

# SWS 試験孔を利用した電気比抵抗法による 土の細粒分含有率の評価

高 元浩\*<sup>1</sup> 藤井 衛\*<sup>2</sup> 持田 泰秀\*<sup>3</sup> 武智 耕太郎\*<sup>4</sup> 足立 由紀夫\*<sup>5</sup>

## A Study on an Evaluation Method of Fine Fraction Soil Content by Electrical Resistivity Using the Swedish Weight Sounding Test Hole

by

Yuanhao GAO\*<sup>1</sup>, Mamoru HUIJI\*<sup>2</sup>, Yasuhide MOCHIDA\*<sup>3</sup>, Kotaro TAKECHI\*<sup>4</sup> and Yukio ADACHI\*<sup>5</sup>

(Received on Sep. 24, 2014 and accepted on Nov. 13, 2014)

### Abstract

The Swedish weight sounding test (thereafter, called the SWS test) is widely used as a research method to evaluate residential sites. The advantage of SWS test is its potential to evaluate the bearing capacity of residential sites. In particular, by continuous measurement, it is relatively easy to capture boundary formation. On the other hand, a disadvantage of the SWS test is for determining soil and groundwater level. The determination of soil is based on the experience of the operator. Information only obtained from the results of the SWS test is insufficient to evaluate the residential ground. Supposing that it is possible to incorporate the determination method of the soil by electrical resistivity using SWS test holes, a lot of information will be gained. As an ideal means, the electrical logging method by attaching the electrode to the SWS test hole is effective. Based on the above background, it is clear that the evaluation of fine fraction content of soil is possible by electrical resistivity from the laboratory test, and the estimation formula was complete. In this study, field experiments of the six sites were performed to confirm the accuracy of the estimation formula from the laboratory test.

**Keywords:** Electrical resistivity, Swedish weight sounding test, Soil classification, Fine fraction content

## 1. はじめに

地盤の液状化現象は1964年6月16日の新潟地震(地震の規模:  $M_w7.5$ )で問題になり, 2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に(地震の規模:  $M_w9.0$ )では, 東北地方と関東地方の広範囲に大規模な液状化が起こり, 甚大な被害が発生した. この地震によって, 宅地地盤が液状化被害を受けた件数は約25,000棟を超え, 戸建住宅の液状化対策や戸建住宅の液状化評価手法の検討が重要な課題とみなされた. このような状況下で, 特に問題になったのは宅地地盤の液状化を正確に判別できる地盤調査法の活用である<sup>1)</sup>.

既往の宅地地盤を評価する調査法としては, 一般的に標準貫入試験よりも, 簡便性, 経済性及び迅速

性などを重視したスウェーデン式サウンディング試験(以下, SWS試験と呼ぶ)が広く用いられている. この調査法は, 1954年スウェーデンから国内に導入されてから約60年の歴史がある試験法であり, 建築業界の宅地地盤の調査法として広く普及している. その理由としては, 宅地地盤の支持力の評価が可能であり, 連続した測定が可能であることや, 比較的容易に地層の境界を捉えることができることにある<sup>2)~7)</sup>. しかし, SWS試験結果のみから得られる情報だけでは, 土質の判別は不十分であり, これらを補填する調査手法の開発が望まれている.

そこで, 本研究ではサンドシームの発見に効果的な電気検層法に着目した. もし, SWS試験孔を利用した電気比抵抗(以後, 比抵抗と呼ぶ)によって土質を推定することができれば, より多くの地盤情報が得られる.

以上の背景をもとに, 本研究ではSWS試験孔を利用した電気検層手法を確立したのでここに報告する.

\* 1 総合理工学研究科総合理工学専攻 博士課程  
\* 2 工学部建築学科教授  
\* 3 立命館大学建築都市システム工学科  
\* 4 ジャパンホームシールド株式会社  
\* 5 日東精工株式会社

## 2. これまでの研究成果

筆者らは、これまで土の細粒分含有率と土の電気比抵抗との関係に着目した室内実験を行い、1)式のような電気比抵抗による土の細粒分含有率の推定式を提案した<sup>8)~12)</sup>。そして、この式の適用性を調べるため、地下水が存在しない粘性土地盤においてSWS試験を実施し、その孔を各種の間隙水(水道水、純水および各種濃度の塩化カリウム溶液)で満たし、1)式が粘性土地盤では適用できることを実証した<sup>12)</sup>。しかし、実際に地下水が存在する地盤や砂質土層に対してはまだ実施してはいない。

$$A=9.81Rw^{-1.24} \cdot Fo^{1.41(9.81Rw^{-1.24})^{0.03}} \quad (1)$$

ここに、 $A$ : 細粒分含有率(%),  $Rw$ : 間隙水の比抵抗( $\Omega \cdot m$ ),  $Fo$ : 間隙水の比抵抗  $Rw$  に対する土の比抵抗  $Ro$  の比率( $Fo=Rw/Ro$ )。

そこで、本研究では、6地点の原位置にて、既往の室内実験により提案した細粒分含有率の推定式の妥当性について検討を行った。

## 3. 実験概要

### 3.1 調査位置

SWS試験及び電気検層による電気比抵抗試験を実施した場所は、埼玉県比企郡川島町、茨城県取手市、茨城県取手市、千葉県市原市、神奈川県横浜市、岐阜県羽島市の合計6地点である。これら6地点の調査年月日、及び地盤特徴をTable 1に示す。

Table 1 Features of the ground and the measurement point

No.	Measurement point	Measurement Depth(m)	Features of the ground
1	Saitama Prefecture Kawashima-cho Kamiyatsubayashi	5.50	G.L.0m~0.65m is back fill contained gravel mingled with clay, G.L.-0.65m~7.40m is a silty clay of about 2 N value.
2	Ibaraki Prefecture Toride Yanaka	4.25	G.L.0m~5.00m is the cohesive soil of N value about 2, G.L.-5.00m~6.00m is a sand layer of about 7 N value.
3	Saitama Prefecture Kasukabe	8.50	G.L.0m~1.60m is the cohesive soil, G.L.-1.60m~6.80m is a silt layer of about 2 N values.
4	Chiba Prefecture Ichihara	5.25	G.L.0m~1.50m is back fill contained sand and clay, G.L.-1.50m~5.30m is a silt layer of about 2 N value.
5	Kanagawa Prefecture Yokohama Tsurumi-ku,	6.50	G.L.0m~1.10m is back fill contained clay, sand and mainly, G.L.-1.10m~6.25m is a silt of about 2 N value. G.L.-6.25m~6.80m is a sand layer of about 6 N value.
6	Gifu Prefecture Hashima Ajika-cho	8.50	G.L.0m~1.90m is back fill contained silt sand, G.L.-1.90m~3.60m is a fine sand layer of N value of about 8. G.L.-3.60m~5.30m is a silt layer of N-value 2. G.L.-5.30m~7.00m is a fine sand layer of about 13 N value.

また、合計48種類のサンプリング試料土を用いて室内にて、含水比試験、土粒子の密度試験、液性限界及び塑性限界試験及び粒度試験を行った。Fig.1(a)~Fig.1(e)にこれらの粒度試験結果を示し、Table 2に物理諸元を示す。

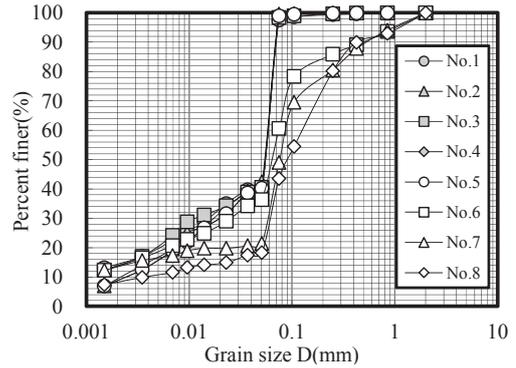


Fig.1(a) Particle size distribution curve.

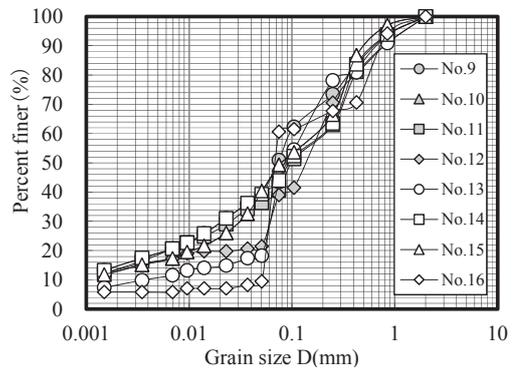


Fig.1(b) Particle size distribution curve.

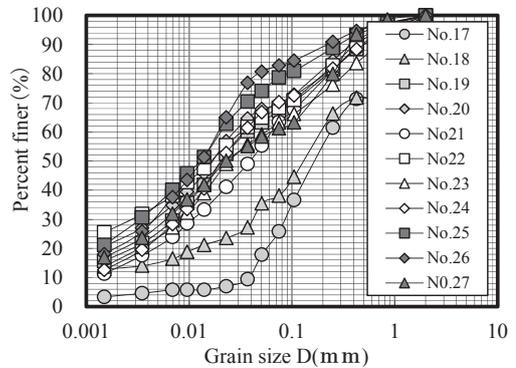


Fig.1(c) Particle size distribution curve.

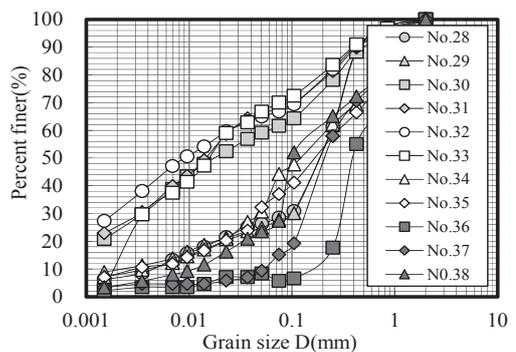


Fig.1(d) Particle size distribution curve.

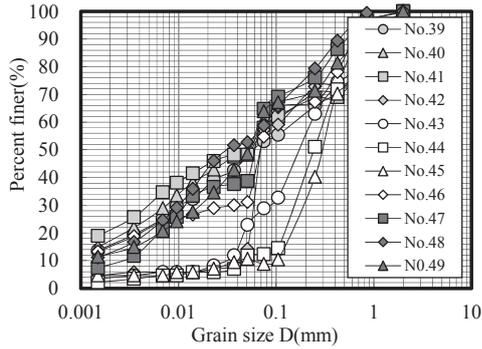


Fig.1(e) Particle size distribution curve.

### 3.2 測定装置

現地盤に対して1)式の適用性調べるためには、原位置のSWS試験孔に挿入した電極による土の比抵抗と採取した地下水の比抵抗を計測が必要になる。

原位置の電気比抵抗の測定するため、使用した押し込み装置はFig.2に示した自動SWS試験機械である。また、その試験孔を利用し、自動SWS試験機の先端に新たに開発したFig.3に示す原位置測定用電極(以後、電極と呼ぶ)を取り付け、これを深さ25cmずつ所定の深さまで貫入させた。比抵抗の測定回路はFig.4に示すもので、その仕様をTable 3に示す。

Table 2 Soil specimen properties.

No.	Measurement point	Type of soil	Water content (%)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Liquid limit		Plastic limit	I <sub>p</sub>	Grain size composition (%)					
					W <sub>L</sub> (%)	W <sub>P</sub> (%)			Granule	Coarse sand	Medium sand	Fine sand	Silt	Clay
1		Clay	48.1	2.6	74.81	53.56	21.25	-	2.2	6.4	6.3	75.4	9.6	
2	Saitama Prefecture	Clay	52.9	2.8	66.95	38.88	28.07	-	0.1	0.5	1.8	80.5	17.0	
3	Kawashima-cho	Clay	56.1	2.2	57.00	35.42	21.58	-	0.0	0.1	0.3	85.5	14.0	
4	Kamiyatsubayashi	Clay	58.9	2.8	64.12	41.01	23.11	-	-	0.3	1.3	81.3	17.0	
5		Clay	60.0	2.7	57.00	46.30	10.70	-	-	0.2	0.9	86.4	12.5	
6		Clay	26.7	2.7	50.74	27.27	23.58	-	6.8	5.3	9.2	66.1	12.7	
7	Ibaraki Prefecture	Clay	32.9	2.5	56.82	36.99	20.32	-	5.8	7.0	8.1	68.0	11.1	
8	Toride	Clay	38.1	2.6	53.91	30.85	22.76	-	3.2	4.7	6.4	71.4	14.3	
9	shaped Honda	Clay	36.5	2.6	59.52	30.24	29.27	-	0.6	2.0	6.8	75.6	15.1	
10		Clay	43.4	2.8	54.36	26.94	28.01	-	0.4	0.8	1.9	85.0	11.9	
11		Clay	76.5	2.6	84.82	5.26	79.55	-	0.6	0.7	2.3	83.7	12.7	
12	Ibaraki Prefecture	Clay	141.1	2.4	148.97	59.13	89.84	-	0.1	0.5	1.4	83.0	15.1	
13	Kasukabe	Clay	139.2	2.4	- *	- *	- *	-	0.6	2.5	4.3	83.2	9.4	
14	Mashito	Clay	77.5	2.4	- *	- *	- *	-	0.2	0.3	2.5	83.5	13.5	
15		Clay	60.8	2.9	- *	- *	- *	-	0.4	0.6	7.3	80.6	11.1	
16	Chiba Prefecture	Sandy soil	24.3	2.7	-	-	-	-	25.9	6.4	7.1	54.8	5.8	
17	Ichihara	Sandy soil	26.4	2.7	-	-	-	-	26.8	11.8	35.6	21.2	4.6	
18	Kikuma	Clay	31.8	2.6	- *	- *	- *	-	26.7	7.0	28.2	24.0	14.1	
19		Clay	89.3	2.7	91.00	60.50	30.50	3.4	3.8	12.7	14.1	42.1	25.2	
20		Clay	77.8	2.6	79.70	61.60	18.10	-	3.3	12.2	15.2	38.9	30.4	
21		Clay	77.0	2.6	79.60	61.60	18.00	0.2	4.7	13.9	17.8	43.2	20.2	
22		Clay	78.9	2.6	82.20	62.70	19.50	-	3.7	13.5	14.5	33.9	34.4	
23		Clay	84.9	2.6	86.60	63.50	23.10	0.2	7.4	16.2	13.0	40.0	23.2	
24	Clay	85.3	2.6	88.80	64.90	23.90	0.3	4.9	13.1	11.5	47.3	22.9		
25	Kanagawa Prefecture	Clay	102.1	2.5	106.90	75.30	31.60	-	2.8	8.4	10.1	44.0	34.7	
26	Yokohama	Clay	116.7	2.4	130.30	77.60	52.70	0.2	2.4	6.5	8.1	52.8	30.0	
27	Tsurumi-ku,	Clay	87.0	2.6	104.30	53.30	51.00	-	1.4	18.7	18.7	34.0	27.2	
28	Kitaterao	Clay	51.8	2.6	58.80	33.90	24.90	-	2.7	36.1	10.5	18.0	32.7	
29		Clay	60.8	2.6	67.60	37.50	30.10	-	2.4	35.9	12.2	15.6	33.9	
30		Clay	133.9	2.5	157.60	95.20	62.40	-	5.6	16.2	16.6	28.4	33.2	
31		Clay	121.0	2.6	133.20	79.50	53.70	0.6	3.3	14.8	13.3	32.6	35.4	
32		Clay	122.1	2.6	130.30	83.10	47.20	0.4	3.9	13.6	15.3	24.1	42.7	
33		Clay	136.7	2.7	147.80	98.10	49.70	0.0	3.2	13.2	13.6	36.2	33.8	
34		Sandy soil	17.8	2.5	-	-	-	-	27.6	10.2	18.0	34.6	9.6	
35		Sandy soil	27.9	2.6	30.88	27.54	3.34	-	30.8	11.3	20.9	26.4	10.6	
36		Sandy soil	23.0	2.6	-	-	-	-	29.9	52.4	12.0	2.3	3.4	
37		Sandy soil	28.4	-	-	-	-	-	26.8	15.3	42.8	10.6	4.6	
38		Clay	35.9	2.6	- *	- *	- *	-	27.5	3.4	41.7	21.7	5.6	
39		Clay	41.7	2.6	- *	- *	- *	-	28.7	1.4	6.8	43.6	19.5	
40	Gifu Prefecture	Clay	39.7	-	45.57	20.00	25.57	-	28.3	0.1	1.6	48.1	21.9	
41	Hashima	Clay	51.1	-	50.67	26.21	24.46	-	30.8	0.4	0.8	42.3	25.7	
42	Ajika-cho	Clay	27.7	2.5	- *	- *	- *	-	25.9	1.2	15.6	51.5	5.8	
43		Sandy soil	23.9	2.4	-	-	-	-	25.2	11.9	44.1	14.2	4.6	
44		Sandy soil	27.1	2.7	-	-	-	-	25.8	23.1	38.8	8.9	3.4	
45		Sandy soil	25.8	2.6	-	-	-	-	25.6	34.2	31.5	4.2	4.6	
46		Clay	53.4	-	71.37	47.62	23.75	-	31.3	1.4	2.6	45.9	18.8	
47		Clay	64.9	-	80.08	40.24	39.84	-	33.5	0.3	1.4	53.1	11.7	
48		Clay	50.8	-	47.00	21.13	25.87	-	30.6	0.1	0.6	52.0	16.7	
49		Clay	40.4	-	57.01	21.10	35.91	-	28.5	0.2	7.4	49.1	14.9	

注\*) 試験の量が少なかったため物理試験不可能なデータ

電極はSWS試験で設けた孔に降ろすことになるが、端部にスクリーが取り付けられているため、スクリーは孔壁に接触しながら、そのピッチに応じて回転して貫入することになり、計測導線も一緒に回転してしまう。これを防ぐために、比抵抗の計測導線は、ロッドの内部を介して、Fig.5に示すようにロータリーコネクタに接続してある。このコネクタは、回転側（ロッド側）と固定側（ケーブル側）との間における検出信号の伝達を行う電気部品であり、このコネクタにより、ロッドを回転させてもケーブルを固定させた状態で比抵抗が計測できる機構となっている。

室内にて地下水の電気比抵抗を測定するために使用した電極はFig.6に示す市販のポータブル電気伝導率計である。Fig.7にその寸法を示し、Table 4にその仕様を示す。地下水は、SWS試験孔の中にFig.8に示す採水器を挿入して汲み上げた。この採水器は、地下水中に浸漬させると、地下水が先端部から浸漬し、容器内の球が地下水の浸漬に伴って上部に移動する。そして、球は時間の経過とともに自重により落下し、先端の開口部を塞ぐ仕組みとなっている。

Table 3 Specification of the position measuring electrode.

Electrode spacing	30mm
Electrode placement method	Wenner method
Energization method	AC method
Frequency	60Hz
Electrical resistivity measurement range	$0.5\Omega \cdot m - 20K\Omega \cdot m$

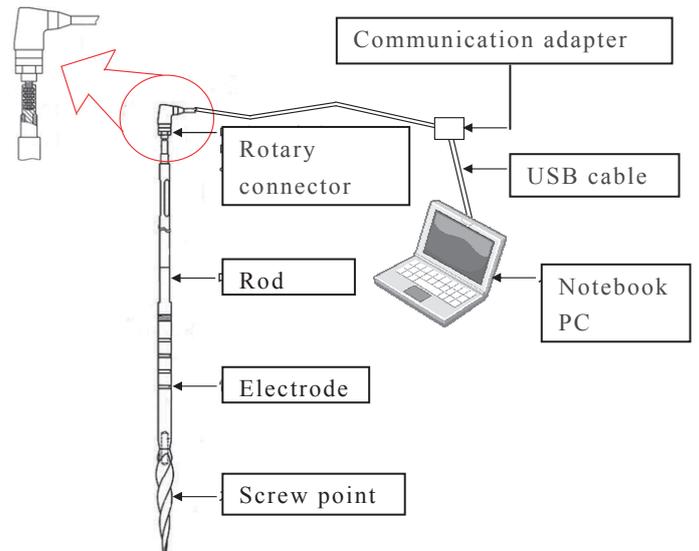


Fig.5 Rotary connector.



Fig.2 Pushing equipment.

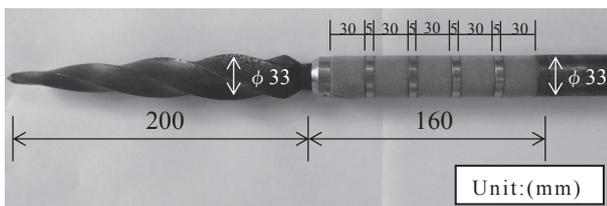


Fig.3 Resistivity probe.



Fig.6 Portable electrical conductivity meter.

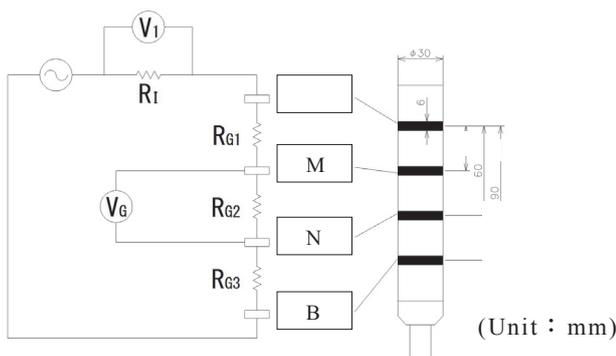


Fig.4 Measurement circuit of the resistivity.

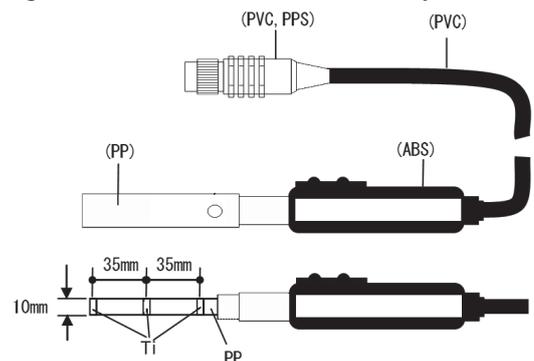


Fig.7 Portable electrical conductivity meter size.

Table 4 Specifications of the electrical resistivity

Type name	CT-27112B
Measurement range	0.5Ω・m~10KΩ・m
Temperature range	0℃~80℃
Humidity range	<95RH%

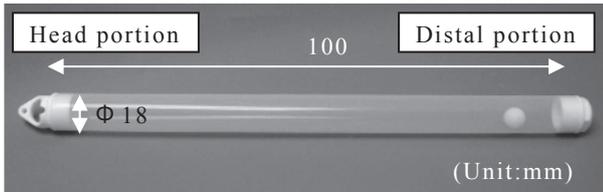


Fig.8 Harvester of groundwater.

### 3.3 実験方法

比抵抗の測定方法をFig.9に示し、測定概念図をFig.10に示す。比抵抗試験では、孔内水を介して電流を流すことによって、比抵抗を測定するので、適用範囲は地下水以深としている。Fig.11の測定状況を示す。

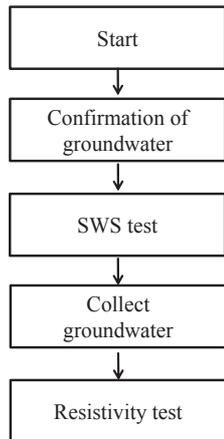


Fig.9 Measuring method

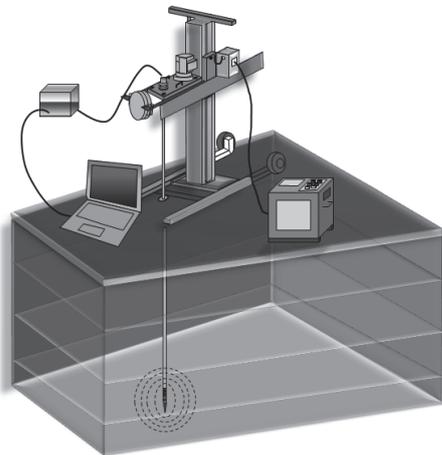


Fig.10 Measurements conceptual diagram of the resistivity.

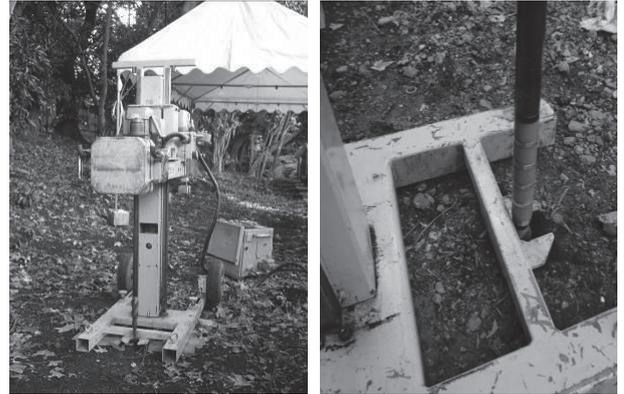


Fig.11 Experimental situation.

## 4. 実験結果および考察

Fig.12~Fig.17は6地点の原位置試験における比抵抗の測定結果である。この電気検層法による比抵抗の測定結果に対する考察と、細粒分含有率の評価式1)の適用性について検討する。

### 4.1 比抵抗測定結果に対する考察

#### 1) 埼玉県比企郡川島町における比抵抗測定結果

Fig.12は埼玉県比企郡川島町の比抵抗の測定結果を示したものである。調査対象地盤はG.L.-0.65mまでは礫混り粘土を主体とした埋土であり、G.L.-0.65m~7.40mはシルト質粘土である。比抵抗の測定はG.L.-5.60mまで行った。比抵抗の値が変化したのはG.L.-0.65m~-1.00mの盛土の下部地盤で、シルト質粘土層の地層境界である。比抵抗は粒子の大きさを反映するものであり、G.L.-0.65m付近は礫が混じることによって、比抵抗の値が増大したと考えられる。また、それ以深の比抵抗の変化は、砂分量の大きさを反映しているものと推察されるが、その変化はわずかであることから均質な砂質土層であると推察される。

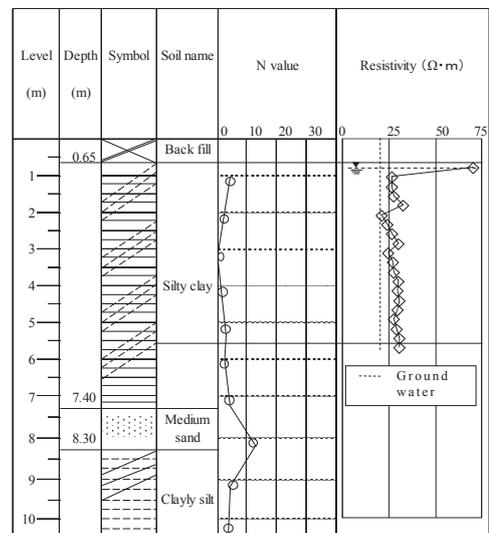


Fig.12 Measurements of the resistivity (Saitama Prefecture Kawashima-cho).

2) 茨城県取手市における比抵抗測定結果

Fig.13 は茨城県取手市の比抵抗の測定結果を示したものである。調査対象地盤は G.L.-0.90m までは粘土を主体とした埋土であり、G.L.-0.90m～-1.90m はシルトである。また、G.L.-1.90m～-4.90m までは砂混じりシルトである。比抵抗の測定は G.L.-4.20m まで行った。比抵抗は G.L.-1.90m あたりから変化しており、この位置は地層の境界に相当する。G.L.-3.50m 付近で比抵抗が急激に増大しているが、それは地層中の砂分量の増大によるものと推察される。

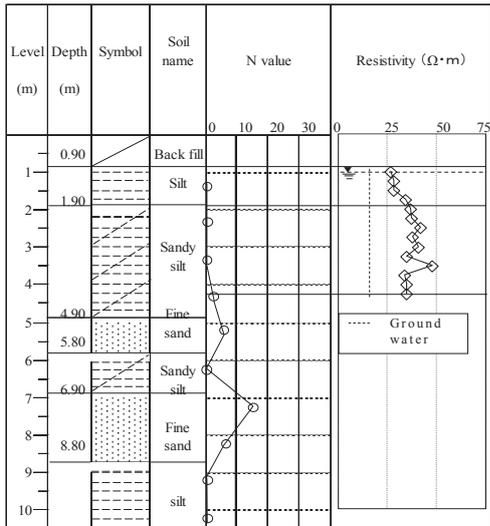


Fig.13 Measurements of the resistivity (Ibaraki Prefecture Toride Yanaka).

3) 埼玉県春日部市における比抵抗測定結果

Fig.14 は埼玉県春日部市の比抵抗の測定結果を示したものである。調査対象地盤は G.L.-1.60m までは粘土を主体とした盛土であり、G.L.-1.60m～-1.90m は粘土層である。また、G.L.-1.90m～-3.00m までは砂混じりシルト、G.L.-3.00m～-5.80m はシルト質粘土、G.L.-5.80m～-6.80m はシルトである。比抵抗の測定は G.L.-6.80m まで行った。比抵抗は G.L.-1.90m あたりから変化しており、この位置は地層の境界に相当する。G.L.-3.00m 付近で比抵抗が急激に増大しているが、それは地層中の砂分量の増大によるものと推察される。

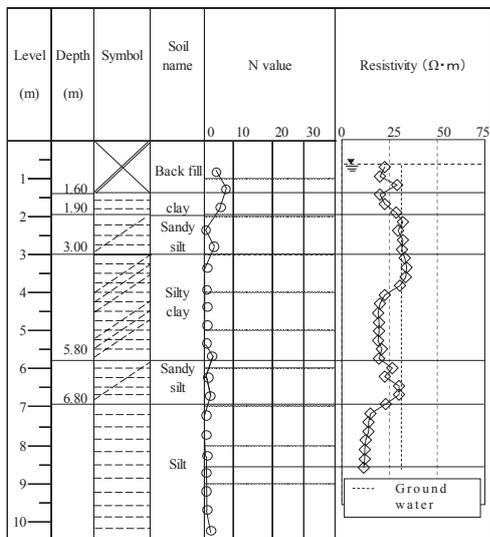


Fig.14 Measurements of the resistivity (Saitama Prefecture Kasukabe).

G.L.-5.80m～-6.80m は砂混りシルト、G.L.-6.80m～-8.50m はシルトである。比抵抗の測定は G.L.-8.60m まで行った。これらの地層の境界はほぼ比抵抗の分布の変化位置に対応している。各地層における砂分の含有量の大小が明確に比抵抗の分布に反映されていると推察される。

4) 千葉県市原市における比抵抗測定結果

Fig.15 は千葉県市原市の比抵抗の測定結果を示したものである。調査対象地盤は G.L.-1.50m までは粘土及び砂を主体とした盛土であり、G.L.-1.50m～-1.80m 有機質粘土である。また、G.L.-1.80m～-5.30m までは細砂である。比抵抗の測定は G.L.-5.40m まで行った。比抵抗の分布をみると G.L.-3.00m から急激に増大している。ボーリング記録によると G.L.-2.30m 以深に貝殻片が混入しているとのことであり、物性に大きな変化があることを示している。

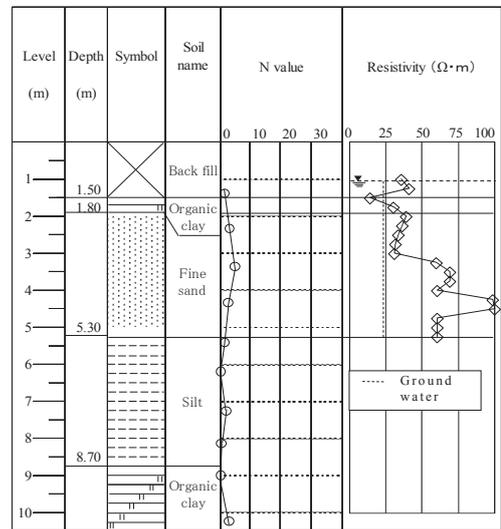


Fig.15 Measurements of the resistivity (Chiba Prefecture Ichihara).

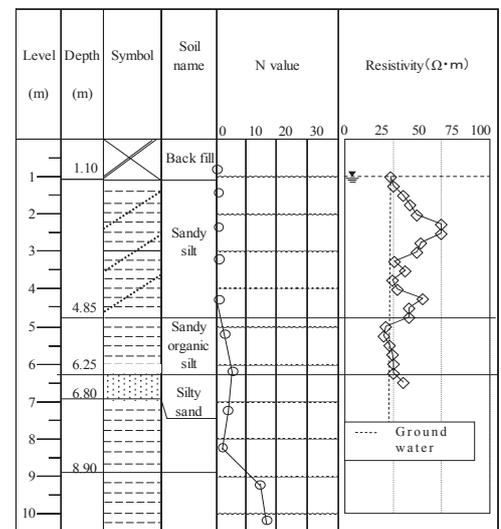


Fig.16 Measurements of the resistivity (Kanagawa Prefecture Yokohama).

5) 神奈川県横浜市における比抵抗測定結果

Fig.16 は神奈川県横浜市の比抵抗の測定結果を示したものである。調査対象地盤は G.L.-1.10m までは粘土を主体とした盛土であり, G.L.- 1.10m ~ - 4.85m は砂混りシルト層である。また, G.L.- 4.85m ~ - 6.25m までは砂混り有機質シルト, G.L.- 6.25m ~ - 6.80m はシルト砂である。比抵抗の測定は G.L.-6.70m まで行った。比抵抗は G.L.-2.20m ~ -5.00m 間で大きく変動しており, 粘性土と砂が不均質に混在していることと推察される。

6) 岐阜県羽島市における比抵抗測定結果

Fig.17 は岐阜県羽島市の比抵抗の測定結果を示したものである。調査対象地盤は G.L.-1.90m までは盛土である。G.L.-1.90m ~ -3.60m は細砂である。また, G.L.-3.60m ~ -5.30m まではシルト, G.L.-5.30m ~ -7.00m までは細砂, G.L.-7.00m ~ -9.20m まではシルトである。比抵抗の測定は G.L.-8.50m まで行った。この地盤は砂と粘土の互層地盤であり, 比抵抗の分布は互層状況をよくとらえている。

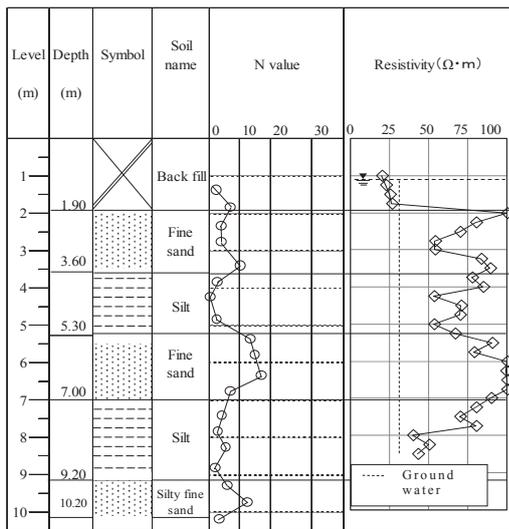


Fig.17 Measurements of the resistivity (Gifu Prefecture Hashima).

4.2 細粒分含有率の指定式に対する検証

Table 5 は既往の研究による細粒分含有率の評価式 1) 式を用いて算定した細粒分含有率と測定細粒分含有率の測定結果を示した。また, これらの比較した結果を Fig.18 に示す。サンプリングした試料土は Table 2 に示す No.1 ~ No.49 である。また, Fig12 ~ Fig17 に示すように, 地下水の比抵抗は  $20\Omega \cdot m$  ~  $35\Omega \cdot m$  であり, それほど大きな違いは認められなかった。Fig.18 により, 両者の標準偏差は  $\pm 5.91$  であり, 概ねよく対応している。したがって, 原位置においても, 1) 式は十分に適用性のあることが検証された。

以上により, SWS 試験を利用して本手法の電気検層を実施することで, 土の判別は十分に可能であ

るとの見通しをつけることができた。

Table 5 Comparison of the calculated fine fraction content and the measured fine fraction content.

No.	The results of analysis by the specific resistance test		The results of analysis by laboratory experiments	
	Fine fraction content (%)	Soil classification	Fine fraction content (%)	Soil classification
1	85.1	Clay	85.0	Clay
2	97.9	Clay	97.5	Clay
3	88.2	Clay	99.6	Clay
4	100.0	Clay	98.4	Clay
5	89.2	Clay	98.9	Clay
6	76.9	Clay	78.7	Clay
7	83.3	Clay	79.1	Clay
8	82.1	Clay	85.6	Clay
9	100.0	Clay	90.6	Clay
10	100.0	Clay	96.9	Clay
11	94.7	Clay	96.4	Clay
12	87.8	Clay	98.0	Clay
13	87.3	Clay	92.7	Clay
14	87.0	Clay	97.0	Clay
15	87.0	Clay	91.6	Clay
16	56.9	Clay	60.6	Clay
17	13.9	Sandy soil	25.8	Sandy soil
18	36.2	Sandy soil	38.1	Sandy soil
19	65.7	Clay	67.3	Clay
20	74.3	Clay	69.3	Clay
21	75.2	Clay	63.4	Clay
22	75.1	Clay	68.3	Clay
23	79.8	Clay	63.2	Clay
24	73.8	Clay	70.2	Clay
25	68.2	Clay	78.7	Clay
26	59.1	Clay	82.8	Clay
27	54.7	Clay	61.2	Clay
28	50.1	Clay	50.7	Clay
29	45.7	Clay	49.5	Clay
30	64.7	Clay	61.6	Clay
31	79.1	Clay	68.0	Clay
32	56.1	Clay	66.8	Clay
33	67.3	Clay	70.0	Clay
34	46.6	Clay	44.2	Sandy soil
35	20.5	Sandy soil	37.0	Sandy soil
36	15.2	Sandy soil	5.7	Sandy soil
37	26.5	Clay	15.2	Sandy soil
38	36.2	Sandy soil	27.3	Sandy soil
39	78.7	Clay	63.1	Clay
40	49.2	Clay	69.9	Clay
41	69.1	Clay	68.0	Clay
42	65.4	Clay	57.3	Clay
43	29.0	Sandy soil	18.8	Sandy soil
44	16.8	Sandy soil	12.3	Sandy soil
45	14.2	Sandy soil	8.8	Sandy soil
46	81.4	Clay	64.7	Clay
47	81.4	Clay	64.8	Clay
48	45.6	Clay	68.7	Clay
49	47.8	Clay	63.9	Clay

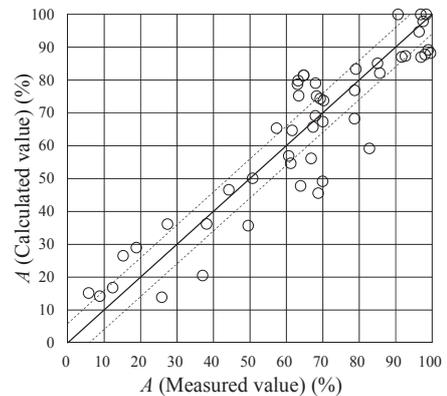


Fig.18 Comparison of the measured and calculated values of A.

## 5. まとめ

本論文の主な結論を箇条書きにまとめると以下のようなになる。

- 1) 原地盤における比抵抗の分布曲線は砂含有量の大小を反映しており、SWS 試験孔を利用した電気検層法であっても、従来の電気検層法と同等な性能を有しているものと評価できる。
- 2) 室内実験で得られた土の電気比抵抗による細粒分含有率の推定式は原位置の SWS 試験孔の電気比抵抗にも十分適用できることが検証された。

以上により、自然土の比抵抗と地下水の比抵抗の計測ができれば、土の細粒分含有率の評価は可能であり、土の判別を定量的に評価できることを実証した。今後は、数多くの原位置にて SWS 試験を実施して比抵抗の計測を行い、1)式の精度をさらに向上させてゆく予定である。

### 謝辞

本研究は、平成24年度科学研究費（基礎地盤(C)）の助成金によって実施したものであり、ここに関係各位に対して深く感謝致します。

### 参考文献

- 1) 藤井衛他 2 名：小規模建築物の地盤を対象としたスウェーデン式サウンディング試験方法の評価と問題点，日本建築学会構造系論文集，第 557，pp.211-128 (2002).
- 2) 住宅地盤品質協会：住宅地盤の調査・施工に関わる技術基準，(2011).
- 3) 稲田倍穂：スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について，土と基礎，Vol.8，No.1，pp13-18 (1960).
- 4) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針 (2008).
- 5) 藤井衛：スウェーデン式サウンディング試験法の有効活用，建築技術，No.757，pp.88-91 (2013).
- 6) 藤井衛他 8 名：スウェーデン式サウンディング試験孔を利用とした電気検層法による土質判別の可能性，日本建築学会大会学術講演概要集(東北)，pp.629-630 (2009).
- 7) 田村昌仁,藤井衛他 8 名：スウェーデン式サウンディングによる地盤調査法と現状の課題，土と基礎 Vol.52，No.4 (2004).
- 8) 藤井衛他 8 名：スウェーデン式サウンディング試験孔を利用とした電気検層法による土質判別の可能性，日本建築学会大会学術講演概要集(東北)，pp.629-630 (2009).
- 9) 藤井衛他 5 名：「スウェーデン式サウンディング試験孔を利用した地下水位測定と土質判別の適用性に関する検証事例」地盤工学会誌 58 (8)，pp.38-48 (2010).
- 10) 藤井衛：電気伝導現象を利用した土質法ならびにその調査法に関する研究，建築雑誌，1984.
- 11) 藤井衛他名：スウェーデン式サウンディング試験孔を利用した地盤調査技術，基礎工，pp.41-45 (2011).
- 12) 高元浩，藤井衛他名：電気比抵抗を利用した土の細粒分含有率の評価法，地盤工学ジャーナル Vol.9，No.2，pp.299-308 (2014).