

砂鉄混合土の締固め試験とコーン指数試験による液状化強度が上がる要因の考察

木更津高専 学生会員 ○佐久間秋津

木更津高専 正 会 員 鬼塚信弘

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震により、沿岸部で津波による被害が深刻となっていた。関東地方では沿岸部から内陸部まで所々に液状化が見られ、千葉県旭市でも液状化が広範囲で見られた¹⁾。その液状化発生地点をヒアリング調査した結果、1800年代後半から1952年頃まで沿岸部で砂鉄採掘が盛んに行われ¹⁾、砂鉄採掘されていない地盤の区画では液状化が発生せず、そこに隣り合わせた山砂で構成されている配管などの埋め戻し土の区画では液状化が発生したことがわかった²⁾。砂鉄が多く含まれている地盤では液状化が起こらなかったため、砂鉄が地盤に良い影響を与えていたのではないかと考えた。配管埋め戻し時に、採掘がされていない砂鉄入り土を少量サンプリングできたので、この土を用いて液状化試験を行ったところ、液状化強度が上がり（液状化強度比の最大値：0.30）、液状化がしにくいことがわかった²⁾。しかし、砂鉄が混ざって液状化強度が上がる要因については不明な点が多い。

本研究を行うにあたって少量サンプリングした砂鉄入り土では、締固め試験やコーン指数試験に必要な絶対量が足りていない。そこで、採掘されていない砂鉄入り土も津波で押し流され、その津波堆積物は現在沿岸部に仮置きされている。その津波堆積物の有効利用を図る研究³⁾で、砂鉄が相当量含まれていたため、これを類似の土として用いることとした。本研究は旭市の津波堆積物を用い、砂鉄の混入が土に及ぼす影響について明らかにするため、夾雑物を取り除いた津波堆積分別土の採取試料について、土の物理的試験、締固め試験、コーン指数試験を行い、砂鉄が混ざって液状化強度が上がる要因を考察することを目的とする。

2. 試料分別方法

液状化強度が上がった砂鉄入り土の粒度は砂質土以下であった²⁾。本研究は津波堆積物のうち、2mm以上の礫・木屑・ガラスなどを夾雑物とし、2mmふ

るい通過土を津波堆積分別土と定め、空気乾燥させて磁石に砂鉄が付くような状態にした（写真-1）。砂鉄採取は津波堆積分別土に含まれている砂鉄を取り出すため、磁石を津波堆積分別土にあてて取り出す簡易的な方法で行った。磁石で砂鉄を取り出す際に砂鉄粒子の間に砂が多く挟まることがあるので、この作業を5回繰返し行い、砂鉄の純度を高めた。磁石に付いた試料を砂鉄とし、付かなかった試料を砂鉄0%の試料というように定義した。砂鉄0%試料に質量比で砂鉄を混合し変化させて、砂鉄混合土を作製する。津波堆積物の砂鉄含有率は2.2%で、夾雑物は15.0%あった。

3. 砂鉄混合土の物理的性質

津波堆積分別土の自然含水比は10.4%となった。各種試験から得られた土の物理的性質を表-1に示す。JISA1202の土粒子の密度試験に基づき行った土粒子の密度と砂鉄の混合率との関係は高い相関係数0.99が得られた（図-1）。表-1より津波堆積分別土、砂鉄0%ともに砂分が約80%を占めており、どの試料も細粒分質砂（SF）に分類され、砂鉄には砂分が約90%を占めている。砂鉄0%の均等係数は比較的大きいので粒径幅が広いことがいえる。



（左）津波堆積物 （右）採取した砂鉄

写真-1 津波堆積物と砂鉄

表-1 土の物理的性質

項目	砂鉄0%	津波堆積 分別土	砂鉄
土粒子の密度(g/cm ³)	2.73	2.79	4.38
砂分(%)	79.3	82.5	89.2
細粒分(%)	20.7	17.5	10.8
均等係数 Uc	38.0	10.5	2.0
土質分類	細粒分質砂 SF	細粒分質砂 SF	

キーワード 液状化強度, 砂鉄, 津波堆積物, 締固め試験, コーン指数試験

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1 木更津高専 TEL0438-30-4161 E-mail : onizuka@kisarazu.ac.jp

4. 砂鉄混合土の締固め特性と強度特性

津波堆積分別土と砂鉄 0% を比べるだけでは大きな差を見ることはできなかったの、砂鉄混合率 0%, 5%, 10%, 20%, 40% と変えて締固め試験を行った。津波堆積分別土は夾雑物を除去した砂鉄含有率が 2.6% あり、砂鉄 2.6% 試料相当として考えた。締固め試験は A - a 法で行い、その結果を図-2 に示す。砂鉄混合率を増やすと最大乾燥密度が増加した。最適含水比は 10% までほとんど変化がなかったが、砂鉄混合率 20% を超えると最適含水比が減少する。コーン指数試験に使用する供試体は、締固め試験の結果から得られた最適含水比に調整した試料とし、質量 2.5kg ランマーを用いて 3 層 25 回で締め固めを行い、 $\phi 100\text{mm} \times 125\text{mm}$ を作製した⁴⁾。コーン指数は砂鉄混合率を増やすと約 7000 kN/m² から減少する傾向を示した(図-3)。また、図-4、図-5 より砂鉄混合率が増えると、湿潤密度は増加する傾向を示し、空気間隙率も砂鉄混合率 2.6% の大きい値を除いて増加する傾向を示した。砂鉄混合率が増えると、コーン指数が大きくなることが予想されたが、本研究では相反する結果となった。これは砂鉄混合率が増えると、湿潤密度が大きくなったので、地下水位を上昇させて軽い砂を噴き上げる揚圧力よりも砂鉄の自重が上まることが液状化を防ぎ、その液状化強度も大きくなったと考えられる。

5. まとめ

既往の研究²⁾で液状化試験を行ったところ、砂鉄が混ざった土は液状化強度が上がるという結果が得られたが、その要因について不明であった。千葉県旭市の津波堆積物に砂鉄が混ざっていたことから、この土を用いて土の締固め試験とコーン指数試験により、液状化強度が上がる要因を考察した。その結果、砂鉄混合率が増加すると、コーン指数は減少し、その供試体の湿潤密度、空気間隙率は増加したため、現時点では砂鉄の自重が要因として挙げられる。し

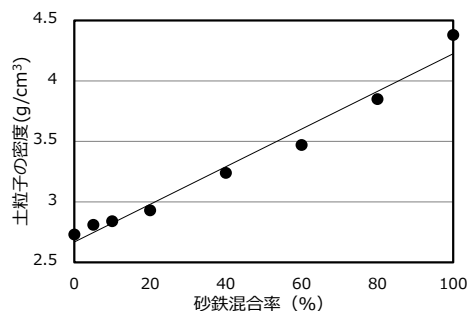


図-1 砂鉄混合率と土粒子の密度の関係

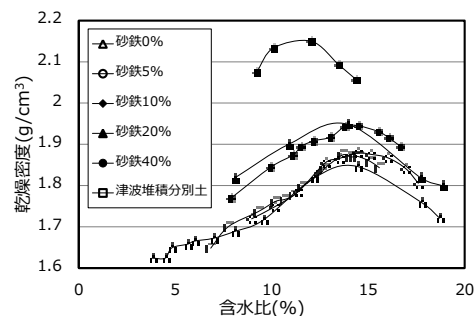


図-2 砂鉄混合率による締固め曲線

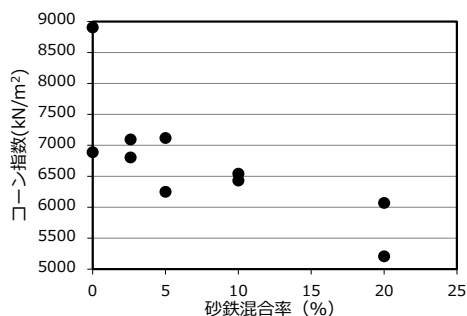


図-3 砂鉄混合率とコーン指数の関係

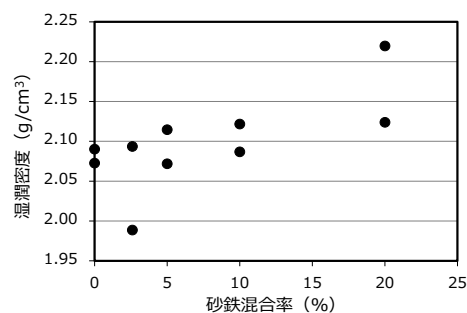


図-4 砂鉄混合率と湿潤密度の関係

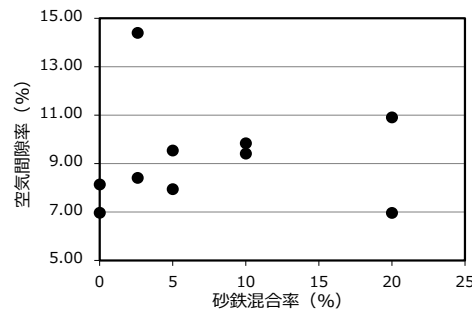


図-5 砂鉄混合率と空気間隙率の関係

かしながら、実験データにはばらつきがあり、本研究の試料、他の場所で採取した砂鉄入り土の試料の液状化試験も行っていないため、更に検討が必要である。

【謝辞】本研究の実施にあたり、旭市環境課環境政策班の方々にサンプリングのご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 旭市 液状化対策に関する 住民説明会
http://www.city.asahi.lg.jp/section/toshi/files/20140829_2.pdf (2016/1/12 参照)
- 2) ヤスミン：木更津工業高等専門学校 平成 26 年度 卒業研究抄録特別研究抄録集, 2015.
- 3) 藤浪明希：木更津工業高等専門学校 平成 26 年度 卒業研究抄録特別研究抄録集, 2015.
- 4) 社団法人地盤工学会, 地盤材料試験の方法と解説 - 二分冊の一 p386-p392, 2009.
- 5) 三村ら：コーン貫入試験による砂地盤の液状化強度評価, 土と基礎, vol. 47, No. 9, p21-24, 1999.
- 6) 松尾ら：コーン貫入試験による密な砂地盤の液状化強度評価に関する現場実験, 土と基礎, vol. 47, No. 9, p25-27, 1999.