

常時微動観測と地震観測による潮来・神栖市の浅部・深部統合地盤モデルにおける液状化現象の検討

#先名重樹・長谷川信介（防災科研）・松田達夫（REIC）・藤原広行（防災科研）

Examination of the shallow and deep structure model of the Itako and Kamisu city area and the relation of liquefaction according to microtremor observation and seismic observation

Shigeki Senna, Nobusuke Hasegawa(NIED), Tatsuo Matsuda(REIC), Hiroyuki Fujiwara(NIED)

Abstract: The damage of tsunami and liquefaction in the offing earthquake of the 2011 Tohoku-district Pacific Ocean was very serious. About liquefaction damage, damage is checked in the wide range of the Tohoku district and the Kanto district, and it is said about the foundation conditions which actually caused liquefaction that there are most artificial change places. Centering on the serious Hinode, Itako-city area, at intervals of about 250-500m, liquefaction damage also united enforcement and microtremor array measurement at about 400 places, and actually carried out microtremor observation with a single point in this research in Itako and Kamisu city. The foundation structural model collected boring data, after it created the geological structure model used as the foundation, from microtremor observation and a seismic observation result, searched for S wave speed structure, and created it as a speed structural model. When the earthquake motion was calculated in the created model, the result which suits a damage situation well was obtained.

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では、津波と液状化の被害は極めて甚大なものであった。液状化被害に関しては東北地方および関東地方の広い範囲で被害が確認され、実際に液状化を起こした地盤条件については、人工改変地が最も多いといわれている。

本研究では、実際に液状化被害が甚大であった、潮来市日の出地区を中心に潮来市・神栖市にて約250～500m間隔にて単点による微動観測を約400箇所を実施、微動アレイ観測も合わせて実施した。また、潮来市の8箇所にて平成23年8月～12月にかけて余震観測も行った。地盤構造モデルは、ボーリングデータを収集し、基礎となる地質構造モデルを作成したうえで、微動観測および地震観測結果よりS波速度構造を求め、速度構造モデルとして作成した。作成したモデルにて地震動を計算したところ、被害状況と良く合う結果が得られた。

2. 被害状況と観測点の選定

液状化の観測点を選定するため、液状化地点の調査を行い、まずは液状化液状化が激しく発生した場所と発生しなかった場所を含め、地形地盤の少しの差が分かるように観測点を配置することにした。図1に潮来市の液状化被害場所と旧版地形図（迅速測図）を、と写真1に液状化被害の程度が分かる写真を示す。旧地形図では、液状化発生地点は、水域の埋立地である

ことが分かる。

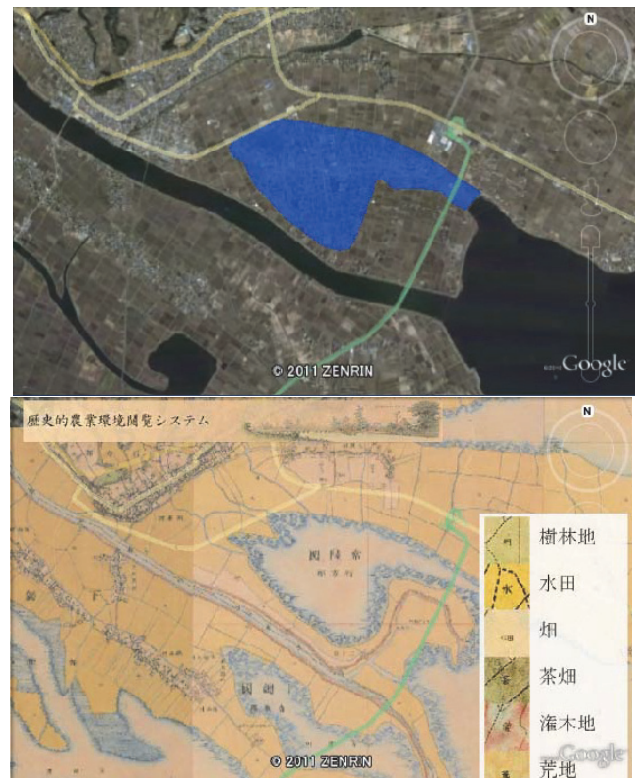


図1. 潮来市における液状化範囲（青のハッチ）（上図）と旧版地形図（迅速測図）（下図）を示す。



写真1. 潮来市（日の出地区）の液状化の発生状況の写真(H23.3.14)。激しい液状化が発生したことが分かる。

常時微動観測を潮来市と神栖市の液状化発生地点を中心として250mメッシュで観測を実施した。また、潮来市の日の出地区周辺においては、東北地方太平洋沖以降発生している余震の観測を行った。図2に潮来市における観測点の分布図を、図3に神栖市における微動観測点位置の分布図をそれぞれ示す。

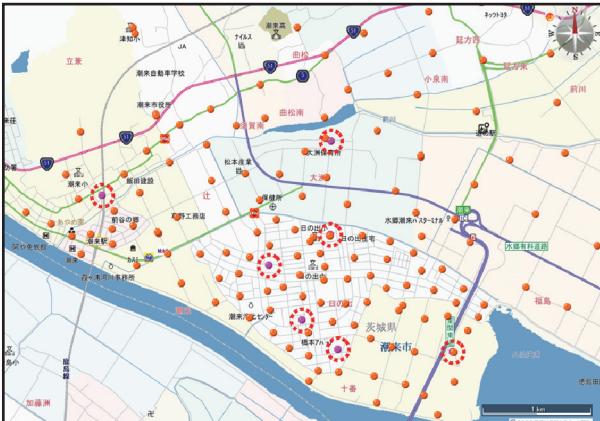


図2 潮来市日の出地区における微動観測地点（●）と余震観測地点（●）

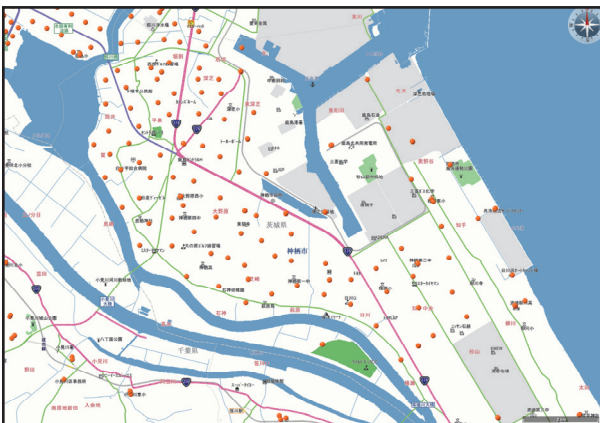


図3 神栖市における微動観測地点（●）

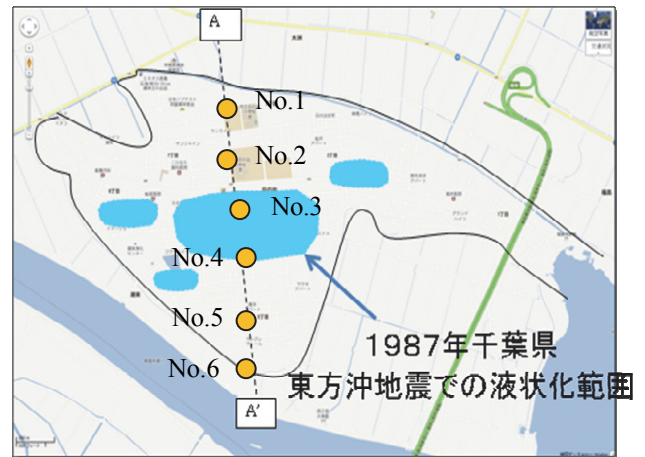


図4 1987年千葉県東方沖地震で発生した液状化地点

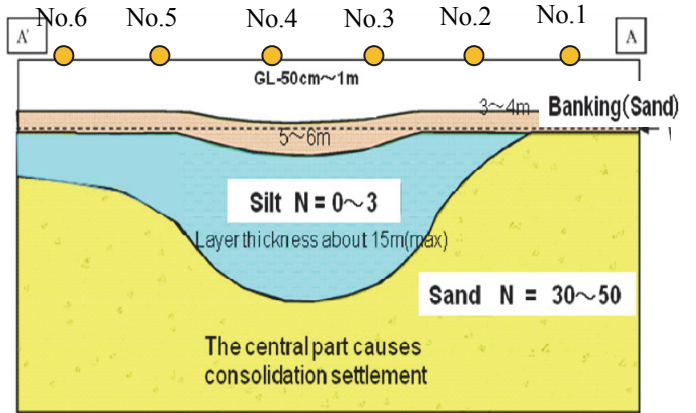


図5 図4に示すA-A'断面図について、収集したボーリングデータに基づく地質層序モデル

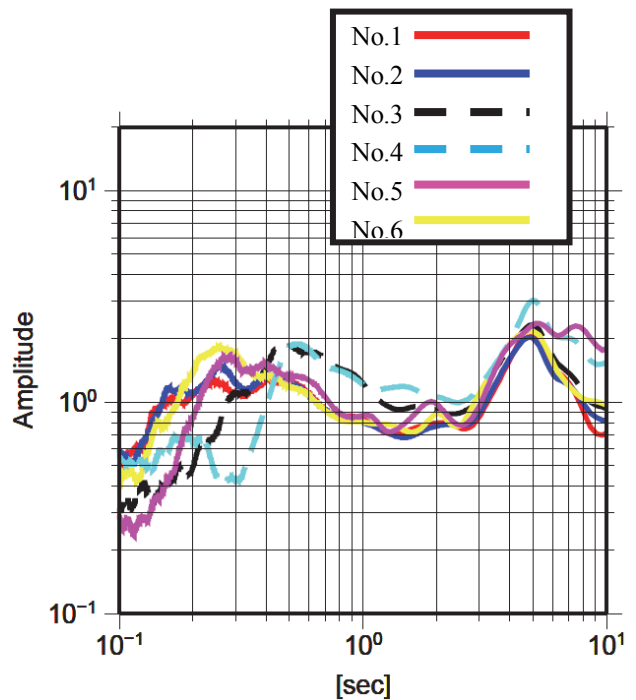


図6 図4・図5断面に示す位置における微動観測結果（H/Vスペクトル比）

表 1 常時微動観測の結果から求めたS波速度構造

層No	層厚	密度	Vp(m/s)	Vs(m/s)	土質区分	土質名
0	1.0	1.6	500	100	F	表土
1	4.2	1.7	800	180	B	盛土
2	8.3	1.6	600	100	Ac	シルト
3	5.4	1.8	1300	250	As	砂
4	50	2.0	2000	500	Dg	砂礫
5	700	2.1	2500	700	R1	
6	50	2.2	3400	1000	R2	
7	50	2.3	4000	1500	R3	
8	50	2.6	4600	3000	R4	
9	-1	2.7	5500	3400	R5	

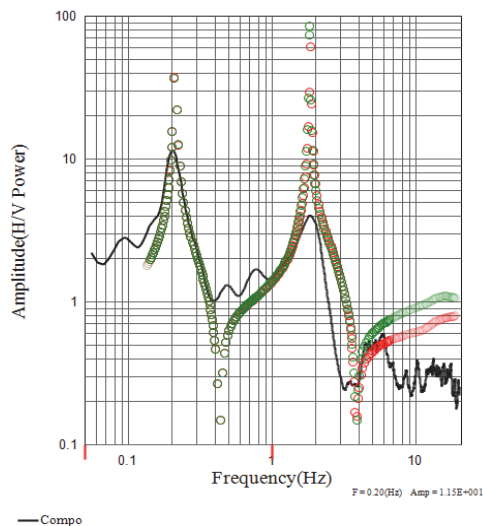


図 7 埋立地中心部の微動のH/Vスペクトル比（黒線）と表 1 に示す構造による理論H/Vスペクトル比（緑○）赤○は第 1 層を第 2 層と同様に Vs=180 とした場合

3.観測結果

微動観測の結果、潮来市日の出地区の地質構造モデルに示したシルト層(Ac)の深い場所で、微動の H/V スペクトル比のピーク周期が 1.7Hz である（図 4～図 6・表 1 参照）。一方、シルト層が存在しない日の出地区の北部においては、ピーク周期が 4.0Hz と単周期となり、よりピーク高さが小さくなっている。また、中央部より南側では、3.3Hz と単周期にはなっているものの、ピーク周期は比較的大きい。これらは地質構造モデルから作成した初期地盤モデルに基づいて逆解析計算を行うと、各地点は単純に与えた速度構造モデルでも良く合う結果となった（図 7）。また、余震観測の結果による R/V スペクトル比との結果からも微動の H/V スペクトル比との形状の相関が良く、この地域では、微動観測記録から地震動の応答スペクトルも想定できる可能性がある。また、地震動が増

幅するシルト層厚が厚く、ピーク周期が大きい中心部では、1987 年千葉県東方沖地震の液状化被害が確認されている。このあたりでは、入力地震動が周辺に比べ大きかったことが想定される。

4.まとめ

東北地方太平洋沖地震においては甚大な液状化の被害があったが、液状化の被害と地盤構造との比較において、一定の結果が得られたものとする。また、本検討で検討した地盤モデルは、250 m 間隔で観測したものであるが、今後さらに詳細な観測を行い、液状化の発生度合いの大きい地盤構造の違いを微動観測のみで判断できるように詳細な検討を試みる予定である。

<謝辞>

本研究において、関東学院大学の若松加寿江教授には液状化被害の場所に関する情報をご提供をいただいた。また、微動観測および、日の出地区の地質情報は、NPO 法人リアルタイム地震情報利用協議会 (REIC) の箕輪氏より、多大な情報の提供をいただいた。ここに謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 長谷川信介, 前田宜浩, 東宏樹, 岩城麻子, 河合伸一, 内藤昌平, はお憲生, 森川信之, 先名重樹 : 2011 年東北地方太平洋沖地震による利根川流域の液状化被害, 防災科学技術研究所主要災害調査報告「東日本大震災調査報告」, pp.121-134, 2012.
- 2) Shigeki SENNA, Nobusuke HASEGAWA, Takahiro MAED, Hiroyuki FUJIWARA : LIQUEFACTION DAMAGE OF THE TONEGAWA BASIN CAUSED BY THE 2011 OFF THE PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE, One Year after 2011 Great East Japan Earthquake International Symposium on Engineering Lessons Learned from the Giant Earthquake, B3,43, March, 2011.
- 3) 国土交通省関東地方整備局 : 東北太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明(報告書), <http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000061.html>.
- 4) 農業環境技術研究所: 歴史的農業環境閲覧システムによる迅速測図 <http://habs.dc.affrc.go.jp/>.
- 5) 若松加寿江: 日本の液状化履歴マップ 745-2008 (DVD-ROM 付) 東京大学出版会, 2011.
- 6) 若松加寿江, 松岡昌志, 杉浦正美, 久保純子, 長谷川浩一 : 日本の地形・地盤デジタルマップ, 東京大学出版会, 2005.11.