

B-75

2011 年東北地方太平洋沖地震による液状化被害調査
噴砂の粒度特性と液状化被害状況

Investigation of Liquefaction Damage due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake
Grain Size Distribution of Sand Boil and Liquefaction Damage

○山下哲平², 山田雅一¹, 安達俊夫¹, 工藤諒太², 森垣大佳², 矢部智久²

* Tepei Yamashita², Masaichi Yamada¹, Toshio Adachi¹, Ryota Kudou², Taika Morigaki², Tomohisa Yabe²

Abstract: This paper is the report of the grain size distribution of sand boil and the liquefaction damage due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震では、首都圏において東京湾東部沿岸と利根川沿岸で液状化被害が集中して発生した。本報告では、東京湾東部沿岸と利根川下流沿岸の液状化発生地点で採取した噴砂の粒度特性と液状化の被害状況について考察する。

2. 粒度試験結果

東京湾東部沿岸と利根川下流沿岸の液状化発生地点で採取した噴砂に対して JIS A 1202 と JIS A 1204 に準拠して、それぞれ土粒子の密度試験と粒度試験を行った。Table 1 には両地点で採取した噴砂の地名、微地形区分と物理試験結果を示した。また、Fig.1 と Fig.2 に、それぞれ東京湾東部沿岸の 6 地点と利根川下流域の 4 地点で採取された噴砂の粒度分布を示す。Fig.1 と Table 1 より東京湾東部沿岸（海岸埋立地）の噴砂は、均等係数 U_c が大きく細粒分含有率 FC も高いことがわかる。これに対し Fig.2 の利根川下流沿岸（旧湖沼、旧河道上の埋立地）の噴砂は、均等係数が小さく細粒分含有率も低いため、東京湾東部沿岸の海岸埋立地に比べて液状化しやすい埋立地であることがわかる。また、習志野市香澄の噴砂は $FC=44.3\%$ であったが液性限界は得られず NP（非塑性）と判定された。従って、本報告で採取した全ての噴砂は、Table 2 に示した現行の液状化判定法を行う地盤条件を満足する土質であることがわかる。

Table 1. Physical properties of sand boil

試料番号	地名	微地形区分	重量百分率(%)				最大粒径 D_{max} (mm)	平均 粒形 D_{50}	10% 粒形 D_{10}	均等 係数 U_c	曲率 係数 U_c	土粒子の 密度 (g/cm^3)
			礫分	砂分	シルト分	粘土分						
①	浦安市今川3丁目	海岸埋立地	1.7	71.0	23.5	3.8	9.5	0.125	0.043	3.7	0.9	2.685
②	美浜区打瀬3丁目	"	0.7	91.4	3.5	4.4	9.5	0.183	0.089	2.3	1.1	2.645
③	美浜区磯辺7丁目	"	0.1	87.3	7.9	4.7	9.5	0.157	0.076	2.4	1.2	2.666
④	美浜区磯辺8丁目	"	1.0	78.9	18.4	1.7	9.5	0.151	0.055	3.2	1.2	2.665
⑤	美浜区高浜1丁目	"	1.1	75.0	18.6	5.3	9.5	0.135	0.037	4.4	1.3	2.613
⑥	習志野市香澄6丁目	"	4.6	51.1	39.1	5.2	4.75	0.093	0.019	6.9	1.6	2.607
⑦	我孫子市都	旧湖沼	0.2	97.4	2.4		4.75	0.317	0.138	2.5	1.1	2.701
⑧	香取郡神崎町	旧河道	0.1	93.2	2.8	3.9	4.75	0.190	0.087	2.5	1.1	2.678
⑨	香取市小見川	"	0.2	92.2	2.7	4.9	9.5	0.168	0.087	2.2	1.1	2.655
⑩	香取市佐原口	"	0.4	91.4	4.6	3.6	9.5	0.171	0.084	2.3	1.1	2.760

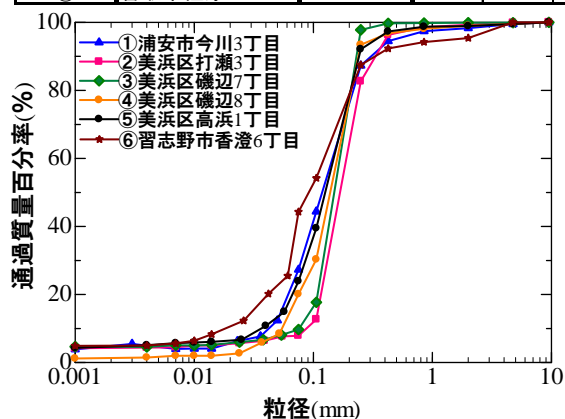


Fig.1. Gradation of sand boil (Coastal landfill)

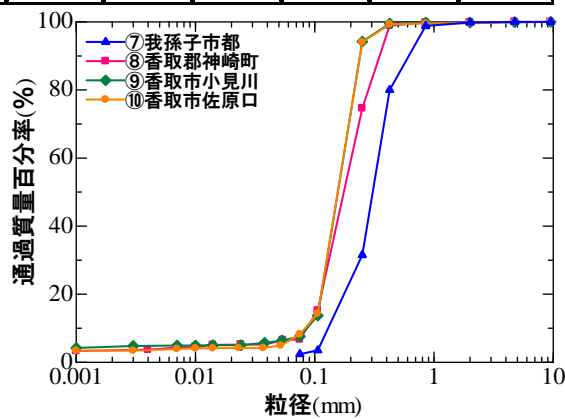


Fig.2. Gradation of sand boil (Abandoned river channels, Abandoned inland water body)

Table 2. Ground condition of liquefaction evaluation

(a) 建築基礎構造設計指針 地表面から20m程度以浅の沖積層 細粒分含有率が35%以下の土 粘土分含有率が10%以下、または塑性指数が15以下の埋土あるいは盛土地盤 細粒土を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫
(b) 道路橋示方書 地下水位が現地地盤面から10m以内にあり、かつ現地地盤面から20m以内の深さに存在する飽和土 細粒分含有率FCが35%以下の土層、又はFCが35%を超えても塑性指数 I_p が15以下の土層 平均粒径 D_{50} が10mm以下でかつ10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層

※表中の条件を満たした場合、液状化判定を行う

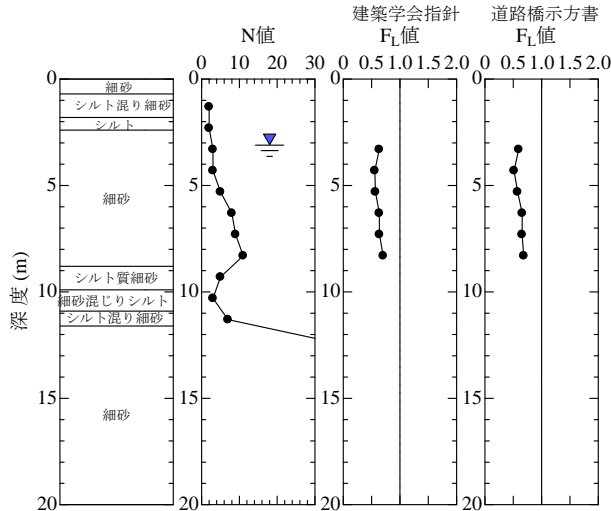


Fig.3. Liquefaction evaluation results in Narashino-shi

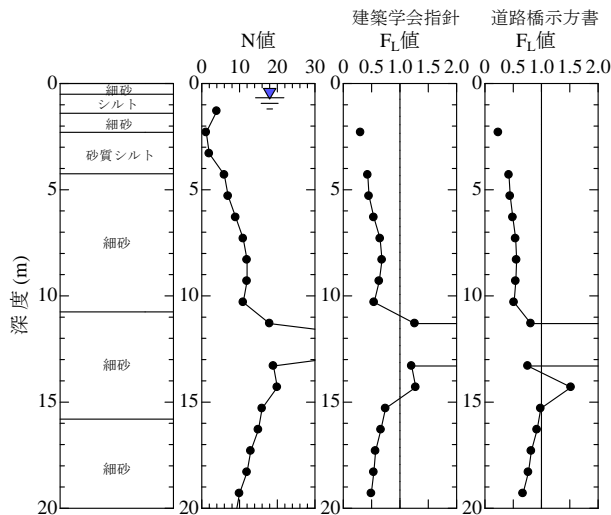


Fig.4. Liquefaction evaluation results in Katori-gun

3. 細粒分含有率と液状化の程度

東京湾東部沿岸で細粒分含有率の最も高い習志野市香澄 6 丁目と利根川沿岸で細粒分含有率が小さい香取郡神崎町において、現行の液状化判定を行った。液状化判定方法は、建築基礎構造設計指針¹⁾ (以下、建築学会指針) と道路橋示方書²⁾ による判定法を準用した。また、液状化判定に用いた α_{max} は噴砂採取地点に最も近い K-NET の観測点で得られた地表面最大加速度を用いた。習志野市香澄 6 丁目では $\alpha_{max}=302\text{cm/s}^2$ (K-NET 稲毛)、香取郡神崎町では $\alpha_{max}=310\text{cm/s}^2$ (K-NET 佐原) である。地盤情報は公開されている地盤情報データベース³⁾ を基に、噴砂の採取地点近傍のボーリング柱状図を用いた。Fig.3 と Fig.4 に、それぞれ習志野市香澄 6 丁目と香取郡神崎町における土質構成、標準貫入試験結果 (N 値の深度分布) および F_L 値の深度分布を示す。 F_L 値が 1.0 以下の場合に液状化発生の可能性があるとして判断される。

Fig.3 より、習志野市香澄 6 丁目における建築学会指針と道路橋示方書の F_L 値による深度分布を見ると、両者で大きな差異は認められず、深度-3m~-8m の間で液状化が発生したものと判断される。粒度試験において細粒分含有率が高かったのは、液状化による上向きの浸透流の際に分級作用²⁾ が生じ、細砂上部のシルト層も噴砂したことが要因の一つと考えられる。

Fig.4 より、香取郡神崎町における建築学会指針と道路橋示方書による液状化判定結果も両者で大きな差異は認められなかったが、深度約-12m 付近を除きほとんどの層で液状化発生の可能性があるとして判定された。

習志野市香澄 6 丁目と香取郡神崎町の液状化の程度を調べるために、Fig.3 と Fig.4 に示した F_L 値から液状化指数 P_L ⁴⁾ を求めた。習志野市香澄 6 丁目における建築学会指針による液状化指数は $P_L=16.3$ 、道路橋示方書は $P_L=16.8$ であった。また、香取郡神崎町における建築学会指針の液状化指数は $P_L=30.2$ 、道路橋示方書による液状化指数は $P_L=34.1$ が得られた。このことより、細粒分含有率が高かった習志野市香澄 6 丁目の液状化の程度は、細粒分含有率が低い香取郡神崎町に比べて低いと判定される。これは、実際の液状化被害の程度⁴⁾ と同様の傾向であった。つまり、細粒分含有率は液状化被害の程度に寄与することが確認された。

4. まとめ

本報告をまとめると以下の通りである。

- ① 東京湾東部沿岸と利根川下流沿岸の液状化発生地点で採取した噴砂に対して、粒度試験を行ったところ、現行の液状化判定の地盤条件を満足するものであった。
- ② 噴砂の粒度特性と液状化被害状況から、細粒分含有率は液状化被害の程度に寄与することが確認された。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, 2001
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2002
- 3) 千葉県環境生活部: 地質環境インフォメーションバンク
- 4) 岩崎敏雄, 龍岡文夫, 常田賢一, 安田進: 地震時地盤液状化の程度の予測について, 土と基礎, Vol.28, No.4, pp.23-29, 1980
- 5) 森垣大佳他: 2011 年東北地方太平洋沖地震による液状化被害調査, 第 55 回日本大学理工学部学術講演会予稿集, 2011