

浦安市における各種動的サウンディング試験の比較（その１：調査概要）

現場調査，液状化，標準貫入試験

大阪市立大学大学院

○国 大島昭彦

北海道大学大学院

国 田中洋行

京都大学防災研究所

国 三村 衛

ソイルアンドロックエンジニアリング(株)

国 吉村 貢

千葉県防災危機管理監

浅尾一巳

基礎地盤コンサルタンツ(株)

正 和田昌大

1. まえがき

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震によって浦安市で大きな液状化被害が生じた。その原因を探るために、浦安市高洲8丁目で地盤調査の一斉試験を行った。行った試験は公共構造物を対象とする詳細な調査法から民間宅地を対象とする簡易な調査法までの20種類で、動的サウンディング試験（標準貫入試験（SPT）、各種動的コーン貫入試験）と静的サウンディング試験（電気式コーン貫入試験、スウェーデン式サウンディング試験とその改良試験、表面波探査）に大別される。各試験結果を比較して、その相関性を見いだすことも一斉試験の目的としている。

ここでは、その調査概要とSPTによる N 値、サイスミックコーン貫入試験（S-CPT）による V_s 、物理試験結果および N 値に基づく液状化予測結果を報告する。

2. 調査場所，試験の種類と位置

調査場所は、図-1に示す千葉県浦安市高洲8丁目の千葉県企業局所有の敷地で、周りの状況から激しく液状化した地点である。一斉試験は液状化した敷地内で地盤性状がやや異なる地点1と地点3（約100m離れ）の2箇所で行った。

表-1に実施したサウンディング試験の一覧をまとめた（試験名の正式名称は図-2参照）。各試験は両地点ともに再現性確認のため、原則2回ずつ行った。①SPTは0.5mピッチで行い、SPTサンプラー試料を用いて物理試験を行った。さらに、地点3では下部の沖積粘土層（層厚約16m）を連続サンプリングして物理・力学試験を行った。

図-2に各試験の実施位置を示す。両地点ともに10m×10mの敷地を1m格子に分割し、その中央で各試験を行った。

なお、各試験の比較は、別報^{1)~15)}で詳しく報告される。



図-1 調査場所

Comparison of Various Dynamic Sounding Tests in Urayasu City (Part 1: Outline of Investigation)

Oshima Akihiko (Osaka City University), Tanaka Hiroyuki (Hokkaido University), Mimura Mamoru (Kyoto University), Yoshimura Mitsugu (Soil and Rock Engineering), Asao Kazumi (Chiba Prefecture) and Wada Masao (Kiso-Jiban Consultants)

表-1 実施したサウンディング試験の一覧

試験名	動的サウンディング				静的サウンディング			
	試験点数		調査	試験内容	試験名	試験点数		試験内容
	地点1	地点3				地点1	地点3	
① SPT	2	1	20.5	63.5kg×0.76m, 0.3m 貫入 N 値	⑪ RI-CPT	1	1	46.0 三成分 (q_c, f_s, u_d) と ρ_t, w を測定
② SRS	2	2	46.0	63.5kg×0.5m, 0.2m 貫入 N_d 値	⑫ S-CPT	1	1	V_s 測定 (0.5m ピッチ)
③ ラムダ	2	2	20.0	②と同じ仕様を手動測定	⑬ CPT-1	1	1	三成分 (q_c, f_s, u_d) 測定, Geoprobe
④ MRS	2	2	20.0	30kg×0.35m, 0.2m 貫入 N_d 値	⑭ CPT-2	1	1	三成分 (q_c, f_s, u_d) 測定, Geomil
⑤ DCPT	1	2	16.2	④と同じ仕様を手動測定	⑮ SWS	6	6	5 機関・4 種類の装置で実施
⑥ PDC	1	1	18.0	④と同じ仕様で間隙水圧測定	⑯ SWS-WL	2	2	SWS 試験孔で地下水位測定
⑦ PENNY	2	2	20.0	30kg×0.2m, 0.1m 貫入 N_d 値	⑰ DT-SWS	2	2	二重管方式で周面摩擦を低減
⑧ DSPT	1	2	20.0	10kg×0.5m, 0.25m 貫入 N_d 値	⑱ SDS	2	2	ロッドの回転トルク等を測定
⑨ PDCPT	2	4	8.0	5kg×0.5m, 0.1m 貫入 N_d 値	⑲ NSW	2	3	3.8cm ピッチで N_{sw} 値を測定
⑩ SH	2	2	8.0	⑨と同じ仕様で 1 打撃毎に N_d 値	⑳ 表面波探査	3	3	V_s 分布を推定, 2 機関で実施



SPT : 標準貫入試験
 SRS : ラムサウンディング
 ラムダ : 手動式ラム
 MRS : ミニラムサウンディング
 DCPT : 手動式ミニラム
 PDC : ピエゾドライブコーン
 PENNY : 小型動的コーン貫入試験
 DSPT : 動的回転式貫入試験
 PDCPT : 簡易動的コーン貫入試験
 SH : SH 型貫入試験
 RI-CPT : RI コーン貫入試験
 S-CPT : サイスマックコーン貫入試験
 CPT : 三成分コーン貫入試験
 SWS : スウェーデン式サウンディング
 SWS-WL : 地下水位測定 SWS
 DT-SWS : 二重管 SWS
 SDS : スクリュードライバーサウンディング
 NSW : Nippon Screw Weight Sounding

表面波探査は地点 1 と 3 の間
 (約 100m) でも実施

図-2 各試験の実施位置

3. SPT, S-CPT と物理試験結果

図-3, 4 にそれぞれ地点 1, 地点 3 の土質柱状図と SPT による N 値, S-CPT による V_s , および物理試験結果の深度分布を示す。地点 1 で深度約 8m, 地点 3 で深度約 6m までが埋立層と推定され, N 値と V_s が低い。これは粘性土が主体となっているためである。今回の敷地は最も新しく埋め立てられた新町 (1972~1980 年に埋立) に属し, 陸側の中町 (1964~1975 年に埋立) に比べて埋立層は粘性土主体となっているようである。埋立層の下は, 地点 1 で深度約 17m, 地点 3 で深度約 15.5m までが沖積砂層と推定される。 N 値は 3~17 と変化が大きい, N 値が小さいところは粘性土を挟んでいるためである。 N 値と土質から, 液状化した層は沖積砂層上部と推定される。

さらに, 沖積砂層の下が沖積粘土層 (深度 31~32m 程度まで堆積) である。図-3(3), 4(3) から, この粘土層の自然含水比 w_n は液性限界 w_L と同等ないし超えており, かなり鋭敏で軟弱な状態にあることがわかる。この沖積粘土層の特異な性状は文献 16) で報告される。

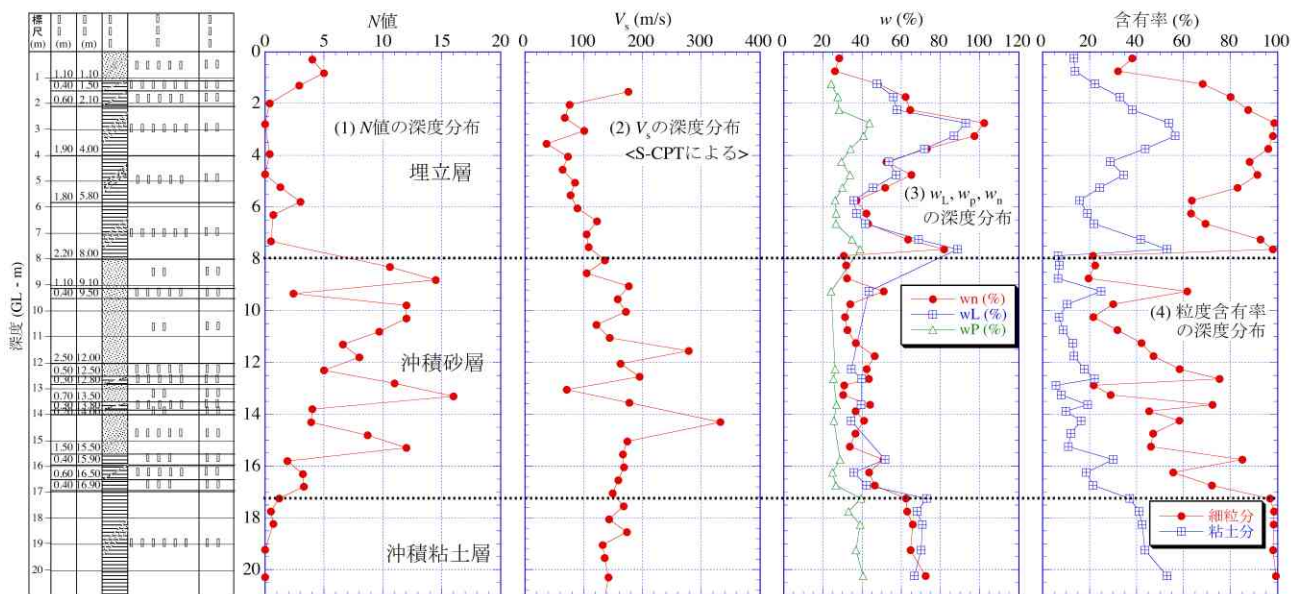


図-3 地点 1 の土質柱状図と N 値, V_s , 物理試験結果の深度分布

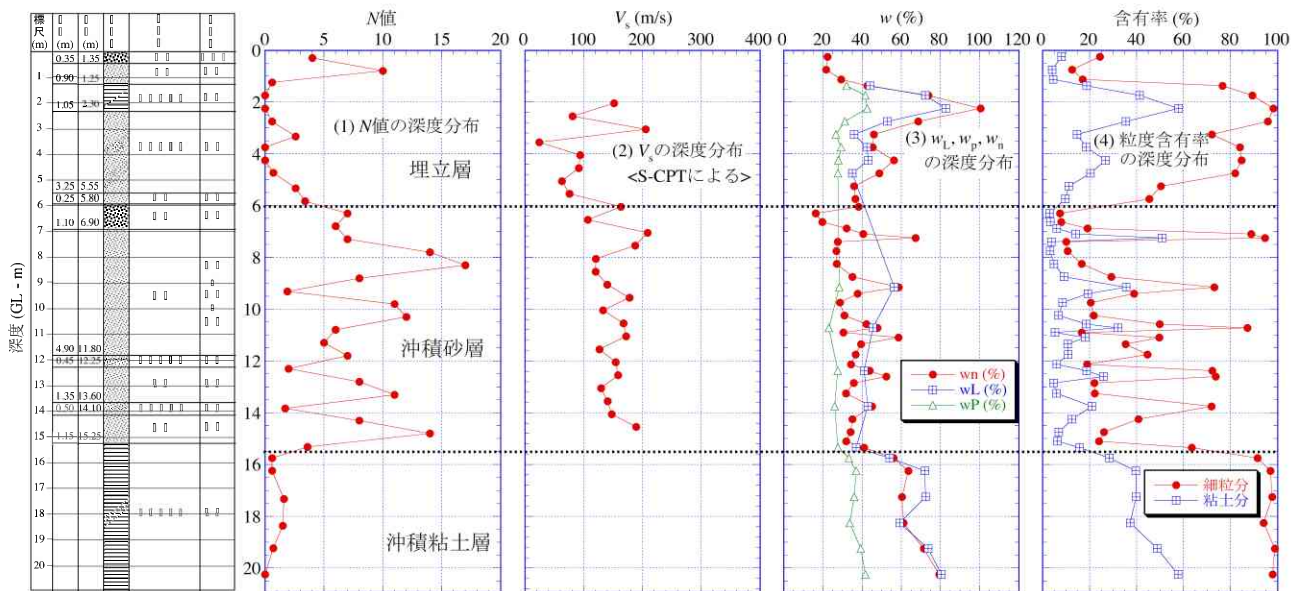


図-4 地点 3 の土質柱状図と N 値, V_s , 物理試験結果の深度分布

4. N 値による液状化予測結果

道路橋示方書¹⁷⁾の予測式に基づいて, SPTによる N 値と粒度試験による F_L 値を用いて海溝型地震 (タイプ I) による液状化安全率 F_L 値を算定した。地盤種別はⅢ種 (沖積地盤のうち軟弱地盤) としたので, 海溝型地震の水平震度 k_h は0.4 (加速度400 Gal相当) となる。ただし, 国土交通省による実測加速度が178Gal¹⁸⁾であったので, $k_h=0.18$ の場合も算定した。なお, 地下水位は地点 1, 3 ともに0.45 m (実測値) である。

図-5, 6 にそれぞれ地点1, 地点3の土質柱状図と N 値, F_c 値, F_L 値の深度分布を示す。 $k_{hg}=0.4$ における F_L 値は地点1, 3ともに0.3前後で, F_L を深さ方向に積分した液化化指標 P_L 値は 27.5, 37.7 となり, 非常に激しい液化化被害が発生することが予測される。しかしながら, 実測震度である $k_{hg}=0.18$ における F_L 値は地点1, 3ともに1よりやや小さい程度で, P_L 値はそれぞれ 8.6, 16.8 となり, 実際の液化化被害の大きさと必ずしも合わない(浦安市猫実での実測加速度 157Gal では, P_L 値はそれぞれ 4.1, 10.4 となる)。道路橋示方書では地盤の液化化強度比 R を求める際の地震動特性の補正係数 c_w は海溝型地震で 1.0 とすることになっているが, 今回のような継続時間の長い地震では地盤を揺らす繰返し回数は非常に多くなるため, 今後, c_w を小さくする修正が必要と考えられる。

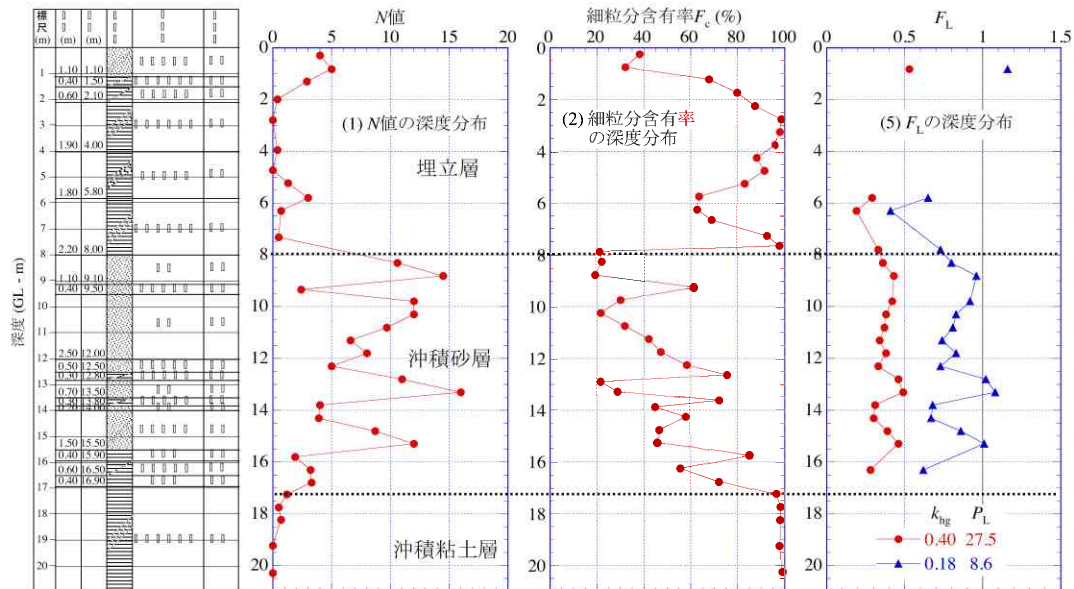


図-5 地点1の土質柱状図と N 値, F_c 値, F_L 値の深度分布

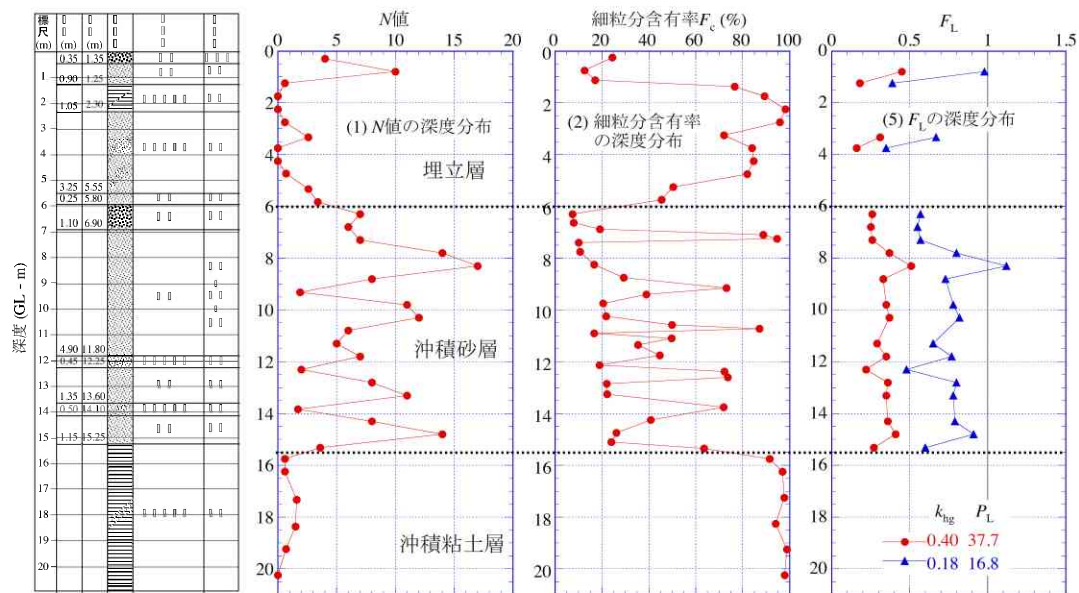


図-6 地点3の土質柱状図と N 値, F_c 値, F_L 値の深度分布

- 参考文献 1)~8) 浦安市における各種動的サウンディング試験の比較(その2)~(その9), 第47回地盤工学研究発表会(投稿中), 2012.
 9)~16) 浦安市における各種静的サウンディング試験の比較(その1)~(その8), 第47回地盤工学研究発表会(投稿中), 2012.
 17) 道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編, 2002.
 18) http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000043513.pdf, 2012.