている。図-4 から分かるように、含水比 40 % でセメント系固化材の添加量が 100 kg/m^3 の場合では目標値以下であった。つまり、粘土系津波堆積物に適切な水を加えて改良土を作製すれば、目標透水係数に対応した覆土材を作ることができることを確認できた。

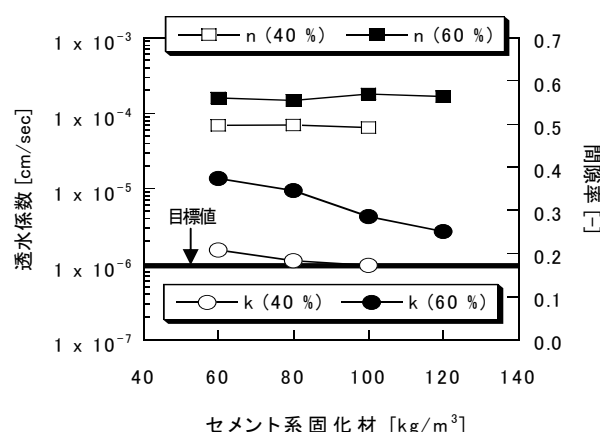


図-4 透水試験結果

謝辞

強度試験は三井物産環境基金「東日本大震災復興活動助成」を受けて実施したこと、また透水性試験は環境省「平成 24 年度環境研究総合推進費補助金」により実施したことを付記し、謝意を表する。