

埋込み杭の根固め部における未固結試料採取による施工管理手法の提案

その1 未固結試料採取の目的と調査・試験の位置づけ

埋込み杭	施工管理	試料採取	正会員	○桑原 文夫* ¹	西村 裕* ²
物性試験	圧縮強度	杭先端支持力	同	朝妻 雅博* ³	林 隆浩* ⁴
			同	加倉井 正昭* ¹	

1. 未固結試料採取による施工管理の目的

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が多く使われている。この根固め部は地中深くの現場施工となることから、その品質の出来・不出来が杭の性能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と寸法を保持し、杭体から働く力が支持層に確実に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、一般的な施工管理方法にはなり得なかった。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¹⁾。

本報告(その1~4)は、未固結試料採取による施工管理方法の標準化を図るために、未固結状態の試料を採取する方法、採取された未固結試料の物性調査方法、および固化供試体に対する強度試験方法について標準的方法を示すとともに、得られた結果の判定方法の提案を行うものである。

2. 適用工法と試料採取方法

本施工管理は、埋込み杭工法のなかで杭先端部に根固め部を築造するプレボーリング(拡大)根固め工法および中堀(拡大)根固め工法を対象とする。杭先端根固め部の築造が終わり、杭を根固め部に定着する前の段階で、根固め部から採取したまだ固まらないソイルセメント(未固結試料)に適用する。

通常の杭工事では、本杭の施工に先立って、本杭と同じ方法で試験杭の施工を行う。掘削した試験掘削孔において築造した根固め部から未固結試料を採取し、提案する手法を適用することにより、本杭で築造する根固め部の妥当性を確認することができる。

3. 調査・試験の手順と位置付け

図1は本調査・試験を杭の施工管理に適用する場合の管理手順を表したものである。採取された未固結試料の物性調査と固化供試体に対する強度確認の2段階で行う

ものとしており、各段階で行われる判定において、不適合な場合には、未固結試料の採取方法、根固め液の配合や注入量、根固め部の掘削・攪拌・混合などの施工方法、適用地盤の妥当性などを検討した上で再施工を行い、あらためて調査を行う方法を示している。

Step 1の調査においては、試料の密度、温度、色、混合状況などを対象に判定を行う。現在の埋込み杭工法における根固め部は掘削土砂とセメントミルクの混合体であり、十分な量のセメントが掘削土砂と均一に混合されていることを確認する必要がある。また、粘性土が根固め内部に土塊のまま残ることがあるが、多くの大きな土塊混入は杭先端支持力発現の観点から好ましいものではなく、規定量以下であることを確認する。

Step 2の試験においては、適切な養生期間後の固化供試体に対する一軸圧縮試験から得られた固化供試体強度と根固め部に必要な強度を比較することにより判定を行う。この比較による安全の確認においては、固化供試体強度のばらつきを考慮した安全余裕を見込むことが望ましく、強度の変動と要求性能を十分に勘案した上で判定する必要がある。

固化供試体の強度は、通常、材齢28日強度を採用するが、試験杭に本手法を適用する場合には、早期材齢時の強度により判断を求められることがある。過去に行われた試験結果に基づき、早期材齢時の強度から28日強度を推定する場合には、特に推定強度の信頼性に応じた安全余裕を考慮することが必要である。

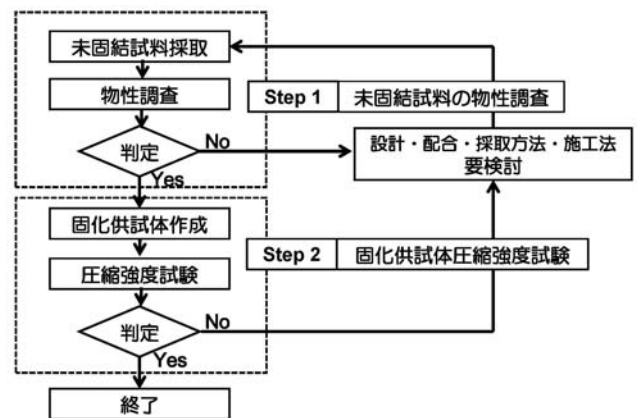


図1 未固結採取試料の調査・試験フロー

4. 試料採取器に必要な機能

根固め部からの未固結試料を採取することは、埋込み

杭の根固め部を築造する作業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。以下、未固結試料採取器に必要な機能をまとめている。

a. 採取位置

未固結試料採取器は通常の掘削ロッドの先端に取り付けられるので、一般的には根固め部の中心位置の試料を採取する。根固め部の深さ方向に関しては工法や採取器により差がある。根固め部内のソイルセメントは均一であることが望ましいが、現状でその変動は明らかにはなっていない。今後の調査に期待したいが、現状においては採取位置を明記することにする。

b. 採取時間

根固め部築造完了後、採取器を装備した採取ロッドを新たに掘削孔に挿入する 2 工程採取(後述)の場合、試料採取にかなりの時間を要する。また気温によるセメントの初期固化時間を考慮して、セメント混練開始から試料採取までに要する時間については 2 時間をガイドラインとする。

c. 必要採取量

未固結試料に対する物性調査や圧縮試験を行うために必要な試料の最低量は材齢 3, 7, 28 日の 3 材齢日の供試体に予備と密度調査用を考慮して、全体で 3 リットル程度あればよい。砂礫層等での根固め部築造時での採取を考慮すると、開口部の大きさは 100mm 程度が望ましい。

d. 水密性

未固結試料採取器が泥土・泥水中を 50m 程度挿入され、この深度の水圧に耐えうる構造が必要となる。そのために、採取口周囲に止水リングを配するなどの対策をして泥水等の侵入や採取試料の漏洩を防ぐ必要がある。

e. 1 工程・2 工程採取器

現時点で未固結採取方法の多くは、根固め部を築造後に一旦掘削ビットを地上まで抜き上げ、試料採取器を装着したロッドを、再度、根固め部まで降し、試料を採取する方法である(これを 2 工程採取と呼ぶ)。この採取工程を本施工の杭挿入前の段階で行うことは、根固め部築造後、施工完了までに長い時間を要することや大深度の施工時には未固結採取自体に無理があることなどから、実質上実施不可能といわれる。

このようなことから、本杭の施工の前に同じ条件の地盤、施工機械、施工方法により掘削および根固め部の築造を行い、実際の杭を挿入しない「試掘孔」において行うのが通常である。そこで、未固結試料を採取し、先に述べた方法により調査・試験を行い、その後で行う本杭

の根固め部の性能を推定する。

一方、試料採取器を装着した掘削ビットを用いることにより、根固め部築造後、掘削ロッドを引き上げずに、ただちに未固結試料を採取する方法が考えられている(これを 1 工程採取と呼ぶ)。この方法により、試掘孔ではなく、実際に施工した本杭の根固め部から試料を採取できるので、監理の観点から利用可能な方法である。

f. 採取器の例

現時点で開発されている採取器の多くは、油圧を用いて採取口を開閉することで採取を実施しているため、油圧配管を装備したロッドを利用するか、採取器から油圧ホースをロッドに添わせて採取を実施している。図 2 は本報告の共同研究を行っている杭施工者が開発した未固結試料採取器の例¹⁾を示したものである。



図 2 未固結採取器の例

5. おわりに

本研究は杭先端部の根固め部を持つ埋込み杭の施工管理方法の一環として、未固結試料採取による標準的手法を提案している。各工法により施工法や管理値等が異なり、同一の管理方法によることは困難とも考えられるが、統一的な考え方も必要である。本手法により高支持力杭の品質が向上し、設計者・施工者が自信を持った埋込み杭が提供できることを期待したい。本報告における未解決な問題については、今後、多くの実例を積み重ねながら、管理手法を改良して行く必要があると感じている。

謝辞

本研究はパイルフォーラム(株) 高支持力杭の根固め部品質管理研究会(会長桑原文夫)による『根固め部の未固結試料採取・調査・試験マニュアル (Ver.2.0)』(2014 予定)作成において検討した内容である。

参考文献

- 1) 高支持力杭の根固め部品質管理研究会 (2012) 『根固め部の未固結試料採取・調査・試験マニュアル (Ver.1.0)』

*1 パイルフォーラム *2 トーヨーアサノ
*3 日本ヒューム *4 丸門建設

*1 Pileforum *2 Toyo Asano Foundation
*3 Nippon Hume *4 Marumon Construction