

12. 先端強化場所打ち杭工法におけるリング貫入機の開発

(株)熊谷組：*松下 祐輔・菱沼 登

坂 英昌

(助)鉄道総合技術研究所：村田 修

三井建設(株)：伊藤 達男

1. はじめに

近年、都市部で主流工法になっている低公害の場所打ち杭は、掘削工法に固有の周辺地盤の緩みや、杭先端に残存するスライムの問題などから、沈下量が比較的大きくなるため、設計上、杭先端の支持力度が打込み杭のそれに比べて大幅に低減されている。

そこで、筆者らは、掘削孔底に設置したコンクリートリング（以下、リングと呼ぶ）に予め必要な履歴荷重を与える、新しい場所打ち杭工法“先端強化場所打ち杭工法”を開発した。200tf/m²以上の履歴荷重をリングに与えることによって、冒頭で述べた地盤の緩みやスライムの問題が解決されるため、本工法の先端支持力が在来杭のそれより約40%向上する¹⁾。

標記のリング貫入機は、本工法の実現に不可欠な施工機械として、新たに独自考案したものである。本貫入機に要求される性能は、前述のリングを先端地盤に所定荷重で確実に押し込むことであり、具体的には、貫入反力を確保するグリッパー機能、リングの把持機能、リングの押し込み機能を有している。

本報では、先ず本工法について述べ、次にリング貫入機の仕様および開発概要を紹介する。

2. 工法の概要

本工法は、在来のオールケーシング工法の施工法を基本にしており、掘削終了後、掘削孔底に設置したリング（図1参照）を分割したリング毎に200tf/m²（50tf）以上の荷重で押し込み、これによって、緩んだ先端地盤を改善しようとする工法である。施工手順は図2に示すが、概略つきのとおりである。

- ①ハンマグラブで所定の深度まで掘削する。
- ②掘削終了後、スライム処理バケットを孔底に設置し、1次スライム処理を行う。
- ③リングを吸着した貫入機（写真1参照）をケーシングチューブ（以下、ケーシングと呼ぶ）内に降ろす。
- ④ケーシングに反力をとった貫入機によってリングを内側から1リングずつ所定荷重で押し込む。
- ⑤リング貫入に伴い、リング上方に回り込んだ残留スライムをスライム処理装置で取り除く（2次



写真1 貫入機

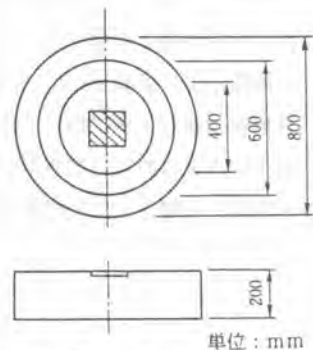


図1 先端リング

スライム処理)

⑥以下、鉄筋かごの挿入・コンクリート打設を従来と同様の方法で実施する。

貫入用のリングは、図1に示すように、同心円の3つのリングで構成する。リングの貫入は貫入機をケーシングに圧着させ、ケーシングと地盤の摩擦力、およびオールケーシング掘削機の押し込み力を反力として行うが、貫入に必要な反力が不足する場合には、掘削機にカウンターウェイトを搭載することになっている。

3. リング貫入機の開発

開発した貫入機の概略仕様を図3に示す。貫入機は、リング貫入によって先端地盤に履歴荷重を与えるための機械であり、機能上大きく分けて以下の4つの装置で構成されている。

- ①ケーシングの内面にブレーキシューのようなくさびを押しつけ、この圧着力でケーシングと貫入機を一体化させるグリッパー装置
- ②分割した3つのリングを内側から順次貫入するためのジャッキを備えた押し込み装置
- ③地上でリングを把持し、掘削先端地盤まで運ぶためのリング把持装置
- ④上記装置の、①、②、③を地上で集中的に制御・管理する装置

貫入機の開発にあたっては、これらの装置が要求性能を満たしていることを実験によって確認することとした。以下にその実験内容と実験結果の概略を示す。

3.1 グリッパー

グリッパー装置は、性能上、50tfの2倍の100tfの貫入荷重に対して圧着能力が確実に確保できるように計画した。本装置は、機構的には、鋼管杭圧入工法³⁾において鋼管外面を把持・圧入するために用いられていたグリッパー装置を、鋼管内

面から押しつけるように考案・改良したものである。試作したグリッパー装置は、図4および図5に示す実大実験装置を用いて性能を調査した。実験では、グリッパージャッキを縮めてくさびをケーシングに圧着させ

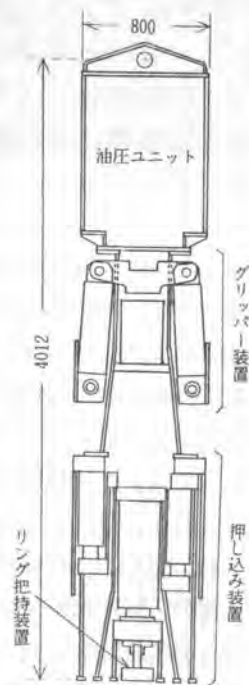


図3 貫入機の概略仕様

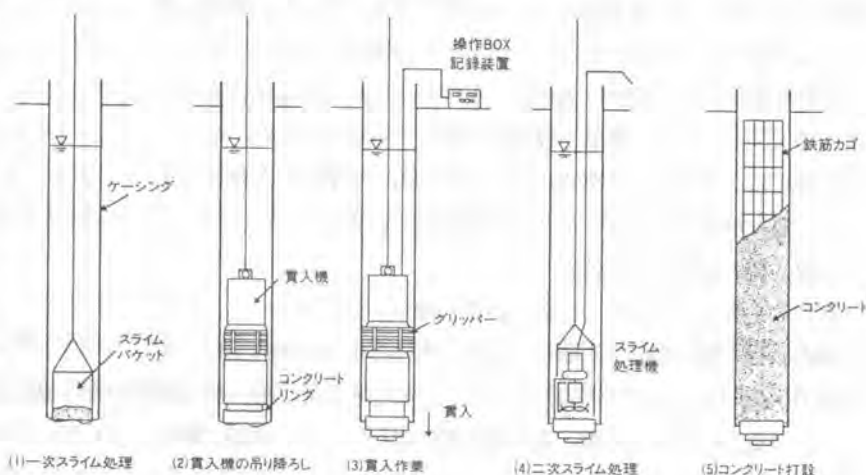


図2 工法の施工手順

た後、貫入状態を想定したリフトジャッキあるいは押し込み装置で本体を100tf まで押し上げ、この時のくさびの滑り量を測定し圧着能力を確認した。その結果、ケーシングと接するグリッパーの表面形状として歯形タイプのもが泥水中での作動実験においても優れた圧着能力を確保できることを確認した。

3.2 リング押し込み装置・リング把持装置

リング押し込み装置は、分割したリング毎に100tf の荷重を載荷できる貫入機能とリング貫入量の計測機能が必要である。また、リング把持装置は、押し込み装置の下端に設置されるが、リングの着脱が容易に行えるものでなければならない。

試作した押し込み装置は、100tf の押し込み能力をもつ3本のジャッキを長さ方向に配置することとし、貫入順序については、事前実施のリング貫入性と支持力試験の結果¹⁾から、内側のリングが外側のリングに対して先行貫入される構造とした。また、リング貫入量の計測装置は、鉄筋計とバネを直列に接続したものを押し込み装置のジャッキストロークと連動するように取り付け、バネの張力によって発生する鉄筋計のひずみ値を貫入量に換算する方式とした。

これら2つの装置は前述のグリッパー装置と共に試作貫入機に組み入れ、図5に示す性能実験および屋外での施工実験を実施した。

屋内・屋外実験の結果¹⁾、本押し込み装置は凹型地盤、不陸地盤などの各種条件下においても優れた押し込み性能を発揮できることを確認した。また、リング把持装置については、リング中心の突起部をジャッキとヒンジを利用して機械的に摺む方式(図5)および電磁石を利用した吸着方式について性能を調査した。その結果、両者とも把持能力に問題はないが、ジャッキ機械式ではリングのセットに時間がかかり実用性に欠けることがわかった。そこで、実際の貫入機(図3)には、電磁石吸着式を導入することとした。なお、本装置には、予期せぬ停電時にもリングが落下せず安全が保てるように、貫入機本体にはバッテリーを搭載している。

3.3 貫入機の制御・管理装置

問題点を改善して製作した図3の貫入機は、油圧ユニット、圧力変換器、貫入量計測機を内蔵しており、本体と地上の操作盤は1本の電源・信号ケーブルで連絡している。このことから、貫入機は地上の操作盤によって操作でき、さらにリング貫入時の貫入荷重と貫入量の関係はパソコンの画面に表示してリアルタイムで管理することができる。

実験では、貫入性能・操作性、パソコンによる貫入管理方法を確認したが、いずれも良好な結果を得

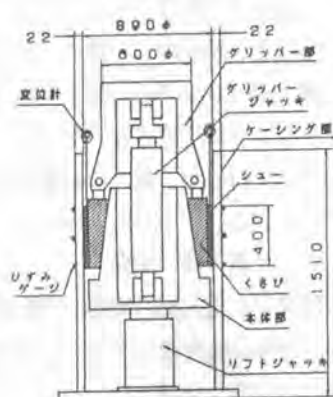


図4 グリッパー実験装置

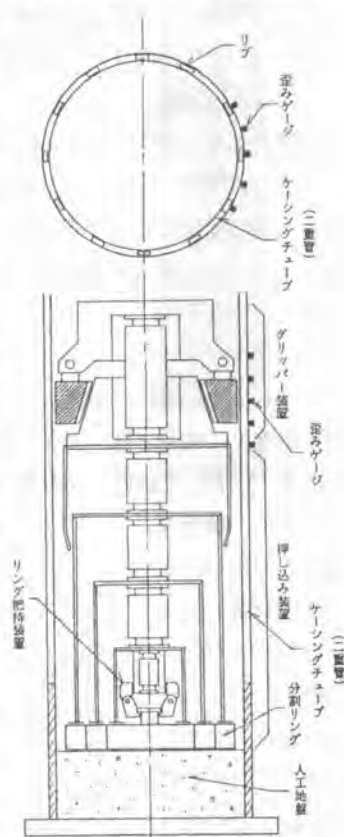


図5 試作貫入機実験装置

た。貫入管理用パソコンの表示画面は、写真2に示すように、リングの貫入形状なども確認できるようにしている。

3.4 実施例

本工法の適用例として横浜市高速鉄道3号線の入庫線高架橋を示す。当該地では、図6に示すように地表面付近からGL-20mの間にある軟弱粘性土層がネガティブフリクションとして杭に作用するため、先端支持力が確実に期待でき、信頼性の高い場所打ち杭工法が求められ、検討の結果、本工法が適用されることとなった。

杭本数は4橋脚の基礎17本と載荷試験用の試験杭1本の計18本である。本工事における先端リングの貫入手順として、まず、3つのリング全体を50tfで貫入（全体貫入）させ、次に内側のリングから順次50tf／リングの荷重で貫入（個別貫入）させた。リングの貫入は予定どおり確実に行ったが、今回が初施工で慎重を期したこともあり、本工法に特有のリング貫入作業と2次スライム処理作業に要した時間は、杭1本につき90～120分であった。現在、貫入機の改良、作業の合理化などによって時間の短縮を図っている。

4. おわりに

本工法は、先端地盤を強化し、それをモニターできる新しい場所打ち杭工法として、(財)鉄道総合技術研究所、(株)熊谷組、三井建設(株)で開発を行ったもので、昨年11月末には、本工法の広範な普及・発展を図ることを目的に、杭施工会社を含む「SENTANパイル工法協会」を設立した。今回開発のリング貫入機は、すでに、横浜市交通局発注工事のほかJR北海道発注の高架橋工事に使用されており、性能、操作性およびパソコンによる貫入管理の確実性が確認されている。今後は、貫入作業の効率化・急速化が図れるように、貫入機の小型化、貫入管理用機器の掘削機操作室への搭載などを目指すことにしている。

〔参考文献〕

- 1) 村田修 他：杭先端に履歴荷重を与えた場所打ち杭の支持力実験、第24回土質工学研究発表会1889
- 2) 村田修 他：杭先端に履歴荷重を与えた場所打ち杭の開発（その1）、第25回土質工学研究発表会1990
- 3) 清水昭男 他：J J工法・W J工法およびK-J E T工法の施工例、ウォータージェット技術研究第4回講演会・講演要旨集 — 建設業におけるウォータージェットの利用 — 1885
- 4) 村田修 他：杭先端に履歴荷重を与えた場所打ち杭の開発（その2）、第25回土質工学研究発表会1990

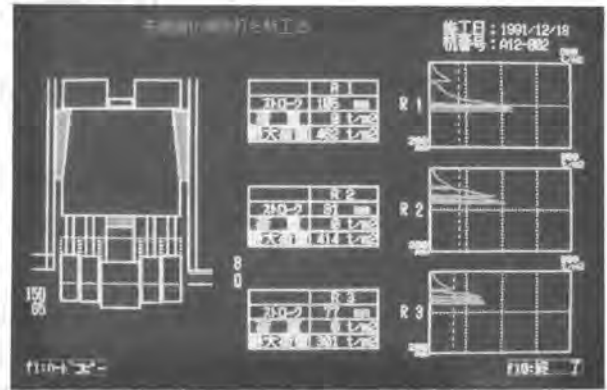


写真2 管理用パソコン画面

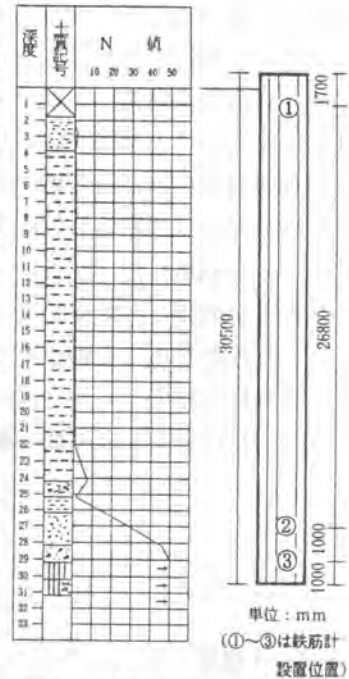


図6 土質柱状図および試験杭