

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6 : DT-SWS)

現場調査 液状化 スウェーデン式サウンディング

日本建築総合試験所 正会員 ○下平 祐司
 大阪市立大学大学院 国際会員 大島 昭彦
 大和ハウス工業 正会員 平田 茂良
 積水ハウス 正会員 深井 公
 報国エンジニアリング 正会員 金 哲鎬

1. はじめに

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¹⁾。本報では、スウェーデン式サウンディング(SWS)のロッドの外側に外管を挿入することでロッドと地盤との摩擦抵抗を積極的に低減する二重管スウェーデン式サウンディング(DT-SWS)の概要と浦安での測定結果ならびにSWS等の静的貫入試験、標準貫入試験等の動的貫入試験との比較検討結果を他地域で実施した結果と併せて報告する。なお、本報は、既発表の文献^{2)~4)}の内容にその後得られた調査結果を加えて取りまとめたものである。

2. DT-SWSの概要

DT-SWSは、SWSのロッド(φ19mm)の外側に両端部にネジ継手を設けた外管(ガス管20A 外径27.2mm, 内径21.6mm)を所定の深度増分毎に挿入することで、ロッドと地盤との直接接触部を最小限にするとともに、ロッドに生じた傾斜や曲がりを見逃すことが可能となる。また、これらの結果として、硬質な地盤への貫入性も向上することとなる。

試験手順は、以下のとおりである(図1参照)。①所定の深度増分(例えば、1m, 2m, 5m)までSWS試験を実施する。②外管とロッドを継ぎ足す。③外管を①で貫入させた深度増分だけ貫入させる。この際、外管の貫入には、SWS試験装置によるトルクと荷重を利用する。この時点で、ロッドと地盤とが接触する部分はなくなる。④さらに、①と同じ所定の深度増分だけ通常のSWS試験を実施し、②に戻る。

大阪市城東区東中浜(東中浜)で実施した試験結果を図2に示す。ここで、DT-SWS1は1m毎に、DT-SWS5は5m毎に外管を挿入して実施している。DT-SWSの貫入抵抗は、SWSの貫入抵抗より明らかに小さいこと、5m毎に外管を挿入したDT-SWS5の貫入抵抗は、5m毎にDT-SWS1の貫入抵抗と一致しており、外管の挿入によって確実にロッドの摩擦が低減されていることがわかる。また、深度5mまでの区間で、SWSの貫入抵抗>DT-SWS5の貫入抵抗となっている。これは、表層1.5m程度までが非常に締まった粒径の大きな碎石層であったため、DT-SWS5では、表層2mの区間のSWSを実施した後に、再度拡張したスク

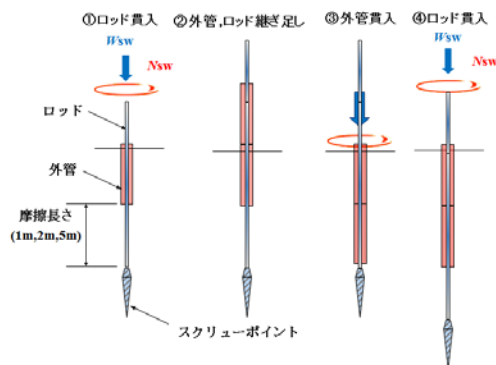


図1 試験手順

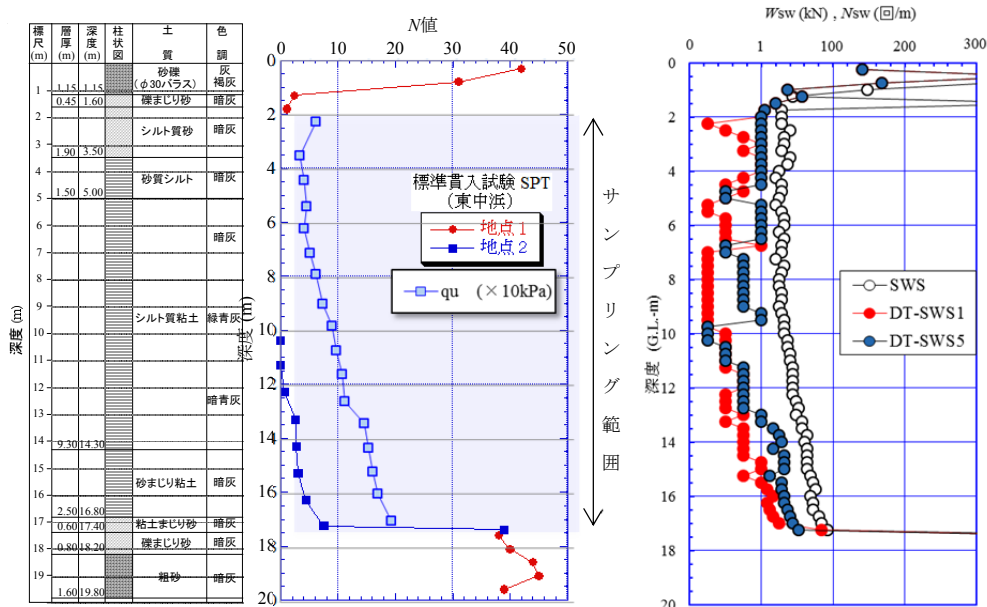


図2 柱状図および貫入抵抗の深度分布 (東中浜)

Comparison of Various Static Sounding Tests in Urayasu City (Part 6: DT-SWS)

Shimohira Yuji (General Building Research Corporation of Japan), Oshima Akihiko (Osaka City University), Hirata Shigeyoshi (Daiwa House Industry), Fukai Akira (Sekisui House), Kim Cholho (Hokoku Engineering)

リューポイントを貫入させ、この区間のロッドの摩擦を低減した状態で2m以深の調査を実施したためである。

図3は、浦安での調査結果に加えて、文献3),4)の試験現場での、1m離れた位置で実施したDT-SWSの貫入抵抗を比較したものである。多少ばらつきは認められるが、再現性は確保できていると考えられる。また、図4には、異なる試験機で同一現場の隣接点で実施したDT-SWSの結果を示した。N社製の試験機が大きい貫入抵抗を与える傾向があるが原因は不明である。なお、試験機の機構上、Y社製の試験機では1m毎に、N社製の試験機では75cm毎に外管を挿入している。

3. 調査概要

調査位置を図5に示す。また、後述の図6中のSWS(ave)は、図5中のDT-SWS実施位置周辺のSWSの結果の平均値を採用している。なお、地点1のDT-SWS-1については、深度13mで外管の挿入ができなくなったため、14m以深については通常のSWSとなっている。また、地点1におけるSWS(N社)については、明らかに異常値を示していたため、SWS(ave)を求めるデータからは除外している。今回の調査では、外管を挿入するピッチを1mとした。

4. 試験結果と考察

地点1および地点3におけるN値¹⁾、RI-CPT⁵⁾で得られた先端抵抗 q_t 、SWSおよびDT-SWSから得られた貫入抵抗の深度分布を図6および図7に示す。ここで、N値については、標準貫入試験(SPT)のサンプラー試料の粒度試験結果¹⁾に基づいて、砂質土と粘性土の区分を行っている。地点1と地点3の各貫入抵抗を比較すると、地点3の深度8m~14m間では、砂質土でのN値は概ね10~17と地点1とほぼ同じであるにもかかわらず、 q_t およびDT-SWSとSWSの貫入抵抗は地点1に較べて明らかに小さいことがわかる。

(1) 静的貫入抵抗との比較検討

図8には、SWSによる貫入抵抗とDT-SWSによる貫入抵抗との関係を示す。SWS<DT-SWSとなるデータも散見されるが、全体としては、SWS>DT-SWSの傾向が認められる。

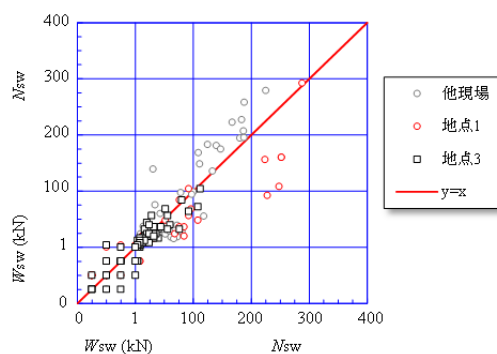


図3 DT-SWSの再現性

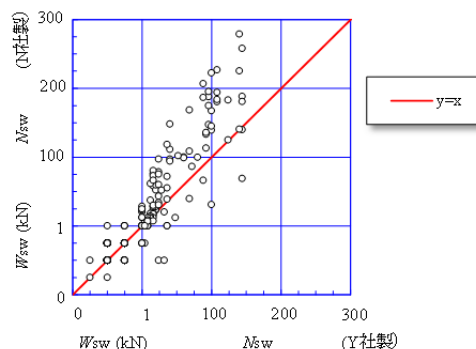


図4 DT-SWS 貫入抵抗の試験機による比較

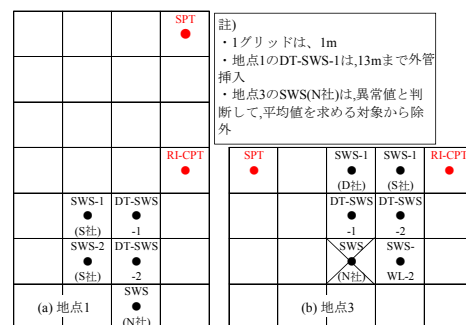


図5 調査位置

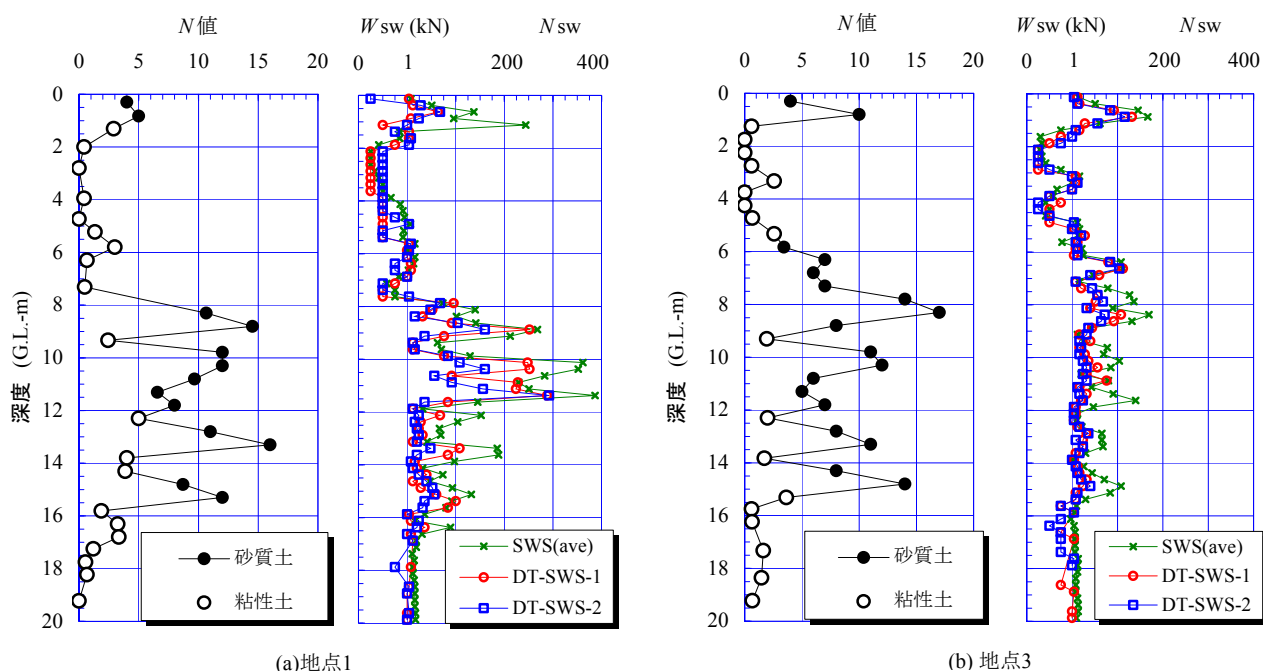


図6 N値, W_{sw} および N_{sw} の深度分布

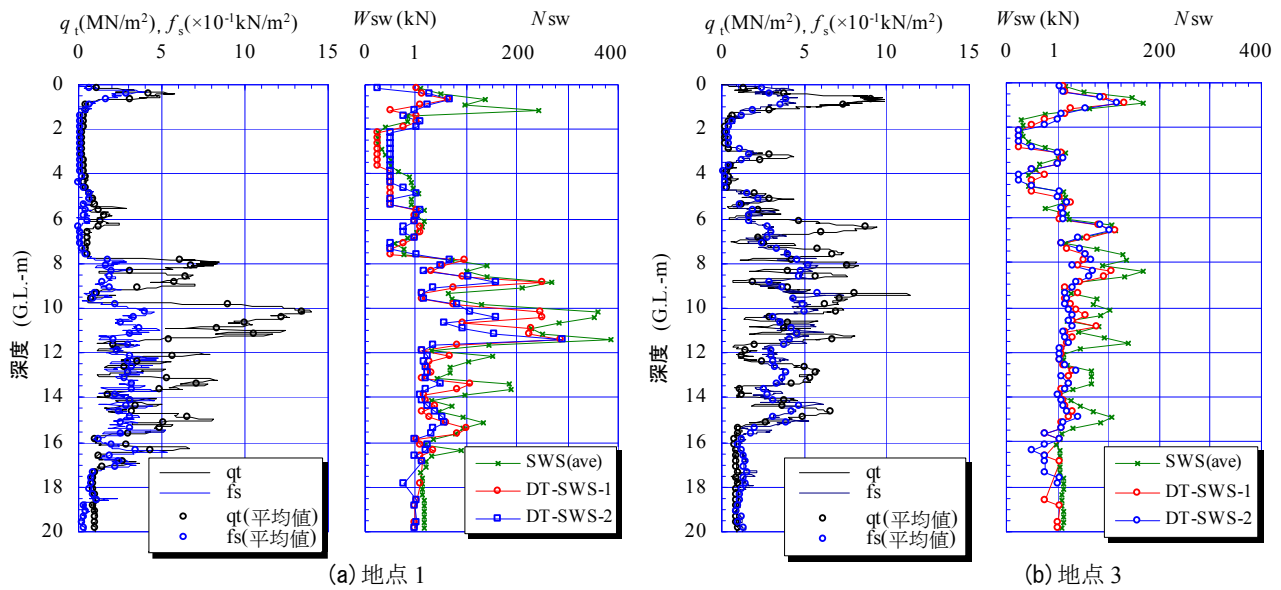


図7 q_t , f_s , W_{sw} および N_{sw} の深度分布

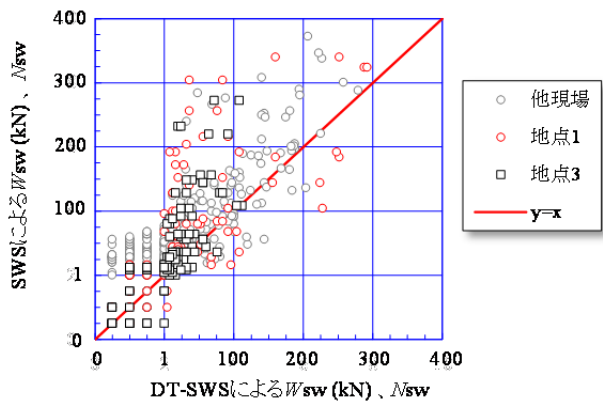


図8 SWS と DT-SWS の貫入抵抗の比較

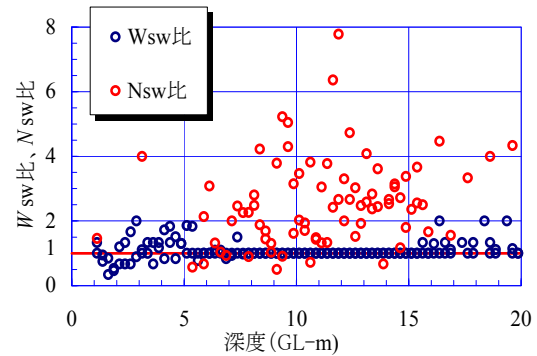


図9 SWS と DT-SWS の貫入抵抗比の深度分布

図9には、SWSによる貫入抵抗とDT-SWS試験による貫入抵抗との比の深度分布を示す。バラツキは大きい、深度が深くなるほど貫入抵抗の比が大きくなる傾向が認められる。図10には、 q_t とDT-SWSおよびSWSの貫入抵抗値との関係を示した。SWS、DT-SWSの場合ともに、 q_t との相関性が認められるが、DT-SWSの場合のほうがバラツキは小さいことが分かる。

図11には、浦安以外の現場で得られた不攪乱試料の q_u とDT-SWSおよびSWSの貫入抵抗値との関係を示した。同図中には、文献⁹⁾に示されているSWSからの q_u 推定式を併記しているが、 q_u 推定式はいずれの場合もほぼ q_u のデータの下限値を示すことがわかる。

(2) 動的貫入抵抗との比較検討

図12には、 N 値とDT-SWSおよびSWSによる貫入抵抗との関係を示す。同図には、浦安以外で

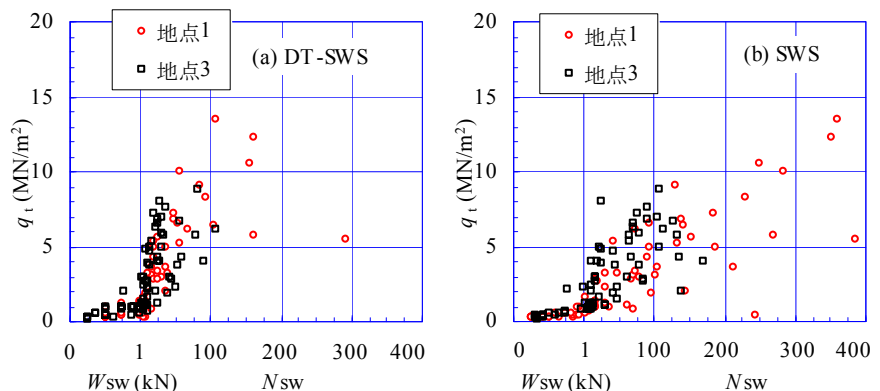


図10 q_t と SWS および DT-SWS の貫入抵抗の関係

得られたデータもプロットするとともに、図中に示した稲田式⁹⁾を併記している。同図から、SWSの貫入抵抗から稲田式を使って求めた換算 N 値は、砂質土では平均的な N 値を、粘性土ではデータの上限值に近い N 値となっていることがわかる。また、DT-SWSの貫入抵抗を稲田式に適用した場合は、粘性土ではSWSの場合と同様に N 値のデータの上限値を、砂質土では N 値のデータのほぼ下限値となっていることがわかる。図13には、ラムサウンディング(SRS)およびミニラムサウンディング(MRS)から得られたトルク補正を施した貫入抵抗値(N_{ds} および N_{dm})とDT-SWSおよびSWSの貫入抵抗値との関係を示した。 N_{ds} および N_{dm} ともに、SWSの貫入抵抗値との相関性のほうがDT-SWSの場合より高

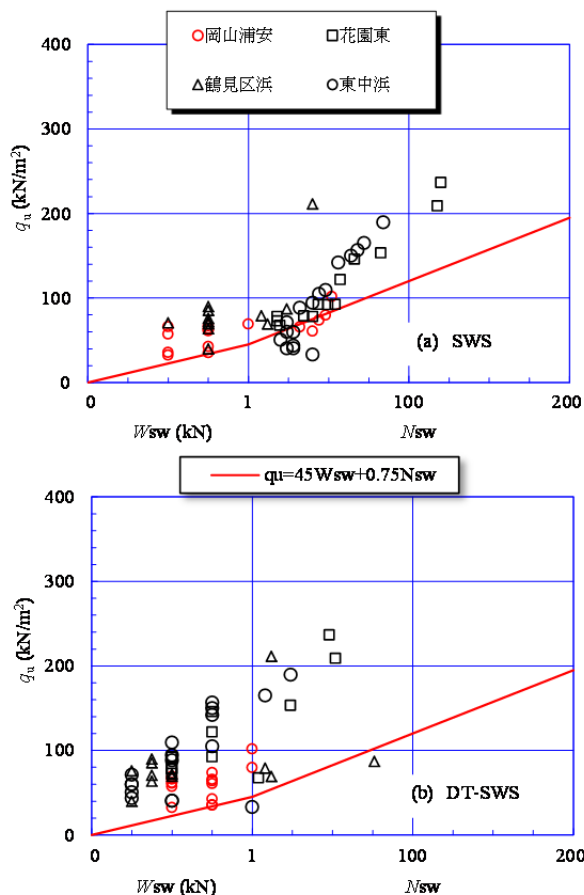


図 11 q_u と SWS および DT-SWS の貫入抵抗の関係

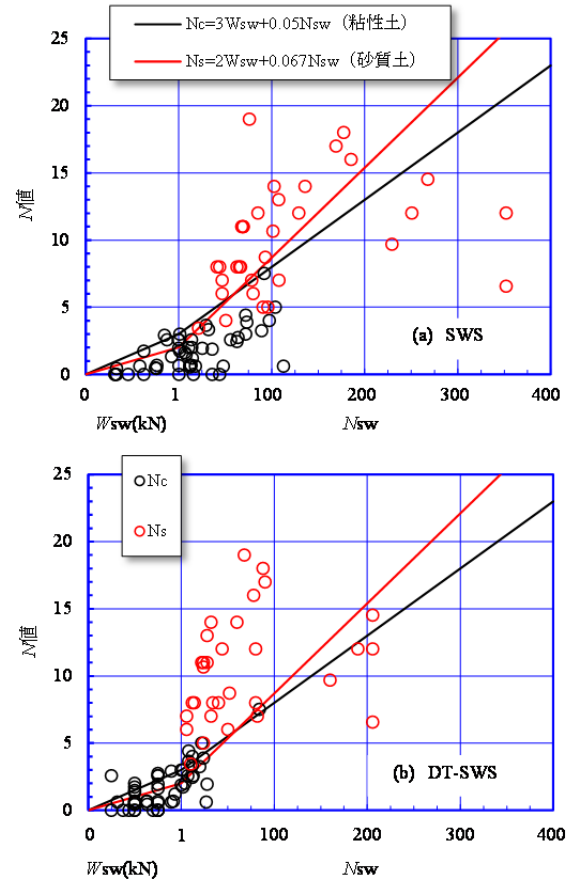


図 12 N 値と SWS および DT-SWS の貫入抵抗の関係

いことがわかる。これについては、各試験でのロッド摩擦の補正方法や DT-SWS におけるロッド摩擦低減に伴うロッド自重の影響なども考慮する必要があると考えられる。

5. まとめ

DT-SWS の概要を示すとともに、浦安市で実施した地盤調査の一斉試験における同試験の結果と静的および動的貫入抵抗との比較検討を行った。DT-SWS による貫入抵抗は SWS による貫入抵抗より小さな値を示すが、他のサウンディングによる貫入抵抗との関係では、あまり明確な相関関係は認められなかった。この原因としては、各サウンディングでのロッド摩擦の補正方法や DT-SWS におけるロッド摩擦低減に伴うロッド自重の影響などを考慮する必要がある。また、既往の換算 N 値を求める稲田式に DT-SWS の結果を適用すると、粘性土では N 値のデータの上限値を、砂質土では N 値のデータのほぼ下限値を推定する結果となった。一方、粘性土の一軸圧縮強さについては、稲田式がデータの下限値を推定する結果となった。

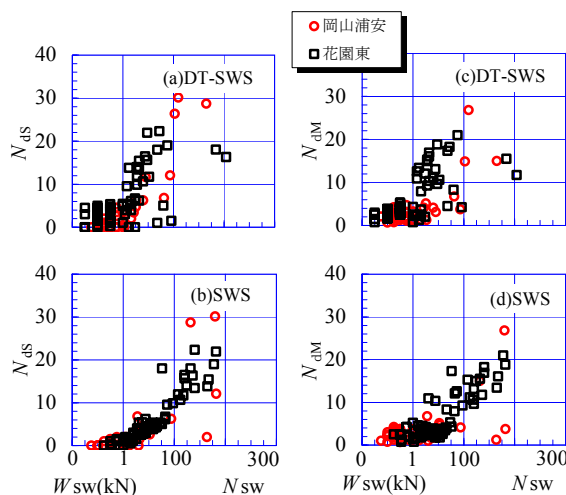


図 13 N_{ds} , N_{dm} と DT-SWS の貫入抵抗の関係

参考文献

- 1) 大島他：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），第 47 回地盤工学研究発表会，pp.131-132, 2012
- 2) 下平他：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 6：DT-SWS），第 47 回地盤工学研究発表会，pp.159-160, 2012
- 3) 廣瀬他：二重管スウェーデン式サウンディングの開発と測定例，第 47 回地盤工学研究発表会，pp.189-190, 2012
- 4) 廣瀬他：二重管スウェーデン式サウンディングの開発と測定例(その 2)，日本建築学会学術講演梗概集(東海)，pp.653-654, 2012
- 5) 三村他：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：RI-CPT），第 47 回地盤工学研究発表会，pp.149-190, 2012
- 6) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第 6 編第 3 章スウェーデン式サウンディング試験，pp.280-289, 2002