

根固め部の未固結試料採取・調査・試験マニュアル
(Ver.3.1)

Manuals for sampling, examination and testing of fresh
soil-cement specimen from base bulbs of bored piles
(Ver.3.1)

2024 年 10 月

高支持力杭の根固め部品質管理研究会

序 (2024 年, Ver 3.1)

高支持力杭の根固め部品質管理研究会は2012年6月に『根固め部の未固結試料採取・調査・試験マニュアル』初版を発刊し、その後、2014年10月に改訂版(Ver 2.0)を、さらに、2021年3月に改訂版(Ver 3.0)を刊行して現在に至っている。初版を発刊して以来、本マニュアルは先端根固め部を有する埋込み杭の多くの実施工において、未固結試料採取による施工管理に採用されてきた。そのおかげで、多くのデータが蓄積されるとともに、本マニュアルを実際に使用した結果として、修正すべき意見をいただいた。

本改訂における主な改訂点は、最後の改定後3年が経過したところ、Ver3.0までのデータ数を上回る多くのデータを収集することができたことから、統計資料の修正を行い、3回目の改訂を行ったものである。したがって、本改訂 Ver.3.1 の主な変更部分は第5章に集中し、その他の章においては軽微な修正にとどめている。

前回の Ver3.0 の改定において未固結採取による施工管理方法として一応の完成を見たものと考えているが、今後、さらに多くのデータを収集するとともに、必要に応じてさらなる改良に努め、手法の精度向上を諮って行きたいと考えている。多くの未固結試料採取による施工管理において、本マニュアルの手法を採用していただき、ここで提案した本管理手法について、実際に採用した施工者、設計者、管理者の率直なご意見をお寄せいただければ幸甚に存じます。

2024 年 10 月

パイルフォーラム株式会社

高支持力杭の根固め部品質管理研究会

会長 桑原文夫

序 (2021 年, Ver 3.0)

高支持力杭の根固め部品質管理研究会は2012年6月に『根固め部の未固結試料採取・調査・試験マニュアル』初版を発刊し、その後、2014年10月に改訂版(Ver 2.0)を刊行した。初版を発刊して以来、本マニュアルは先端根固め部を有する埋込み杭の多くの実施工において、未固結試料採取による施工管理に採用されてきた。そのおかげで、多くのデータが蓄積されるとともに、本マニュアルを実際に使用した結果として、修正すべき意見をいただいた。本改訂では、これらの検討を加えたものとして第2回の改訂を行ったものである。本マニュアル第3版の主な変更点を以下のとおりである。

- 1) 本マニュアル(Ver 2.0)までの手法に基づく多くの固化供試体の圧縮強度試験結果のデータが蓄積し、あらためて統計的分析を行った。支持地盤の土質別特性、材齢による未固結試料強度の変化について再評価を行うとともに、根固め部内の部位による強度特性を明らかにした。さらに、未固結試料強度と施工完了後に根固め部から採取したコア採取試料強度およびプラント採取試料強度との関係を明らかにした。
- 2) 未固結試料の物性調査(Step 1)における調査項目における土塊の取り扱い方法を変更した。すなわち、未固結採取器で採取した試料中の土塊について、10mmメッシュを通過する土塊はそのまま未固結供試体中に取り込み、土塊を含んだ状態における強度を調べることとし、土塊混入率による強度補正は行わないことにした。これにより、土塊混入率の測定は必須にはしないこととした。
- 3) 未固結採取試料の必要強度および管理値の設定方法として、それぞれの施工法の施工要領に記載の値を採用するか、あるいは改良指針の考え方にに基づき、採取実績やデータのバラツキから統計的に設定することとした。これは、未固結試料採取の実施例の増加や掘り出された実物の根固め部の強度に関するデータの蓄積により可能になったものである。

改正点の詳細は本文に述べられているので、ここでは省略するが、いずれも初版および第1回改訂版における懸案事項の解決に努めたものである。

本マニュアルは未固結採取による施工管理方法として一応の完成を見たものと考えているが、今後、必要に応じてさらなる改良に努め、手法の精度向上を諮って行きたいと考えている。多くの未固結試料採取による施工管理において、本マニュアルの手法を採用していただきたい。ここで提案した本管理手法について、実際に採用した施工者、設計者、管理者の率直なご意見をお寄せいただければ幸甚に存じます。

パイルフォーラム株式会社

高支持力杭の根固め部品質管理

会長 桑原文夫

序 (2014 年, Ver 2.0 版)

高支持力杭の根固め部品質管理研究会は2012年6月に『根固め部の未固結試料採取・調査・試験マニュアル』初版を発刊した。その内容は、杭先端根固め部を有する埋込み杭の実施工において、未固結試料採取による施工管理に採用されてきた。この施工管理方法は実工事における採用例の増加によるデータの蓄積や採取・調査・試験技術の急速な進歩を考慮し、研究会では初版発刊後ただちに次の改訂の準備を始め、初版発刊後2年間に精力的な検討を進めた結果、同マニュアルの改訂版を発刊する運びとなった。本マニュアル第2版の主な改正点は、以下のものである。

- 4) 未固結試料の採取方法として、一般的に採用されている「2 工程」採取に加えて、根固め部築造後、直ちに採取する「1 工程」採取による施工管理手法と採取器の特徴を追加した。
- 5) 未固結試料の物性調査(Step 1)における調査項目の「土塊混入率」に関する新たな知見を追加した。
- 6) 未固結試料およびプラント採取試料の養生方法について新たな規定を設けた。
- 7) 固化供試体の圧縮強度試験結果の増加に伴い、再度、統計的検討を行った。
- 8) 根固め部の破壊パターンを想定し、根固め部に必要な強度の考え方を示した。
- 9) 固化供試体の圧縮強度試験結果に対する安全性の判定手法を提案した。

改正点の詳細は本文に述べられているので、ここでは省略するが、いずれも初版における懸案事項の解決に努めたものである。しかし、それでも完全とは言えず、たとえば以下の点などは依然、検討事項として残された課題であると認識している。

- 1) 未固結試料強度の根固め部内部におけるばらつき
- 2) 未固結試料強度とコア採取試料強度の比較
- 3) 未固結試料強度とプラント強度との比較

今後、さらに本マニュアルの改良に努め、現行の手法の精度向上を諮って行きたいと考えている。

未固結試料採取による施工管理を実際に行っている施工者、設計者、管理者の率直なご意見をお寄せいただきたい。

2014年9月

高支持力杭の根固め部品質管理研究会

会長 桑原文夫

序 (2012 年, Ver 1.0 版)

埋込み杭の先端部に、支持層の土と注入したセメントミルクを攪拌して根固め部を築造し、これにより杭先端支持力の増大を狙った高支持力杭の開発が盛んになっている。この根固め部は地中深くの現場施工となることから、その品質・性能の出来・不出来が杭の支持力に大きな影響を及ぼすことは明らかである。必要な支持性能を発揮するためには、根固め部が十分な強度を確保し、杭体から支持層に確実に力が伝達されることを保証する必要がある。

従来から杭の施工完了後に、杭先端の根固め部から固結した試料をコア採取し、圧縮強度試験が行われることはあったが、構造物全体の施工中に地中深くからコア採取することは困難であることや、築造した根固め部をコアリングすることの悪影響などのために、一般的な施工管理方法には成り得なかった。そこで、杭の施工中に、まだ固まらない根固め部から試料を採取し、適当な養生後に圧縮試験を行うことにより、比較的早期に根固め部の性能を把握することが可能となり、「未固結試料採取」による施工管理方法が急速に発展してきている。

しかし、根固め部からの未固結試料を採取することは、埋込み杭の施工のなかの根固め部を築造する作業と杭を定着する作業の間に、試料採取の工程が入ることになるので、試料採取は簡単な作業ではない。また、地中相当の深さの根固め部からあるがままの試料を採取し、地上まで搬出するには、十分な機能を持った採取器を用い、必要な管理のもとに採取することが必要である。

採取器によって地上まで搬出された根固め部試料は、「なまもの」であり、その取扱いについては十分な注意が必要である。未固結試料は現位置土とセメントミルクの混合体であり、土成分と水分の多い試料であり、土質や攪拌方法によっては試料中に土塊を含むこともある。採取された試料に対して、まず観察・調査を行い、次に強度試験のための試料作成を行う。引き続いて、必要な養生後に強度試験を行うことになるが、杭の施工期間を考えると、できるだけ早期に判定を行うことが要求される。

このようなことから、試料の採取から調査・試験までの必要な事項を可能な限り記述し、整理することは大きな意味があり、本マニュアルを策定することにした。

本マニュアルの第 1 章 未固結試料採取の目的と適用範囲では、対象とする杭施工法と本方法を適用する場合の管理手順について述べ、未固結試料採取を行なった施工管理全般の位置づけについて記述している。第 2 章 未固結試料採取方法の基本事項では、適用地盤、根固め部築造方法、試料採取位置・時間によって考慮すべき重要な基本事項を述べ、続く第 3 章 未固結試料採取器とその性能では、採取器に要求される性能および現時点で使われている各種の採取器・採取方法の紹介を行なっている。

本マニュアルでは採取試料に対して、現場で直ちに行う調査と養生後に行う試験とに分けて記載している。第 4 章 未固結試料の物性調査(step 1)では採取した試料に対して現場で行う調査について述べたもので、即時の判断を必要とするものである。第 5 章 固化供試体圧縮試験(step 2)では、固化供試体の作成方法と養生方法および圧縮試験方法について述べている。第 6 章 固化供試体の強度試験結果の整理では、得られた調査結果および試験結果から杭の施工管理に必要な情報を得るための整理方法と工法によって定まる必要強度との比較により、根固め部の安全性の判断を行うための情報を提供している。

最終の第7章 資料編では、根固め部の必要強度とそれを設定した根拠、現時点までに得られた未固結試料の圧縮強度結果を工法ごとに紹介するとともに、本調査の計画書と報告書の書式の例を示している。

このように本マニュアルは未固結採取試料により根固め部の強度を推定するまでの手順・手法について規定したものである。さらに、この調査・試験結果を用いて、施工が適切であったかを判断する極めて重要な管理手法が必要であるが、本マニュアルでは、あえてその判断の具体的数値と方法についての記載は避けている。いわゆる安全性の判断は、過去に蓄積された強度の統計的な資料はもちろん、採用された杭工法における根固め部に要求する必要強度、さらに杭全体としての安全性の余裕を判断して決める必要がある。これらについては、杭施工者だけでなく、管理責任者、設計者などとともに決める必要があると考えている。本マニュアルはいわばそのための資料提供と位置付けたい。

ところで、本マニュアルは未だ改善、改良の余地がある未固結試料採取技術についてその取り扱いを規定したものである。未固結試料強度の根固め部内部におけるばらつき、コア強度との比較、プラントのセメントミルク強度との関係、試験杭と本杭との差異、土塊混入の割合や大きさなど今後、解決しなければならない問題は山積みである。しかし、これらを解決するためには多くのデータの蓄積が必要であり、そのためにも試料採取や調査・試験方法を規定する必要がある。本マニュアルが意味あるものと考えている。本マニュアルに従った多くのデータを蓄積し、より良い試料採取方法を確立しなければならない。

本マニュアル作成に至る経緯は、2010年秋にパイルフォーラム(株)の主催による「高支持力杭の根固め部について考える」をテーマにした技術交流会において、根固め部の強度管理について突っ込んだ議論が行われたことがきっかけである。その議論に賛同した高支持力杭の工法開発者を中心に2011年9月に「高支持力杭の根固め部品質管理研究会」(事務局パイルフォーラム(株))を設置し、本マニュアルの作成に向けて鋭意作業を進めてきた。半年間という短い時間のため未熟な部分はあるが、一刻も早く公開する必要性から、今回の出版に至ったものである。

この未固結試料採取技術は現在急速な勢いで進展を続けており、今後、新たな情報を漸次取り入れ、比較的早い改訂を行う必要があると認識している。その機会には安全性の判断まで踏み込んだ真の施工マニュアルを可能な限り早い時期に作成したいと考えている。今回作成したマニュアルについて、多くの方のご意見、ご提案を賜り、さらに良いものを目指したいと考えている。

最後に、本マニュアルをまとめるにあたっては、通常、公開が阻まれる各種の新しい考案や工夫について、パイルフォーラム(株)会員の情報提供をお願いするとともに、それらをまとめる作業にあたった作業部会の委員の献身的な協力によって可能になったものである。ここに記して感謝の意を表したい。

2012年6月

高支持力杭の根固め部品質管理研究会

会長 桑原文夫

高支持力杭の根固め部品質管理研究会

会長 桑原 文夫 (パイルフォーラム(株))

幹事 加倉井 正昭 (パイルフォーラム(株))

木谷 好伸 (三谷セキサン(株))

平川 泰行 (日本コンクリート工業(株))

新川 照雄 (日本ヒューム(株))

長澤 和彦 ((株)トーヨーアサノ)

会員(委員) パイルフォーラム株式会社(加倉井 正昭)

システム計測株式会社(小座間 琢也)

株式会社地盤試験所(富岡 努)

株式会社トーヨーアサノ(長澤 和彦)

日本高圧コンクリート株式会社(榎野 一博)

日本コンクリート工業株式会社(平川 泰行)

日本ヒューム株式会社(長澤 好伸)

ホクコンマテリアル株式会社(岡田 憲幸)

前田製管株式会社(船田 一彦)

三谷セキサン株式会社(木谷 好伸)

根固め部の未固結試料採取・調査・試験マニュアル (Ver.3.1)

目次

| | |
|----------------------------|-----|
| 第1章 未固結試料採取の目的と適用範囲 | 1 |
| 1.1 節 目的 | 1 |
| 1.2 節 適用範囲 | 1 |
| 1.3 節 未固結試料に対する調査・試験 | 3 |
| 1.4 節 用語解説 | 4 |
| 第2章 未固結試料採取器および採取方法の基本事項 | 7 |
| 2.1 節 試料採取手順 | 7 |
| 2.2 節 未固結試料の性状と採取に係る基本事項 | 9 |
| 2.3 節 未固結試料採取器とその性能 | 11 |
| 第3章 未固結試料の物性調査 (Step 1) | 39 |
| 3.1 節 目的 | 39 |
| 3.2 節 調査項目および方法 | 39 |
| 3.3 節 採取試料内の土塊の取り扱い | 44 |
| 3.4 節 調査結果の判定 | 49 |
| 第4章 固化供試体圧縮強度試験 (Step 2) | 51 |
| 4.1 節 目的 | 51 |
| 4.2 節 固化供試体の製作 | 51 |
| 4.3 節 固化供試体の脱型・養生 | 52 |
| 4.4 節 固化供試体の圧縮強度試験 | 54 |
| 第5章 圧縮試験結果の判定 | 57 |
| 5.1 節 圧縮強度試験結果の特性と傾向 | 57 |
| 5.2 節 若材齢強度から材齢 28 日強度の推定 | 64 |
| 5.3 節 根固め部に必要な強度 | 75 |
| 5.4 節 試験結果と管理値による判定 | 81 |
| 第6章 資料編 | 87 |
| 6.1 節 未固結試料採取データ | 87 |
| 6.2 節 工法別根固め部の必要強度と強度データ | 96 |
| 6.3 節 調査・試験計画書標準書式(2 工程採取) | 113 |