

震災廃棄物土砂及びその改質土砂の有効利用のための力学特性の評価及び検討

東北大学 学 〇高橋正孝 フ 風間基樹
正 河井 正 正 森 友宏

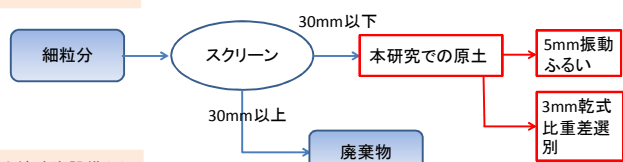
1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震による津波により、東北・関東地方の太平洋沿岸部は壊滅的な被害を受けた。被災地では沿岸部の嵩上げや海岸防災林整備に大量の土砂が必要とされており、震災廃棄物土砂の有効利用が求められている。しかし、震災廃棄物土砂には多量の木屑等の有機物が混入しており、この土砂を有効利用するためには、有機物を多量に含んだ土砂が通常の土と比べ、どのような力学特性の違いがあるのかを知る必要がある。本研究では震災廃棄物土砂および改質土砂の物理・力学試験を行うとともに、固化処理材を添加したときの一軸圧縮強度についても調査を行った。

2. 本研究で用いた震災廃棄物土砂および改質土砂

本研究では、宮城県石巻市の特定企業共同体が行っている災害廃棄物処理業務における土壌洗浄設備(A)と土壌洗浄設備(B)から得られた 4 種類の土を用いて試験を行った。それぞれの土が得られるまでの処理プロセスを図-1 に示す。土壌洗浄設備(A)は乾式分別、土壌洗浄設備(B)は湿式分別である点に大きな違いがある。土壌洗浄設備(A)から得られた土砂（以降、原土と呼ぶ）は、さらに 5mm 振動ふるいにより分別したもの（以降、5mm と呼ぶ）、5mm 振動ふるいに加えて 3mm 乾式比重差分別機による分別も行ったもの（以降、3mm と呼ぶ）に分けられる。土壌洗浄設備(B)から得られた土砂は、洗い砂と呼ぶこととする。

土壌洗浄設備(A)



土壌洗浄設備(B)

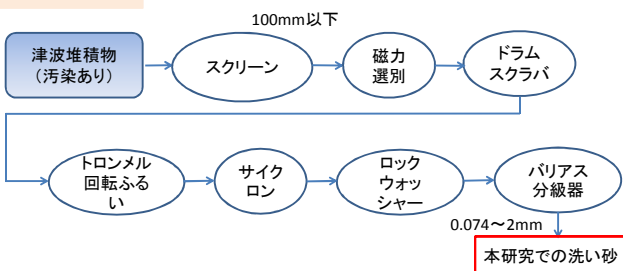


図-1 洗浄フロー

3. 材料特性

図-2 に原土の有機物含有率とその粒径配分、図-3 に粒径加積曲線、表-1 に本研究で用いた土の材料特性、図-4 に締固め試験結果を示す。原土に含まれる有機物は重量比で 13.11 %で、有機物、無機物それぞれの約 80% が粒径 5~30mm である。強熱減量は原土が 13.11 %、5mm が 13.37 %、3mm が 8.90 %、洗い砂が 7.42 %とな

り、3mm 乾式比重差分別機と湿式分別による有機物の低減効果が認められた。洗い砂は粒径 0.425 mm 以下の粒子が重量比で約 80 %で他の資料よりも細粒であり、また有機物を含めた見かけの土粒子密度も 2.696 g/cm³ と大きい。亘理砂は宮城県亘理町の海岸付近から採取した砂で、比較のために掲載した。締固め試験による最大乾燥密度は 5mm が 1.47g/cm³、3mm が 1.56 g/cm³ となった。5mm と 3mm の粒径分布には大きな違いが無いことから、試料に含まれる 3~5mm の有機物の除去によって大幅に締固め特性が改善することが示された。

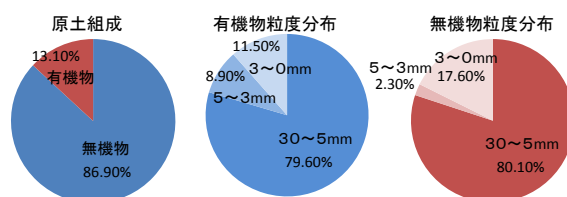


図-2 原土の有機物含有率(重量比)と粒径配分

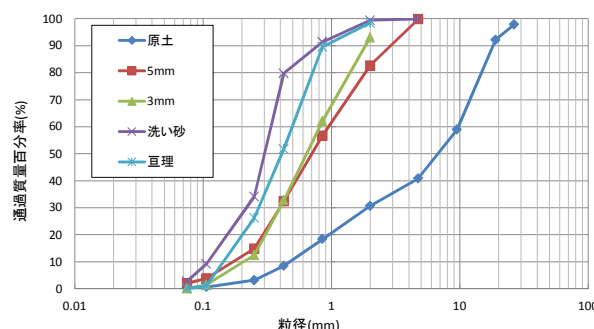


図-3 粒径加積曲線

表-1 材料特性

	原土	5mm	3mm	洗い砂	亘理砂
土粒子密度(g/cm ³)	-	2.527	2.534	2.696	2.596
強熱減量(%)	13.11	13.37	8.9	7.42	-
液性限界(%)	33.7	31.7	32	NP	NP
塑性限界(%)	NP	NP	NP	NP	NP
最大乾燥密度(g/cm ³)	-	1.47	1.56	-	-
最適含水比(%)	-	24	21	-	-
透水係数	-	1.5×10 ⁻⁶ ~2.0×10 ⁻⁶ (ρ _d =1.470g/cm ³)	8.0×10 ⁻⁶ ~1.2×10 ⁻⁵ (ρ _d =1.479g/cm ³)	-	-

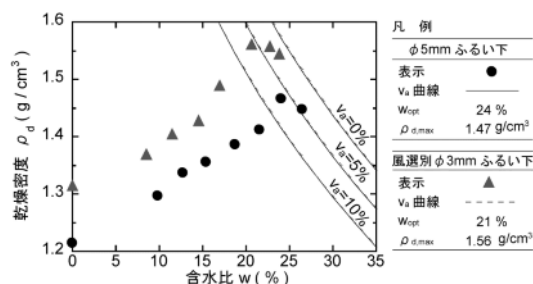


図-4 締固め試験結果

4. 圧密試験

図-5 に圧密試験結果を示す。原土の圧密試験は、原土の最大粒径が 30mm であることから未実施である。いずれの試料も、まず乾燥状態の試料を 1256kN/m² まで載荷・除荷した後に給水・飽和させ、再度載荷を行った。これにより、通常の圧密試験により求められる土部分（無機物部分）の圧縮指数（1 サイクル目の除荷過程）、乾燥状態の有機物の圧縮指数（1 サイクル目の載荷過程）、湿潤状態の有機物の圧縮指数（2 サイクル目の載荷過程）を得た（表-2 参照）。有機物含有量が大きいほど、間隙比の変化量、圧縮指数共に大きくなっている。洗い砂は載荷・除荷過程の間隙比の変化が小さいが、これは洗い砂に含まれる有機質分が 5mm, 3mm とは性質が異なり、通常の土（有機質土等）に近い形で存在しているからであると考えられる。一方、5mm, 3mm に含まれる有機物は明らかに土とは異なる植物片的不純物として存在している。次に、図-6 に 5mm 試料における圧密試験前後の体積変化の模式図を示す。体積変化は図-5 の曲線の始点と終点における体積より求めた。ここで着目すべき点是有機質部分の体積変化である。通常の土を用いた圧密試験では土中の間隙変化（図-6 中の縦方向の変化）しか考慮しないが、有機物含有量が大きい場合には、有機物粒子部分の不可逆体積圧縮を考慮する必要がある。

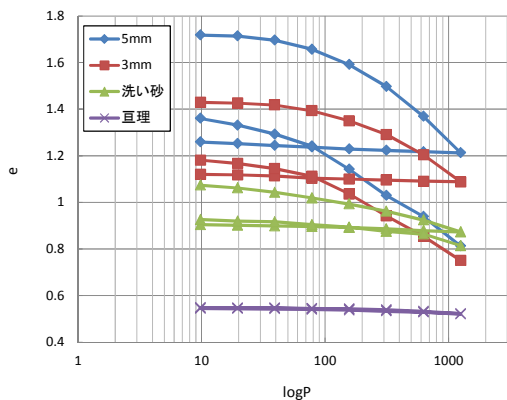


図-5 e - log p 関係

表-2 圧縮指数

	5mm	3mm	洗い砂	互理砂
圧縮指数 (土)	0.017	0.0116	0.0103	0.023
圧縮指数 (有機物)	0.342	0.289	0.156	-

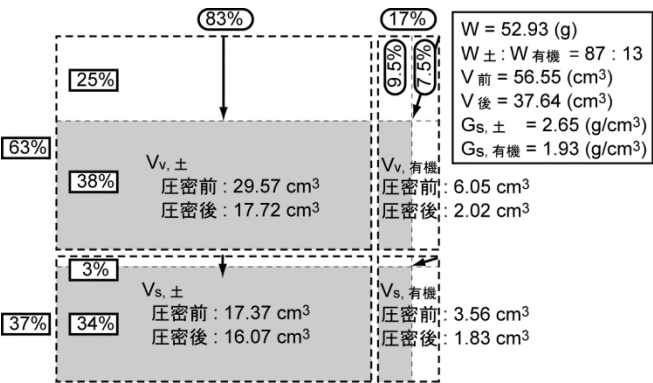


図-6 圧密前後の体積変化模式図（試料：5mm）

5. 固化処理材添加供試体の一軸圧縮試験

高炉セメント B 種とユースタビラー10（一般用固化処理材）、ユースタビラー50（六価クロム対策用固化処理剤）を原土、5mm, 3mm に添加して、一軸圧縮試験（φ=50mm, h=100mm）を行った（洗い砂は養生中）。表-3 に供試体作製時の湿潤密度と含水比、図 7 に一軸圧縮試験による 28 日強度を示す。これより、原土は粒径の大きい粒子が多すぎるために固化剤が効果的に働かず強度が発現しにくいこと、有機物含有量が少ない 3mm よりも、有機物含有量が最大である 5mm の方がより大きな強度が出ていることがわかる。5mm と 3mm では供試体作製時の湿潤密度・含水比がほぼ一定であり、また締固め試験結果（図-4）における間隙率一定曲線が両者ともほぼ一致していることから、5mm の強度が大きい理由として、粒径 3～5mm の土粒子が供試体の強度により大きく寄与したと考えられる。

表-3 一軸圧縮試験供試体作製時の条件

	原土	5mm	3mm
湿潤密度 (g/cm ³)	1.301	1.436	1.437
含水比(%)	22.3	21.4	20.6

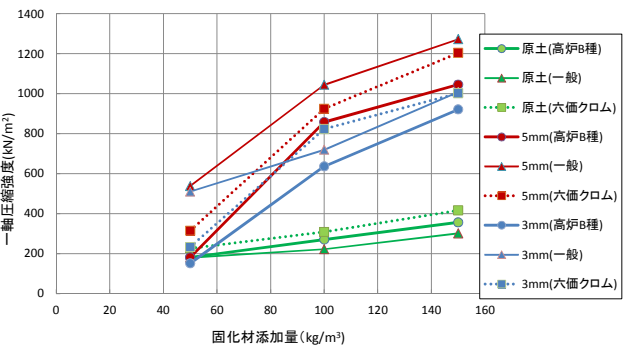


図-7 固化剤添加量と一軸圧縮強度（28 日強度）

6. まとめ

- (1) 震災廃棄物土砂を各種ふるいにより分別することによって、土砂中の有機物を低減させることができた。また、混入有機物量の低減により締固め特性が大幅に改善した。
- (2) 震災廃棄物土砂に含まれる有機物量が多くなるほど、圧密による体積圧縮量が大きくなった。有機物含有土の圧密による体積圧縮は、有機質部分の不可逆体積圧縮を考慮する必要がある。また、有機質部分の体積圧縮量は有機質の素性（土に近い、植物片の不純物なのか）によっても異なるものと推察された。
- (3) 固化処理材を添加した試料の一軸圧縮強度は、5mm, 3mm, 原土の順に大きくなった。有機物含有量は 3mm よりも 5mm の方が多いが、一軸圧縮強度は逆転した。

謝辞

この研究は(社)東北建設協会技術開発支援制度による支援を受けて実施しました。また試験実施にあたって三菱マテリアルの相川良雄氏、大沼清孝氏、大山浩一氏に御協力頂きました。記して謝意を表します。