

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 25 日現在

機関番号：42686

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04700

研究課題名（和文）低コストを前提とする宅地地盤調査を高度化し減災を目指す研究

研究課題名（英文）Research aimed at disaster mitigation by advancing residential land geotechnical investigations on the premise of low cost

研究代表者

酒匂 教明（SAKO, Noriaki）

日本大学短期大学部・その他部局等・教授

研究者番号：00435273

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：小規模建築は大規模建築と事情が異なる上、小規模建築が建つ宅地の地盤調査の歴史は浅く知見が少ない。一方、小規模建築物の沈下事故、近年の大地震による被害は少なくない。本研究は、低コストを前提とする住宅の地盤調査を高度化することが目的である。研究成果としては、（1）宅地の地盤調査の主流であるスクリーウエイト貫入試験（SWS試験）に土質分類機能を持たせたこと、（2）SWS試験データから直接液状化リスクを評価できること、（3）常時微動測定から沈下事故の多い切土・盛土の高さ分布を推定できることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、戸建て住宅の沈下事故や大地震時の液状化による被害は、一つの原因として調査費用を増やすことができない、もしくは費用を掛けて詳細な調査をしても無駄になる宅地の地盤調査の複雑な事情が挙げられる。そのような状況を打開するため、本研究では、低コストを前提とした宅地地盤調査の高度化を目指した。現行の宅地地盤調査の主流であるスクリーウエイト貫入試験および常時微動から得られるデータから土質分類、液状化強度および切盛土が評価できる情報を増やしたことにより、低コストな地盤調査からでも減災を目指すことができることを示した。

研究成果の概要（英文）：Small buildings have different ground survey circumstances from large buildings, and there is little knowledge about geotechnical investigation research on residential land, because they have a short history. On the other hand, there are many subsidence accidents and many damages caused by recent large earthquakes on small buildings. This study is aimed to improve to be advanced the ground survey of small buildings on the premise of low cost. The research results are as follows: (1) The screw weight penetration test (SWS), which is the mainstream of geotechnical investigation of residential land, can have a soil classification function, (2) The risk of liquefaction can be evaluated directly from SWS data, and (3) The height distribution of cuts and embankments, which are often caused subsided accidents, can be estimated from constant tremor measurement.

研究分野：建築基礎工学

キーワード：地盤調査 小規模建築物 スクリーウエイト貫入試験 沈下 液状化 土質分類 常時微動 減災

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

宅地地盤では地盤調査が低コストにならざるを得ないため、建物に被害を及ぼす液状化の予測および沈下の評価について精度が確保できないのが現状である。本研究は、これらの問題に対し宅地地盤調査の主流であるスウェーデン式サウンディング試験(令和3年10月からスクリーウエイト貫入試験に名称変更,以降SWS試験と表記)から土質分類ができること,および同試験から直接液状化の評価ができることを目的としている。また,宅地地盤の調査として2番目の有力候補である常時微動測定の可能性を探る。本研究の特徴は,宅地地盤調査の現状に合わせた低コストと最低限必要な評価精度のバランスを目標にしている点にある。

2. 研究の目的

近年起きた2011年東日本大震災,2016年熊本地震などの大きな地震では,宅地の液状化に伴う戸建住宅の被害が多く確認された。また,現在でも盛土や埋土を主体とした宅地では日時経過に伴う沈下による戸建住宅の事故が絶えない。これらが起こる原因に,宅地地盤調査の低コストにならざるを得ないことに起因する,精度を欠いた液状化の予測方法および沈下の評価方法が挙げられる。以上のことを背景に本研究では,(1)土質判別可能なSWS試験の実用化(2)SWS試験データから直接液状化リスクを予測する方法の確立(3)常時微動を用いた盛土・埋土の不整形性を検出できる可能性を探ることを目的としている。これらの技術が開発され評価方法が確立すると,低コストを前提とする宅地地盤においても調査内容が高度化し宅地の減災に繋がる。

3. 研究の方法

研究目的で述べたように検討項目は大きく3つから成り,それぞれの研究方法を述べる。

(1)については,すでに試験機先端のスクリーポイントと地盤の間で発生する摩擦音を利用した土質分類が可能なSWS試験を開発している。ただし,これらは手動による検討だったことや確たる測定方法が構築されていなかった。ここでは,全自動SWS試験機への適用性の確認と地盤情報が既知である実地盤に適用して,フィールドにおける土質分類性能の確認を行う。

(2)については,加圧せん断土槽試験,三軸試験,シミュレーション解析およびフィールド調査により検討を行う。既にきれいな砂を対象として多くの実験等が進められており,ここでは主に細粒分を含む砂について検討する。

(3)については,ネットワーク常時微動測定器を利用して,測定対象の盛土・埋土の常時微動測定を実施し,地盤の不整形性の検出を試みる。

4. 研究成果

それぞれの検討項目の研究成果は以下のとおりである。

(1)については,複数のフィールドを対象に調査を実施した。従前までに室内の検討により一定の精度を有した土質分類が可能であることを示してきたが,本検討ではさらにデータ整理の段階 SN 比の向上を図り,かなりの確度で予測ができることが確認できた。また,全自動SWS試験機を用いた本測定システムの実用化に向け,試験機の地上部分にマイクを設置し,企業2者と共同で特許申請をする運びとなった。本測定システムは初期コストを除けば,現場運用と現場コストは従来測定とほぼ変わらない。図1は,特許申請した測定システム,図2は本測定システムとサンプリング試料による細粒分含有率の深度分布の比較である。

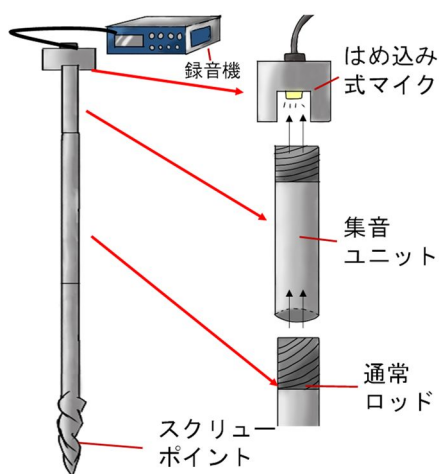


図1 特許を申請した摩擦音を利用した土質分類が可能な全自動SWS試験

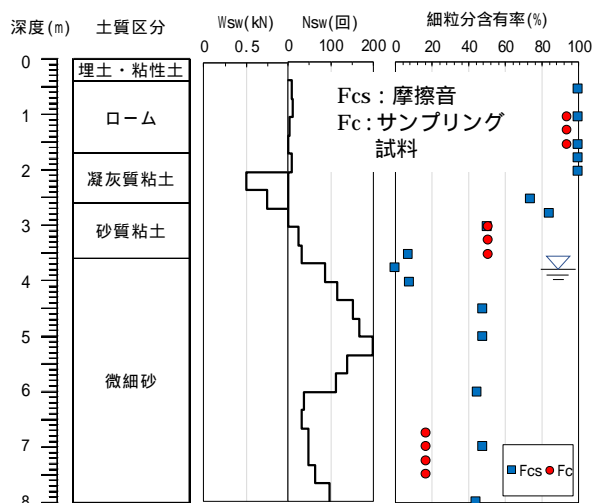


図2 本測定システムとサンプリング試料による細粒分含有率の比較

(2)については、課題の一つであった細粒分の影響について検討した。初年度は液状化強度が既知であるフィールドを対象に SWS 試験を実施したが、コロナ禍の影響で2年目から室内試験と文献調査に切り替えた。室内三軸試験からは、細粒分を多く含む再構成された土の液状化強度は、原位置の値を再現することが困難であるということが判明した。一方、フィールド試験と文献調査の結果からは、土のサンプリング精度という観点から文献データを精査し(図3), N_{sw} と液状化強度という観点からまとめたところ、細粒分を含む土は、きれいな砂のデータと調和的な関係にあることが判明した(図4)。これらに加え、膨大な文献データから小規模建築物で液状化の予測法として現状使用される簡便法である「H1-H2法」に対し再データ整理したところ、SWS 試験データのみから H1 と H2 の区分が可能であることを示した(表1および表2)。

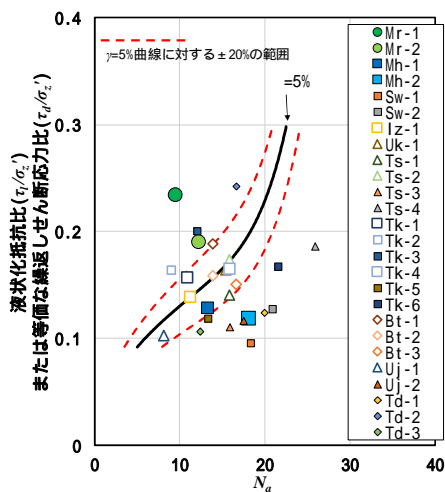


図3 データの精査方法 (Mr および Mh データが本研究で実施したデータ)

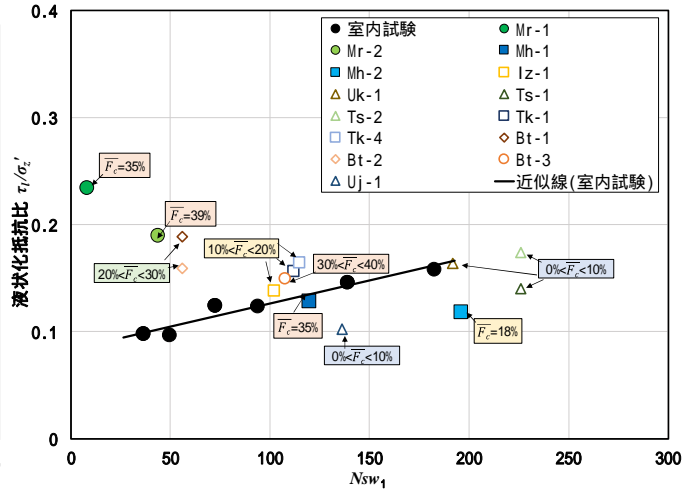


図4 室内とフィールドの比較 (室内と Mr および Mh 以外は既往文献によるデータ)

表1 砂質土層が自沈になる割合

(自沈総数/測定深度点数)の割合	自沈層が砂質土層である割合(全体)	自沈層が砂質土層である割合(埋土を除く)	(自沈総数/測定深度定数)の割合(浦安地区を除いたデータ)	自沈層が砂質土層である割合(浦安地区を除き、埋土を除いたデータ)
25.8% (791/3062)	26.2% (207/791)	13.4% (106/791)	25.5% (547/2142)	12.6% (69/547)

表2 自沈となる砂質土層の内訳

細粒分の状態	砂質土層名	内訳
細粒分が少ない砂質土	細砂, 中砂, 砂, 粗砂, 盛土細砂, 埋土砕石混中砂, 盛土瓦礫混り中砂	39.1% (27/69)
細粒分が多い砂質土	シルト質砂, シルト質細砂, シルト混り微細砂, 埋土シルト質細砂, 埋土瓦礫混りシルト質細砂, シルト質中砂, シルト混り砂, 盛土(シルト混り砂礫)	60.9% (42/69)

(3)については、初年度は地盤情報が豊富でかつ表層が盛土・埋土のフィールドを対象に常時微動を実施したが、コロナ禍の影響で最終年度は本学船橋キャンパスの既往のデータ整理に切り替えた。当初の予定に比べ少ないデータによる検討ではあったが、常時微動の結果から人工地形改変の状況を把握できるケースが確認された。図5は日本大学理工学部船橋キャンパスの切盛土の高さ分布を推定したものである。

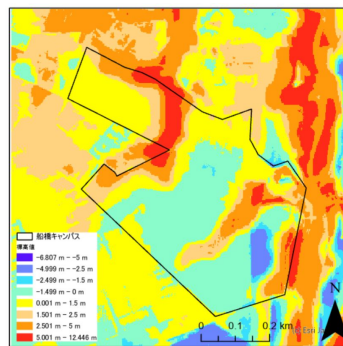


図5 切盛高さ分布の推定

以上、低コストで実施せざるを得ない小規模建築物の地盤調査に対し、(1)従来では難しかった SWS 試験から土質分類ができる、(2) SWS 試験データから直接液状化強度を推定できる、(3)常時微動により人口造成地盤の不整形性を抽出できることを示し、低コストの中で宅地地盤調査を高度化できる可能性を見出したと言える。今後は、データ数を増やし評価精度についての検討が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 SAKO Noriaki、SHIMOMURA Shuichi、ADACHI Toshio	4. 巻 15
2. 論文標題 Differences of the amount of settlement due to liquefaction of ground obtained from the method based on stress method and based on energy method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Geotechnical Journal	6. 最初と最後の頁 53～66
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3208/jgs.15.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 井上大地，酒匂教明，下村修一，熊田健太
2. 発表標題 スウェーデン式サウンディング試験結果から推定される液状化強度 - フィールド調査結果を用いた検討 -
3. 学会等名 地盤工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平野聡，酒匂教明，水谷羊介，竹田雅春
2. 発表標題 SWS試験時の摩擦音を利用した土質分類方法に関する研究
3. 学会等名 建築学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒匂教明，平出務
2. 発表標題 レベル2荷重時の地盤変状に起因する小規模建築物の被害調査
3. 学会等名 建築学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本夏輝, 仲村成貴
2. 発表標題 常時微動および地震観測記録に基づく造成地表層地盤の震動特性
3. 学会等名 土木学会関東支部
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 貫入試験機, 土質判定方法および土質判定システム	発明者 酒匂教明	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-195556	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	平出 務 (HIRADE Tsutomu) (40370704)	国立研究開発法人建築研究所・構造研究グループ・研究員 (82113)	
研究分担者	下村 修一 (SHIMOMURA Shuichi) (50443726)	日本大学・生産工学部・准教授 (32665)	
研究分担者	仲村 成貴 (NAKAMURA Masataka) (80328690)	日本大学・理工学部・教授 (32665)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------