

既存杭撤去・埋戻しに伴う緩み等の調査および地盤調査計画

INVESTIGATION OF GROUND LOOSENING, ETC. DUE TO REMOVAL OF EXISTING PILES AND BACKFILLING OF THE AREA AND SOIL INVESTIGATION PLAN

山本裕司 — * 1 青木雅路 — * 2
森 利弘 — * 3 沼本大輝 — * 4
本橋 悠 — * 5 根岸利昌 — * 6
沼田俊輔 — * 7 二木幹夫 — * 8

Yuji YAMAMOTO — * 1 Masamichi AOKI — * 2
Toshihiro MORI — * 3 Haruki NUMOTO — * 4
Yu MOTOHASHI — * 5 Toshimasa NEGISHI — * 6
Shunsuke NUMATA — * 7 Mikio FUTAKI — * 8

キーワード：

既存杭, 杭撤去工法, 埋戻し, 地盤調査, 緩み範囲, 低減係数

Keywords:

Existing piles, Pile removal method, Backfilling, Soil investigation, Loosening extent, Reduction factor

A soil investigation was conducted to determine the extent and degree of loosening of the surrounding ground due to removal of existing piles and backfilling of the area. The area affected by ground loosening was approximately 2 to 3m from the edge of the casing, and the decrease in N-value etc., was more pronounced closer to the edge of the casing. The tendency of decrease by soil type was more pronounced for sandy soil. Based on the investigation results, we proposed a soil investigation plan to determine the effects of ground loosening caused by the removal of the existing piles.

1. はじめに

日本の多くの都市では、戦後の復興期から高度成長期に建設された建築物の建替えや都市再開発が行われており、その数は今後も増加すると考えられる。既存建築物の解体に合せて基礎杭（以後、既存杭と呼ぶ）撤去と撤去孔の埋戻しも同時に行われることも多いが、既存杭の撤去・埋戻しに対する施工指針や品質管理基準は無く、その後に構築される新設建築物の基礎杭（以後、新設杭と呼ぶ）施工時に偏心や傾斜などのトラブルに繋がる事例も生じている。このような事例は、既存杭の撤去・埋戻し方法とその影響を受ける新設杭の設計・施工¹⁾に詳しく記載されている。

一方、既存杭撤去部の周辺地盤は、原地盤に比べてN値や地盤剛性等の地盤の硬軟や締まり具合を示す値が低下し、新設杭の支持力や剛性に影響を与える可能性が考えられるが、これに対する調査・研究事例は少ない。そうした中、太田雅之他（2003）²⁾は、既存杭の引抜きに伴う地盤強度の変化および影響範囲の把握を目的として電気式静的コーン貫入試験を実施し、砂質土層のうち浅い地層では、杭心から1m, 2m離れた地点での先端抵抗が低下（最大値比較で0.7倍）していることを報告している。また、田中俊平他（2005）³⁾は、緩み領域の把握を目的として挿入式傾斜計を用いて地盤の水平変位を測定し、既存杭中心から3m離れると大きな移動は起きていないとしている。さらに、松元秀樹他（2005）⁴⁾は、地盤強度・剛性の変化の把握を目的としてサイスミックコーンを用いた調査を

行い、先端抵抗・周面摩擦は、撤去前後で大きな変化は見られないが、せん断波速度は、浅部の粘性土で低下傾向が見られ、低下割合は、6割程度（剛性では4割程度）になったとしている。なお、ここに挙げた研究事例で調査手法や評価手法は統一されていない。

本報告では、既存杭撤去に伴う周辺地盤の緩み等の状況を把握するために行った地盤調査事例と緩み等の評価結果について報告するとともに、新設杭の設計時に既存杭撤去地盤の緩み等を評価するための地盤調査計画の考え方を提案するものである。

なお、「緩み等」とは、既存杭の撤去・埋戻しによる周辺地盤への影響（緩み）と埋戻し部の性状を合わせたものとして定義した。

2. 実施した地盤調査の概要

既存杭の撤去・埋戻しに伴う周辺地盤の緩み等の影響を確認するための地盤調査を4サイトで計7度実施した。撤去対象の既存杭諸元および撤去・埋戻し方法を表1、実施した地盤調査項目を表2、調査地点配置等の基本的な考え方を以下に示す。

- ①各調査地点の水平方向距離は、既存杭撤去用のケーシング外端部を基準とする。
- ②調査地点間隔は、極力広くなるように配置し、調査孔の相互影響や干渉を低減させる。調査地点の配置例を図1に示す。
- ③既存杭撤去前後での地盤調査実施を原則とする。

本稿は、2020年・2021年・2022年・2023年の日本建築学会大会で報告した文献6)～16)、18)～20)を再構成し、加筆・修正したものである。

*1 基礎地盤コンサルタンツ㈱技術本部 室長・修士（工学）
〒136-8577 江東区亀戸1-5-7 錦糸町プライムタワー12階

*2 元㈱竹中工務店技術研究所 研究員・修士（工学）

*3 ㈱熊谷組技術研究所 修士（工学）

*4 ㈱長谷工コーポレーション技術研究所 研究員・修士（工学）

*5 旭化成建材㈱基礎事業部 サブマネージャー・修士（工学）

*6 ㈱地盤試験所地盤営業部 課長

*7 ㈱東京ソイルリサーチ東京支店 主査・修士（工学）

*8 （一財）ベターリビング 総括役・博士（工学）

*1 Manager, Technical Div., Kiso-jiban Consultants Co., Ltd., M. Eng.

*2 Former Researcher, Technical Research Institute, Takenaka Co., Ltd., M. Eng.

*3 Technical Research & Development Institute, Kumagaigumi Co., Ltd., M. Eng.

*4 Researcher, Technical Research Institute, Haseko Corporation, M. Eng.

*5 Submanager, Foundation Systems Construction Dept., ASAHI KASEI CONSTRUCTION MATERIALS Co., Ltd., M. Eng.

*6 Manager, Sales Dept., JIBANSHIKENJO Co., Ltd.

*7 Assist. Manager, Tokyo Branch, Tokyo Soil Research Co., Ltd., M. Eng.

*8 General Manager, Center for Better Living, Dr. Eng.

表 1 撤去対象の既存杭諸元および撤去・埋戻し方法

調査 No.	サ イ ト	既存杭の諸元	既存杭の撤去・埋戻し方法		
		杭種 杭径 / 杭長	撤去方法	ケー シ ン グ 径	埋戻し方法
①	A	PHC 杭 400 / 36.9	ケーシング縁 切引抜工法	700	流動化処理土 自然落下+攪拌
②		PHC 杭 300 / 16		600	
③	B	SC 杭 500 / 26		770	
④	C	PHC 杭 500 / 12		780	
⑤		SC 杭 700 / 13~15		1060 1460	
⑥		PHC 杭 500 / 12		1500	
⑦	D	PHC 杭 500 / 12	オールケー シング破砕撤去 工法		流動化処理土 トレミー管を 用い下部より 注入

※単位 杭径(mm), 杭長(m), ケーシング径(mm)

※撤去方法の名称は、参考文献 1) に準拠した。

表 2 地盤調査項目 (○: 調査実施項目)

調査 No.	サ イ ト	地盤調査						埋戻し 部調査
		SPT	CPT	孔内載 荷試験	一軸圧 縮試験	表面波 探査	SDS ⁵⁾	
①	A	○	—	○	○	—	—	○
②	B	—	○	—	—	—	—	—
③	C	○	○	—	○	—	—	○
④	D	○	○	○	—	○	○	○
⑤		○	○	○	○	—	—	○
⑥		○	○	—	—	—	—	○
⑦		○	○	—	—	—	—	○

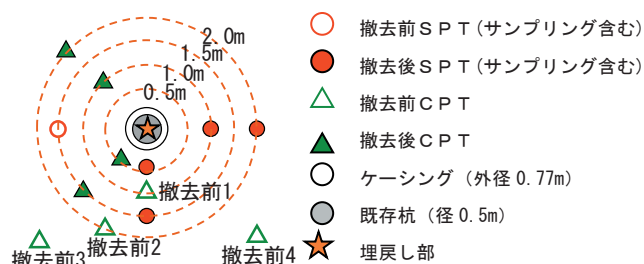


図 1 調査地点の配置例（サイトCの例）

3. 地盤調査結果の概要

表 1、表 2 に示した地盤調査の内、単杭撤去時の主な調査結果概要を以下に示す。結果の詳細は、参考文献 6)~16) を参照されたい。なお、本稿執筆にあたり調査結果の再整理を行っている。

3.1 サイト A（草加市）の地盤調査結果^{6), 7)}

地盤調査は、既存杭撤去直後⁶⁾と撤去 2 年後⁷⁾に行った。調査地点配置と調査結果例を図 2 に示す。調査地点番号のカッコ内の数字は、ケーシング外端部からの距離を示す（以下、同じ）。なお、既存杭撤去前の地盤情報は、建物建設時の地盤調査結果を利用した。

図 2 より、既存杭撤去直後は、浅部の As1 で N 値が低下し、ケーシング端に近い程低下する傾向が見られた。なお、撤去 2 年後の調査では、既存杭撤去直後の調査結果からの変化は見られず、時間経過による N 値の回復は見られなかった⁷⁾。

3.2 サイト B（船橋市）の地盤調査結果⁸⁾

地盤調査は、既存杭撤去前後で実施した。調査地点配置を図 3、調査結果を図 4 に示す。なお、調査結果の評価は、CPT の測定値より換算 N 値を求めて行った（換算 N 値の算定は、文献 8) 参照）。

図 4 より、既存杭撤去後に地盤の換算 N 値が低下する傾向が見ら

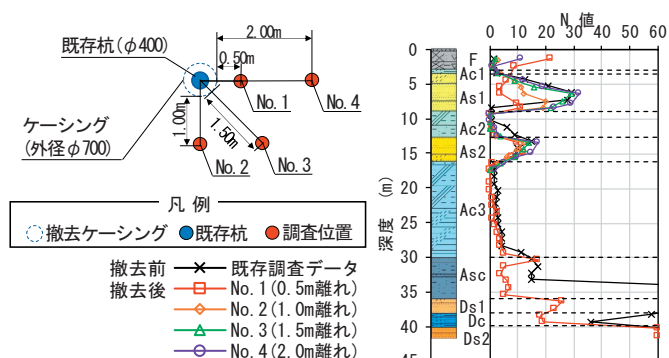


図 2 調査地点配置と調査結果例（N 値の深度分布） / サイト A



図 3 調査地点配置 / サイト B

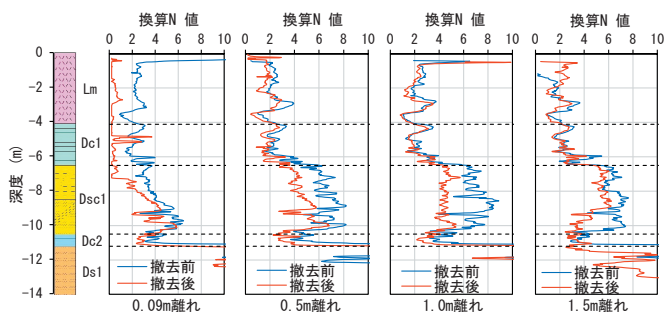


図 4 調査結果（換算 N 値の深度分布） / サイト B

れ、ケーシング端に近い方がより低下している傾向を示す。ただし、0.09m 離れた地点の結果は、ケーシングによる影響も受けていると考えられる。それ以外の地点では、他層に比べ砂分を多く含む Dsc1 での低下傾向が顕著に見られる。

3.3 サイト C（加須市）の地盤調査結果^{9), 10)}

地盤調査は、既存杭撤去前後で実施した。調査地点配置は、図 1 に示した通りである。調査結果を図 5 に示す。なお、撤去前の CPT 調査は地盤性状のばらつきを確認するために 4 地点で実施した。

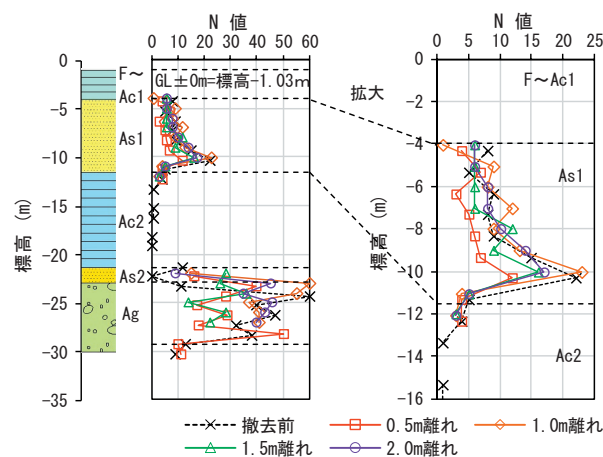
図 5 より、N 値の深度分布では、As1 の 0.5m 離れで低下傾向が見られる。Ag はばらつきが大きい、全体的に低下傾向を示す。

換算 N 値の深度分布図では、As1 で 2.0m 離れを除き全体的に低下傾向が見られる。Ac2 は、層上部で明瞭な低下傾向は見られないが、下部では 0.5m と 1.0m 離れで低下傾向が見られる。

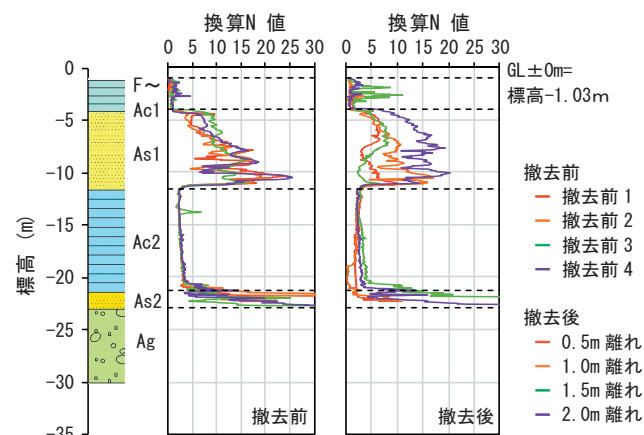
一軸圧縮強さと変形係数も低下傾向が見られるが、ばらつきも大きく、ケーシング端からの距離に応じた傾向は明瞭でない。

3.4 サイト D（稲敷市）での地盤調査結果^{11)~16)}

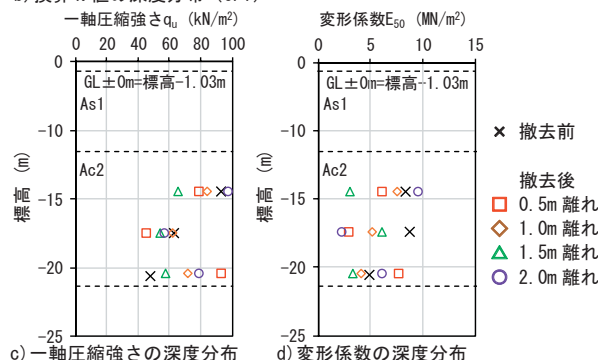
地盤調査は、調査⑤の既存杭設置と撤去前・撤去後調査を 2020 年に実施し、調査⑥の撤去後調査を 2021 年（既存杭設置と撤去前調査は 2020 年）、調査⑦の既存杭設置と撤去前・撤去後調査を 2022 年に実施した（既存杭撤去方法は、表 1 参照）。調査地点配置は、図 6 に示す通りである。なお、調査⑥は撤去ケーシング径 1460mm での調査地点を示し、別途ケーシング径 1060mm の調査も実施している。また、2020 年は別の研究で既存杭を利用した杭の水平載荷試験を実施しており、2020 年と 2021 年の調査地点は、杭が



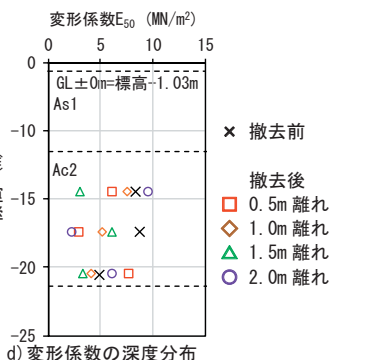
a) N 値の深度分布 (SPT)



b) 換算 N 値の深度分布 (CPT)



c) 一軸圧縮強さの深度分布



d) 変形係数の深度分布

図5 調査結果 (N 値・換算 N 値他)の深度分布図) / サイト C

地盤を押した影響を受けていない範囲に配置した。調査結果例を図7に示す。図7より以下のことが言える。

- ① N 値の深度分布について 2020 年と 2021 年の As2 に着目するとケーシング端に近いほど N 値が低下する傾向が見られるが、2022 年では、距離による N 値の低下傾向に違いは見られない。
- ② 換算 N 値の深度分布について As2 に着目するとすべての調査年で換算 N 値が低下する傾向が見られる。N 値と同様にケーシング端に近いほど換算 N 値が低下する傾向が見られる。
- ③ 縁切引抜工法 (2020 年・2021 年調査) では見られなかったが、破砕撤去工法を用いた 2022 年調査のうち、表層部の As1 層ではケーシング端近傍 (特に 0.2m 離れ) における換算 N 値が増加している。これに関する考察は、4.3 に記載する。

4. 既存杭の単杭撤去に伴う周辺地盤の緩み等の評価

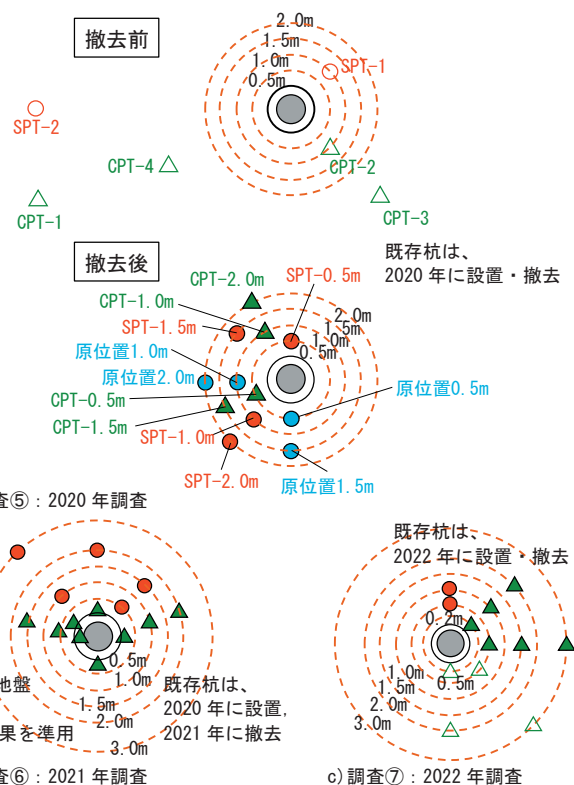


図6 調査地点配置 / サイト D

4.1 地盤の緩みの程度を示す指標 (低減係数)

「3. 地盤調査結果の概要」に示した結果に文献 17)を加えて地層区分毎に N 値 (換算 N 値) や各種試験結果 (一軸圧縮試験など) の代表値 (異常値を除いた平均値) を求め、式 (1) に示す既存杭撤去前後での代表値の比率を求めた。この比率を“低減係数”と定義し、既存杭の撤去による周辺地盤の緩み評価の指標とした。

地層区分毎の代表値および低減係数算出の考え方を以下の 1) ~ 3) に示す。なお、低減係数算出のための地盤調査 (試験) の種類・項目は、既存杭撤去前後で同じ手法とする。

$$\text{低減係数} = \frac{\text{撤去後調査による各地層区分の代表値}}{\text{撤去前調査による各地層区分の代表値}} \quad (1)$$

- 1) 地盤調査結果に基づき地層区分を行う。
- 2) 地層区分毎の代表値を調査・試験結果に応じて求める。
※N 値と換算 N 値の代表値は、地層区分毎に求める。ただし、地層境界や礫当たり等の影響を除くため、平均値から $\pm 2\sigma$ (σ : 標準偏差) を外れる値を異常値として除外した上で算出した値とする。また、各層のばらつきの影響を考慮して、各層区分内のデータ数が 5 個以上となるようにする。
※上記を除く原位置試験や室内土質試験結果 (S 波速度、一軸圧縮強さ、変形係数等) の代表値は、孔壁や試料の乱れが無いと判断した場合、試験結果より直接代表値を算出する。
- 3) 求めた代表値より、式 (1) を用いて低減係数を算出する。

4.2 低減係数とケーシング端からの距離の関係

低減係数とケーシング端からの距離の関係から既存杭撤去による

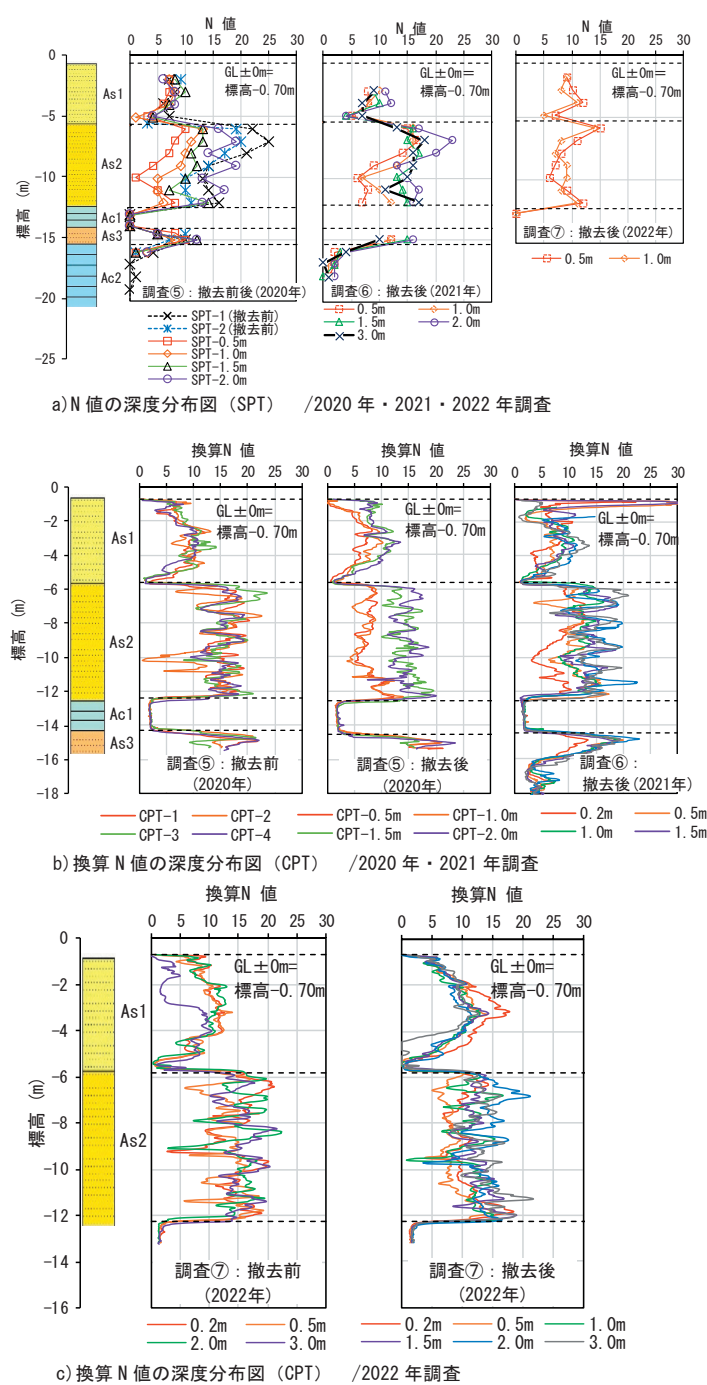


図7 調査結果例 /サイトD

周辺地盤の緩みの影響評価を行った。図8にN値と換算N値による低減係数（直線近似に比べ相関が良い累乗近似による曲線を表示）、図9にその他の各種試験結果による低減係数の整理結果を示す。なお、図8 c)の横軸は、左側がケーシング端からの実距離、右側が実距離をケーシング径で除したものである。また、ケーシング端近傍（0.2m 離れ）の低減係数は、ケーシング挿入・撤去時の地盤攪乱の影響があると考えられるため参考値扱いとし評価から除外した。

図8、図9より、既存杭（単杭）撤去による周辺地盤の緩み等の影響について以下のことが言える。

①全体的傾向（図8 a)～c)）

1) 図中のプロットにばらつきはあるものの低減係数は、ケーシ

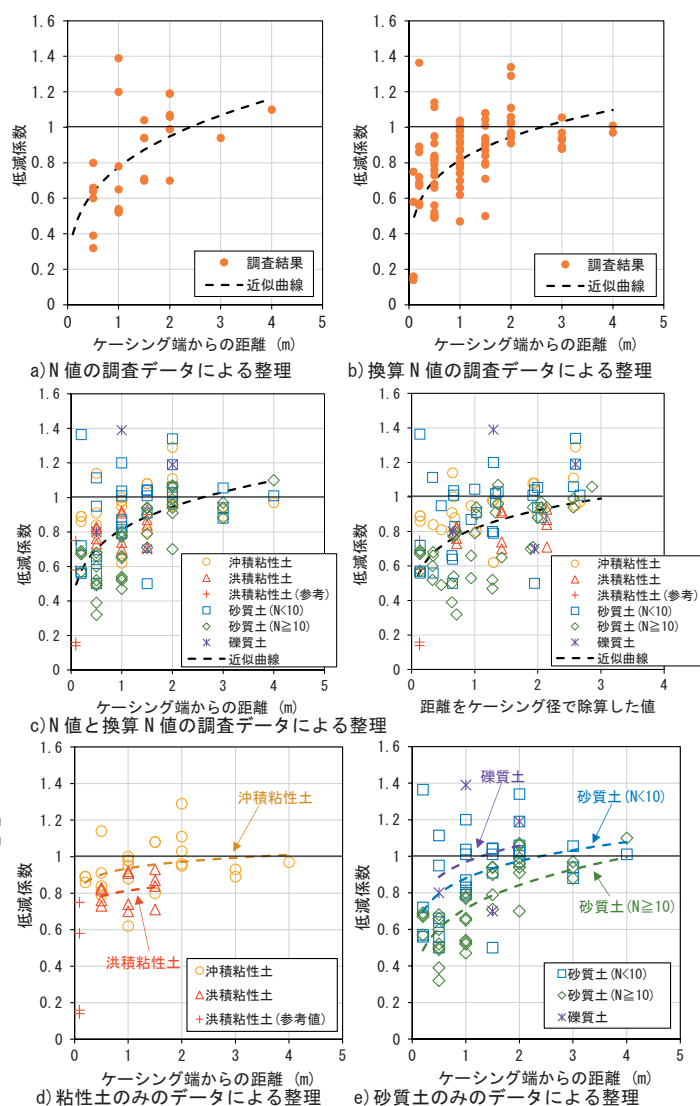


図8 N値と換算N値による低減係数とケーシング端からの距離

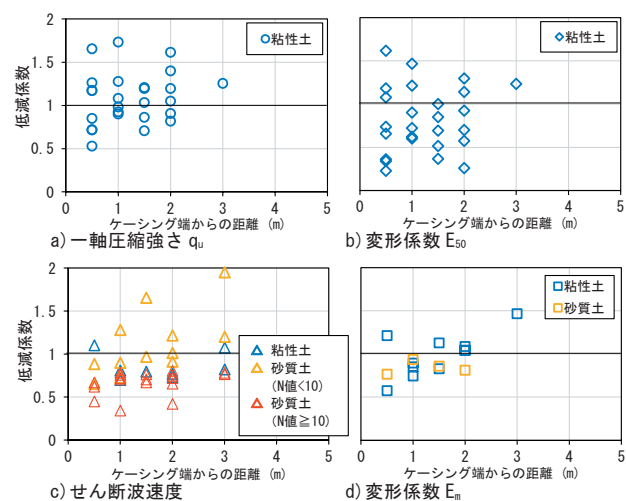


図9 各種試験結果による低減係数とケーシング端からの距離

グ端から離れるにつれて大きくなる傾向を示す。

2) a)・b)より、N値のみのプロットであるa)の近似曲線の方がケーシング近傍で低減係数が小さくなっているが、低減係数が1.0となる距離はa)・b)で概ね一致している。また、分布範囲

にばらつきはあるが全体的には、N 値と換算 N 値での緩み評価は、同等の傾向を示していると判断できる。

3) c)より、整理時の横軸の違いによる低減係数の低下傾向に明瞭な差は見られなかったことより、本稿では、現場での適用性を考え、横軸は、ケーシング端からの実距離による整理を基本とした。

4)低減係数が「1.0」となる実距離は、ケーシング径（ $\phi 600 \sim 1500\text{mm}$ ）に関わらずケーシング端から 2～3m 程度となった。

②土質別の傾向（図 8 d）, e）

1)砂質土は粘性土に比べ、低減係数が小さくなる傾向を示す。砂質土は、粘着力が小さく粒子間の摩擦によりせん断強度を発揮するため、緩みによる影響を受け易いと推測される。

2)砂質土では、N 値 ≥ 10 、粘性土では、洪積粘性土のプロット群で、低減係数の低下傾向が顕著となっている。同じ土質区分の場合、N 値等が大きな方が緩みの影響を受け易いという結果が得られた。

3)礫質土は、得られた低減係数が 4 点（1 調査事例）と少なく、ばらつきも大きいため、低減傾向の評価は、困難である。

③各種試験結果の傾向（図 9）

1)N 値・換算 N 値との関係図（図 8）に比べて低減係数のプロット分布にばらつきが大きい。特に粘性土の一軸圧縮試験結果から求めた変形係数（ E_{50} ）でのばらつきが大きい。

2) E_{50} を除くとケーシング近傍での低減係数は小さく、ケーシング端から離れるにつれて右肩上がりの傾向を示している。

4.3 撤去工法の違いが低減係数に与える影響

サイト D では、調査⑤、調査⑥でケーシング縁切引抜工法、調査⑦でオールケーシング破砕撤去工法による既存杭撤去が行われた。図 10 に N 値および換算 N 値データによる低減係数の比較を示す。

図 10 で(c)の破砕撤去工法の As1 を除き、低減係数はケーシング端から離れるにつれて大きくなる傾向を示す。

破砕撤去工法を用いた時の As1 で換算 N 値が増加した理由は、全周回転掘削機（寸法 2.9m $\times$ 3.4m、重量約 260kN）がケーシング近傍に設置されるため、機械重量による設置圧が表層付近の地盤に作用した影響が考えられる。なお、破砕撤去工法は 1 事例の結果であり今後データの蓄積が必要である。

以上より、現時点では、既存杭撤去工法によらず既存杭引抜時には、周辺地盤の緩みへの注意が必要と考えられる。

4.4 既存杭撤去跡の埋戻し部の性状確認

埋戻し部の調査^{18)～20)}は、埋戻し土の深度方向の均一性や目標とする発現強度が得られているかを確認するために行った。なお、参考文献 1)では、埋戻し部の調査時期により、埋戻し中（硬化前）と埋戻し後（硬化後）に分けられるとしている。今回実施した現地調査は、埋戻し後の調査に相当する。

以下に埋戻し部の調査結果について示す。

(1) ケーシング縁切引抜工法＋流動化処理土

調査①、調査④、調査⑤、調査⑥では、ケーシング縁切引抜工法により既存杭を撤去、孔口より流動化処理土の埋戻しを行った。

上部からの注入のみで攪拌しない場合（④、⑤、⑥）は、流動化処理土の下部が、また、機械攪拌を行った場合（①）も上部および最下部が固化せず、いずれの事例も強度発現が不十分であった。

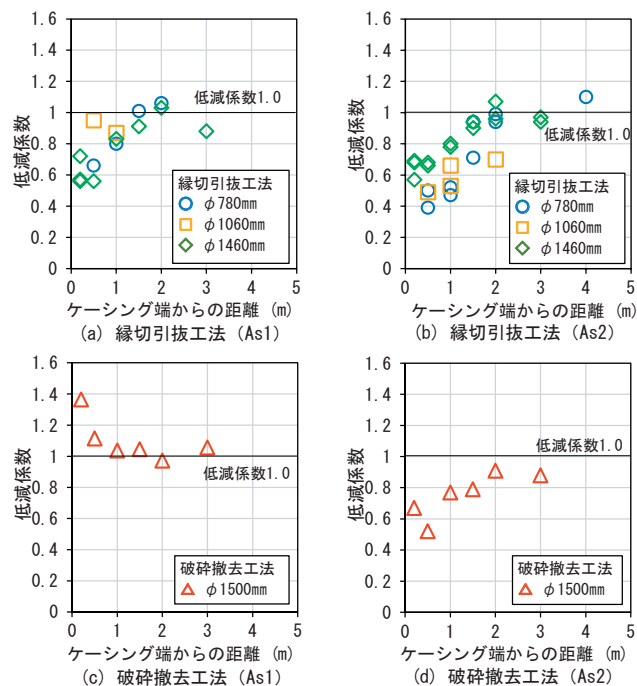


図 10 既存杭撤去工法の違いによる低減係数の比較

(2) オールケーシング破砕撤去工法＋流動化処理土

調査⑦では、オールケーシング破砕撤去工法により既存杭を撤去、トレミー管を使い流動化処理土を下部より注入・埋戻しを行った。

埋戻し部の性状は、N 値（材齢 2 週）が 3～10 で原地盤の N 値（5～15）に近い値が得られた。また、一軸圧縮強さ（材齢 4 週）は、300～500kN/m² と大きな値を示しており、ばらつきはあるものの比較的安定した埋戻し部が構築できたことを確認した。

以上より、埋戻し部は、施工方法によっては均一に埋戻すのが難しく深度方向にもばらつく場合も多く、周辺地盤の緩み等に影響を与えると考えられるため、埋戻し部の調査を行い、新設杭の設計・施工（支持力検討・孔曲がり対策など）に反映させるのが望ましいと考えられる。

5. 地盤の緩み等を評価するための地盤調査計画の提案

本章では、地盤調査を通じて得られた知見より、既存杭撤去・埋戻し時の地盤の緩み等を評価するための調査計画の考え方を提案する。なお、埋戻し部の調査方法は、参考文献 1) を参照されたい。

5.1 調査位置・各層区分内のデータ個数

地盤調査は、既存杭撤去近傍のすべての新設杭周辺で行うのが理想であるが、最低限として既存杭の撤去位置に最も近い新設杭周辺で行うこととする。

調査地点は、図 11 に示すように撤去時のケーシング端を基準としその周囲に配置するが、ケーシング近傍の 0.5m と 2.0m 離れの 2 地点には必ず配置するようする。また、その間の 1.0m と 1.5m 離れや 2.0m 離れよりも外側に配置し、調査点数を増やしても良い。各層区分内のデータ数は、5 個以上となるようにするのが望ましく、不足する場合は、同じ離れの別地点で追加調査をする。

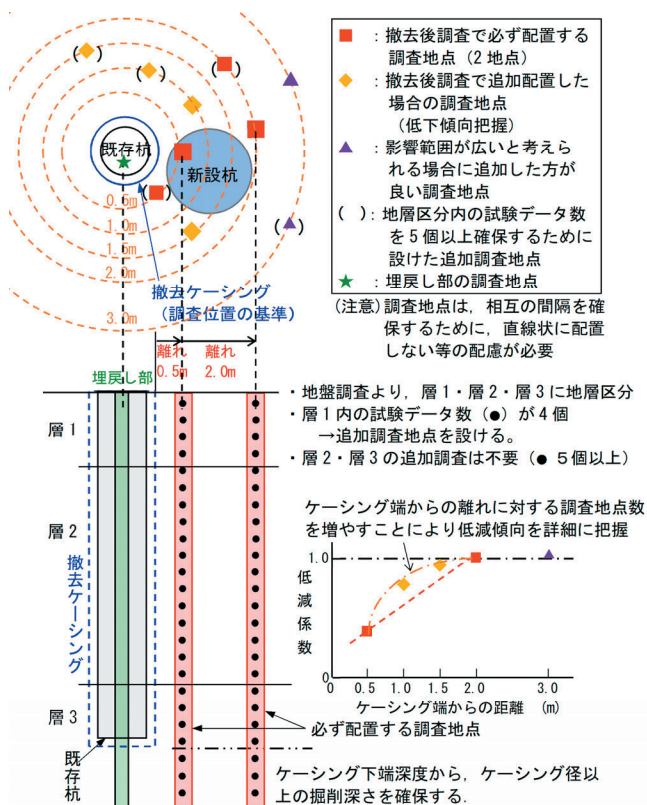
5.2 調査手法

調査手法は、既存杭の撤去前後で地盤の硬軟（強度や剛性）を評価することができ、地層区分が可能な手法を選択する。ただし、既

存杭撤去前後での調査手法は同じとすることを基本とする。

5.3 調査結果の整理

調査結果は、「4. 既存杭の単杭撤去到に伴う周辺地盤の緩み等の評価」に示したように、低減係数をケーシング端からの距離との関係で整理し、緩みの影響範囲と原地盤（既存杭撤去前）に比べて強度等がどの程度低下しているかを把握するようにする。この結果より、新設杭設計時の地盤反力係数を低減させることなどを想定している。なお、低減係数の整理は、地層区分毎に行うものとする。



6. おわりに

4 サイトで計 7 度実施した地盤調査結果より、既存杭撤去到に伴う周辺地盤の緩みは、その影響範囲が撤去ケーシング端から 2~3m 程度であり、ケーシング近傍では N 値等が半分程度になることが示され、土質や既存杭撤去前の地盤の N 値等の大きさによる影響も把握することができた。また、得られた知見より、現時点において現実的と思われる地盤調査計画の考え方を提案した。

ただし、本成果は、4 サイトでの地盤調査による結果であり、より定量的な評価を行うには、今後も様々な地盤条件や既存杭径、既存杭撤去工法等の違いを考慮した地盤調査データを蓄積していくことが重要となる。

謝辞

本報告は、一般社団法人 建築基礎・地盤技術高度化推進協議会 (ALLF)「既存杭撤去到に伴う周辺地盤への影響検討委員会」の一環として行われた。調査の一部は、「住宅生産技術イノベーション促進事業 (国土交通省)、2020 年度~2022 年度」の補助を受けて実施し、また「総合技術開発プロジェクト 構造物と地盤に係る構造規定の合理化による都市の再生と強靱化に資する技術開発 (国土技術

政策総合研究所)」と連携して実施した。関係者の皆様には、多大なご支援・アドバイスをいただき、改めて感謝の気持ちを示す。

参考文献

- 1) 地盤工学会関東支部：既存杭の撤去・埋戻し方法とその影響を受ける新設杭の設計・施工、2022.6
- 2) 太田雅之他：電気式静的コーン貫入試験を用いた杭の引き抜きに伴う地盤への影響評価の一考察、全地連「技術 e-フォーラム 2003 (埼玉)」, No. 2003_102, 2003.9
- 3) 田中俊平他：杭撤去到に伴う周辺地盤の挙動：その 1 地盤移動、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 705-706, 2005.9
- 4) 松元秀樹他：杭撤去到に伴う周辺地盤の挙動：その 2 地盤物性、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 707-708, 2005.9
- 5) 大和真一：トルク計測を加えた新しいスウェーデン式試験法 (SDS 試験)、地盤工学会誌, Vol. 64, No. 1, pp. 37-38, 2016.1
- 6) 青木雅路他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 1)：沖積地盤における調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 641-642, 2020.9
- 7) 青木雅路他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 11)：既存杭撤去到 2 年後における調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 529-530, 2022.9
- 8) 水澤良介他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 2)：洪積地盤における調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 643-644, 2020.9
- 9) 本橋悠他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 7)：ボーリング孔を利用した調査結果 (埼玉加須地区)、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 567-568, 2021.9
- 10) 大田孝他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 8)：サウンディング (CPT) を利用した調査結果 (埼玉加須地区)、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 569-570, 2021.9
- 11) 遠藤正美他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 4)：ボーリング孔を利用した調査結果 (稲敷金江津地区)、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 561-562, 2021.9
- 12) 沼本大輝他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 5)：サウンディング (CPT および SDS) を利用した調査結果 (稲敷金江津地区)、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 563-564, 2021.9
- 13) 阿部秋男他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 6)：探査技術を利用した調査結果 (稲敷金江津地区)、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 565-566, 2021.9
- 14) 根岸利昌他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 9)：稲敷金江津地区における追加調査結果 (サウンディング調査)、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 525-526, 2022.9
- 15) 大田孝他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 10)：稲敷金江津地区における追加調査結果 (ボーリング調査結果)、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 527-528, 2022.9
- 16) 平井卓海他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 14)：破碎撤去到工法における杭撤去到に伴う周辺地盤への影響調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 575-576, 2023.9
- 17) 秦樹一郎他：既存杭を含む敷地における建築物の設計法構築に向けた実験および解析検討 (その 13)：既存杭撤去到の影響を受けた地盤物性把握のための調査、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 547-548, 2023.9
- 18) 清塘悠他：既存杭撤去到埋戻しの施工事例と室内配合試験、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 551-552, 2021.9
- 19) 森利弘他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 3)：地盤調査方法の比較計画と杭撤去到埋戻し部の調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 559-560, 2021.9
- 20) 森利弘他：既存杭撤去到・埋戻しに伴う周辺地盤への影響 (緩み) に関する研究 (その 13)：破碎撤去到工法による杭撤去到と埋戻し部の調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 573-574, 2023.9

[2024 年 5 月 31 日原稿受理 2024 年 8 月 2 日採用決定]