

# 災害で発生する津波堆積物を想定した砂・粘土混合土砂の物性把握

災害廃棄物 締固め コーン試験

名古屋大学 学生会員 ○池上 浩樹 神野 琢真  
名古屋大学 国際会員 中野 正樹 酒井 崇之

## 1. はじめに

内閣府<sup>1)</sup>は、今後起こる可能性が高いと言われている南海トラフ巨大地震において、約3億1000万トンもの災害廃棄物等が発生すると推定しており、この数値は東日本大震災の約10倍にもなる。東日本大震災において災害廃棄物等は被災地復興の妨げとなったことから、災害廃棄物等、特に発生する土砂の有効利活用は喫緊の課題である。

そこで、本報では南海トラフ巨大地震の対象地域より採取した浚渫土砂に対し、5種類の粒度に調整して作製した混合土砂を津波堆積物と仮定し、その物理・力学特性を把握した。また、東日本大震災の分別土（可燃・不燃混合物を高度選別処理した土）において不明であった木片混じり土の長期力学特性について、尿素肥料を用いて木片の腐朽過程を再現し、その力学特性の把握に努めた。

## 2. 試験に用いる試料と調整方法

本研究では対象地域の四日市港内にて採取された河口堆積物2種類を試料として用いている。後述するように堆積物2種類とは、粗粒分が卓越した粒度と細粒分が卓越した粒度を持つ試料で、前者を砂、後者を粘土と呼ぶ。砂は4.75mmふるいで粒度を調整し、一方、粘土は水と攪拌機を用いて混合し、異物を取り除くため425 $\mu$ mふるいを通して、自然含水比まで乾燥させたあと、4.75mmふるいで粒度を調整した。

津波堆積物は砂と粘土が混合していることが想定されるため、想定範囲を網羅できるように5種類の混合率で調整した。混合率は乾燥重量比で砂100%、砂75%と粘土25%、砂50%と粘土50%、砂25%と粘土75%、粘土100%とし、それぞれの混合土砂を順にS100C0、S75C25、S50C50、S25C75、S0C100と呼ぶ。

## 3. 5種類の混合土砂の物理特性

物理特性の把握のために5種類の混合土砂に対して、土粒子密度試験、土の粒度試験および土の液性限界・塑性限界試験を実施した。表1に土粒子密度および工学的分類を、図1に粒径加積曲線と高井ら<sup>2)</sup>がまとめた東日本大震災における津波堆積物の粒径加積曲線を示す。図1は、5種類の混合土砂が東日本大震災における津波堆積物の粒径の範囲を内包していることを示しており、南海トラフ巨大地震における津波堆積物の主体となる土砂としてみなすことができる。別途、岩手県の7地区の破砕・選別処理で得られた分別土の粒度<sup>3)</sup>とも比較しており、本試料は、地区に応じた粒度も対応していることを確認している。

## 4. 5種類の混合土砂の力学特性

力学特性把握のために5種類の混合土砂に対して、突き固めによる締固め試験および、コーン貫入試験を実施した。締固め法はA法、試料の準備方法は砂の破砕性を考慮してb法を採用した。力学試験としてコーン貫入試験を行った理由は、岩手県復興資材活用マニュアル改訂版<sup>4)</sup>では復興資材の品質評価フローの中に発生土利用基準<sup>5)</sup>が採用されており、強度の評価基準がコーン指数であるからである。

図2に締固め試験結果（最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ ~最適含水比 $w_{opt}$ 関係）を示し、表2にコーン試験結果を示す。図2に示すように、砂の混合率が多くなるほど締固め曲線はシャープに、最大乾燥密度は大きく、最適含水比は小さくなる。また、表2のようにすべての混合土砂は最適含水比において第2種建設発生土基準である $q_c=800$ kPaを上回る強度を有している。なお、発生土利用基準では土質材料の工学的分類も勘案する必要があり、表1に示した工学的分類よりS100C0、S75C25、S50C50は第2種建設発生土以上、S25C75、S0C100は第3種建設発生土に分類される。

表1 土粒子密度と工学的分類

項目	S100C0	S75C25	S50C50	S25C75	S0C100
土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.627	2.637	2.650	2.664	2.681
地盤材料の分類名 分類記号名	細粒分 礫まじり砂 S-FG	礫まじり 細粒分質砂 SF-G	礫まじり 細粒分質砂 SF-G	砂質 細粒土 FS	砂混じり 粘土 CH-S

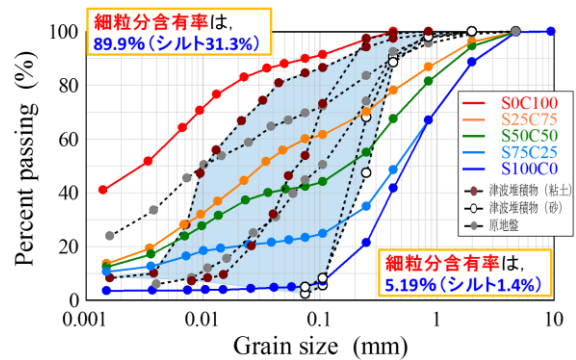


図1 粒径加積曲線

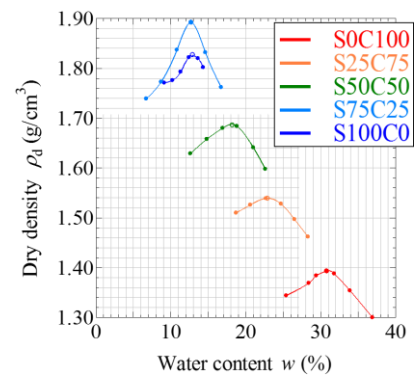


図2 締固め曲線

表2 コーン試験結果

試料名	S100C0	S75C25	S50C50	S25C75	S0C100
コーン指数 $q_c$ (kPa)	8947.2	3402.5	1675.6	2037.0	3102.2

## 5. コーン指数の変化とセメントの改良効果の確認

4章より、5種類の混合土砂は最適含水比において $q_c=800\text{kPa}$ を上回ることを確認したが、津波堆積物は初期含水比が最適含水比よりも高い状態にあることが想定される。そこで含水比の違いが及ぼすコーン指数の影響を調べた。

図3に試験結果（コーン指数 $q_c$ ～含水比 $w$ 関係）を、表3に各基準を満たさなくなる含水比を示す。図3より含水比が高くなるほどコーン指数が低下し、津波堆積物の初期含水比が表3に示している含水比以上である場合、復興資材として活用できない可能性がある。逆説的にいうと、最適含水比では十分な強度を有していることから、含水比を下げることで、つまり乾燥も有効な改良工法の一つといえる。さらに図3から粒度調整も改良工法の一つに挙げられる。

また、 $w=40\%$ で泥土に分類されるSOC100に対して粉末状のセメント添加による改良効果を調べた。乾燥重量比で3.0%、5.0%のセメントを添加した後、1層25回で突き固めて作製した供試体を7日間恒温室内で空気養生し、コーン貫入試験を行った結果も図3に示す。図3よりセメントを添加するだけでも含水比は低下し、強度については5%程度乾燥側のものと同程度を示し、セメントによる強度の改良効果を確認することができた。

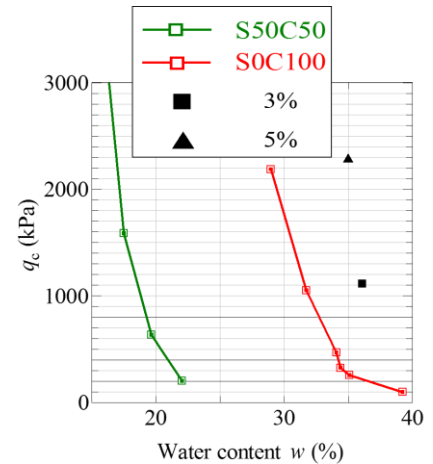


図3 コーン指数の変化

表3 各基準を満たさなくなる含水比

試料名	第2種の基準	第3種の基準	第4種の基準
S50C50	19.3	21.0	22.1
SOC100	32.7	34.2	37.0

## 6. 木片腐朽過程を再現した力学試験

1章で述べたように木片が混入した土砂に対する確かな研究成果は得られていない<sup>9)</sup>。そこで本報では、土砂内の木片が完全に腐朽し、空隙になると仮定し、水分により溶けて間隙をつくる尿素肥料（以下、肥料とする）を土砂に混入し、一軸圧縮試験を実施した。供試体の作製に際しては、木片と同体積の肥料に置き換え混合している。なお各重量は肥料体積を除いて締固め度が95%で一定となるようにしている。

図4に試験結果（一軸圧縮強度 $q_u$ ～木片混入率）を示す。どの母材に対しても肥料混入率が大きくなるほど一軸圧縮強度が低下しているのがわかる。一軸圧縮強度の基準を土砂と廃棄物泥土の境界である $q_u=50\text{kPa}$ とするとS75C25は0.5%、S50C50は1.5%、S25C75は3.5%、SOC100は4.0%程度まで木片の混入を許容することができる。

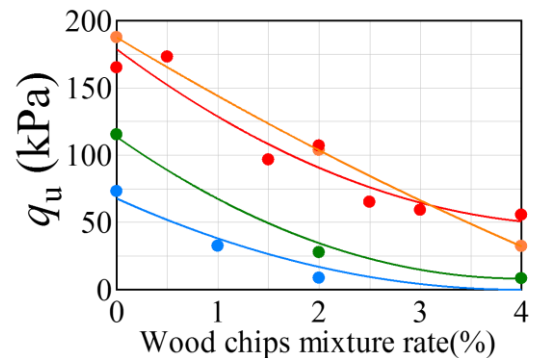


図4 肥料試験結果

## 7. おわりに

以下に、本報で得られた結果を示す。

- (1) 5種類の混合土砂は東日本大震災での津波堆積物の粒径範囲を内包し、コーン指数( $w_{opt}$ )は800kPa以上となった。
- (2) 含水比が高くなるとコーン指数は低下し、S50C50では22.1%、SOC100では37.0%以上で発生土基準を満たさなくなる。しかし言い換えると、乾燥、粒度調整は改良工法の一つとみなせる。
- (3) 初期含水比の高い土砂には粉末状のセメント添加が有力な改良工法となる。SOC100に対しては、含水比で約5%乾燥側のものと同程度のコーン指数を示した。
- (4) 肥料を用いた木片腐朽過程の再現実験より、一軸圧縮強度の基準を50kPaとすると、S75C25は0.5%、S50C50は1.5%、S25C75は3.5%、SOC100は4.0%程度まで木片の混入を許容することができる。

謝辞：本研究は、環境省の環境研究総合推進費(3K163011)により実施された。また、本報を作成するにあたり、国土交通省中部地方整備局四日市港湾事務所には多大なるご協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表す。

参考文献：1) 内閣府、南海トラフ巨大地震の被害想定（第二次報告）のポイント～施設等の被害及び経済的な被害～、[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku\\_wg/pdf/20130318\\_kisha.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130318_kisha.pdf), 2013. 2) 高井敦史他、東日本大震災における津波堆積物の分布特性と物理化学特性、地盤工学ジャーナル, vol.8, No.3, pp.391-402, 2013. 3) 高井敦史他、東日本大震災で発生した岩手県の災害廃棄物分別土砂の品質とその変化、土木学会論文集C(地圏工学), Vol.72, No.3, 252-264, 2016. 4) 岩手県、岩手県復興資材活用マニュアル(改訂版), [https://www.pref.iwate.jp/dbps\\_data/\\_material/\\_files/000/000/003/225/manual.pdf](https://www.pref.iwate.jp/dbps_data/_material/_files/000/000/003/225/manual.pdf), 2013.2.5) 国土交通省：発生土利用基準, <https://www.mlit.go.jp/tec/kankyou/hasseido/060810kijyun.pdf>, 2006.8.6) 鍋田他(2017)：東日本大震災で発生した災害廃棄物等の分別土砂に..., 本誌第52回地盤工学学会研究発表会(本誌)