

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420568

研究課題名(和文)電気比抵抗調査を用いた埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理に関する研究

研究課題名(英文) Study on The Construction Quality Management of Fixactive in The Circumferential of The Pile Using The Electrical Resistivity

研究代表者

持田 泰秀 (MOCHIDA, Yasuhide)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：60581171

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究中にも、国内マンションが傾くなどプレボーリング工法の埋込み杭の施工上の品質不良を原因とする社会的問題が生じた。地盤リスクのある杭の施工では、地中の視えないリスクへの十分な配慮が重要であり、今後も信頼できる品質確保が益々求められる。本研究では、施工不良の早期の顕在化を図るため、杭工事早期のセメントソイルの電気比抵抗値から28日後の圧縮強度を以下で推定した。塩化カリウム溶液を介さず、電極を直接挿入した、より正確な電気比抵抗計測を用いた。混入する土砂の種類で若材齢時の電気比抵抗値に一定の傾向があり、最初と数日後の電気比抵抗値と3日後の圧縮強度からの推定が最も高い精度となった。

研究成果の概要(英文)：Social problems caused by poor quality of the pre-boring embedded pile construction, such as on domestic apartment house also occurred. An adequate consideration for invisible risks inside or below the ground is important in pile foundation construction therefore the demand for advanced. In this research, in order to understand the quality of the construction at early stage, the compressive strength of cement-soil mixture of pile construction after 28 days is estimated using electrical resistivity value of the mixture. More accurate measurement for electrical resistivity value is conducted by inserting the electrodes without using potassium chloride solution as a catalyst. The result showed that there is a certain tendency in the electric resistivity value at the early age regarding to the type of soil mixed in. The most accurate estimation was achieved from the electric resistivity value at the first day and several days onwards, and from the compressive strength after 3 days.

研究分野：建築生産・構造

 キーワード：杭 プレボーリング工法 セメントミルク ソイルセメントミルク 電気比抵抗 一軸圧縮強度 プリ
ーシング 養生温度

1. 研究開始当初の背景

プレボーリング工法の埋込み杭では、既製コンクリート杭のコンクリート材料の高強度化と共に、杭先端の拡大根固め部の耐力評価が大きくなり杭の設計用支持力が向上した。これは結果的に杭の支持力に対する安全率の低下をもたらし、杭先端の根固め液と同様に杭周固定液の施工品質管理の重要性が求められる事となった。

その様な背景の中で、プレボーリング工法の埋込み杭の杭周固定液には孔壁から土が混入したりする問題に対して、品質を確実なものにする事は重要な試みである。更に、長期的に水平力を受ける橋脚などの土木構造物や基礎梁の無い建築構造物などでは、杭周固定液の施工品質管理には特に注意しなければならない。

これまで、埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理において、施工現場に設置したセメントミルクプラント内のセメントミルクを採取して、材齢 28 日の圧縮強度を確認する方法がとられてきた。しかし、2012 年に改訂された道路橋示方書・同解説では、プレボーリング工法の埋込み杭について、現場でまず試験施工を行い、その試験孔の杭周固定液を採取し、原則として材齢 28 日の圧縮強度を確認する管理方法が規定されている。

電気比抵抗調査を用いた埋込み杭の施工管理に関しては、1998 年に埋込み杭の根固め部の品質に対し電気比抵抗による評価の可能性が示された。2002 年の電気比抵抗による改良体の品質評価に関する現場実験では、埋込み杭において、セメントミルク量の管理と併せて、改良部分の比抵抗測定を行えば、根固め部や杭周固定部に関する管理データになりうる事が示されている。強度に関する基礎的な研究では、セメントミルク固定液と掘削土砂が混合した場合の強度、密度に及ぼす影響を示している。更に、砂質地盤における杭周固定液では、一軸圧縮強さが W/C に大きく影響される事が述べられている。

2001 年の杭周固定液の固化体の品質評価では、ピン貫入による土塊混入率推定手法などとコア強度 q_u の変動係数の関連性について示している。電気比抵抗値から圧縮強度の推定に関しては、これまでソイルセメントコアや流動化地盤改良の施工直後の電気比抵抗の変動係数とコアの圧縮強度との間に明確な関連性を見出してきた。2003 年に福江らは、セメント混合土の硬化過程を電気比抵抗によりモニタリングし、電気比抵抗を利用する事で硬化の過程を把握できる可能性のあることを示した。

2012 年に藤井らにより、供試体中央の孔中に 0.1 規定濃度の塩化カリウム溶液を注入して計測した電気比抵抗によるソイルセメントの一軸圧縮強さの予測において、材齢 3 日の一軸圧縮強度が既知であれば、実測した材齢 3 日の電気比抵抗値から材齢 28 日の電気比抵抗値は予測でき、これらの材齢変化の

測定だけで、材齢 28 日の一軸圧縮強さを予測できることを述べている。実際の施工活用事例に関しては、2009 年に持田らの電気比抵抗でのセメント系固化材の流動化処理地盤改良工法の施工管理技術がある。右図の様に改良施工中に、バケット部の電気比抵抗値センサーにより、改良体全体の混合度をリアルタイムに、施工モニタリングする施工管理手法を実現した。

2. 研究の目的

本研究は、プレボーリング工法の埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理において、電気比抵抗調査により、施工時の電気比抵抗値から材齢 28 日の圧縮強度を推定する方法を明らかにすることを目的としている。これまで、埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理では、施工現場に設置したセメントミルクプラントの試料や、現場の杭孔内で採取した杭周固定液の、材齢 28 日の圧縮強度の確認のみを行ってきた。そのため、強度試験の手間や強度不足時の手戻り手直しの労力が多大となるが、本研究は、施工時の電気比抵抗調査により、材齢 28 日の圧縮強度を推定するところに特徴がある。この方法によって、材齢 28 日の圧縮強度の推定が可能になれば、電気比抵抗調査での ICT 技術を用いた土の中の見える化施工を実現し、より迅速な有効な施工管理手法となる。

3. 研究の方法

本研究は、電気比抵抗調査法により、埋込み杭の杭周固定液の施工品質評価方法を確立しようとするものである。実験は、室内実験、実施工実験及び計測実験に分けられる。室内実験は、杭周固定液の材齢と電気比抵抗の関係、材齢と圧縮強度の関係があることを明らかにし、これによって施工時の電気比抵抗により 28 日材齢の圧縮強度の推定が可能であることを実証する。

実施工実験では、施工時の試験孔に未固化採取器と未固化試料採取ヘッドを用いて採取したモールドコアにより、室内試験で明らかにした電気比抵抗と圧縮強度の関係が、実施工時の電気比抵抗と圧縮強度の関係にも適用可能であるかどうかを検討する。施工地盤の土も採取し、その妥当性も検証する予定である。計測実験では、施工モニタリングによる地中の見える化を検討し、電気比抵抗調査を用いた埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理における ICT 技術の展開を目指す。

4. 研究成果

(1) 室内試験

本研究では、セメントミルクのみ、砂・粘土地盤想定、実際の地盤想定の 3 種類の室内試験を行った。今回使用する電気伝導率計の写真と測定概略図を図 1 に示す。室内試験において、以下に示す 3 つの測定方法(方法 A ~ C)を同時に行う事で適切な比抵抗値の測

定方法の比較検討を行った。

【方法 A】材齢 0~28 日で供試体中央に直接電極を直接貫入させて測定。

【方法 B】セメントミルクでは材齢 6 時間まで、ソイルセメントでは材齢 2 日まで、方法 1 と同様。それ以降は、供試体中央に直径 12 mm の開孔に、0.1 規定濃度の KCl 溶液を注入して測定した。

【方法 C】セメントミルクでは材齢 6 時間まで、ソイルセメントでは材齢 2 日まで、方法 1 と同様。供試体中央に直径 12 mm の孔に、初期のセメントミルクと等しい電気比抵抗を有する濃度の KCl 溶液を注入して供試体を測定した。

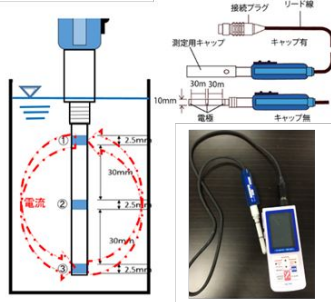


図 1 電気伝導率計と測定の概略図

セメントミルクを用いた室内試験

室内試験は、普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比(W/C)が 60%、80%、100% の 3 ケースを設定した。電気比抵抗調査は、写 1 に示す計測器と測定容器を、測定容器は 50×100mm の圧縮型枠ヒットワンを用いた。中央に計測器を貫入計測し、前述の 3 種類の方法で行った。

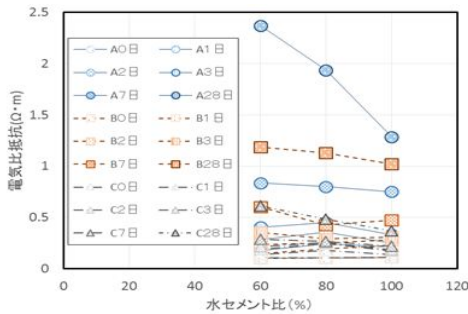


図 2 水セメント比と電気比抵抗の関係

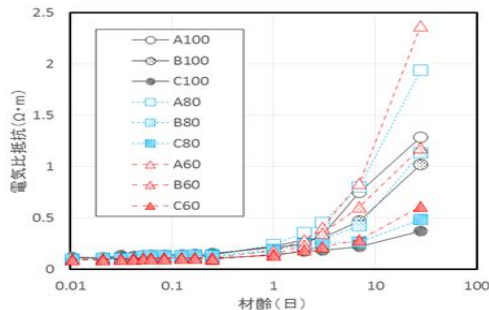


図 3 材齢と電気比抵抗の関係(材齢対数)

図 2 に示す W/C と比抵抗の関係では、W/C の違いを比抵抗で顕著に示すのは、方法 A と考えられる。圧縮強度に対する W/C の違いを顕著に示すのは、方法 A であり、図 3 に示す様に材齢 3 日を境に比抵抗と圧縮強度の線形

関係に違いが生じる。以上から、比抵抗から W/C の違いを考慮した圧縮強度の評価に対しては、方法 A による比抵抗測定法が有効であると考えられる。

セメントミルクの強度推定

図 4 に示す様に、材齢 3 日の比抵抗値は約 0.4 ・m となり、W/C に関わらず一定の値を示す。材齢 3 日から 28 日の動向は、比抵抗と圧縮強度は W/C に関わらずほぼ一定の比率で変化している。これより、以下の式(1)を評価式に提案する。

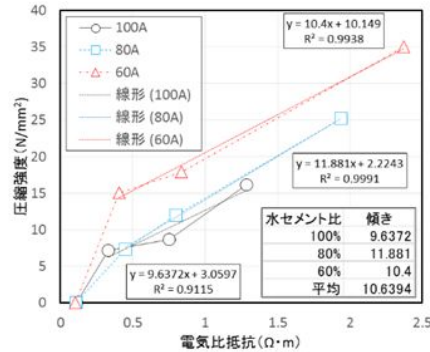


図 4 電気比抵抗と圧縮強度の関係

$$qu(28) = K1 \cdot \{ (28) - K2 \} + qu(3) \text{ 式(1)}$$

qu(28) : 材齢 28 日の圧縮強度 (N/mm²)

K1 : 電気比抵抗と圧縮強度の線形関係今回の実験では、10.64 (N/mm² ・ m)

K2 : 材齢 3 日の電気比抵抗値 (今回は 0.4) (・ m)

(28) : 材齢 28 日の電気比抵抗値 (・ m)

qu(3) : 材齢 3 日の圧縮強度 (N/mm²)

砂質地盤と粘土質地盤を想定した室内試験

砂質地盤と粘土質地盤を想定した室内試験を行った。ソイルセメントの作製フローを写真 1 に、表 2 に砂質地盤想定配合表を示す。砂質地盤想定若材齢時における比抵抗値の経時変化はセメントミルクや粘土質地盤と違う傾向を示す結果となった。

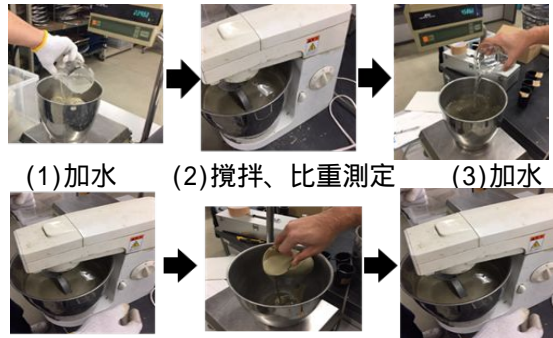


写真 1 ソイルセメント作製状況

表 2 砂質地盤想定配合表

水セメント比 (%)	泥水の比重	セメントミルク : 泥水		置換率 (%)
60	1.5	1:3	A	30
60	1.5	1:5	B	20
60	1.5	1:10	C	10
100	1.5	1:2	D	50
100	1.5	1:2.5	E	40
100	1.5	1:3	F	30

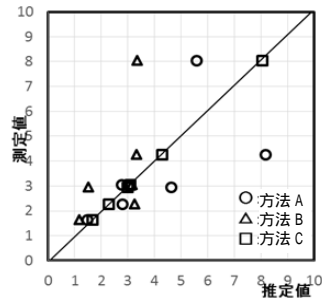


写真2 粘土配合 図5 推定値と測定値
粘土質地盤想定ではソイルセメントの粘性が非常に高く、圧縮強度試験の供試体のビニールチューブ挿入困難のため作成実施に至らなかった。(写真2)

図5は式(2)～(18)と式(A)より算出した砂地盤想定における圧縮強度の推定値と測定値を示す。各測定方法において、砂が混入した場合でも強度予測は可能だという結果になった。誤差が大きなものに関しては、ブリーディング水などが比抵抗値に影響を与えたことが考えられる。

$qu(t) = qu(28) \cdot t / (t + 28)$ 式(A)
式Aは土木学会コンクリート標準指示書【施工編】のコンクリートの圧縮強度における近似式。は材料定数、tは材齢(日)を示す。

方法A: $qu_{28} = \{0.2514 \cdot (qu_3 / 3) + 0.6748\} \cdot 28$ 式(2)

方法B: $qu_{28} = \{0.451 \cdot (qu_3 / 3) + 0.5002\} \cdot 28$ 式(3)

方法C: $qu_{28} = \{0.9578 \cdot (qu_3 / 3) + 2.9513\} \cdot 28$ 式(12)

方法A: $28 = 0.2807 \cdot 3 - 2.071$ 式(13)

方法B: $28 = 0.7269 \cdot 3 - 0.2769$ 式(14)

方法C: $28 = 0.9634 \cdot 3 - 0.572$ 式(15)

方法A: $3 = 0.5048 \cdot 0.2804$ 式(16)

方法B: $3 = 0.0946 \cdot 1 - 0.599$ 式(17)

方法C: $3 = 0.7643 \cdot 10 - 7.377$ 式(18)

実際の地盤を想定した室内試験

砂と粘土が混在する地盤想定での室内試験を行った。表3に配合表を示す。比抵抗値の経時変化は配合ごとにばらつきの生じる傾向があり、数値が大きく異なる結果となった。これまでの室内試験と同様に $qu_{28} / 28$ と $qu_3 / 3$ との関係から圧縮強度推定式を提案し、式(19)～(27)と式(A)を用いて強度予測を試みた。図6は推定値と測定値の関係を示す

方法A: $qu_{28} = \{0.2662 \cdot (qu_3 / 3) + 1.9764\} \cdot 28$ 式(19)

方法B: $qu_{28} = \{4.1042 \cdot (qu_3 / 3) - 81.007\} \cdot 28$ 式(20)

方法C: $qu_{28} = \{2.8788 \cdot (qu_3 / 3) - 51.029\} \cdot 28$ 式(21)

方法A: $28 = 3.2724 \cdot 30 - 62.15$ 式(22)

方法B: $28 = 66.139 \cdot 33 - 2056$ 式(23)

方法C: $28 = 278.01 \cdot 3 - 4.227$ 式(24)

方法A: $3 = 0.5048 \cdot 0.2804$ 式(25)

方法B: $3 = 0.7679 \cdot 10 - 7.792$ 式(26)

方法C: $3 = 0.4656 \cdot 10 - 4.635$ 式(27)

方法A、Bは非常に精度の高い強度予測ができ、強度予測は可能だと考えられる。方法Cに関しては、推定値の方が大きくなり、修正が必要である。砂と粘土が混合されていることからブリーディング水の減少と、供試体密度が適度にあり、端子と供試体の密着度が高かったため正確な比抵抗値の測定ができたことが推定式の精度を向上させたと考えられる。

表3 砂と粘土混在地盤想定配合表

水セメント比 (%)	泥水の比重	セメントミルク:泥水	砂:粘土	置換率 (%)	
60	1.6	1:01	G	3:7	100
60	1.6	1:01	H	6:4	100
60	1.6	1:01	I	8:2	100

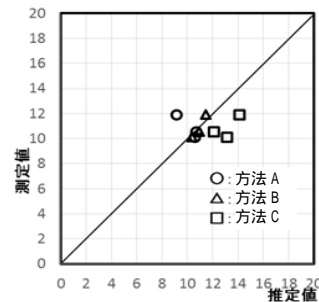


図6 推定値と測定値

(2) 実施工試験

施工現場における試験孔での現地調査



写真3 万能採水器と採取状況

対象敷地は新潟県柏崎市荒浜で、試験孔は孔径530、深さ20m、配合は水セメント比60%、置換率は掘削体積分の20%置換とし杭周固定部のみを構築した。未固化土の採取は、オーバーフローとモルタルプラント、また写真3に示す万能採水器を改良したもので、深度GL-2.5m、GL-5.0m、GL-10mから行い、地上で比抵抗値の測定を行った。敷地地盤はGL-15.0mまで砂質地盤である。同時にコード長30mタイプの特注の電気伝導率計を用いて、試験孔内GL-5.0m付近の比抵抗値の測定も行った。

若材齢時の比抵抗値(図7)の経時変化をみるとプラント採取だけでなく上昇傾向を示した。夏季に現地調査を行ったため、すでに固化が始まっていたことなどが原因だと考えられる。温度(図7)は孔内だけ温度の上昇が非常に少なく、孔内GL-5.0m以深は外気の影響が少なく、温度による品質への影響は少ないことが分かった。

表4に推定式を用いて強度予測を行った結果を示す。孔内から採取した各深度における未固化試料に関しては非常に精度の高い強度予測ができた。また、オーバーフローと孔内に関しては安全側に約 $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ の誤差で強度予測が可能だと判断できる結果となった。プラント採取の誤差が非常に大きくなった原因は、気温などの影響で初期の比抵抗値が高い数値となったことが考えられる。

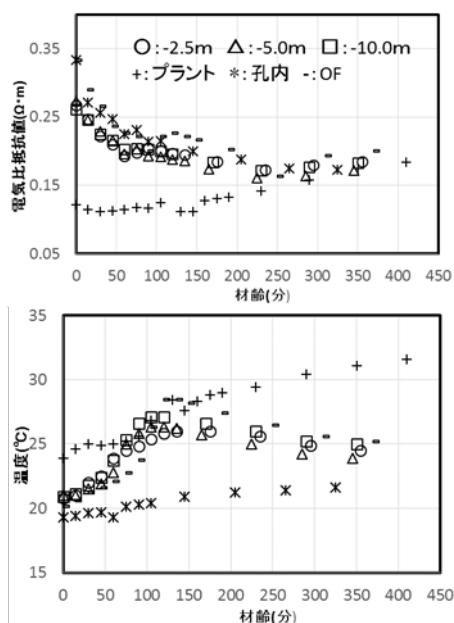


図7 比抵抗値と温度の変化
表4 強度予測結果

	プラント	OF	-2.5m	-5.0m	-10.0m	孔内
qu28(推)	11.1	3.036	4.43	4.24	4.64	3.04
qu28(測)	29.52	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28
ρ_0 (測)	0.122	0.333	0.267	0.273	0.261	0.333

(3)まとめ

本研究において明らかになったことを以下にまとめる。

セメントミルクやソイルセメントの比抵抗値測定は、強度予測の観点から方法Aが最適である。方法Bと方法Cでは、計測誤差が大きく感度の鈍いことを明かにした。

セメントミルクの室内配合試験において、qu28がqu3、3、28から高い精度で推定できることを明かにした。

室内試験において、混入する土砂の粒径が相当に均一の場合、各々で若材齢時の比抵抗値にはある一定の傾向が存在する。今後、混入する土砂の土質区分と粒径ごとの比抵抗値のデータの蓄積と砂以外の影響を定量化が重要となる。

方法Aにより、qu28/28とqu3/3の関係により、qu28を推定する手法が妥当であることを明かにした。

室内試験で明かにした電気比抵抗と圧縮強度の関係式が、実施工時の電気比抵抗と圧縮強度の関係にも適用可能であることを明かにした。今後の比抵抗値の測定精度と、測定データの蓄積が重要である。

供試体の温度変化は水和反応による発熱よりも外気温の影響の方が大きい。実施工試験において、杭孔内は気温の影響をほぼ受けないので、温度は安定しており、温度変化による品質への影響は少ないと考えられる。

<引用文献>

道路橋示方書・同解説 共通編 下部構造編,560-562,2012/3

電気比抵抗による改良体の品質評価に関する現場実験,田村昌仁・藤井衛ら,日本建築学会構造系論文集,95-99,2000/5

埋め込み杭の杭周固定部の強度に関する基礎的研究,加藤洋一ら,日本建築学会大会梗概集,755-756,2000/9

比抵抗によるセメント混合土の硬化モニタリング,村瀬知孝・矢内正洋・福江正治・千田崇男,第38回地盤工学研究発表会,57-58,2003/7

2009年度地盤工学会北陸支部技術賞,電気比抵抗による品質管理を実現したエルマッド工法(セメント系固化材の流動化処理による地盤改良工法)の施工技術の業績,持田泰秀・岡田元宏,2009/03

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計 8件)

Y.Mochida,Y.Sakurai,I.Hardi,L.Karimi, Study On Strength Estimation Of Soil Cement Used In The Embedded Pile Method Using By Electrical Resistivity Value, 2017 International Conference on Building Materials and Materials Engineering (ICBMM 2017)、査読有、2017/9、<http://www.icbmm.org/>

Y.Mochida,I.Hardi,Promotion of ICT Utilization by Electric Resistivity Management in Fluidization Treatment Process for Ground Improvement,The 6th International Conference on Geotechnique Construction Materials and Environment、査読有、2016/11、巻6 pp.14-16

持田泰秀,インドラハルディ、流動化処理地盤改良における電気比抵抗管理によるICTの推進、日本材料学会第12回地盤改良シンポジウム、査読有、2016/10、巻12 pp.4-6

Y.Mochida,I.Hardi、Promotion of ICT Utilization by Electric Resistivity Management in Fluidization Treatment Process for Ground Improvement、The International Conference on Engineering and Applied Sciences、査読有、2016/02、pp.263-272

M.Matsuura,Y.Mochida, Study on quality control using the electrical resistivity of the cement milk in embedded Pile、The International

Conference on Engineering and Applied Sciences978-986-5654-07-8、査読有、2016/2、pp.17-24

高元浩,藤井衛,持田泰秀,武智耕太郎,足立由紀夫,電気検層法による土の細粒分含有率の評価、日本建築学会技術報告集、査読有、2015/6、Vol. 21 (2015)No. 48、pp.557-562

塚本政昭,持田泰秀,東日本大震災における電気比抵抗調査を用いた沼地除染活動について、日本建築学会第30回建築生産シンポジウム論文集、査読有、2014/7、pp.103-108

高元浩,藤井衛,持田泰秀,武智耕太郎,足立由紀夫,電気比抵抗を利用した土の細粒分含有率の評価法、地盤工学会地盤工学ジャーナル、査読有、2014/5、Vol. 9 (2014) No. 2、pp.299-308

〔学会発表〕(計 15件)

持田泰秀 他2名、電気比抵抗測定器の作製とその活用に関する研究(埋め込み杭工法における現場測定の検証)、2017/7/13、地盤工学会第52回地盤工学研究発表会、愛知県名古屋市名古屋大学

持田泰秀 他2名、電気比抵抗調査を用いた埋込み杭工法におけるソイルセメントの強度予測に関する研究室内試験での材齢と一軸圧縮強度の関係より、2017/7/13、地盤工学会第52回地盤工学研究発表会、愛知県名古屋市名古屋大学

持田泰秀 他2名、電気比抵抗調査を用いた埋込み杭工法におけるソイルセメントの強度予測に関する研究、2017/9/2、日本建築学会大会学術講演梗概集、広島県東広島市広島工業大学

持田泰秀 他2名、電気比抵抗を利用した杭周固定液の一軸圧縮強さの予測手法に関する研究、2016/9/14、地盤工学会第51回地盤工学研究発表会、岡山県岡山市岡山大学

持田泰秀 他2名、電気比抵抗調査を用いた埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理に関する研究 その1)セメントミルクの電気比抵抗による圧縮強度の推定、2016/9/15、地盤工学会第51回地盤工学研究発表会、岡山県岡山市岡山大学

持田泰秀 他2名、電気比抵抗調査を用いた埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理に関する研究 その2)砂質土での電気比抵抗による圧縮強度の室内試験結果、2016/9/15、地盤工学会第51回地盤工学研究発表会、岡山県岡山市岡山大学

持田泰秀 他2名、電気比抵抗調査を用いた埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理に関する研究 その3)施工現場における電気比抵抗調査手法と調査結果、2016/9/15、地盤工学会第51回地盤工学研究発表会、岡山県岡山市岡山大学

持田泰秀 他4名、電気比抵抗による地盤の調査手法、2016/8/25、日本建築学会

大会学術講演梗概集、福岡県博多市福岡大学

持田泰秀 他2名、電気比抵抗調査を用いた埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理に関する研究 その1)セメントミルクの電気比抵抗による圧縮強度の推定、2016/8/26、日本建築学会大会学術講演梗概集、福岡県博多市福岡大学

持田泰秀 他2名、電気比抵抗調査を用いた埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理に関する研究 その2)砂質土での電気比抵抗による圧縮強度の推定、2016/8/26、日本建築学会大会学術講演梗概集、福岡県博多市福岡大学

持田泰秀 他2名、電気比抵抗調査を用いた埋込み杭の杭周固定液の施工品質管理に関する研究 その3)施工現場における電気比抵抗調査手法と調査結果、2016/8/26、日本建築学会大会学術講演梗概集、福岡県博多市福岡大学

持田泰秀 他5名、粘性土地盤における電気比抵抗を利用した土の細粒分含有率の評価法、2014/9/13、日本建築学会大会学術講演梗概集、兵庫県神戸市神戸大学

持田泰秀 他1名、東日本大震災における電気比抵抗調査を用いた溜池除染活動に関する研究、2014/9/14、日本建築学会大会学術講演梗概集、兵庫県神戸市神戸大学

持田泰秀 他1名、電気比抵抗調査による埋込み杭の杭周固定液の実施工品質に関する研究、2014/9/14、日本建築学会大会学術講演梗概集、兵庫県神戸市神戸大学

持田泰秀 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電気比抵抗による土の細粒分含有率の評価法について、2014/7/16、地盤工学会第49回地盤工学研究発表会、福岡県北九州市北九州国際会議場

6. 研究組織

(1)研究代表者

持田 泰秀 (MOCHIDA Yasuhide)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：60581171

(2)研究分担者

藤井 衛 (FUJII Mamoru)

東海大学・工学部・教授

研究者番号：70130094

(3)研究協力者

高元浩 (KOU Motohiro)

東海大学・大学院生

足立 由紀夫 (ADACHI Yukio)

藤村ヒューム管株式会社・技術部長

山本 勝義 (YAMAMOTO Katsuyoshi)

清水建設株式会社・設計長